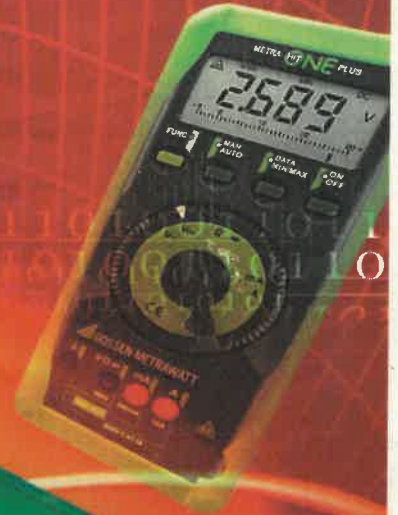


# Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik Lösungen



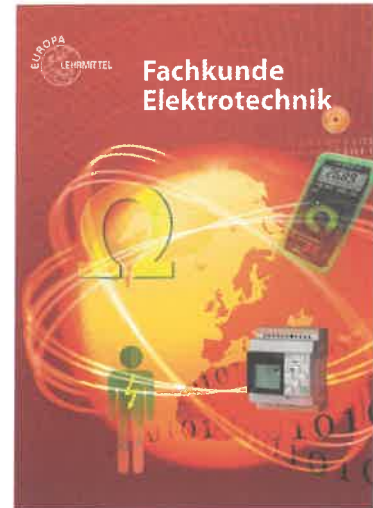


die „Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik“ wenden sich hauptsächlich an Sie als Lernende der energietechnischen Elektroberufe. Diese Arbeitsblätter möchten das Arbeiten mit dem fachkundlichen Wissen der Elektrotechnik unterstützen.


Mithilfe der zu lösenden Aufgaben überprüfen Sie Ihr **fachliches Wissen** und erweitern so Ihre Kompetenzen, damit Sie handlungsorientierte, komplexe Aufgaben der beruflichen Praxis lösen können. Zusammen mit dem Buch „**Fachkunde Elektrotechnik**“, sowie mit den **Simulationen zur Elektrotechnik (SimElektro)** und den hier vorliegenden **Arbeitsblättern** können Sie selbstständig, auch außerhalb des Unterrichtes, elektrotechnische Themen bearbeiten oder sich auf fachkundliche Prüfungen vorbereiten. Auch können Lernprozesse, die im Unterricht nur angestoßen werden, mithilfe der Arbeitsblätter vertieft werden. Weiterhin können Sie sich mit den Aufgaben der Arbeitsblätter auf kommende Unterrichtsstunden vorbereiten.

Eine besondere Bearbeitung kommt dem Themenkomplex **Basiskompetenzen** zu. Der Begriff der Basiskompetenz bezieht sich hier auf die fachlichen Bereiche des Lesens, der Mathematik, des technischen Zeichnens und Skizzierens, die zur Voraussetzung der Arbeit mit den Arbeitsblättern gehören. Sie sollten diese Aufgaben unbedingt zuerst bearbeiten, um eventuelle Probleme rechtzeitig zu erkennen.






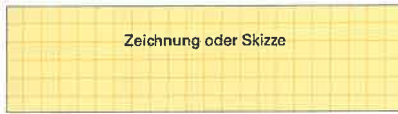




Die vorliegende **2. Auflage** der Arbeitsblätter wurde so verbessert, dass die Texte besser lesbar und die Bearbeitungsfelder eindeutiger zu erkennen sind. Weiterhin wurden zu ausgewählten Themen der Arbeitsblätter, z.B. dem Gleichstromkreis, die interaktiven Simulationen zur Elektrotechnik „SimElektro Grundstufe 1.0“ durch ein Symbol mit der zutreffenden Simulationsnummer zugeordnet.



### Hinweise zum Bearbeiten der Arbeitsblätter






- Diese Arbeitsblätter möchten Ihnen helfen, sich in die **Schwerpunkte** der elektrotechnischen Energietechnik, sowie ihrer Anwendungen einzuarbeiten. Das ist möglich, wenn Sie die Arbeitsblätter sorgfältig bearbeiten und vollständig ausfüllen.
- Die **Reihenfolge** des Bearbeitens der einzelnen Themen ist frei wählbar und kann so dem lernfeldorientierten Unterricht angepasst werden.
- Zur Unterstützung der Bearbeitung einzelner Themen können Sie zum besseren Verständnis die PC-Simulationen **SimElektro** einsetzen. Alle Seiten im Buch, bei denen die Simulationen eingesetzt werden können, sind mit dem SimElektro-Symbol mit der entsprechenden Simulationsnummer gekennzeichnet.  

- Eine kostenlose **Mustersimulation** finden Sie unter [www.europa-lehrmittel.de/simelektro](http://www.europa-lehrmittel.de/simelektro).
- Zum Ausfüllen verwenden Sie dort, wo Sie mit späteren Verbesserungen rechnen oder sich unsicher fühlen, z. B. bei Skizzen oder beim Lösen von Rechenaufgaben, einen **weichen Bleistift** (Härte HB bzw. B), damit Sie eventuell radieren können. Sie brauchen einen Radiergummi und Farbstifte in Rot und Blau.
- Kreuzen Sie zu Ihrer **Kontrolle** im Inhaltsverzeichnis die bearbeiteten Blätter nur dann an, wenn Sie wissen, dass die Lösungen der Aufgaben richtig sind.
- Die von Ihnen auszufüllenden **Zeilen** sind rötlich, die **Felder und Flächen** sind dunkelgelb bzw. durch hellgrüne Rechenkästchen markiert. Wenn Ihr Blatt bearbeitet ist, müssen also alle Markierungen bearbeitet sein.
- Sollten Sie eine Aufgabe nicht lösen können, gibt es ein ausführliches **Lösungsbuch**.

Arbeitsblatt Fachkunde Elektrotechnik  
verschiedene Bearbeitungsflächen





		
		
 Zeichnung oder Skizze		
 Rechnungen		
		

Ihre Meinung zu diesen Arbeitsblättern ist uns Autoren wichtig. Darum möchten wir Ihre Kritik, Ihre Verbesserungsvorschläge, aber auch Ihr Lob erfahren. Schreiben Sie uns unter: [info@europa-lehrmittel.de](mailto:info@europa-lehrmittel.de).

Mit diesen Arbeitsblättern wünschen Ihnen das Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel viel Erfolg und wertvolle Anregungen für Ihre berufliche Tätigkeit.

Themenkomplex	Kontrolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
 <b>0. Basiskompetenzen</b>	<input type="checkbox"/>	0.1	8	Lesen von Fachtexten 1
	<input type="checkbox"/>	0.2	9	Lesen von Fachtexten 2
	<input type="checkbox"/>	0.3	10	Arbeiten mit Formelzeichen, Einheiten und -vorsätzen für physikalische Größen
	<input type="checkbox"/>	0.4	11	Umstellen von Formeln
	<input type="checkbox"/>	0.5	12	Arbeiten mit Funktionen, Formeln und Diagrammen
	<input type="checkbox"/>	0.6	13	Hilfe zum Lösen von Rechenaufgaben
	<input type="checkbox"/>	0.7	14	Rechnen mit Potenzen, Quadrat-Wurzeln und Winkelfunktionen
	<input type="checkbox"/>	0.8	15	Zeichnen (1)
	<input type="checkbox"/>	0.9	16	Zeichnen (2)
	<input type="checkbox"/>	0.10	17	Zeichnen (3)
	<input type="checkbox"/>	0.11	18	Zeichnen (4)
 <b>1. Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz</b>	<input type="checkbox"/>	1.1	19	Gesetze und Vorschriften sowie Erste Hilfe
	<input type="checkbox"/>	1.2	20	Sicherheitszeichen
	<input type="checkbox"/>	1.3	21	Die 5 Sicherheitsregeln
	<input type="checkbox"/>	1.4	22	Elektrischer Schlag
	<input type="checkbox"/>	1.5	23	Berührungsspannung und Körperstrom
 <b>2. Grundbegriffe der Elektrotechnik</b>	<input type="checkbox"/>	2.1	24	Elektrische Stromstärke
	<input type="checkbox"/>	2.2	25	Stromkreisarten
	<input type="checkbox"/>	2.3	26	Spannungen (1)
	<input type="checkbox"/>	2.4	27	Spannungen (2), Potenziale
	<input type="checkbox"/>	2.5	28	Elektrischer Widerstand
	<input type="checkbox"/>	2.6	29	Ohmsches Gesetz (1)
	<input type="checkbox"/>	2.7	30	Ohmsches Gesetz (2)
	<input type="checkbox"/>	2.8	31	Elektrische Energie und Arbeit
	<input type="checkbox"/>	2.9	32	Elektrische Leistung
	<input type="checkbox"/>	2.10	33	Wirkungsgrad
 <b>3. Grundsaltungen der Elektrotechnik</b>	<input type="checkbox"/>	3.1	34	Reihenschaltung von Widerständen (1)
	<input type="checkbox"/>	3.2	35	Reihenschaltung von Widerständen (2)
	<input type="checkbox"/>	3.3	36	Berechnung von Vorwiderständen
	<input type="checkbox"/>	3.4	37	Parallelschaltung von Widerständen (1)
	<input type="checkbox"/>	3.5	38	Parallelschaltung von Widerständen (2)
	<input type="checkbox"/>	3.6	39	Gemischte Schaltung und Ersatzwiderstand
	<input type="checkbox"/>	3.7	40	Spannungsteiler (1)
	<input type="checkbox"/>	3.8	41	Spannungsteiler (2)
	<input type="checkbox"/>	3.9	42	Brückenschaltung (1)
	<input type="checkbox"/>	3.10	43	Brückenschaltung (2)
	<input type="checkbox"/>	3.11	44	Spannungsquellen (1)
	<input type="checkbox"/>	3.12	45	Spannungsquellen (2)
 <b>4. Elektrisches Feld</b>	<input type="checkbox"/>	4.1	46	Grundgesetze
	<input type="checkbox"/>	4.2	47	Kondensator als Bauelement
	<input type="checkbox"/>	4.3	48	Kondensator an Gleichspannung
	<input type="checkbox"/>	4.4	49	Laden und Entladen von Kondensatoren (1)
	<input type="checkbox"/>	4.5	50	Laden und Entladen von Kondensatoren (2)

\* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!

Themenkomplex	Kontrolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
 <b>5. Magnetisches Feld</b>	<input type="checkbox"/>	5.1	51	Magnete und magnetische Feldlinien (1)
	<input type="checkbox"/>	5.2	52	Magnete und magnetische Feldlinien (2)
	<input type="checkbox"/>	5.3	53	Elektromagnetismus (1)
	<input type="checkbox"/>	5.4	54	Elektromagnetismus (2)
	<input type="checkbox"/>	5.5	55	Magnetische Größen (1)
	<input type="checkbox"/>	5.6	56	Magnetische Größen (2)
	<input type="checkbox"/>	5.7	57	Magnetische Kennlinien
	<input type="checkbox"/>	5.8	58	Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld (1)
	<input type="checkbox"/>	5.9	59	Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld (2), Motorprinzip
	<input type="checkbox"/>	5.10	60	Elektromagnetische Induktion, Prinzip
	<input type="checkbox"/>	5.11	61	Elektromagnetische Induktion, Anwendungen
 <b>6. Schaltungstechnik</b>	<input type="checkbox"/>	6.1	62	Schaltungsunterlagen (1)
	<input type="checkbox"/>	6.2	63	Schaltungsunterlagen (2)
	<input type="checkbox"/>	6.3	64	Installationsschaltungen (1)
	<input type="checkbox"/>	6.4	65	Installationsschaltungen (2)
	<input type="checkbox"/>	6.5	66	Installationsschaltungen (3)
	<input type="checkbox"/>	6.6	67	Installationsschaltungen (4)
	<input type="checkbox"/>	6.7	68	Klingel- und Türöffneranlage
	<input type="checkbox"/>	6.8	69	Elektromagnetische Schalter (1)
	<input type="checkbox"/>	6.9	70	Elektromagnetische Schalter (2)
	<input type="checkbox"/>	6.10	71	Grundsaltungen mit Schützen (1)
	<input type="checkbox"/>	6.11	72	Grundsaltungen mit Schützen (2)
	<input type="checkbox"/>	6.12	73	Steuerschaltungen mit Zeitrelais (1)
	<input type="checkbox"/>	6.13	74	Steuerschaltungen mit Zeitrelais (2)
	<input type="checkbox"/>	6.14	75	Treppenlicht-Schaltungen
 <b>7. Wechselstromtechnik</b>	<input type="checkbox"/>	7.1	76	Sinusförmige Wechselspannung, Kenngrößen (1)
	<input type="checkbox"/>	7.2	77	Kenngrößen (2), Darstellungshilfen
	<input type="checkbox"/>	7.3	78	Ideales Verhalten elektrischer Bauelemente (1)
	<input type="checkbox"/>	7.4	79	Ideales Verhalten elektrischer Bauelemente (2)
	<input type="checkbox"/>	7.5	80	Die Spule an Wechselspannung
	<input type="checkbox"/>	7.6	81	Wechselstromleistungen
	<input type="checkbox"/>	7.7	82	Aufgaben
	<input type="checkbox"/>	7.8	83	Dreiphasenwechselspannung (1)
	<input type="checkbox"/>	7.9	84	Dreiphasenwechselspannung (2)
	<input type="checkbox"/>	7.10	85	Leistungen im Drehstromnetz (1)
	<input type="checkbox"/>	7.11	86	Leistungen im Drehstromnetz (2)
	<input type="checkbox"/>	7.12	87	Leiterfehler im Drehstromnetz (1)
	<input type="checkbox"/>	7.13	88	Leiterfehler im Drehstromnetz (2)
	<input type="checkbox"/>	7.14	89	Symmetrische Belastung in Drehstromnetzen
	<input type="checkbox"/>	7.15	90	Unsymmetrische Last in Drehstromnetzen (1)
	<input type="checkbox"/>	7.16	91	Unsymmetrische Last in Drehstromnetzen (2)
 <b>8. Messtechnik</b>	<input type="checkbox"/>	8.1	92	Analoge Messgeräte
	<input type="checkbox"/>	8.2	93	Digitale Messgeräte (1)
	<input type="checkbox"/>	8.3	94	Digitale Messgeräte (2)
	<input type="checkbox"/>	8.4	95	Messen elektrischer Spannung (1)
	<input type="checkbox"/>	8.5	96	Messen elektrischer Spannung (2)
	<input type="checkbox"/>	8.6	97	Messen elektrischer Stromstärke (1)
	<input type="checkbox"/>	8.7	98	Messen elektrischer Stromstärke (2)
	<input type="checkbox"/>	8.8	99	Leistungsmessungen
	<input type="checkbox"/>	8.9	100	Messen mit dem Oszilloskop (1)
	<input type="checkbox"/>	8.10	101	Messen mit dem Oszilloskop (2)
	<input type="checkbox"/>	8.11	102	Messen mit dem Oszilloskop (3)

\* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!

Themenkomplex





Kontrolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
<input type="checkbox"/>	9.1	103	Stromleitung in Halbleitern
<input type="checkbox"/>	9.2	104	PN-Übergang und Diode
<input type="checkbox"/>	9.3	105	Halbleiterwiderstände NTC, PTC und VDR (1)
<input type="checkbox"/>	9.4	106	Halbleiterwiderstände NTC, PTC und VDR (2)
<input type="checkbox"/>	9.5	107	Bipolare Transistoren (1)
<input type="checkbox"/>	9.6	108	Bipolare Transistoren (2)
<input type="checkbox"/>	9.7	109	Feldeffekttransistor (1)
<input type="checkbox"/>	9.8	110	Feldeffekttransistor (2)
<input type="checkbox"/>	9.9	111	Optoelektronische Sender und Empfänger (1)
<input type="checkbox"/>	9.10	112	Optoelektronische Sender und Empfänger (2)
<input type="checkbox"/>	9.11	113	Operationsverstärker (1)
<input type="checkbox"/>	9.12	114	Operationsverstärker (2)
<input type="checkbox"/>	9.13	115	Schaltalgebra (1)
<input type="checkbox"/>	9.14	116	Schaltalgebra (2)
<input type="checkbox"/>	9.15	117	Grundbegriffe der Digitaltechnik und logische Grundverknüpfungen (1)
<input type="checkbox"/>	9.16	118	Grundbegriffe der Digitaltechnik und logische Grundverknüpfungen (2)
<input type="checkbox"/>	9.17	119	Thyristor
<input type="checkbox"/>	9.18	120	Triac und Diac
<input type="checkbox"/>	9.19	121	Phasenanschnittsteuerung (1)
<input type="checkbox"/>	9.20	122	Phasenanschnittsteuerung (2)
<input type="checkbox"/>	9.21	123	Gleichrichterschaltungen (1)
<input type="checkbox"/>	9.22	124	Gleichrichterschaltungen (2)
<input type="checkbox"/>	9.23	125	Gedruckte Schaltungen (1)
<input type="checkbox"/>	9.24	126	Gedruckte Schaltungen (2)
<input type="checkbox"/>	10.1	127	Netzformen für die Elektroenergieübertragung und -verteilung
<input type="checkbox"/>	10.2	128	Schmelzsicherungen (1)
<input type="checkbox"/>	10.3	129	Schmelzsicherungen (2)
<input type="checkbox"/>	10.4	130	Leitungsschutzschalter
<input type="checkbox"/>	10.5	131	Thermisches Überlastrelais und Motorschutzschalter
<input type="checkbox"/>	10.6	132	Leitungsberechnung (1)
<input type="checkbox"/>	10.7	133	Leitungsberechnung (2)
<input type="checkbox"/>	10.8	134	Leitungsberechnung (3)
<input type="checkbox"/>	10.9	135	Leitungsberechnung (4)
<input type="checkbox"/>	10.10	136	Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverteiler
<input type="checkbox"/>	10.11	137	Verdrahtung im Verteilerfeld
<input type="checkbox"/>	11.1	138	Isolationsfehler (1)
<input type="checkbox"/>	11.2	139	Isolationsfehler (2)
<input type="checkbox"/>	11.3	140	Fachbegriffe: Schutz gegen elektrischen Schlag (1)
<input type="checkbox"/>	11.4	141	Fachbegriffe: Schutz gegen elektrischen Schlag (2)
<input type="checkbox"/>	11.5	142	Netzsysteme (1)
<input type="checkbox"/>	11.6	143	Netzsysteme (2)
<input type="checkbox"/>	11.7	144	Schutzpotenzialausgleich (1)
<input type="checkbox"/>	11.8	145	Schutzpotenzialausgleich (2)
<input type="checkbox"/>	11.9	146	Schutz durch autom. Abschaltung der Stromversorgung im TN-System
<input type="checkbox"/>	11.10	147	Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) im TN-System
<input type="checkbox"/>	11.11	148	Schutz durch autom. Abschalten der Stromversorgung im TT-System
<input type="checkbox"/>	11.12	149	Schutz durch autom. Abschalten der Stromversorgung im IT-System

 **9. Elektronik**

 **10. Elektrische Anlagen**

 **11. Schutzmaßnahmen**

\* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!

Themenkomplex	Kontrolle*	Blatt-Nr.	Seite	Thema
 12. Gebäudetechnische Anlagen	<input type="checkbox"/>	12.1	150	Lichttechnische Größen bei Beleuchtungsanlagen (1)
	<input type="checkbox"/>	12.2	151	Lichttechnische Größen bei Beleuchtungsanlagen (2)
	<input type="checkbox"/>	12.3	152	Lampen (1)
	<input type="checkbox"/>	12.4	153	Lampen (2)
	<input type="checkbox"/>	12.5	154	Elektrogeräte – Aufbau und Funktion (1)
	<input type="checkbox"/>	12.6	155	Elektrogeräte – Aufbau und Funktion (2)
	<input type="checkbox"/>	12.7	156	Prüfung von Elektrogeräten (1)
	<input type="checkbox"/>	12.8	157	Prüfung von Elektrogeräten (2)
	<input type="checkbox"/>	12.9	158	Dämpfung und Verstärkung in Antennenanlagen
	<input type="checkbox"/>	12.10	159	Pegelrechnung in Antennenanlagen
	<input type="checkbox"/>	12.11	160	Planung einer DVB-T/DVB-S/UKW-Antennenanlage (1)
	<input type="checkbox"/>	12.12	161	Planung einer DVB-T/DVB-S/UKW-Antennenanlage (2)
	<input type="checkbox"/>	12.13	162	Planung einer BK-Antennenanlage
	<input type="checkbox"/>	12.14	163	Multimedia-Verkabelung
	<input type="checkbox"/>	12.15	164	Telekommunikation (1)
	<input type="checkbox"/>	12.16	165	Telekommunikation (2)
	<input type="checkbox"/>	12.17	166	Blitzschutz (1)
	<input type="checkbox"/>	12.18	167	Blitzschutz (2)
 13. Elektrische Maschinen	<input type="checkbox"/>	13.1	168	Aufbau und Arbeitsweise des Einphasentransformators
	<input type="checkbox"/>	13.2	169	Betriebsverhalten des Einphasentransformators (1)
	<input type="checkbox"/>	13.3	170	Betriebsverhalten des Einphasentransformators (2)
	<input type="checkbox"/>	13.4	171	Übersetzungen beim Einphasentransformator (1)
	<input type="checkbox"/>	13.5	172	Übersetzungen beim Einphasentransformator (2)
	<input type="checkbox"/>	13.6	173	Berechnungen am Einphasentransformator
	<input type="checkbox"/>	13.7	174	Drehfeld
	<input type="checkbox"/>	13.8	175	Drehstrom-Asynchronmotor, Kurzschlussläufermotor (1)
	<input type="checkbox"/>	13.9	176	Drehstrom-Asynchronmotor, Kurzschlussläufermotor (2)
	<input type="checkbox"/>	13.10	177	Drehstrom-Asynchronmotor am Dreh- und Wechselstromnetz
	<input type="checkbox"/>	13.11	178	Einschaltvorschriften und Stern-Dreieck-Anlassverfahren
	<input type="checkbox"/>	13.12	179	Drehstrom-Asynchronmotor, elektrische Drehzahländerung
	<input type="checkbox"/>	13.13	180	Kondensatormotor
	<input type="checkbox"/>	13.14	181	Aufbau der Gleichstrommotoren
	<input type="checkbox"/>	13.15	182	Arten von Gleichstrommotoren
	<input type="checkbox"/>	13.16	183	Spaltpolmotor
	<input type="checkbox"/>	13.17	184	Allgemeine Arbeitsweise der Elektromotoren
	<input type="checkbox"/>	13.18	185	Motor-Leistungsschild, Klemmbrett und Netzanschluss (1)
	<input type="checkbox"/>	13.19	186	Motor-Leistungsschild, Klemmbrett und Netzanschluss (2)
 14. Informationstechnik	<input type="checkbox"/>	14.1	187	Computersystem (1)
	<input type="checkbox"/>	14.2	188	Computersystem (2)
	<input type="checkbox"/>	14.3	189	PC-Mainboard (1)
	<input type="checkbox"/>	14.4	190	PC-Mainboard (2)
	<input type="checkbox"/>	14.5	191	Peripheriegeräte für Computer (1)
	<input type="checkbox"/>	14.6	192	Peripheriegeräte für Computer (2)
	<input type="checkbox"/>	14.7	193	Netzwerktechnik Grundlagen (1)
	<input type="checkbox"/>	14.8	194	Netzwerktechnik Grundlagen (2)
	<input type="checkbox"/>	14.9	195	Lokales Netzwerk nach Fast Ethernet-Standard planen
	<input type="checkbox"/>	14.10	196	Lokales Netzwerk nach WLAN-Standard planen und umsetzen
 15. Automatisierungstechnik	<input type="checkbox"/>	15.1	197	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) (1)
	<input type="checkbox"/>	15.2	198	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) (2)
	<input type="checkbox"/>	15.3	199	Kleinsteuergeräte (1)
	<input type="checkbox"/>	15.4	200	Kleinsteuergeräte (2)
	<input type="checkbox"/>	15.5	201	Motorsteuerung mit SPS (1)
	<input type="checkbox"/>	15.6	202	Motorsteuerung mit SPS (2)
	<input type="checkbox"/>	15.7	203	Programmieren von Kleinsteuergeräten (1)
	<input type="checkbox"/>	15.8	204	Programmieren von Kleinsteuergeräten (2)
	<input type="checkbox"/>	15.9	205	Regelungstechnik Grundlagen (1)
	<input type="checkbox"/>	15.10	206	Regelungstechnik Grundlagen (2)

\* Abhaken, nur wenn das Thema bearbeitet und kontrolliert ist!



Um Fachtexte, z. B. in Fachbüchern, Arbeitsblättern, Texte im Internet oder auch Prüfungsaufgaben, zu verstehen, zu nutzen und die Informationen in der Praxis anzuwenden, muss man sie sorgfältig lesen. Bevor Sie den Text lesen, verschaffen Sie sich einen Überblick über den Text. So stellen Sie fest, was besonders wichtig ist.

1. Lesen Sie den Fachtext und beantworten Sie dann die Fragen a) bis f).

Die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium dienen dem verlustarmen Transport von elektrischer Energie zwischen Energieerzeugern und -verbrauchern (**Bild 1**), zur Stromleitung zwischen Bauelementen einer elektronischen Schaltung (**Bild 2**) und zur Informationsübertragung. Wegen des geringen spezifischen Gewichts gegenüber Kupfer wird Aluminium vorrangig für Freileitungsseile und Kabel verwendet, nicht aber für Installationsleitungen, wie z. B. Mantelleitungen (NYM).

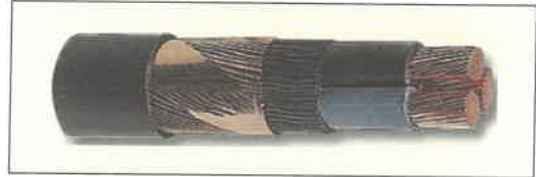


Bild 1: Kupferkabel zur Elektroenergieübertragung

Leiterwerkstoffe müssen als wichtige Eigenschaft eine große elektrische Leitfähigkeit haben. Die elektrische Leitfähigkeit hängt von der Anzahl der freien Elektronen (Leitungselektronen) und ihrer Beweglichkeit ab. Diese werden von der Werkstoffreinheit, vom Herstellungsverfahren und von der Leitertemperatur beeinflusst.

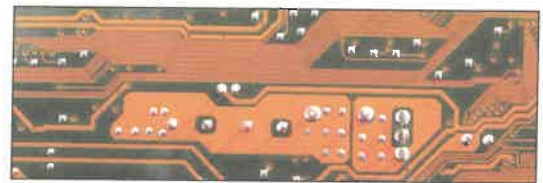


Bild 2: Unteransicht einer Leiterplatte

**Kupfer (Cu).** Für die große elektrische Leitfähigkeit von Kupfer ist ein Reinheitsgrad von etwa 99,98% notwendig. Mithilfe elektrolytischer Verfahren wird Katodenkupfer hergestellt. Durch nachfolgendes Umschmelzen entsteht dann das in der Elektrotechnik vorrangig eingesetzte Elektrolytkupfer. Elektrolytkupfer wird z. B. für Leitungen, Kabel, Stromschienen, Wickeldrähte und für Leiterbahnen in gedruckten Schaltungen verwendet. Im Elektromaschinenbau wird Kupfer z. B. für Wicklungen und Stromwender eingesetzt.

**Aluminium (Al).** Bei einem Reinheitsgrad zwischen 99,5% und 99,99% beträgt die elektrische Leitfähigkeit nur etwa 60% der Leitfähigkeit von Kupfer. Trotzdem werden z. B. Stromschienen aus Aluminium hergestellt. Da Aluminium unter Druck „fließt“, das bedeutet, es weicht dem Druck aus, können sich Klemmverbindungen lockern, sodass Schweiß- oder spezielle Pressverbindungen notwendig sind. Wegen der elektrochemischen Korrosion ist eine direkte Verbindung von Aluminium und Kupfer zu vermeiden.

- a) Welche Aufgaben erfüllen die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium in der Elektrotechnik?

Sie dienen zum Transport elektrischer Energie, zur Stromleitung zwischen Bauelementen und zur Informationsübertragung.

- b) Welche wichtige Eigenschaft muss ein Leiterwerkstoff haben?

Er muss eine große elektrische Leitfähigkeit haben.

- c) Wie wird die große elektrische Leitfähigkeit von Kupfer erreicht?

Durch das Herstellungsverfahren wird sehr reines Kupfer hergestellt. Reines Kupfer enthält sehr viele Leitungselektronen.

- d) Warum wird meist Aluminium bevorzugt und nicht Kupfer für Freileitungsseile verwendet?

Aluminium hat ein geringeres spezifisches Gewicht als Kupfer.

- e) Warum lockern sich allmählich die Klemmverbindungen von Aluminiumleitern?

Aluminium wird unter mechanischem Druck weich.

- f) Warum darf man Aluminium nicht direkt mit Kupfer mechanisch verbinden?

Es kommt zu einer elektrochemischen Korrosion.



2. Lesen Sie den Fachtext und markieren oder unterstreichen Sie beim Lesen die wichtigen Aussagen im Text. Beachten Sie beim Lesen auch die Bilder. Schreiben Sie dann mithilfe der markierten oder unterstrichenen Wörter mit Ihren eigenen Worten eine Kurzfassung des vorgegebenen Fachtextes.

### Fachtext:

In Metallen sind die Atome dicht aneinander gedrängt. Ein Elektron auf der Außenschale eines Atoms kann dabei so nahe an ein benachbartes Atom gelangen, dass es von dessen Atomkern ebenso weit entfernt ist wie vom eigenen Atomkern. Die Anziehungskräfte der Kerne auf dieses Elektron heben sich in diesem Falle auf. Das Elektron kann sich so frei innerhalb des Metalls bewegen und wird freies Elektron genannt (**Bild 1**). Zwar wird ein solches freies Elektron wieder einmal von einem anderen Atomrumpf eingefangen, dafür entsteht aber an anderer Stelle im Metall erneut ein freies Elektron. Im Mittel hat ein Metall bei gleichbleibender Temperatur immer gleich viele freie Elektronen. Sobald im Metall ein Elektron frei wird, hinterlässt es einen positiv geladenen Atomrumpf, den man auch positives Ion nennt.

In Spannungsquellen erfolgt durch Energiezufuhr eine Ladungstrennung. Auf einer Seite entsteht Elektronenmangel, der Plus-Pol (+), da hier die positiven Ladungen überwiegen. Auf der anderen Seite entsteht ein Elektronenüberschuss, der Minus-Pol (-), da hier die negativen Ladungen überwiegen. Zwischen dem Plus-Pol und dem Minus-Pol einer Spannungsquelle entsteht ein Ausgleichsbestreben, Quellenspannung  $U_0$ , genannt (**Bild 2**).

Verbindet man z.B. eine Lampe mit einer Spannungsquelle, so wirkt die Quellenspannung auf alle freien Elektronen, auch auf die freien Elektronen im Glühfaden der Lampe. Sie fließen fast gleichzeitig in eine Richtung und man erkennt die Leuchtwirkung sofort. Es fließt ein elektrischer Strom. Die freien Elektronen kommen aber nur mit einer sehr geringen Geschwindigkeit von ca. 0,1 mm/s bis 10 mm/s vorwärts, da sie im Atomverband behindert werden. Die Strömungsgeschwindigkeit der Elektronen hängt von ihrer Beweglichkeit, von der Stromstärke, vom Leiterwerkstoff und vom Leiterquerschnitt ab. Die sehr vielen freien Elektronen im Leiter stoßen sich wie bei einer Kettenreaktion fast gleichzeitig an. Dies geschieht in ganz kurzer Zeit mit einer Geschwindigkeit, die wesentlich höher ist als die Elektronengeschwindigkeit. Sie erfolgt annähernd mit Lichtgeschwindigkeit  $c = 300000 \text{ km/s}$ . Deshalb bemerkt man auch am Ende von sehr langen Leitungen sofort die Stromwirkung im Verbraucher. So leuchtet z.B. eine Lampe sofort, wenn der Stromkreis eingeschaltet wird.

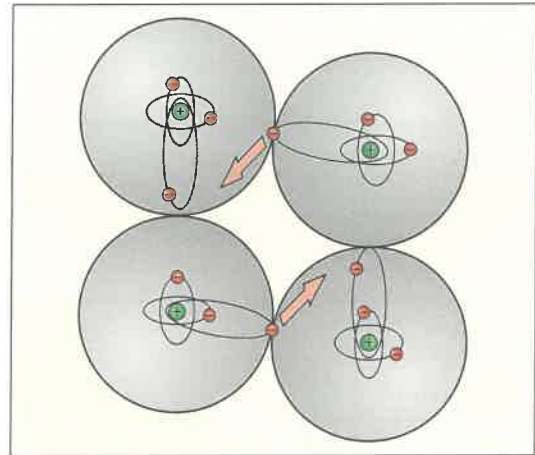


Bild 1: Entstehen freier Elektronen im Metall

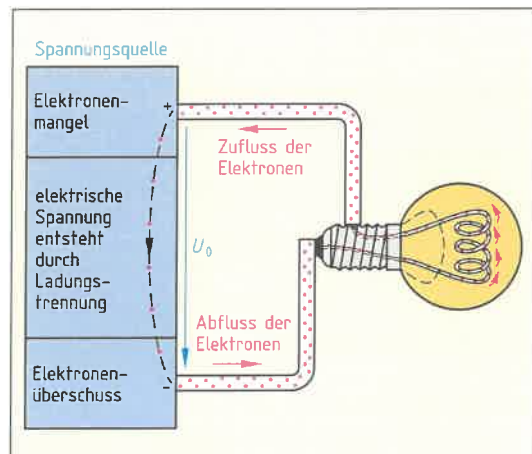


Bild 2: Spannungsquelle und Elektronenbewegung im Stromkreis

### Kurzfassung des Fachtextes:

In Metallen sind viele freie Elektronen vorhanden. In Spannungsquellen werden Ladungen getrennt, sodass ein Plus-Pol mit Elektronenmangel und ein Minus-Pol mit Elektronenüberschuss entsteht. Das Ausgleichsbestreben der getrennten Ladungen in Spannungsquellen nennt man Quellenspannung  $U_0$ .

Wenn ein Strom fließt, dann fließen die freien Elektronen im Leiter sehr langsam, nur wenige mm/s in eine Richtung. Sie werden im Atomverband behindert. Da aber alle freien Elektronen im Leiter gleichzeitig (etwa mit Lichtgeschwindigkeit) angestoßen werden, bemerkt man die Stromwirkung sofort. So leuchtet z. B. eine Lampe sofort, wenn der Stromkreis eingeschaltet wird.



Um elektrotechnische Formeln verstehen und Rechenaufgaben lösen zu können, muss man den physikalischen Größen, z. B. der Spannung, das festgelegte Formelzeichen mit der zugehörigen Einheit zuordnen können. Wichtig ist auch, dass man beim Rechnen mit physikalischen Größen die Einheitenvorsätze beachtet.

**Einheitenvorsatz**  
Größe  
z. B.  $U = 1 \text{ mV}$   
Zahlenwert Einheit

1. Ergänzen Sie die **Tabelle 1** nach dem vorgegebenen Beispiel bei Kraft.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen physikalischer Größe, Formelzeichen und Einheit			
physikalische Größe	Formelzeichen*	Einheitenname	Einheit (Einheitenzeichen)
Kraft	$F$	Newton	N
Masse	$m$	Gramm, Kilogramm	g oder kg
Temperatur	$\theta, t$	Grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$
Zeit	$t$	Sekunde	s
Länge	$l$	Meter	m
Durchmesser	$d$	Millimeter	mm
Querschnittsfläche	$A, q$	Quadratmillimeter	$\text{mm}^2$
Stromstärke	$I$	Ampere	A
Spannung	$U$	Volt	V
ohmscher Widerstand	$R$	Ohm	$\Omega$
elektrische Leitfähigkeit	$\gamma, \kappa$	—	$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
elektrische Arbeit	$W$	Wattsekunde	Ws
elektrische Leistung	$P$	Watt	W
elektrische Kapazität	$C$	Farad	F

\* **Hinweis:** Formelzeichen werden nach DIN 1313 *kursiv*, z. B.  $U$ , geschrieben.

2. Ergänzen Sie die **Tabelle 2** nach dem vorgegebenen Beispiel.

Tabelle 2: Vergrößernde und verkleinernde Einheitenvorsätze				
Vorsatzzeichen	Vorsatzname	Faktor als		Beispiele
		Zehnerpotenz	Dezimalzahl oder -bruch	
k	Kilo	$10^3$	1 000	380 kV = $380 \cdot 10^3 \text{ V} = 380\,000 \text{ V}$
M	Mega	$10^6$	1 000 000	50 MW = $50 \cdot 10^6 \text{ W} = 50\,000\,000 \text{ W}$
G	Giga	$10^9$	1 000 000 000	4 GWh = $4 \cdot 10^9 \text{ Wh} = 4\,000\,000\,000 \text{ Wh}$
d	Dezi	$10^{-1}$	0,1	20 dm = $20 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 2,0 \text{ m}$
c	Zenti	$10^{-2}$	0,01	0,63 cm = $0,63 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,0063 \text{ m}$
m	Milli	$10^{-3}$	0,001	44 m $\Omega$ = $44 \cdot 10^{-3} \Omega = 0,044 \Omega$
$\mu$	Mikro	$10^{-6}$	0,000 001	60 $\mu\text{F}$ = $60 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 0,000\,06 \text{ F}$
n	Nano	$10^{-9}$	0,000 000 001	2000 nF = $2\,000 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 0,000\,002 \text{ F}$



In der Elektrotechnik ist das Arbeiten mit Formeln unerlässlich. Wichtig ist das Umstellen nach einer gesuchten Größe.

z.B.  $U = I \cdot R$   
 $I = \frac{U}{R}$   
 $R = \frac{U}{I}$

Stellen Sie in der Tabelle die gegebenen Formeln aus der Mechanik und der Elektrotechnik nach den gesuchten Größen um.

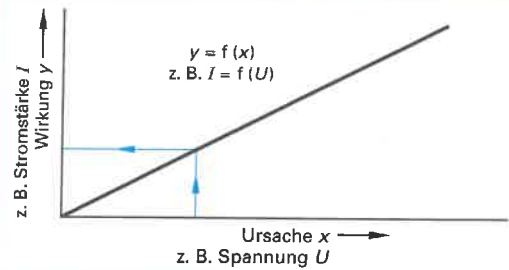
**Tabelle: Formeln der Mechanik und der Elektrotechnik (Beispiele)**

Formel	Umstellung 1	Umstellung 2	Umstellung 3
$W = F \cdot s$	$s = \frac{W}{F}$	$F = \frac{W}{s}$	—
$F = m \cdot g \cdot h$	$m = \frac{F}{g \cdot h}$	$g = \frac{F}{m \cdot h}$	$h = \frac{F}{m \cdot g}$
$P = \frac{W}{t}$	$W = P \cdot t$	$t = \frac{W}{P}$	—
$P = \frac{F \cdot s}{t}$	$F = \frac{P \cdot t}{s}$	$s = \frac{P \cdot t}{F}$	$t = \frac{F \cdot s}{P}$
$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$	$d^2 = \frac{4 \cdot A}{\pi}$	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	—
$Q = n \cdot e$	$n = \frac{Q}{e}$	$e = \frac{Q}{n}$	—
$U_{21} = \varphi_2 - \varphi_1$	$\varphi_2 = U_{21} + \varphi_1$	$\varphi_1 = \varphi_2 - U_{21}$	—
$I = \frac{Q}{t}$	$t = \frac{Q}{I}$	$Q = I \cdot t$	—
$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$	$I_2 = I_3 + I_4 - I_1$	$I_4 = I_1 + I_2 - I_3$	$I_3 = I_1 + I_2 - I_4$
$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$	$A = \frac{l}{\gamma \cdot R}$	$\gamma = \frac{l}{R \cdot A}$	$l = R \cdot \gamma \cdot A$
$I = \frac{U}{R}$	$R = \frac{U}{I}$	$U = I \cdot R$	—
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$	$U_1 = U_2 \cdot \frac{R_1}{R_2}$	$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$	$R_1 = R_2 \cdot \frac{U_1}{U_2}$
$P = U \cdot I$	$I = \frac{P}{U}$	$U = \frac{P}{I}$	—
$P = \frac{U^2}{R}$	$U^2 = P \cdot R$	$U = \sqrt{P \cdot R}$	$R = \frac{U^2}{P}$
$W = U \cdot I \cdot t$	$I = \frac{W}{U \cdot t}$	$U = \frac{W}{I \cdot t}$	$t = \frac{W}{U \cdot I}$
$P = I^2 \cdot R$	$I^2 = \frac{P}{R}$	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$R = \frac{P}{I^2}$

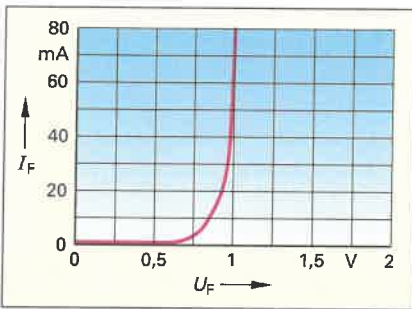


Eine Funktion ordnet einer Größe  $x$  eine zweite Größe  $y$  so zu, dass zu jedem Wert von  $x$  ein bestimmter Wert von  $y$  gehört. Diese Zuordnungsvorschrift wird durch die Gleichung  $y = f(x)$  ausgedrückt (sprich: „ $y$  gleich Funktion von  $x$ “).  $x$  nennt man die veränderliche Größe oder auch die Ursachengröße.  $y$  ist die von  $x$  abhängige Größe oder auch die Wirkungsgröße.

Angegeben wird eine Funktion durch eine Formel, durch Wertepaare in einer Wertetabelle oder durch ein Diagramm.



- Ergänzen Sie mithilfe des Diagramms (Bild 1) die Wertetabelle.
  - Berechnen Sie die dazugehörigen Widerstandswerte mit der Formel  $R = \frac{U}{I}$ .



a) Wertetabelle:

$U_F$ in V	$I_F$ in mA
0,5	0
0,75	3
0,85	10
1	50

Bild 1: Kennlinie eines elektronischen Bauelementes

b)

$$R_1 = \frac{U_F}{I_F} = \frac{0,5 \text{ V}}{0 \text{ mA}} = \text{praktisch gegen } \infty \Omega \text{ (math. nicht definiert)}$$

$$R_2 = \frac{0,75 \text{ V}}{3 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 250 \Omega$$

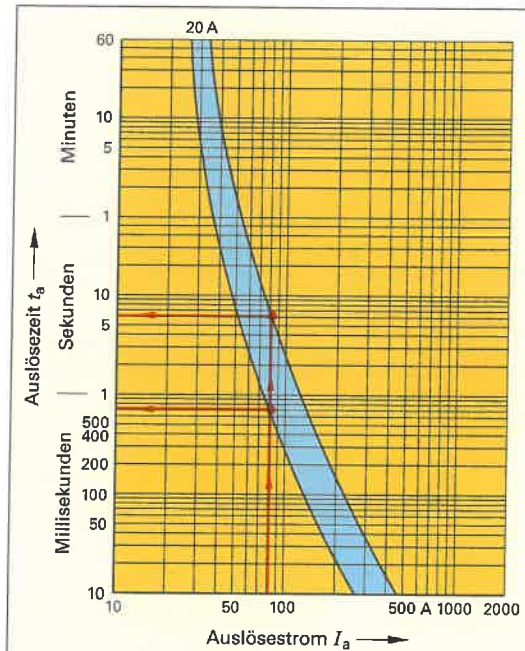
$$R_3 = \frac{0,85 \text{ V}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 85 \Omega$$

$$R_4 = \frac{1 \text{ V}}{50 \cdot 10^{-3} \text{ mA}} = 20 \Omega$$

- Mit der Formel  $R = \frac{U}{I}$  kann man den Wert eines ohmschen Widerstandes berechnen.
  - Ergänzen Sie in der Tabelle mithilfe von Bild 3 die Werte für die Spannungen.
  - Berechnen Sie die Widerstandswerte für  $R_1$  und  $R_2$ .

Tabelle: Ohmsche Widerstände

Stromstärke $I$ in A	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Spannung $U$ in V für Kennlinie $R_1$	0	10	20	30	40	50	60	70
Widerstandswerte $R_1$ in $\Omega$	100	100	100	100	100	100	100	100
Spannung $U$ in V für Kennlinie $R_2$	0	5	10	15	20	25	30	35
Widerstandswerte $R_2$ in $\Omega$	50	50	50	50	50	50	50	50



Abgelesen:

früheste Auslösezeit  $t_{a1} = 700 \text{ ms}$

späteste Auslösezeit  $t_{a2} = 6 \text{ s}$

Bild 2: Strom-Zeit-Kennlinie einer 20-A-Schmelzsicherung

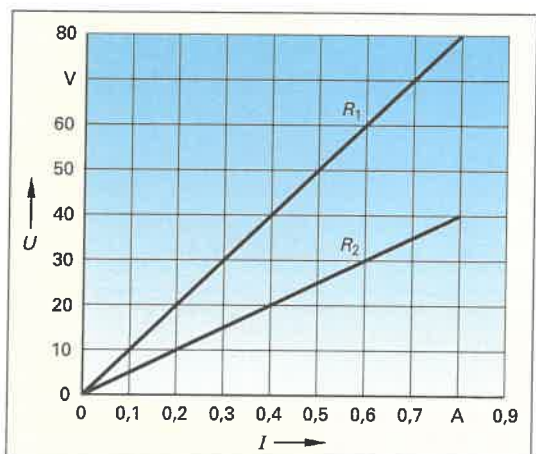


Bild 3: Kennlinie  $U = f(I)$  für Widerstände



Um Rechenaufgaben lösen zu können, ist es wichtig, dass Sie für die Lösung die gegebenen und die gesuchten Größen, z. B. Spannung und Strom, erkennen und diesen Größen die richtigen Formelzeichen, z. B.  $U$  und  $I$ , mit den dazugehörigen Einheitenzeichen, z. B.  $V$  und  $A$  zuordnen können. Gehen Sie nach folgendem Prinzip vor:

1. Lesen Sie den Aufgabentext sorgfältig.
2. Schreiben Sie für die Lösung nur die notwendigen gegebenen Größen mit Formelzeichen und Einheitenzeichen heraus.
3. Schreiben Sie für die Lösung die gesuchte(n) Größe(n) mit Formelzeichen und Einheitenzeichen heraus.
4. Schreiben Sie für die Lösung die notwendige(n) Formel(n), aufgelöst nach der gesuchten Größe, auf.
5. Setzen Sie Zahlenwerte mit Einheitenzeichen in die Formel(n) ein.
6. Rechnen Sie die gesuchte Größe mit der Maßeinheit aus.
7. Überprüfen Sie das Rechenergebnis und vergleichen Sie es mit praktischen Erfahrungswerten.
8. Formulieren Sie einen eventuell geforderten Antwortsatz.

1. Eine LED-Lampe (**Bild 1**) nimmt bei 230 V eine Leistung von 4,5 W auf. Welche Stromstärke fließt durch die Lampe? Geben Sie das Ergebnis auch gerundet in mA an. Lösungshilfe:  $P = U \cdot I$

Geg.:  $P = 4,5 \text{ W}, U = 230 \text{ V}$  Ges.:  $I$

Lösung:  $I = \frac{P}{U} = \frac{4,5 \text{ V} \cdot \text{A}}{230 \text{ V}} = 0,00195 \text{ A} \approx 2 \text{ mA}$



Bild 1: LED-Lampe

2. In einer 30 m langen Kupferader H07V-U 1,5 mm<sup>2</sup> fließt ein Strom von 16 A. Berechnen Sie den Spannungsfall  $\Delta U$  (**Bild 2**). Geben Sie einen Antwortsatz an.

Geg.:  $l = 30 \text{ m}, A = 1,5 \text{ mm}^2, I = 16 \text{ A}, \gamma_{\text{Cu}} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Ges.:  $\Delta U$

Lösung:  $\Delta U = I \cdot R_L$  und  $R_L = \frac{l}{\gamma \cdot A} \Rightarrow \Delta U = \frac{I \cdot l}{\gamma \cdot A}$

$$\Delta U = \frac{16 \text{ A} \cdot 30 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 5,714 \text{ V}$$

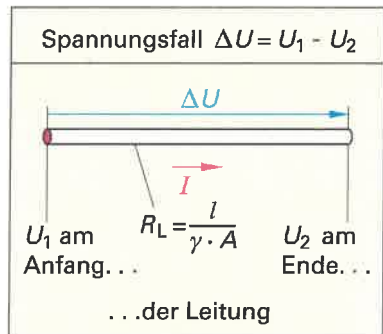


Bild 2: Spannungsfall an einer Leitung

Antwortsatz:

Über einer 30 m langen Kupferader, die von 16 A durchfließen wird, entsteht ein Spannungsfall  $\Delta U \approx 5,7 \text{ V}$

3. Bei einem E-Check (**Bild 3**) wurde eine verschmorte Klemmstelle gefunden. Im spannungslosen Zustand wurde ein Übergangswiderstand an dieser Klemmstelle von 0,3  $\Omega$  gemessen. Der Stromkreis mit dieser Klemmstelle war durch einen 16-A-Leitungsschutzschalter geschützt. Berechnen Sie bei 16 A die entstandene elektrische Wärmeleistung an dieser Klemmstelle. Bewerten Sie das Rechenergebnis im Antwortsatz.

Geg.:  $R = 0,3 \Omega, I = 16 \text{ A}$  Ges.:  $P$

Lösung:  $P = U \cdot I$  und  $U = I \cdot R \Rightarrow P = I^2 \cdot R = (16 \text{ A})^2 \cdot 0,3 \Omega = 76,8 \text{ W}$

Antwortsatz:

Wenn 16 A durch die Klemmstelle fließen, entsteht dort eine Wärme von 76,8 W.  
Diese lockere Klemmstelle kann einen Brand verursachen!



Bild 3: E-Check-Prüfplakette



Potenzen treten in vielen Formeln auf, z. B. in der Geometrie und der Technik. Auch als vergrößernde oder verkleinernde Einheitenvorsätze, z. B.  $k \approx 10^3$  oder  $m \approx 10^{-3}$ , kommen Potenzen vor. Das Wurzelziehen ist die Umkehrung des Potenzierens. Das Rechnen mit Winkelfunktionen, z. B. mit der  $\cos$ -Funktion, ist für die Wechsel- und Drehstromtechnik sehr bedeutsam.

Lösen Sie entsprechend der „Hilfe zum Lösen von Rechenaufgaben“ die folgenden Aufgaben. Benutzen Sie Ihren elektronischen Taschenrechner (ETR).

1. Berechnen Sie die Querschnittsfläche einer Kupferader (**Bild 1**) mit einem Durchmesser von 1,784 mm.

Geg.:  $d = 1,784 \text{ mm}$ , Ges.:  $A_{\text{Kreis}}$

Lösung:  $A_{\text{Kreis}} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (1,784 \text{ mm})^2 = 2,5 \text{ mm}^2$

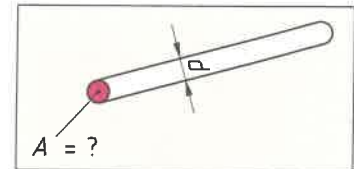


Bild 1: Aderdurchmesser und -querschnitt

2. Berechnen Sie mithilfe der Formel  $P = I^2 \cdot R$  die Stromstärke  $I$  von einem Wasserkocher (**Bild 2**). Das Gerät hat eine Leistung  $P = 2400 \text{ W}$  und einen Heizwiderstand  $R = 22 \Omega$ .

Geg.:  $P = 2400 \text{ W}$ ,  $R = 22 \Omega$ , Ges.:  $I$

Lösung:  $I^2 = \frac{P}{R} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{2400 \text{ W}}{22 \Omega}} = \sqrt{109,09 \text{ A}^2} = 10,44 \text{ A}$



Bild 2: Wasserkocher



Rechenregeln für das Wurzelziehen aus einer Summe von Quadraten, z. B.  $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

1. Formel nach der gesuchten Größe umstellen,
2. Werte mit Einheiten einsetzen,
3. die Werte quadrieren,
4. die Werte addieren,
5. Wurzel ziehen.

3. Berechnen Sie die Länge der Seite  $c$  des Dreiecks (**Bild 3**) mithilfe des Satzes des Pythagoras. **Hinweis:** Beachten Sie die Rechenregeln.

Geg.:  $a = 24 \text{ mm}$ ,  $b = 19 \text{ mm}$ , Ges.:  $c$

Lösung:  $c^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(24 \text{ mm})^2 + (19 \text{ mm})^2}$   
 $= \sqrt{576 \text{ mm}^2 + 361 \text{ mm}^2} = \sqrt{937 \text{ mm}^2} = 30,61 \text{ mm}$

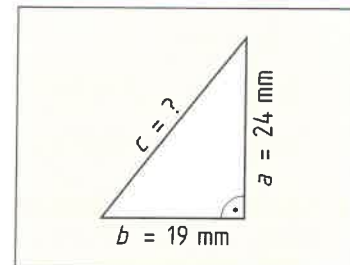


Bild 3: Rechtwinkliges Dreieck

4. Geben Sie für den Winkel  $\alpha$  im rechtwinkligen Dreieck (**Bild 4**) die Seitenverhältnisse für die Winkelfunktionen  $\cos \alpha$ ,  $\tan \alpha$  und  $\cot \alpha$  in der Tabelle an.

Tabelle: Winkelfunktionen	
$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete } a}{\text{Hypotenuse } c}$	$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete } a}{\text{Ankathete } b}$
$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete } b}{\text{Hypotenuse } c}$	$\cot \beta = \frac{\text{Ankathete } a}{\text{Gegenkathete } b}$

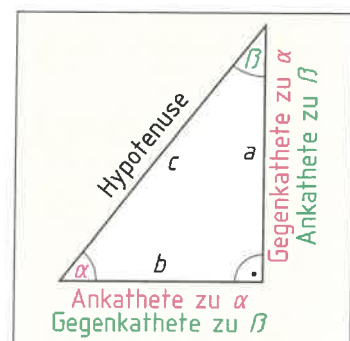


Bild 4: Seiten und Winkel im rechtwinkligen Dreieck

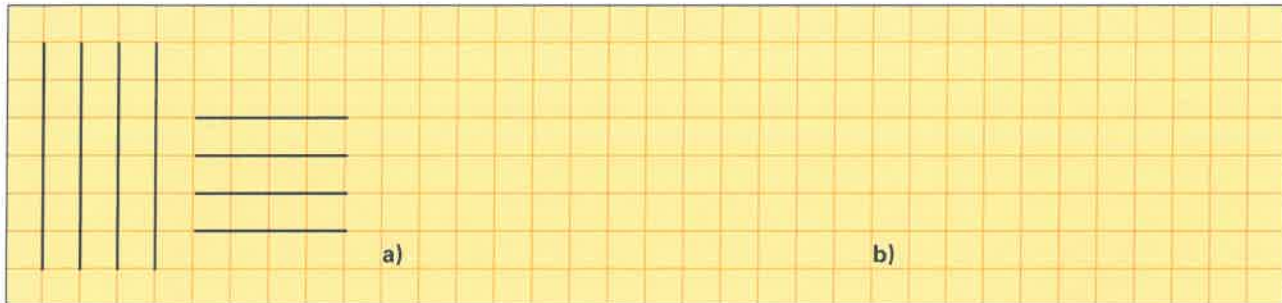
5. Berechnen Sie mithilfe des ETR von den Funktionswerten der Winkelfunktionen b) bis f) die zugehörigen Winkel in Grad ( $^\circ$ ).

- a)  $\cos \alpha = 0,85 \Rightarrow \alpha = 30^\circ$
- b)  $\cos \varphi = 0,65 \Rightarrow \varphi = 49,45^\circ$
- c)  $\cos \varphi = 0,74 \Rightarrow \varphi = 42,26^\circ$
- d)  $\sin \alpha = 0,60 \Rightarrow \alpha = 36,87^\circ$
- e)  $\tan \varphi = 1,35 \Rightarrow \varphi = 53,47^\circ$
- f)  $\tan \varphi = 2,43 \Rightarrow \varphi = 67,63^\circ$

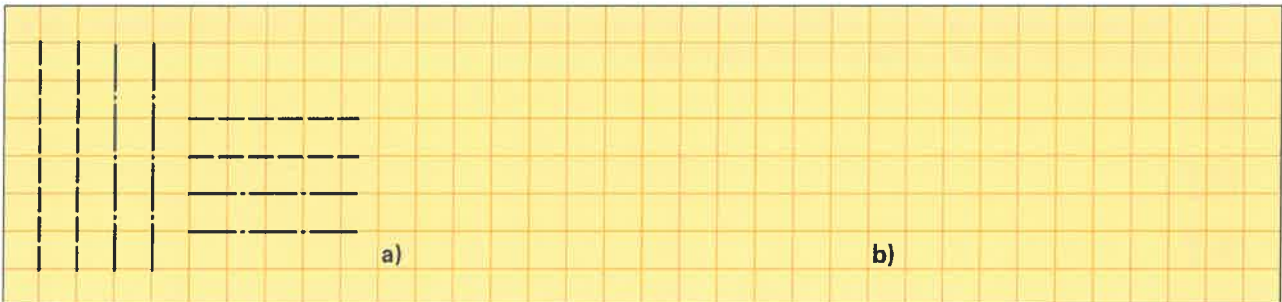


Häufig müssen Schaltpläne, z. B. in der Werkstatt bei einer Reparatur, skizziert werden. Dazu ist es notwendig ein bestimmtes Handling, eine Ordnung und ein Zeichengefühl zu entwickeln. Dies muss man vorher üben.

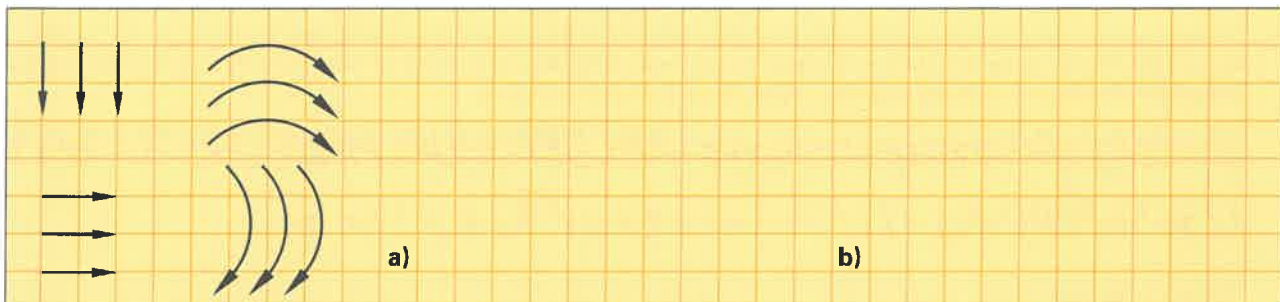
1. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster Volllinien a) mit dem Lineal und b) freihändig.



2. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster Strichlinien und Strich-Punkt-Linien a) mit dem Lineal und b) freihändig. Strichlinien kennzeichnen z. B. Gehäuse, Strich-Punkt-Linien z. B. die Mitte von Werkstücken.



3. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster Pfeile a) mit dem Lineal bzw. mit Schablone und b) freihändig. Pfeile kennzeichnen z. B. Ströme, Spannungen und Drehrichtungen.

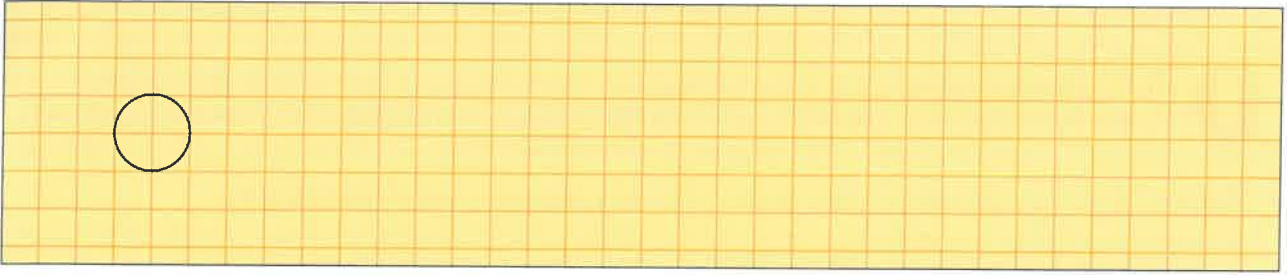


4. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster Rechtecke a) mit dem Lineal bzw. mit Schablone und b) freihändig. Rechtecke kennzeichnen z. B. Widerstände.

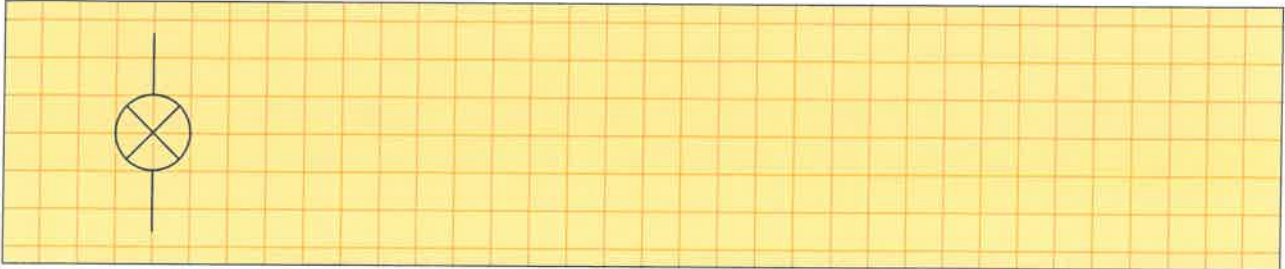




5. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster freihändig Kreise. Kreise kennzeichnen z.B. Teile von Leuchten.



6. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster jetzt das Schaltzeichen von Leuchten mit den beiden Anschlüssen.



7. In der Elektrotechnik gibt es genormte Betriebsmittelkennzeichnungen. Schreiben Sie je eine Zeile senkrecht die Kennzeichnungen E1, R2, X3, S4 und Q5 in 5 mm-Schriftgröße.

E1

R2

X3

S4

Q5

8. Bei technischen Zeichnungen verwendet man Normschrift. In Ihrer Ausbildung ist es von Vorteil manche Begriffe, z. B. Name und Firma, in Normschrift schreiben zu können. Schreiben Sie diese in Normschrift in das unten stehende Linienfeld. Die Muster, z. B. Messgerät, zeigen Ihnen die Linienführung.

*abcdefghijklmnopqrstuvwxy-ABCDEFGHIJKLMNQRSTUvwxyz*

*1234567890 ∅ □ - [ (! ? ; : " - = + ± × ∙ √ % & / ) ] < >*

*Wir üben*

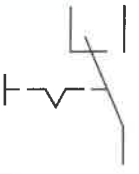

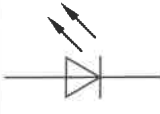
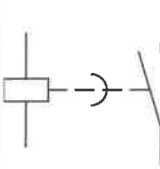
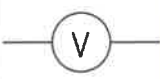
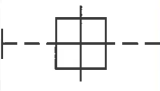
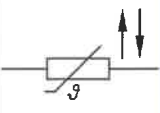

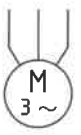
*230 V*

*Messgerät*



Schaltzeichen sind in der Elektrotechnik sehr wichtig, da diese im Zusammenwirken die Funktion einer Schaltung zeigen. Deshalb ist es in Ihrer Ausbildung notwendig das Zeichnen, Skizzieren und Erkennen von Schaltzeichen zu üben.

9. Vervollständigen Sie die folgende **Tabelle**. Skizzieren Sie das jeweilige Schaltzeichen in vorgesehenen Feldern. Erklären Sie, um welches Schaltzeichen es sich handelt.

Schaltzeichen	Schaltzeichen-Übungen					Bedeutung
						Wechsel- schalter
						Leitungs- schutz- schalter
						Leuchtdiode
						Zeitrelais
						Spannungs- messer
						Schalt- schloss mit Hand- antrieb
						NTC-Wider- stand
						Wechselstrom- netzgerät
						Drehstrom- motor



10. Zeichnen Sie z. B. mithilfe einer Zeichenschablone oder skizzieren Sie beide Schaltungen (**Bild 1 und 2**) in die vorgegebenen Felder. In der Elektrotechnik werden Ströme rot und Spannungen blau gekennzeichnet. Verwenden Sie deshalb Farbstifte für die Ströme und Spannungen wie in **Bild 1**.

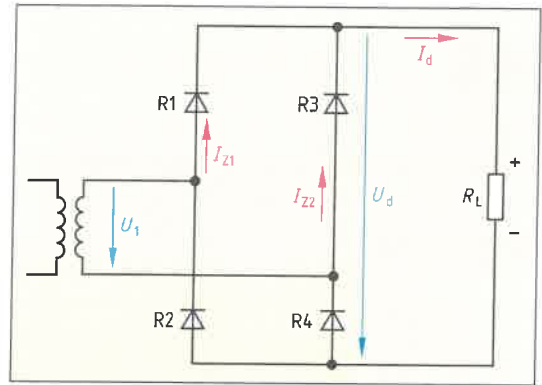
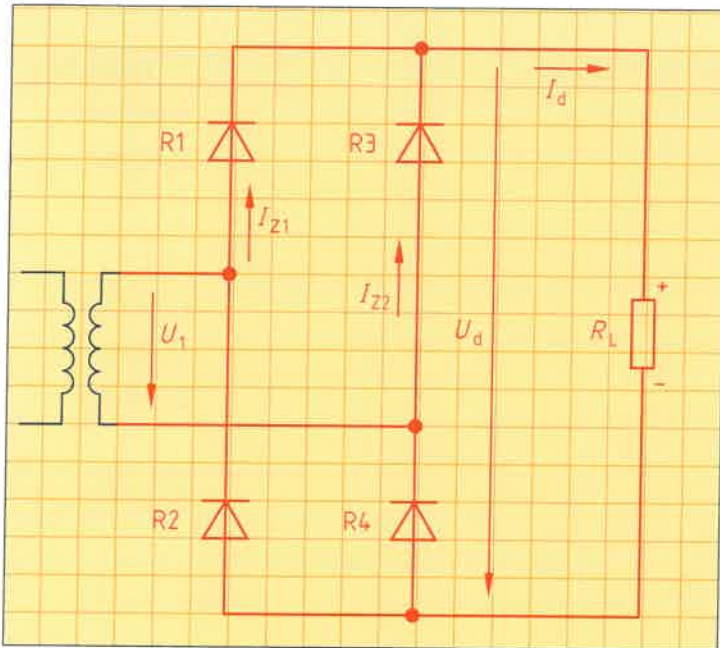


Bild 1: Zweipuls-Brückenschaltung

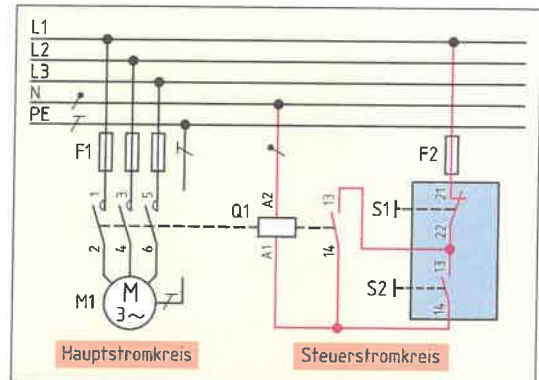
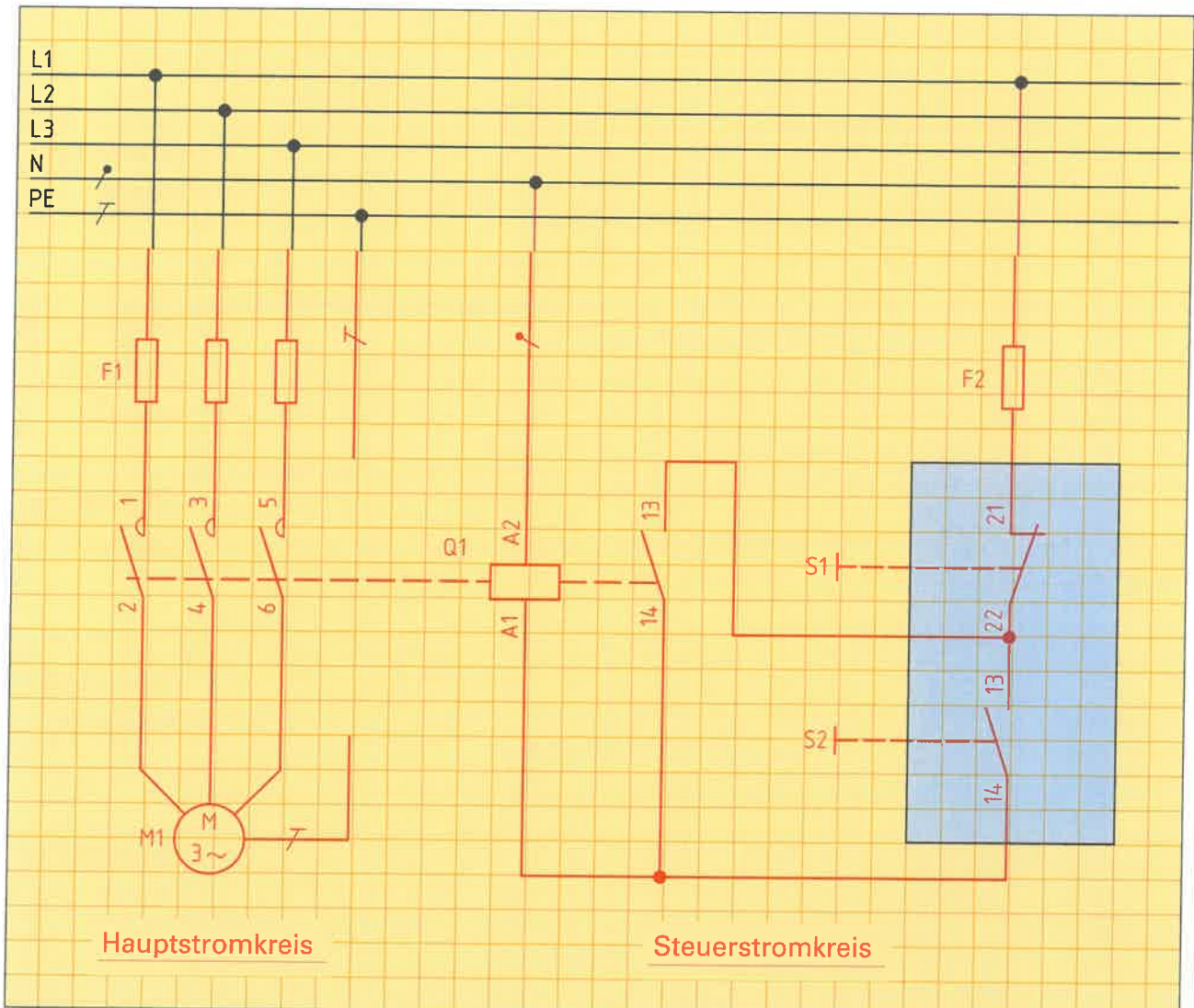


Bild 2: Schutzsteuerung mit Selbsthaltung





Beim Umgang mit elektrischer Energie kann es, z. B. durch Unachtsamkeit, zu Unfällen kommen. So kamen im Jahr 2008 nach Unterlagen der statistischen Bundesanstalt infolge von Unfällen durch elektrischen Strom 64 Menschen ums Leben. Auch deshalb gibt es für die Sicherheit elektrischer Anlagen gesetzliche Vorschriften und Regelungen.

1. Gesetze und Vorschriften haben Abkürzungen. Geben Sie die Fachbegriffe zu den Abkürzungen an.

- DIN-VDE: DIN-VDE-Vorschriften
- BetrSichV: Betriebssicherheitsverordnung
- ArbSchG: Arbeitsschutzgesetz
- UVV: Unfallverhütungsvorschriften
- TRBS: Technische Regeln für Betriebssicherheit
- GPSG: Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
- GefStoffV: Gefahrstoffverordnung

2. Jeder in einem elektrotechnischen Beruf Tätige sollte Maßnahmen zur Ersten Hilfe kennen und einen Notruf richtig ausführen können.

Ergänzen Sie den folgenden Text und tragen Sie im **Bild 1** die Notrufnummer ein.

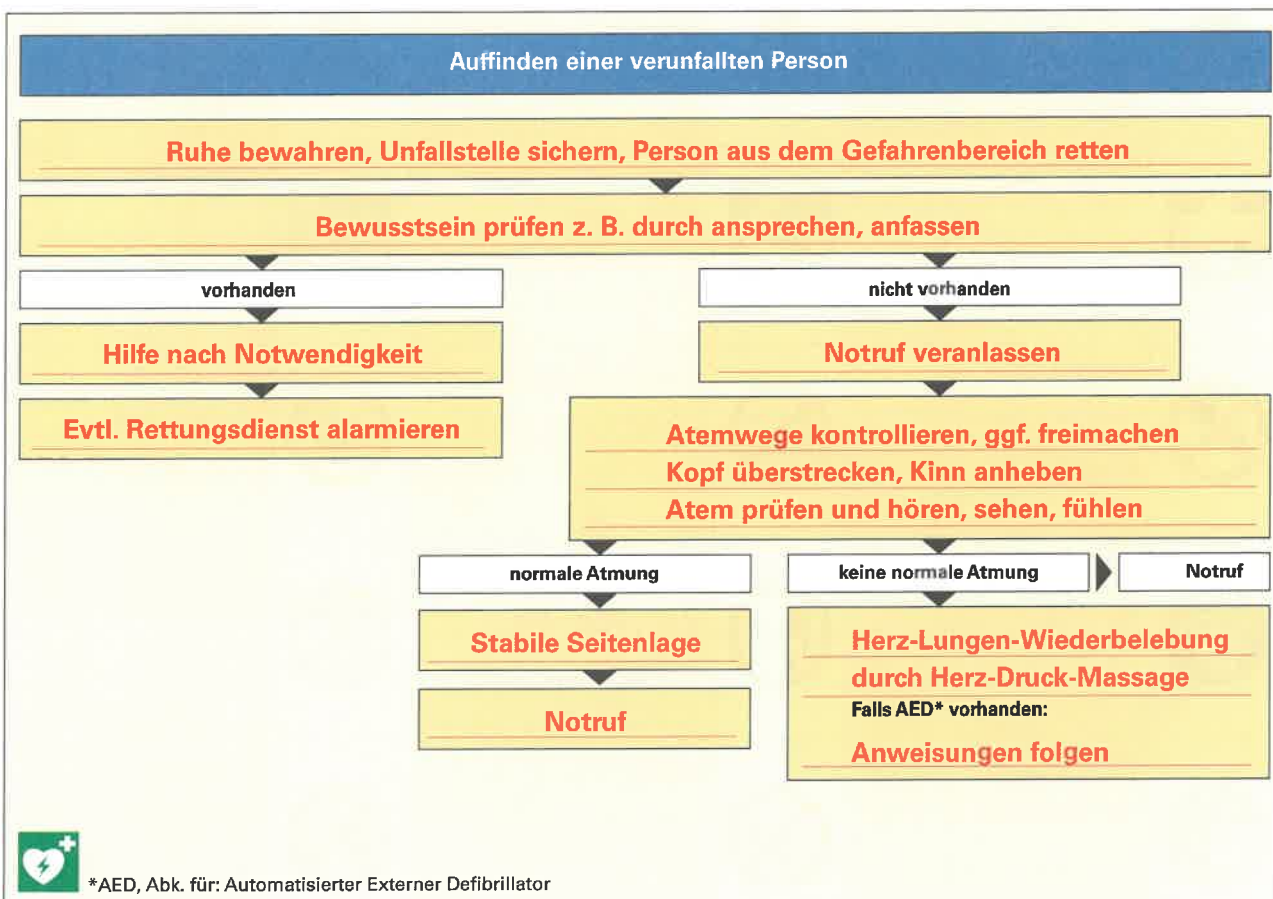
- Wo geschah der Unfall?
- Was geschah?
- Wie viele Verletzte?
- Welche Verletzungen?
- Warten auf Rückfragen der Rettungsleitstelle!



Bild 1: Notrufnummer

3. Ergänzen Sie im **Bild 2** die Maßnahmen zur Ersten Hilfe bei einem Unfall.

**Hinweise:** Geben Sie nur wichtige Begriffe an.



\*AED, Abk. für: Automatisierter Externer Defibrillator

Bild 2: Maßnahmen zur Ersten Hilfe



1. Geben Sie in der Tabelle die Bedeutung des betreffenden Sicherheitsschildes an.

**Tabelle: Sicherheitsschilder**

Schild	Bedeutung	Schild	Bedeutung	Schild	Bedeutung
	Schalten verboten		Berühren verboten		vor Öffnen Netzstecker ziehen
	Kopfschutz benutzen		Gehörschutz benutzen		Augenschutz benutzen
	Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung		Warnung vor feuergefährlichen Stoffen		Warnung vor giftigen Stoffen
	Warnung vor radioaktiven Stoffen		Gefahren durch Batterien		Warnung vor Laserstrahl
	Warnung vor magnetischem Feld		explosions- gefährdete Stoffe		schwebende Lasten
	Erste Hilfe		Richtungsangabe Erste Hilfe		Krankentrage
	Verbot, mit Wasser zu löschen		Abstellen oder Lagern verboten		Zutritt für Unbefugte verboten
	Atemschutz benutzen		Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten		Kein Trinkwasser
	Handschutz benutzen		Rauchen verboten		Berühren verboten Gehäuse unter Spannung



Das Arbeiten an elektrischen Anlagen muss im Normalfall im spannungslosen Zustand erfolgen.

1. In der Elektrotechnik verwendet man den Fachbegriff: Freischalten. Erklären Sie diesen Fachbegriff.

Freischalten bedeutet: allpoliges und allseitiges Abschalten der Spannung.

2. Erklären Sie die fünf Sicherheitsregeln (Tabelle) und geben Sie mindestens jeweils dazu ein Beispiel an.

Tabelle: Die fünf Sicherheitsregeln	
1. Freischalten.	Spannungsfreischalten aller Teile der Anlage, an denen gearbeitet werden soll. Z.B. Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) abschalten.
2. Gegen Wiedereinschalten sichern.	Betätigungsmechanismus von Schaltgeräten, z.B. LS-Schalter, durch Schloss sichern, Schmelzsicherungen entfernen, Verbotsschilder anbringen.
3. Spannungsfreiheit feststellen.	Fachkraft prüft, ob Anlage spannungsfrei ist. Anlage, z.B. mit zweipoligem Spannungsprüfer, prüfen.
4. Erden und Kurzschließen (Regel 4 entfällt bei Anlagen unter 1000 V)	Zuerst immer erden, dann mit den kurzzuschließenden aktiven Teilen (Außenleiter), z.B. mit einer Kurzschlussvorrichtung, verbinden.
5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.	Bei Anlagen unter 1 kV genügen zum Abdecken z.B. isolierende Tücher, Schläuche, Formstücke. Über 1 kV sind zusätzlich Absperrtafeln, Seile, Warntafeln erforderlich.

3. Welche Sicherheitsregel wird durch das Bild erfüllt?

Sicherheitsregel: 3

4. Wie sichert man eine elektrische Anlage gegen Wiedereinschalten (Sicherheitsregel 2), wenn anstelle von Schmelzsicherungen Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) vorhanden sind? Nennen Sie ein einfaches Beispiel.

Durch ein Klebeband über den LS-Schalter.

5. Warum ist weiterhin bei der Sicherheitsregel 2 ein Verbotsschild „Nicht schalten“ an der Sicherung anzubringen?

Damit ein Unbefugter nicht versehentlich die Spannung wieder einschaltet.



Bild: Prüfgerät

6. In welchem Fall ist das Erden und Kurzschließen (Sicherheitsregel 4) nicht erforderlich? Geben Sie dazu mindestens ein Beispiel aus der Praxis an.

Bei Spannungen bis 1000 V, z.B. bei Hausanschlüssen.

7. In der Elektrotechnik ist das Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagen verboten. Doch es gibt Ausnahmen. Nennen Sie dazu zwei Beispiele.

- Wenn beim Abschalten eine Gefahr für Personen entstehen könnte.
- Wenn beim Abschalten ein hoher materieller Schaden entstehen könnte.

8. Welche DIN-VDE-Vorschrift regelt das Arbeiten unter Spannung?

DIN VDE 0105



Für Menschen und Tiere ist der elektrische Strom gefährlich. Die Gefährdung nimmt bei steigender Stromstärke und längerer Einwirkdauer zu.

- Ein „Elektrischer Schlag“ kann durch Berühren unter Spannung stehender Teile erfolgen.
  - Ordnen Sie den beiden Berührungsarten im **Bild 1** die Begriffe „direktes Berühren“ und „indirektes Berühren“ zu.
  - Tragen Sie im **Bild 1** für beide Unfälle den Verlauf des Fehlerstromes rot ein.

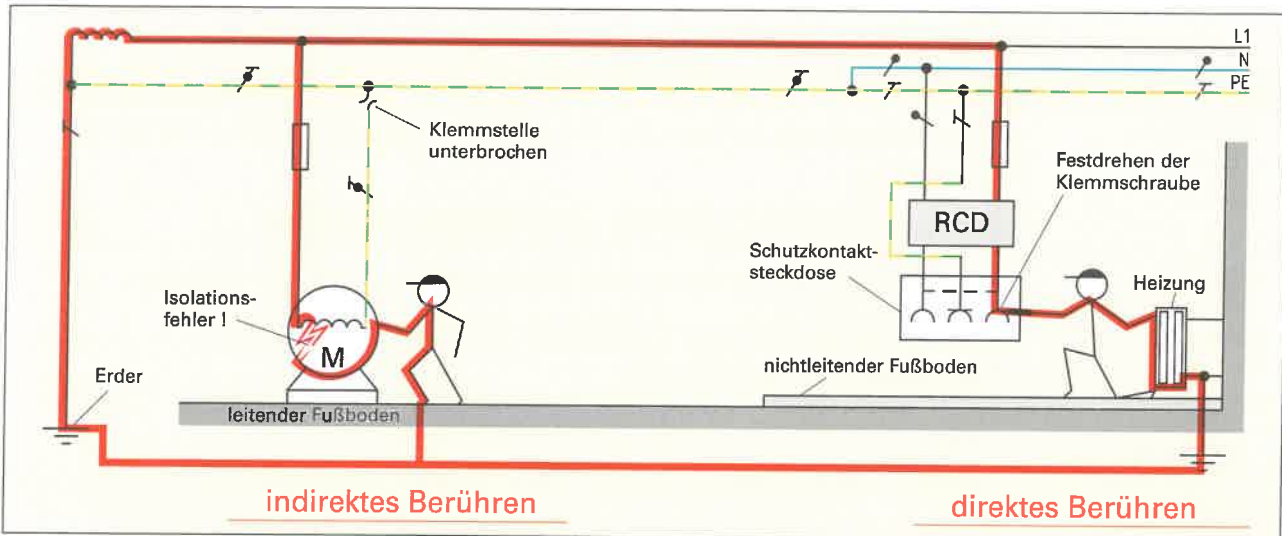


Bild 1: Elektrischer Schlag

- Fließt Strom durch den menschlichen Körper, kommt es zu Körperreaktionen. Die Körperreaktionen hängen von der Einwirkdauer  $t$  und der Stromstärke  $I_k$  ab. Geben Sie in **Tabelle 1** jeweils den Bereich AC-1 bis AC-4 (**Bild 2**) an, in dem die Körperreaktion erfolgt.

Tabelle 1: Körperreaktion bei Stromfluss durch den menschlichen Körper	
mögliche Körperreaktion (Beispiel)	Bereich
Herzstillstand	AC-4
Muskelkontraktionen	AC-2
Atemschwierigkeiten	AC-3
Wahrnehmung möglich	AC-1

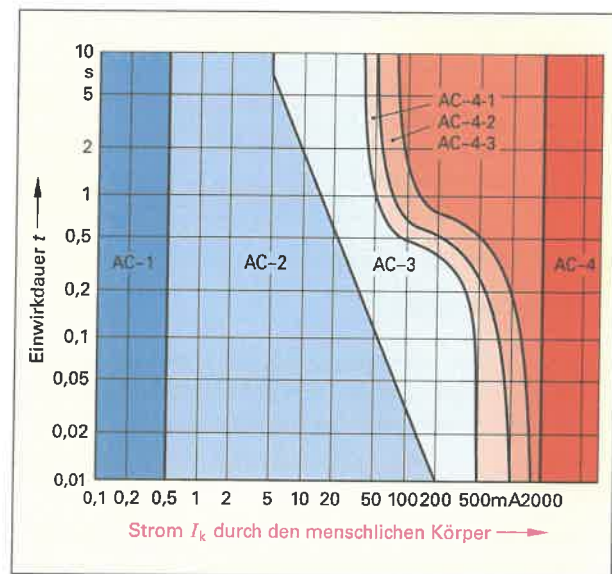


Bild 2: Wirkungsbereiche

- Ermitteln Sie in **Tabelle 2** die zugehörigen Körperreaktionen beim Berühren unter Spannung stehender Teile aus dem Bild 2.

Tabelle 2: Körperreaktionen				
Berührungstromstärke	kleiner 0,5 mA	500 mA	100 mA	50 mA
Einwirkdauer	beliebig lange	1 s	20 ms	0,5 s
Bereich	AC-1	AC-4-3	AC-2	AC-3
Körperreaktion	Wahrnehmung möglich, meist keine Schreckreaktion	wahrscheinlich Herzkammerflimmern	Muskelkontraktionen, keine schädlichen Wirkungen	Muskelverkrampfungen, Atemschwierigkeiten



Berührt ein Mensch oder ein Nutztier während eines Isolationsfehlers gleichzeitig zwei elektrische Teile, so wird er von einem Strom durchflossen. Die Spannung, die dann am menschlichen Körper auftritt, nennt man Berührungsspannung. Für die Höhe der dauernd zulässigen Berührungsspannung gibt es festgelegte Grenzwerte. Bis zu diesen Grenzwerten sind die Spannungen nicht lebensbedrohlich.

1. a) Tragen Sie im Ersatzschaltbild (**Tabelle**) den Bezugspfeil für die Berührungsspannung  $U_B$  ein.
- b) Entscheiden Sie, ob der Körperstrom infolge des betreffenden Einflussfaktors groß oder klein ist.

Tabelle: Bestimmungsgrößen und Einflussfaktoren bei einem Elektrounfall			
Prinzipschaltbild eines Elektrounfalls	Ersatzschaltbild	Einflussfaktor	Körperstrom
		feuchter Erdboden	groß
		trockene Hände	klein
		kleine Berührungsfläche	klein
		feuchte Schuhe	groß
		Schuhe mit Gummisohlen	klein
		Holzleiter	klein
		Metall-Leiter	groß
		hohe Spannung	groß

2. Welche Werte haben die aus Sicherheitsgründen international vereinbarten Berührungsspannungen  $U_L$ , die im Falle eines Fehlers zeitlich unbegrenzt bestehen dürfen?

**für Menschen**

Wechselspannung (AC):  $U_L = 50 \text{ V}$

Gleichspannung (DC):  $U_L = 120 \text{ V}$

**für Nutztiere**

Wechselspannung (AC):  $U_L = 25 \text{ V}$

Gleichspannung (DC):  $U_L = 60 \text{ V}$

3. Wie lautet die Formel zur Berechnung der Berührungsspannung  $U_B$  am Körper von Menschen und Nutztieren?

$$U_B = I_K \cdot R_K$$

4. Welche besonderen Maßnahmen sind für Hersteller und Errichter von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen vorgeschrieben, um das Risiko von Elektrounfällen möglichst gering zu halten?

- Nach den VDE-Bestimmungen müssen elektrische Betriebsmittel und Anlagen mit Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag ausgerüstet werden.
- Elektrische Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften errichtet, geändert oder gewartet werden.

5. Nach einem tödlichen Elektrounfall mit einer Handbohrmaschine mit Metallgehäuse ergab eine Untersuchung folgendes Ergebnis.

- Die Bohrmaschine wurde mit 230 V betrieben.
- Der Gesamtwiderstand  $R$  des Unfallstromkreises betrug 1,8 k $\Omega$ , der Körperwiderstand  $R_K$  der Person 900  $\Omega$ .

- a) Berechnen Sie den Körperstrom  $I_K$  und die eingetretene Berührungsspannung  $U_B$ .

- b) Bewerten Sie, ausgehend von den Rechenergebnissen, die Folgen für den Menschen.

a)	$I_K = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{1800 \Omega} = 128 \text{ mA}$
	$U_B = I_K \cdot R_K = 0,128 \text{ A} \cdot 900 \Omega = 115 \text{ V}$

- b) Der Körperstrom führte wahrscheinlich zum Herzkammerflimmern und somit zum Tod.  
Die eingetretene Berührungsspannung  $U_B$  war wesentlich höher als die vereinbarte Grenze der Berührungsspannung  $U_L$ .



Der elektrische Strom transportiert elektrische Energie und überträgt Informationen. Die elektrische Stromstärke ist eine Grundgröße der Elektrotechnik.

- Warum leiten Metalle, z.B. Kupfer, den elektrischen Strom besonders gut?  
Weil in Metallen sehr viele frei bewegliche Elektronen vorhanden sind.
- Was geschieht im Inneren eines metallischen Leiters, wenn in ihm ein elektrischer Strom fließt?  
Die freien Elektronen bewegen sich gleichzeitig in eine bestimmte Richtung.
- Unter welchen Voraussetzungen kann ein elektrischer Strom fließen?  
Es müssen eine Energiequelle (Spannungsquelle) und ein geschlossener Stromkreis vorhanden sein.
- Das Bild 1 zeigt den vereinfachten Ausschnitt eines metallischen Leiters mit der Flussrichtung der Elektronen. Tragen Sie die Bezugs Pfeile und das Formelzeichen für die technische Stromrichtung ein.

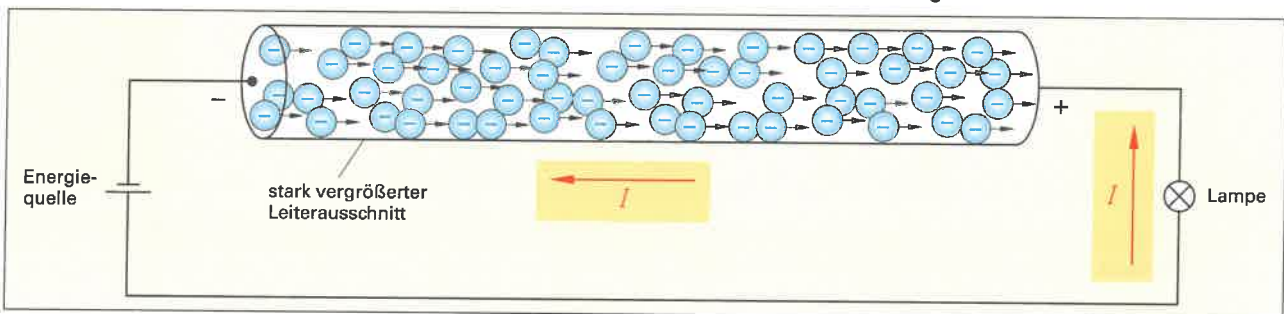


Bild 1: Stromfluss im Leiter

- Wie ist die elektrische Stromstärke  $I$  in einem metallischen Leiter festgelegt?  
In einem metallischen Leiter wird die Stromstärke  $I$  durch die Menge der fließenden freien Elektronen pro Zeiteinheit bestimmt.

- Vergleichen Sie in Tabelle 1 die Stromstärken  $I$  mit dem Beispiel 1. Verwenden Sie die Begriffe: *größer* und *kleiner*.
- Ergänzen Sie die Tabelle 2.

Tabelle 1: Stromstärkevergleich			
Beispiel-Nr.	Ladung $Q$	Zeitdauer $t$	Stromstärke $I$
1	5 As	2 s	klein
2	5 As	0,5 s	größer als bei Nr. 1
3	20 As	10 s	kleiner als bei Nr. 1

Tabelle 2: Stromstärke	
Formelzeichen	$I$
Einheitenname	Ampere
Einheitenzeichen	A

- Vergleichen Sie die Stromstärke  $I_1$  vor und die Stromstärke  $I_2$  nach dem Verbraucher (Bild 2). Begründen Sie Ihre Antwort.  
Die Stromstärke  $I$  ist vor und nach dem Verbraucher gleich groß. Die Zahl der freien Elektronen, die in den Verbraucher hinein-fließen, müssen auch wieder herausfließen. Die freien Elektronen geben aber Energie ab.

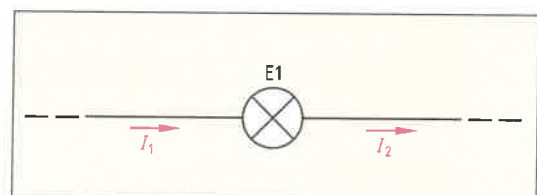


Bild 2: Stromstärke vor und hinter einem Verbraucher

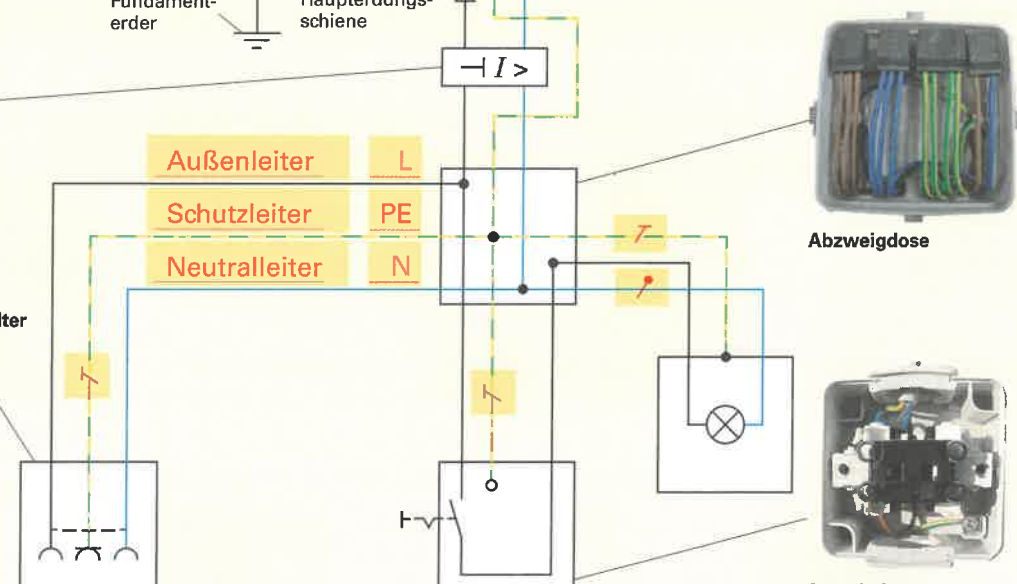
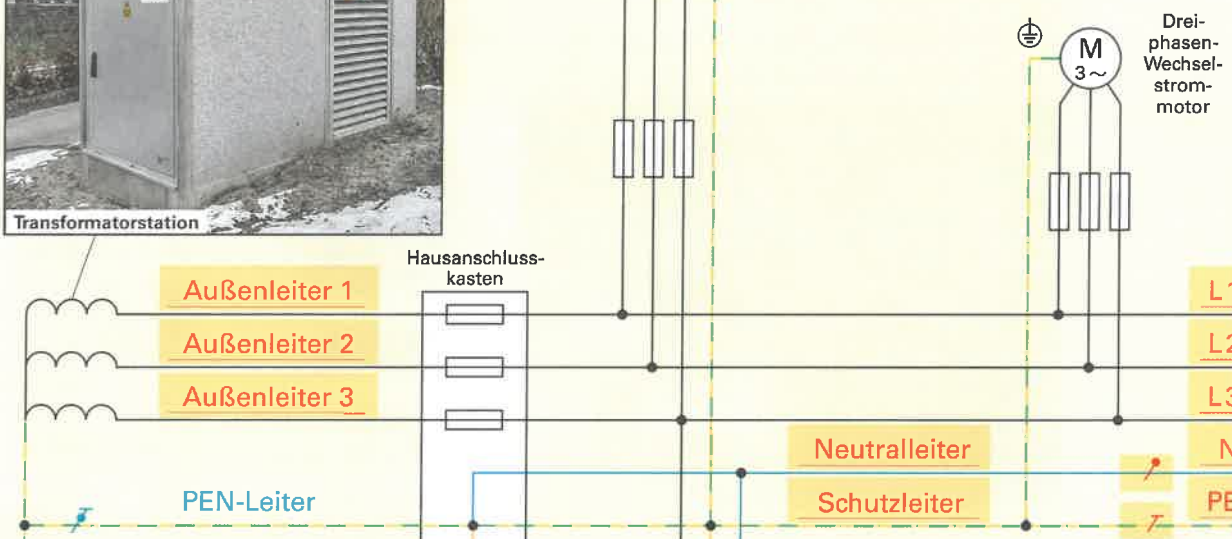
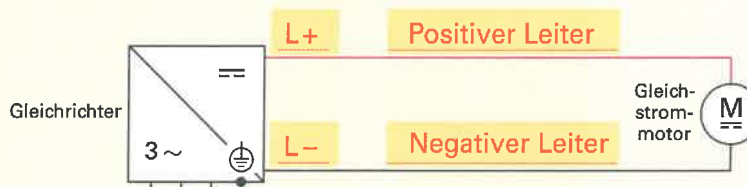
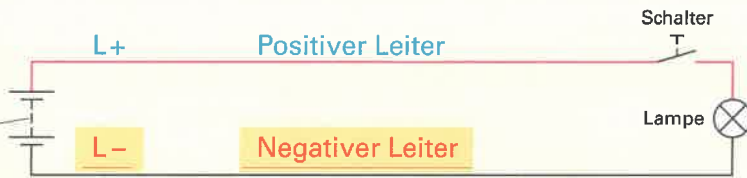
- Rechnen Sie die Stromwerte mit großen und kleinen Einheitenvorsätzen in die geforderte Einheit um.

1 kA = 1 000 A	1 mA = 0,001 A	0,005 kA = 5 A	0,5 A = 500 mA
1 mA = 1 000 $\mu$ A	600 A = 0,6 kA	0,36 A = 360 mA	2 mA = 0,002 A
250 mA = 0,250 A	3 A = 3 000 mA	20 mA = 0,02 A	100 kA = 100 000 A



In der Elektrotechnik gibt es drei grundlegende Arten von Stromkreisen. Man unterscheidet Gleichstromkreise, Einphasen-Wechselstromkreise und Dreiphasen-Wechselstromkreise.

Ergänzen Sie in den Stromkreisarten (z.B. im Gleichstromkreis) die ausführlichen Leiterbenennungen mit deren Kurzbezeichnungen und die Leiter-Kennzeichnungen.



Gleichstromkreise

Dreiphasen-Wechselstromkreise

Einphasen-Wechselstromkreise



Trennt man die positiven und die negativen Ladungen  $Q$ , in dem man Energie  $W_{zu}$  zuführt, so entsteht zwischen den getrennten Ladungen eine elektrische Spannung, die Quellenspannung  $U_0$ .

Wenn ein Strom fließt, geben die Ladungen  $Q$  ihre Energie  $W_{ab}$  wieder ab. An den Bauteilen entsteht dadurch ein Spannungsfall, den man meist nur Spannung nennt.

Formeln:

$$U_0 = \frac{W_{zu}}{Q}$$

$$U = \frac{W_{ab}}{Q}$$

1. In der Elektrotechnik unterscheidet man nach ihrer Entstehung zwei verschiedene Arten von Spannungen. Geben Sie in der **Tabelle 1** die Benennungen, zugehörige Beispiele, Formelzeichen, Einheitenname und Einheitenzeichen für die beiden Spannungen an.

Tabelle 1: Elektrische Spannungen		
Entstehung der Spannung	Trennung der elektrischen Ladungen durch Energiezufuhr	Energieabgabe der elektrischen Ladungen bei Stromfluss
Benennung der Spannung	Quellenspannung	Spannungsfall oder Spannung
Beispiele	Kfz-Lichtmaschinen, Batterien, Solarzellen, Thermoelemente, Kraftwerksgeneratoren	stromdurchflossene Lampen, Motoren, Haushaltsgeräte, Kabel und Leitungen
	<p>Kraftwerks-generator Dampfturbine</p>	<p>Motor Energiesparlampe Kabel, Leitungen Haushaltsgerät</p>
Formelzeichen	$U_0$	z. B.: $U, U_1, U_x$
Einheitenname	Volt	Volt
Einheitenzeichen	V	V

2. Geben Sie für die Beispiele in der **Tabelle 2** Werte für Spannungen an. Eventuell schätzen Sie die Werte.

Tabelle 2: Spannungsquellen und Verbraucher (Beispiele)			
Monozelle	1,5 V	Spielzeugeisenbahn	16 V
Kfz-Batterie	12 V	Lampen	z. B. 3 V, 12 V, 230 V
Kraftwerksgeneratoren	6 kV, 10 kV, 20 kV	Hausanschluss	230/400 V
Antennenspannung	10 bis 50 $\mu$ V	Haushaltsgeräte	230 V

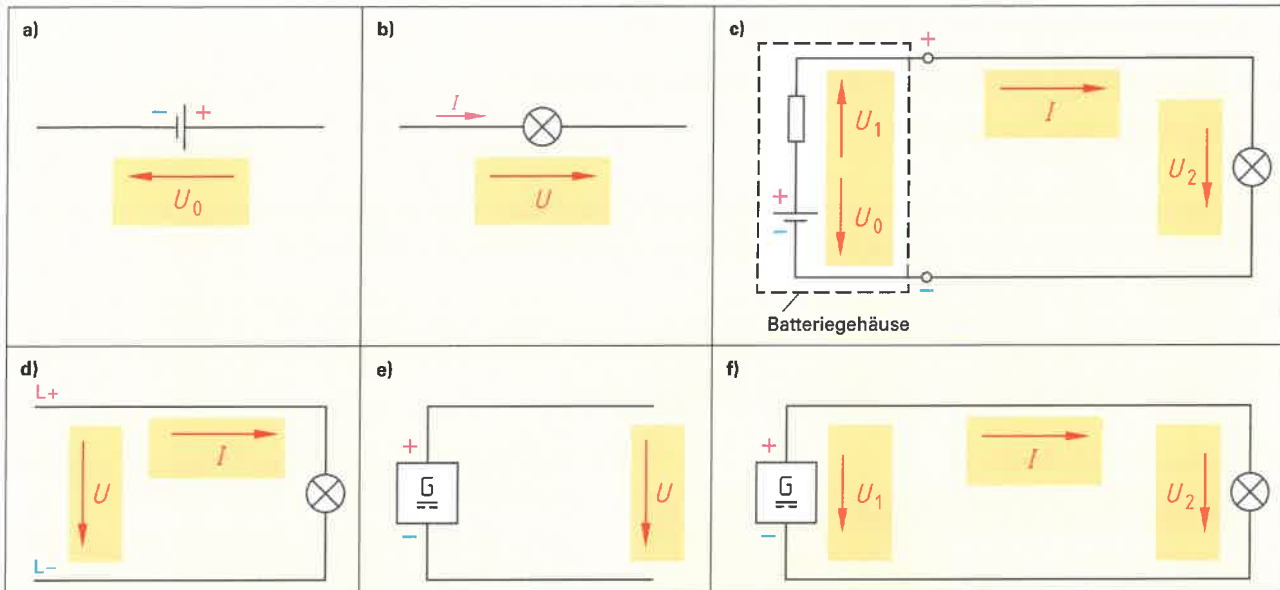
3. Rechnen Sie die Spannungswerte mit großen und kleinen Einheitenvorsätzen in die geforderte Einheit um.

0,4 kV = <u>400</u> V	320 mV = <u>0,32</u> V	1,2 MV = <u>1 200 000</u> V	0,5 V = <u>500</u> mV
1 mV = <u>0,001</u> V	36000 V = <u>36</u> kV	20 $\mu$ V = <u>0,000 020</u> V	3500 mV = <u>3,5</u> V



Beachten Sie, dass der Bezugspfeil der Quellenspannung entgegen der technischen Stromrichtung und der Bezugspfeil für den Spannungsfall in Stromrichtung gezeichnet wird.

4. Tragen Sie in die Abbildungen (**Bild 1**) die Bezugspfeile für die Spannungen bzw. Ströme und die zugehörigen Formelzeichen ein.



**Bild 1: Bezugspfeile für Spannungen und Ströme**

5. In elektrischen Schaltungen ist es oft aus praktischen Gründen zweckmäßig, die Spannung zwischen einem bestimmten Messpunkt und einem festgelegten neutralen Bezugspunkt (0 V) zu messen oder anzugeben. Wie nennt man diese elektrische Größe?

elektrisches Potenzial

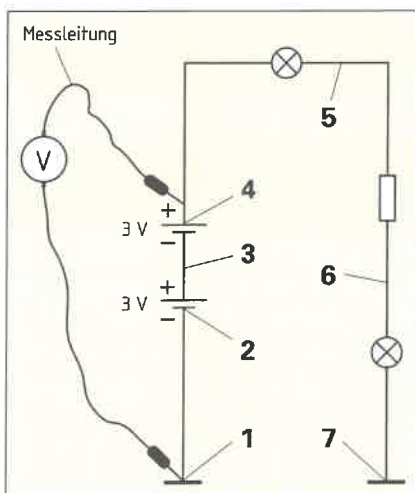
7. Was versteht man unter Potenzialunterschied?

Potenzialunterschied ist die Differenz zwischen zwei Potenzialen. Diese wird als Spannung angegeben.

6. Geben Sie in **Tabelle 1** die Schaltzeichen für elektrische Bezugspunkte an.

Tabelle 1: Kennzeichnung elektrisch neutraler Bezugspunkte	
Erde	
Masse	

8. Geben Sie in der **Tabelle 2** für die angegebenen Messstellen nach **Bild 2** den Messwert an und entscheiden Sie, ob es sich um ein Potenzial oder eine Spannung handelt.



**Bild 2: Potenzial- und Spannungsmessungen**

Tabelle 2: Potenziale und Spannungen							
Messstelle	Messwert	Potenzial*	Spannung	Messstelle	Messwert	Potenzial	Spannung
1-1	0 V	X		5-6	1 V		X
2-1	0 V	X		4-6	3 V		X
3-1	+ 3 V	X		6-7	+ 3 V	X	
4-1	+ 6 V	X		6-1	+ 3 V	X	
5-1	+ 4 V	X		1-7	0 V	X	
4-5	2 V		X	3-6	0 V		X

\* Der Potenzialwert entspricht der gemessenen Spannung.



Alle elektrischen Bauelemente, z. B. Motoren, Heizungen oder Leitungen, besitzen einen Widerstand, durch den der Strom beeinflusst wird. Bei Stromfluss durch einen Widerstand entsteht Nutzwärme oder Verlustwärme.

1. Was versteht man unter elektrischem Widerstand? Geben Sie dazu zwei Erklärungen.

- Eigenschaft, den elektrischen Strom zu vermindern.
- Elektrisches Bauelement

2. Durch das Widerstandsverhalten der Leiter und Bauelemente verlieren die strömenden Ladungsträger Energie.

- a) In welche Energieform wird die Bewegungsenergie der Ladungsträger umgewandelt?  
b) Was geschieht mit dieser Energie?

- a) Die Bewegungsenergie wird in Wärmeenergie umgewandelt.  
b) Die Wärme wird an die Umgebung abgegeben.

3. Ergänzen Sie die Tabelle 1.

Tabelle 1: Elektrischer Widerstand	
Formelzeichen	R
Einheitenname	Ohm
Einheitenzeichen	Ω

4. Was gibt a) der spezifische Widerstand  $\rho$  und b) die elektrische Leitfähigkeit  $\gamma$  eines Leiters an?

- a)  $\rho$  ist der Widerstandswert eines Leiters mit einem Querschnitt von  $1 \text{ mm}^2$  je Meter Leiterlänge.  
b)  $\gamma$  ist der Kehrwert des spezifischen Widerstandes.

5. Der elektrische Widerstand ist von den Materialgrößen des Leiters abhängig. Ergänzen Sie die Tabelle 2.

Tabelle 2: Materialabhängigkeit des elektrischen Widerstandes			
Materialgrößen des Leiters	Beispiele		Elektrischer Widerstand
Leiterlänge $l$	z. B. 30 m		groß
	z. B. 10 m		klein
Leiterquerschnitt $A$	z. B. 25 $\text{mm}^2$		klein
	z. B. 1,5 $\text{mm}^2$		groß
spezifischer Widerstand $\rho$	z. B. Wolfram		groß
	z. B. Kupfer		klein

6. Geben Sie zwei Formeln zur Berechnung des Leiter-Widerstandswertes mithilfe der Materialgrößen  $\rho$  und  $\gamma$  an.

$$\text{Leiterwiderstand } R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

7. Berechnen Sie den Widerstand in  $\text{m}\Omega$  einer 10 m langen Kupfer-Leitung NYM-J 3 x 1,5  $\text{mm}^2$ . Beachten Sie, dass im Betrieb der Leitung zwei Adern stromführend sind.

Geg.:	$l = 10 \text{ m}, \gamma_{\text{Cu}} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}, A = 1,5 \text{ mm}^2$	Ges.:	$R_{\text{Leitung}}$
Lösung:	$R_L = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot 10 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 0,0238 \Omega = 23,8 \text{ m}\Omega$		



Das ohmsche Gesetz erklärt den Zusammenhang zwischen Strom  $I$ , Spannung  $U$  und Widerstand  $R$ . Wichtig ist, dass man unterscheiden kann, welche Größe jeweils die Ursache und welche Größe die Wirkung bzw. die Folge der Ursache ist. Im ohmschen Gesetz ist der Widerstand  $R$  immer die Größe, die zwischen Ursache und Wirkung die Bedingung darstellt.

- Der Physiker Ohm hat den Zusammenhang zwischen Stromstärke  $I$  und Spannung  $U$  erforscht. Ergänzen Sie a) die Beziehung zwischen Spannung  $U$  und Stromstärke  $I$  und b) die Formel für das ohmsche Gesetz.
- Nennen Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes die Formeln zur Berechnung von  $I$ ,  $U$  und  $R$ .

**Ohmsches Gesetz** (gleichbleibende Bedingungen)

a)  $U \sim I$       b)  $\Rightarrow \frac{U}{I} = \text{konstant} = R$

Berechnung der Stromstärke $I$	Berechnung der Spannung $U$	Berechnung des Widerstandes $R$
$I = \frac{U}{R}$	$U = I \cdot R$	$R = \frac{U}{I}$

- Erläutern Sie für die Größen Spannung, Strom und Widerstand die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung in den Bildern 1 und 2.
  - Nennen Sie die zugehörige Formel zur Berechnung der Wirkungsgröße.

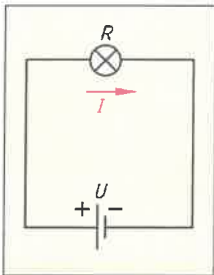


Bild 1: Batterie-stromkreis

a) Die Spannung  $U$  wirkt als Ursache für den Strom  $I$ . Der Strom  $I$  fließt als Wirkung durch die Lampe mit dem Widerstand  $R$ .

b) Formel:

$$I = \frac{U}{R}$$

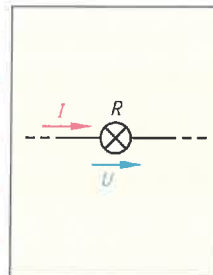


Bild 2: Verbraucher im Stromkreis

a) Ein Strom  $I$  als Ursache fließt durch die Lampe mit dem Widerstand  $R$ . Als Wirkung entsteht eine Spannung  $U$  an der Lampe.

b) Formel:

$$U = I \cdot R$$

- Die Tabelle zeigt drei Beispiele der Veränderung einer elektrischen Größe im Bild 3. Ergänzen Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes für jedes Beispiel die Reaktion der fehlenden Größe.

Tabelle: Zusammenwirken der elektrischen Größen: Spannung, Strom, Widerstand			
elektrische Größen	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3
Widerstand $R$	bleibt gleich	bleibt gleich	wird kleiner
Stromstärke $I$	wird kleiner	wird größer	wird größer
Spannung $U$	wird kleiner	wird größer	bleibt gleich

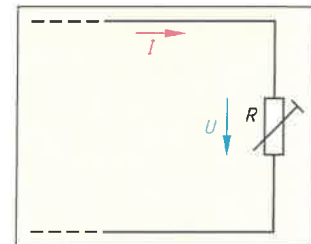


Bild 3: Stromkreisausschnitt

- Berechnen Sie den Wert eines Heizwiderstandes, wenn bei einer Spannung von 230 V ein Strom von 4,35 A fließt.
- Trotz Verbot arbeitete der Azubi unter Spannung an einer Schutzkontaktsteckdose für 230 V/16 A. Der Leitungswiderstand beträgt 0,9  $\Omega$ . Er berührte versehentlich mit dem Schraubendreher gleichzeitig den Außenleiter und den Schutzkontakt. Es kam zum Kurzschluss. Berechnen Sie die Stromstärke.

**Hinweis:** Der Widerstand des Schraubendrehers kann vernachlässigt werden.

Geg.:  $I = 4,35 \text{ A}$ ,  $U = 230 \text{ V}$       Ges.:  $R$

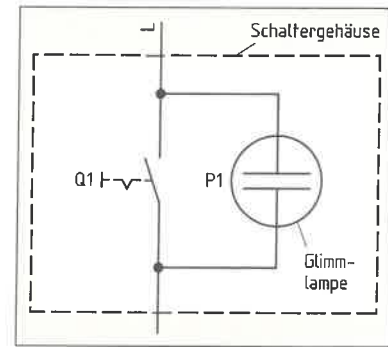
Lösung:  $R = \frac{U}{I}$   
 $= \frac{230 \text{ V}}{4,35 \text{ A}} = 52,87 \Omega$

Geg.:  $U = 230 \text{ V}$ ,  $R = 0,9 \Omega$       Ges.:  $I$

Lösung:  $I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{0,9 \Omega} = \frac{230 \text{ V}}{0,9 \Omega} = 255 \text{ A}$

7. Erklären Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes, wieso die Glimmlampe P1 im Ausschalter Q1 (**Bild 1**) nicht leuchtet, wenn Q1 eingeschaltet ist.

Der Schaltkontakt hat im geschlossenen Zustand praktisch einen Widerstand von 0 Ω. Fließt Strom durch den Schaltkontakt Q1, ist nach der Formel  $U = I \cdot R$  die Spannung  $U \approx 0 \text{ V}$  am Schaltkontakt. An der Glimmlampe sind also 0 V und deshalb leuchtet P1 nicht.

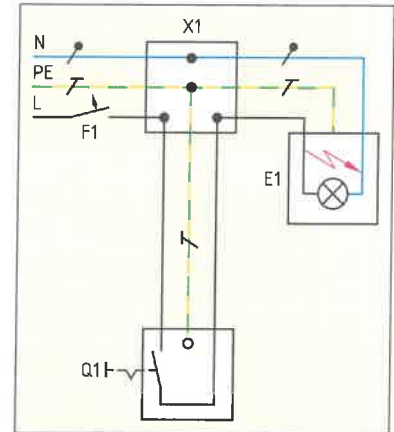


**Bild 1: Schalterbeleuchtung**

8. Ein Elektroniker wurde von einem Kunden angerufen, um eine Störung zu beheben. Die Störung wurde mit den Worten beschrieben: „Als ich die Hängelampe (**Bild 2**) auf dem Flur einschaltete, schaltete der Sicherungsautomat sofort aus und nun kann ich das Licht nicht mehr einschalten.“

- a) Nennen Sie den wahrscheinlichen Fehler.
- b) Erläutern Sie mithilfe des ohmschen Gesetzes, warum der Leitungsschutzschalter sofort auslöste, als der Lampenstromkreis eingeschaltet wurde.

- a) Kurzschluss in der Lampenfassung
- b) Der Verbraucherwiderstand ist überbrückt, sodass der Stromkreiswiderstand nun sehr klein ist. Nach dem ohmschen Gesetz  $I = U/R$  ist der Strom sehr groß. Es fließt ein Kurzschlussstrom  $I_K$ . Damit die Leitung nicht unzulässig heiß wird, schaltet der Leitungsschutzschalter F1 die Stromversorgung sofort automatisch ab.



**Bild 2: Schaltung der Flurbeleuchtung (mit Fehler)**

9. Eine Heckenschere mit einer Stromaufnahme von 3 A wird mithilfe einer Garten-Kabeltrommel (**Bild 3**) mit 50 m Leitung an einer Schukosteckdose mit einer Spannung  $U_A = 224 \text{ V}$  am Anfang der Kabeltrommel betrieben. Auf der Kabeltrommel befindet sich eine Leitung H07RN-F mit  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ . Berechnen Sie a) den Leitungswiderstand der Kabeltrommel und b) die Spannung  $U_E$  am Ende der Leitung.

Geg.: $I = 3 \text{ A}$ , $U_A = 224 \text{ V}$ , $\gamma_{Cu} = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ , $l = 50 \text{ m}$ , $A = 1,5 \text{ mm}^2$	Ges.: a) $R_l$ , b) $U_E$
Lösung:	
a) $R = \frac{2 \cdot l}{\gamma_{Cu} \cdot A} = \frac{2 \cdot 50 \text{ m}}{56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2 \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 1,19 \Omega$	
b) $U_E = U_A - U_R$ mit $U_R = I \cdot R$ $U_R = 3 \text{ A} \cdot 1,19 \Omega = 3,57 \text{ V}$ $= 224 \text{ V} - 3,57 \text{ V} = 220,43 \text{ V}$	

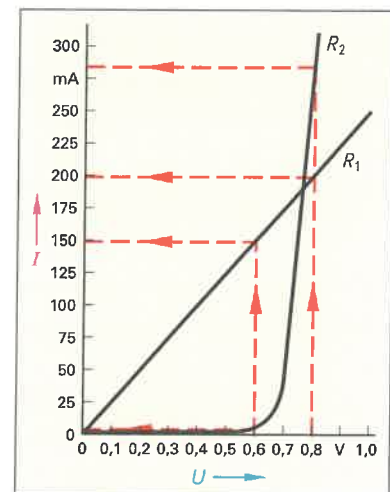


**Bild 3: Garten-Kabeltrommel**

10. Berechnen Sie mithilfe der Kennlinien im **Bild 4** den Wert des ohmschen Widerstandes bei 0,6 V und bei 0,8 V für a) Bauelement 1 ( $R_1$ ) und für b) Bauelement 2 ( $R_2$ ). c) Vergleichen Sie für jedes Bauelement die Rechenergebnisse und formulieren Sie eine Schlussfolgerung.

a) $U = 0,6 \text{ V} \Rightarrow$ abgelesen: $I = 150 \text{ mA}$	b) $\Rightarrow$ abgelesen: $I = 5 \text{ mA}$
$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{0,6 \text{ V}}{0,150 \text{ A}} = 4 \Omega$	$R_2 = \frac{U}{I} = \frac{0,6 \text{ V}}{0,005 \text{ A}} = 120 \Omega$
$U = 0,8 \text{ V} \Rightarrow$ abgelesen $I = 200 \text{ mA}$	$\Rightarrow$ abgelesen $I \approx 285 \text{ mA}$
$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{0,8 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 4 \Omega$	$R_2 = \frac{U}{I} = \frac{0,8 \text{ V}}{0,285 \text{ A}} = 2,8 \Omega$

- c) Der Widerstand von Bauelement 1 bleibt gleich,  
der Widerstand von Bauelement 2 verändert sich.



**Bild 4: Strom-Spannungs-Kennlinien  $I = f(U)$**



Elektrische Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten. Energie ist ein Zustand. Nur wenn ein Strom fließt, wird elektrische Arbeit verrichtet. Die verrichtete Arbeit entspricht der genutzten Energie. Energie und Arbeit haben das Formelzeichen  $W$ .

- Wie nennt man die abgebildeten Messgeräte (Bild 1)?
  - Welche elektrische Größe kann damit gemessen werden?
  - Elektrizitätszähler
  - Elektrische Arbeit
- Nennen Sie vier Vorteile des elektronischen Messgerätes (Bild 1a) gegenüber dem elektromechanischen Messgerät (Bild 1b).

  - Werkzeuglose und zeitsparende Montage,
  - Zählerwechsel ist ohne Spannungsunterbrechung möglich,
  - Datenübertragung über Datenschnittstelle möglich,
  - als Einphasen-Wechselstromzähler und als Dreiphasen-Wechselstromzähler einsetzbar.
- Welche Messgrößen werden durch die Messgeräte (Bild 1) erfasst?

Spannung  $U$ , Stromstärke  $I$  und Zeitdauer  $t$  des Stromflusses

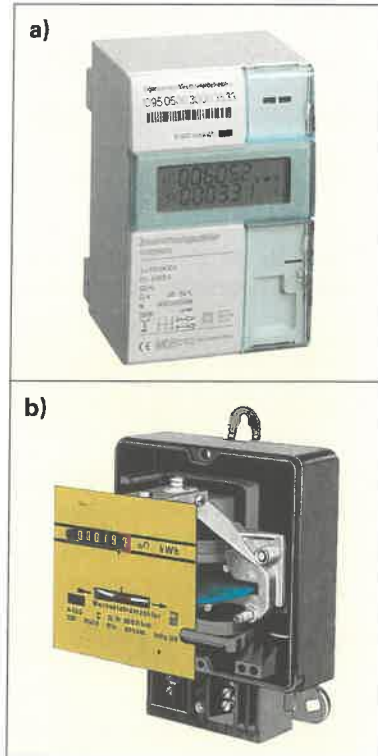


Bild: Messgeräte a) elektronische, b) elektromechanische Bauart

4. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Elektrische Arbeit	
Formelzeichen	$W$
Einheitenname	Wattsekunde
Einheitenzeichen	Ws

5. Nennen Sie die Formeln, mit denen man die elektrische Arbeit berechnen kann.

Elektrische Arbeit:

$$W = U \cdot I \cdot t = P \cdot t$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$W = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

6. Rechnen Sie die vorgegebenen Werte in Ws bzw. in kWh um.

Ws	$3,6 \cdot 10^6$	$0,72 \cdot 10^9$	16200000
kWh	1	200	4,5

7. Geben Sie eine Formel zur Berechnung der Kosten für die elektrische Arbeit an.

Verbrauchsentgelt  $VE = W \cdot \text{Arbeitspreis } VP$

8. Ein 27-kW-Durchlauferhitzer füllt eine Badewanne in 10 min mit Warmwasser. Der Arbeitspreis  $VP$  beträgt 28 ct/kWh. Berechnen Sie das Verbrauchsentgelt  $VE$  für die elektrische Warmwasserherstellung. Geben Sie das Ergebnis in einem Antwortsatz an.

Geg.:	$P = 27 \text{ kW}, t = 10 \text{ min}, VP = 28 \text{ ct/kWh}$	Ges.: $VE$
Lösung:	$VE = P \cdot t \cdot VP = 27 \text{ kW} \cdot \frac{10 \text{ min} \cdot 1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{28 \text{ ct}}{\text{kWh}} = 126 \text{ ct}$	
Antwortsatz:	Das Verbrauchsentgelt beträgt 126 ct bzw. 1,26 €.	



Die elektrische Leistung, die vom Stromkreis abgegeben wird, z. B. als Wärme, nennt man Wirkleistung.

1. Was versteht man allgemein unter Leistung?

Leistung ist die Arbeit,  
die in einer bestimmten Zeit  
verrichtet wird.

3. Nennen Sie vier Formeln zur Berechnung der elektrischen Leistung bei Gleichstrom.

$P = \frac{W}{t}$	$P = U \cdot I$	$P = I^2 \cdot R$	$P = \frac{U^2}{R}$
-------------------	-----------------	-------------------	---------------------

5. Wie ändert sich die Leistung an einem Bauelement mit konstantem Widerstand, wenn man die Spannung am Bauelement a) verdoppelt und b) um 10% verringert?

- a) Die Leistung steigt um das Vierfache.  
b) Die Leistung verringert sich auf 81 %.

2. Ergänzen Sie die **Tabelle 1**.

Tabelle 1: Elektrische Leistung	
Formelzeichen	<u>P</u>
Einheitenname	<u>Watt</u>
Einheitenzeichen	<u>W</u>

4. Geben Sie in **Tabelle 2** Beispielwerte von Leistungen folgender Verbraucher an.

Tabelle 2: Verbraucherleistungen (Beispiele)	
Leuchtmittel	<u>1 W bis 2000 W</u>
Quarz-Uhrwerk	<u>90 μW</u>
Warmwasserbereiter	<u>2 kW bis 33 kW</u>
ICE-Antrieb	<u>8000 kW</u>
Kühlschrank	<u>140 W</u>



Ohmsche Widerstände  $R$  werden wegen der Wärmeabgabe im Betrieb auch **Wirkwiderstände**  $R$  genannt. Jeder Widerstand als Bauelement hat eine **Bemessungsleistung**  $P_N$ , die nicht überschritten werden darf, damit der Widerstand nicht durchbrennt. Die Bemessungsleistung  $P_N$  legt den im Dauerbetrieb maximal zulässigen Strom fest.

6. Für verschiedene Widerstände mit einer Bemessungsleistung  $P_N = P_{\max} = 1 \text{ W}$ , soll im **Bild** die Leistungskurve eingetragen werden.

a) Ergänzen Sie in **Tabelle 2** die Stromwerte für eine Belastung von 1 W.

Tabelle 2: U-I-Wertepaare für 1 W					
U in V	10	20	30	40	50
I in mA	<u>100</u>	<u>50</u>	<u>33</u>	<u>25</u>	<u>20</u>
U in V	60	70	80	90	100
I in mA	<u>16,6</u>	<u>14,3</u>	<u>12,5</u>	<u>11,1</u>	<u>10,0</u>

b) Tragen Sie diese U-I-Wertepaare in das **Bild** ein und verbinden Sie die Punkte zu einer 1-W-Leistungskurve.

c) Schraffieren Sie im **Bild** den Bereich größer 1 W rot.

d) Wie nennt man im **Bild** den Verlauf der Leistungskurve?

Leistungshyperbel

e) Welche praktische Bedeutung hat der schraffierte Bereich im **Bild**?

Die jeweiligen Widerstände dürfen nur mit den U-I-Werten betrieben werden, die nicht im schraffierten Bereich liegen.

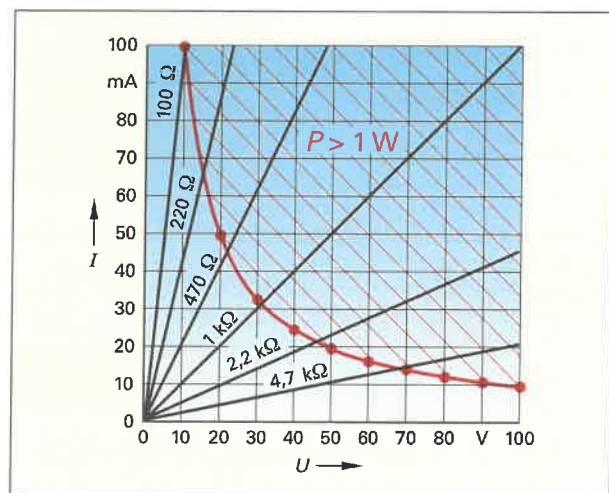


Bild: Leistungskurve für 1-W-Widerstände



- Der Wirkungsgrad  $\eta$  ist das Verhältnis von abgegebener Leistung  $P_{ab}$  zur aufgenommenen Leistung  $P_{zu}$ .
- Er ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung, z. B. in einem Gerät oder in einem Motor.
- Bei einer Energieumwandlung entstehen immer Verlustleistungen  $P_v$ , z. B. Stromwärmeverluste.
- Der Wirkungsgrad soll möglichst groß sein, nahe 1, bzw. 100%.
- Die Formeln für den Wirkungsgrad beziehen sich immer nur auf Wirkleistungen  $P$  und gelten für Gleichstrom-, Einphasen-Wechselstrom- und Dreiphasen-Wechselstromkreise.

1. Geben Sie in der **Tabelle** zwei Formeln zum Berechnen des Wirkungsgrades an. Ergänzen Sie die fehlenden Fachbegriffe und Formelzeichen.

Tabelle: Berechnung des Wirkungsgrades	
Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_v}$
$\eta$	<u>Wirkungsgrad</u>
$P_{ab}$	Leistungsabgabe
$P_{zu}$	Leistungsaufnahme
$P_v$	<u>Verlustleistung</u>

2. Berechnen Sie **a)** die Leistungsabgabe  $P_{ab}$  einer 40-W-Glühlampe (**Bild 1**) mit einem Wirkungsgrad von 0,05 und **b)** die Verlustleistung  $P_v$ . **c)** Begründen Sie im Antwortsatz das Herstellungsverbot von Glühlampen.

Geg.:  $P_{zu} = 40 \text{ W}, \eta = 0,05$   
 Ges.: a)  $P_{ab}$  b)  $P_v$

Lösung:  
 a)  $P_{ab} = \eta \cdot P_{zu}$   
 $= 0,05 \cdot 40 \text{ W} = 2 \text{ W}$   
 b)  $P_v = P_{zu} - P_{ab}$   
 $= 40 \text{ W} - 2 \text{ W}$   
 $= 38 \text{ W}$

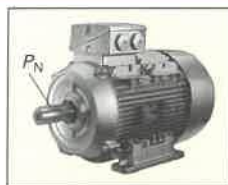


Bild 1: 230-V-Glühlampe

- c) Antwortsatz: Glühlampen wandeln nur sehr wenig von der zugeführten Elektroenergie in Lichtenergie um. Sie sind darum sehr unwirtschaftlich und dürfen für die Raumbeleuchtung nicht mehr hergestellt werden.



Bei Elektromotoren ist die angegebene Bemessungsleistung  $P_N$  immer die an der Welle abgegebene Wirkleistung  $P_{ab}$ .



3. Auf dem Leistungsschild eines Elektromotors steht die Angabe 22 kW. Beim Bemessungsbetrieb treten 2200 W Verluste auf. Berechnen Sie vom Motor den Wirkungsgrad als Dezimalzahl und in %. Geben Sie das Ergebnis mit einem Antwortsatz an.

Geg.:  $P_N = P_{ab} = 22 \text{ kW}, P_v = 2200 \text{ W}$   
 Ges.:  $\eta$

Lösung:  $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_v}$   
 $= \frac{22 \text{ kW}}{22 \text{ kW} + 2,2 \text{ kW}}$   
 $= \frac{22 \text{ kW}}{24,2 \text{ kW}} = 0,9 \hat{=} 90\%$

Antwortsatz: Der Wirkungsgrad des Motors beträgt bei Betrieb mit Bemessungsleistung 0,9 bzw. 90%.

4. Der Elektromotor einer Schmutzwasser-Tauchpumpe (**Bild 2**) hat eine Bemessungsleistung von 1100 W und nimmt 1392 W aus dem 230-V-Netz auf. Die Wasserpumpe hat einen Wirkungsgrad  $\eta_p$  von 0,75. Berechnen Sie **a)** den Gesamtwirkungsgrad  $\eta_G$  der Motor-Schmutzwasser-Tauchpumpe, **b)** die abgegebene Leistung  $P_{ab}$  der Motorpumpe.

Geg.:  $P_N = 1100 \text{ W}$   
 $P_{zu} = 1392 \text{ W}$   
 $\eta_p = 0,75$

Ges.: a)  $\eta_G$ , b)  $P_{ab}$

Lösung:  
 a)  $\eta_G = \eta_p \cdot \eta_M$   
 mit  $\eta_M = \frac{P_N}{P_{zu}}$   
 $\eta_M = \frac{1100 \text{ W}}{1392 \text{ W}} = 0,79$   
 $\eta_G = 0,75 \cdot 0,79 = 0,59$   
 b)  $P_{ab} = \eta_G \cdot P_{zu} = 0,59 \cdot 1392 \text{ W} = 821,3 \text{ W}$



Bild 2: Motor-Schmutzwasser-Tauchpumpe



Eine Reihenschaltung von mehreren elektrischen Bauelementen (**Bild 1**) liegt vor, wenn der Anschluss eines Bauelementes nur mit einem Anschluss des nächstfolgenden Bauelementes verbunden wird.

1. Nennen Sie zwei Beispiele für die technische Anwendung von Reihenschaltungen.

- Lichterketten, z.B. Weihnachtsbaumbeleuchtung,
- Vorwiderstände von z.B. Leuchtdioden.



Bild 1: Lichterkette

2. Tragen Sie in die Reihenschaltung (**Bild 2**) die Teilspannungen  $U_1$  an  $R_1$ ,  $U_2$  an  $R_2$  und  $U_3$  an  $R_3$ , die Gesamtspannung  $U$  und den Strom  $I$  mit den dazugehörigen Bezugspfeilen ein.

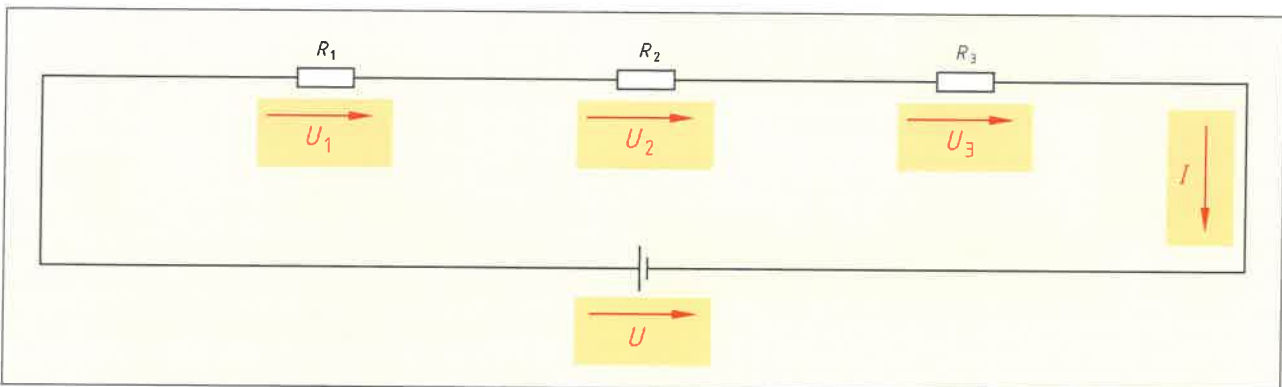


Bild 2: Reihenschaltung von Widerständen

3. Ergänzen Sie die Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung **Bild 2 a)** als Formel und **b)** mit Worten.

a)	Stromstärke	Gesamtspannung	Gesamtwiderstand	Spannungsteiler
	$I = \text{konstant}$	$U = U_1 + U_2 + U_3$	$R = R_1 + R_2 + R_3$	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

b) Der Strom ist an allen Stellen der Reihenschaltung gleich groß.

Die Gesamtspannung ist gleich der Summe aller Teilspannungen.

Der Gesamtwiderstand ist gleich der Summe aller Einzelwiderstände.

Die Spannungen verhalten sich proportional zu den dazugehörigen Widerständen.

4. Ziehen Sie Schlussfolgerungen aus den Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung, indem Sie folgende Aussagen mit „größten/größte“ oder „kleinsten/kleinste“ ergänzen.

Die größte Teilspannung tritt am größten Teilwiderstand auf.

Am kleinsten Teilwiderstand tritt die kleinste Teilspannung auf.

5. Nennen Sie zwei Nachteile der Reihenschaltung.

- Bei Ausfall eines Widerstandes (Verbrauchers) ist der gesamte Stromkreis unterbrochen.
- Bei Änderung eines Einzelwiderstandes der Schaltung ändern sich auch die Teilspannungen an den Einzelwiderständen.



6. Nennen Sie die Maschenregel (2. kirchhoffsche Regel).

In einer Masche ist die Summe aller Erzeugerspannungen und aller Teilspannungen in einer festgelegten Zählrichtung gleich null.



Die Zählrichtung innerhalb einer Masche kann frei gewählt werden, entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn. Beachten Sie, dass alle Spannungen in der Zählrichtung ein positives Vorzeichen, alle Spannungen gegen die Zählrichtung ein negatives Vorzeichen erhalten.

7. a) Stellen Sie die Maschenregel für die Reihenschaltung nach Bild 1 auf und berechnen Sie daraus die Spannung  $U_2$  für die Zählrichtung im Uhrzeigersinn und  
 b) für die Zählrichtung gegen den Uhrzeigersinn.  
 c) Welche Schlussfolgerung ziehen Sie aus dem Vergleich beider Ergebnisse?

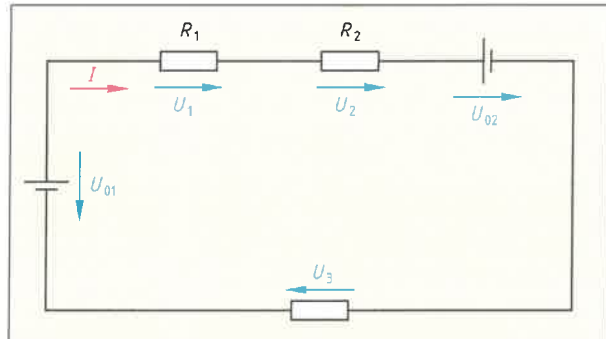


Bild 1: Reihenschaltung von drei Widerständen

Geg.: $U_1 = 5 \text{ V}$ , $U_3 = 2 \text{ V}$ , $U_{01} = 24 \text{ V}$ , $U_{02} = 9 \text{ V}$
Ges.: $U_2$
Lösung:
a) $U_1 + U_2 + U_{02} + U_3 - U_{01} = 0$ $U_2 = U_{01} - U_1 - U_{02} - U_3$ $= 24 \text{ V} - 5 \text{ V} - 9 \text{ V} - 2 \text{ V} = 8 \text{ V}$
b) $-U_1 - U_2 - U_{02} - U_3 + U_{01} = 0$ $U_2 = U_{01} - U_1 - U_{02} - U_3$ $= 24 \text{ V} - 5 \text{ V} - 9 \text{ V} - 2 \text{ V} = 8 \text{ V}$
c) Die Lösung ist unabhängig von der gewählten Zählrichtung immer gleich

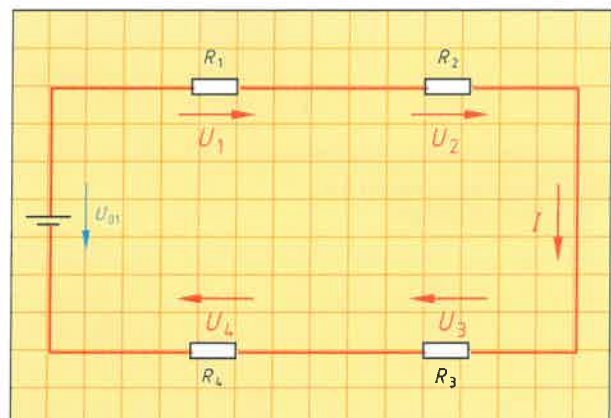


Bild 2: Reihenschaltung von vier Widerständen

8. Vier Teilwiderstände  $R_1 = 22 \Omega$ ,  $R_2 = 47 \Omega$ ,  $R_3 = 15 \Omega$  und  $R_4 = 33 \Omega$  sind in Reihe an eine Spannungsquelle mit  $U_0 = 24 \text{ V}$  geschaltet.

- a) Verbinden Sie die Bauelemente im Bild 2 und tragen Sie für alle Teilspannungen  $U_1$  bis  $U_4$  und den Strom  $I$  die Bezugspfeile ein.  
 b) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand  $R$ .  
 c) Berechnen Sie die Stromstärke  $I$ .  
 d) Berechnen Sie die Teilspannungen  $U_1$  bis  $U_4$ .  
 e) Berechnen Sie die Summe  $U_1$  bis  $U_4$ .

Geg.: $R_1 = 22 \Omega$ , $R_2 = 47 \Omega$ , $R_3 = 15 \Omega$ , $R_4 = 33 \Omega$ , $U_0 = 24 \text{ V}$
Ges.: $R$ , $I$ , $U_1$ , $U_2$ , $U_3$ , $U_4$ , $U$
Lösung:
b) $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ $= 22 \Omega + 47 \Omega + 15 \Omega + 33 \Omega$ $= 117 \Omega$

c) $I = \frac{U_0}{R} = \frac{24 \text{ V}}{117 \Omega} = 0,205 \text{ A}$
d) $U_1 = I \cdot R_1 = 0,205 \text{ A} \cdot 22 \Omega = 4,51 \text{ V}$ $U_2 = I \cdot R_2 = 0,205 \text{ A} \cdot 47 \Omega = 9,64 \text{ V}$ $U_3 = I \cdot R_3 = 0,205 \text{ A} \cdot 15 \Omega = 3,08 \text{ V}$ $U_4 = I \cdot R_4 = 0,205 \text{ A} \cdot 33 \Omega = 6,77 \text{ V}$
e) $U = U_0 = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 4,51 \text{ V} + 9,64 \text{ V} + 3,08 \text{ V} + 6,77 \text{ V} = 24 \text{ V}$



Ein Vorwiderstand hat die Aufgabe den Bemessungsstrom von Verbrauchern zu begrenzen. Wird der Bemessungsstrom eines Verbrauchers überschritten, so kann er zerstört werden. Vorwiderstände werden grundsätzlich so berechnet, dass an ihnen die Spannungsdifferenz zwischen Betriebsspannung und Verbraucher-spannung vorhanden sein muss.

In allen Schaltungen (Bilder 1–5) ist der Vorwiderstand  $R_1$  zu berechnen und nach der Normreihe E12 auszuwählen.

Normreihe E12: 1,0 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2

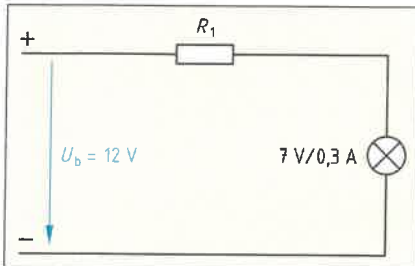


Bild 1: Leuchte mit Vorwiderstand

$$R_1 = \frac{U_b - U_L}{I_L} = \frac{12 \text{ V} - 7 \text{ V}}{0,3 \text{ A}} = 16,7 \Omega$$

gewählt nach Normreihe:  $R_1 = 18 \Omega$

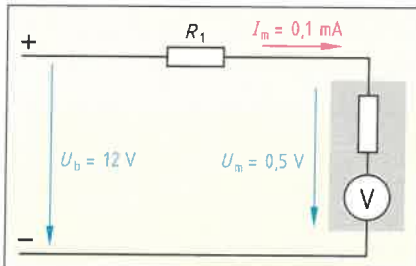


Bild 2: Spannungsmesser mit Vorwiderstand

$$R_1 = \frac{U_b - U_m}{I_m} = \frac{12 \text{ V} - 0,5 \text{ V}}{0,1 \text{ mA}} = 115 \text{ k}\Omega$$

gewählt nach Normreihe:  $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$

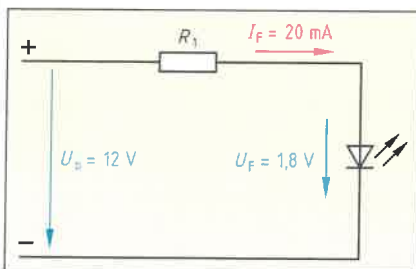


Bild 3: LED mit Vorwiderstand

$$R_1 = \frac{U_b - U_F}{I_F} = \frac{12 \text{ V} - 1,8 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 510 \Omega$$

gewählt nach Normreihe:  $R_1 = 560 \Omega$

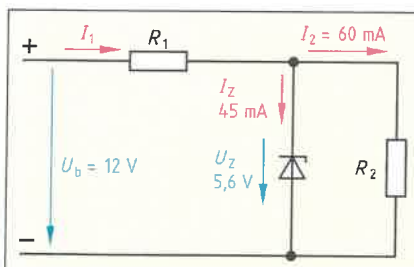


Bild 4: Z-Diode mit Vorwiderstand

$$I_1 = I_Z + I_2 = 45 \text{ mA} + 60 \text{ mA} = 105 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{U_b - U_Z}{I_1} = \frac{12 \text{ V} - 5,6 \text{ V}}{105 \text{ mA}} = 60,9 \Omega$$

gewählt nach Normreihe:  $R_1 = 68 \Omega$

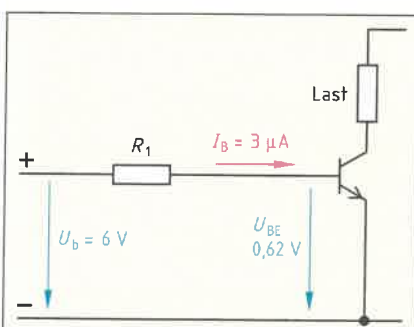


Bild 5: Transistor mit Vorwiderstand

$$R_1 = \frac{U_b - U_{BE}}{I_B} = \frac{6 \text{ V} - 0,62 \text{ V}}{3 \mu\text{A}} = 1,79 \text{ M}\Omega$$

gewählt nach Normreihe:  $R_1 = 1,8 \text{ M}\Omega$



Eine Parallelschaltung von mehreren elektrischen Bauelementen liegt vor, wenn alle Eingänge bzw. alle Ausgänge der Bauelemente jeweils in einem Knotenpunkt verbunden sind, z.B. Steckdosenleiste (**Bild 1**).

1. Nennen Sie zwei Beispiele für die technische Anwendung von Parallelschaltungen.

- Verbraucher in Haushalten,
- Eintaster in Steuerschaltungen.



Bild 1: Steckdosenleiste

2. Tragen Sie in die Parallelschaltung **Bild 2** die Teilspannungen  $U_1$  an  $R_1$ ,  $U_2$  an  $R_2$  und  $U_3$  an  $R_3$ , die Gesamtspannung  $U$ , die Teilströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$  sowie den Gesamtstrom  $I$  mit den dazugehörigen Bezugspfeilen ein.

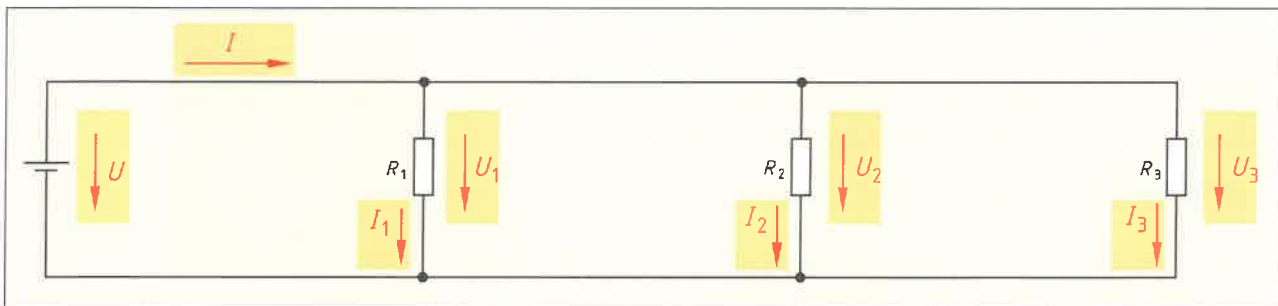


Bild 2: Parallelschaltung mit drei Widerständen

3. Ergänzen Sie die Gesetzmäßigkeiten der Parallelschaltung **Bild 2 a)** als Formel und **b)** allgemein mit Worten

a)	Spannungen	Gesamtstromstärke	Gesamtwiderstand	Spannungsteiler
	$U_1 = U_2 = U_3 = U$	$I = I_1 + I_2 + I_3$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

b) Die Spannungen sind an allen Widerständen der Parallelschaltung gleich groß.

Der Gesamtstrom ist gleich der Summe aller Teilströme.

Der Kehrwert des Gesamtwiderstandes ist gleich der Summe aller Kehrwerte der Einzelwiderstände.

Die Ströme verhalten sich umgekehrt proportional zu den dazugehörigen Widerständen.

4. Ziehen Sie Schlussfolgerungen aus den Gesetzmäßigkeiten der Parallelschaltung, indem Sie folgende Aussagen mit „größten/größte/größer“ oder „kleinsten/kleinste/kleiner“ ergänzen.

Der größte Teilstrom tritt am kleinsten Teilwiderstand auf.

Am größten Teilwiderstand tritt der kleinste Teilstrom auf.

Der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung ist stets kleiner als der kleinste Teilwiderstand.

5. Zu einem Widerstand  $R_1$  wird ein weiterer Widerstand  $R_2$  parallel geschaltet. Wie verhalten sich **a)** die Stromstärke  $I$  in der Zuleitung, **b)** die Spannung  $U_1$  am Widerstand  $R_1$  und **c)** der Gesamtwiderstand  $R$  (**Bild 3**)?

a) Die Stromstärke  $I$  in der Zuleitung wird größer.

b) Die Spannung  $U_1$  bleibt gleich.

c) Der Gesamtwiderstand  $R$  wird kleiner.

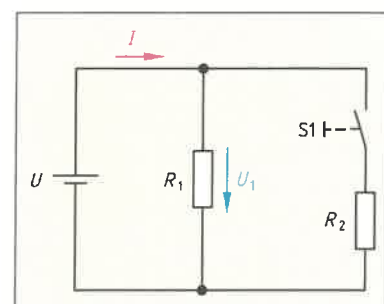


Bild 3:  $R_2$  wird zugeschaltet



6. Nennen Sie die Knotenpunktregel (1. kirchhoffsche Regel).

In jedem Knotenpunkt ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.

7. Stellen Sie

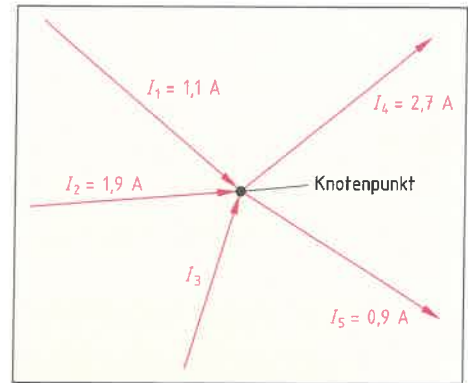
a) die Knotenpunktregel zur Berechnung der Ströme für die Schaltung nach **Bild 1** auf und

b) berechnen Sie daraus die Stromstärke  $I_3$ .

Lösung:

$$a) I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

$$b) I_3 = I_4 + I_5 - I_1 - I_2 \\ = 2,7 \text{ A} + 0,9 \text{ A} - 1,1 \text{ A} - 1,9 \text{ A} = 0,6 \text{ A}$$



**Bild 1: Knotenpunkt (Beispiel)**

8. Nehmen Sie an: Das Ergebnis der **Aufgabe 7** hätte  $I_3 = -0,6 \text{ A}$  gelautet. Ziehen Sie daraus die Schlussfolgerung für die Schaltung nach **Bild 1**.

Der Strom  $I_3$  im Bild 1 fließt dann in Wirklichkeit in entgegengesetzter Richtung.

9. Für einen Gleichstrommotor (**Bild 2**) werden 12 A benötigt, die aus zwei gleichen Spannungsquellen mit je 6 A zu entnehmen sind.

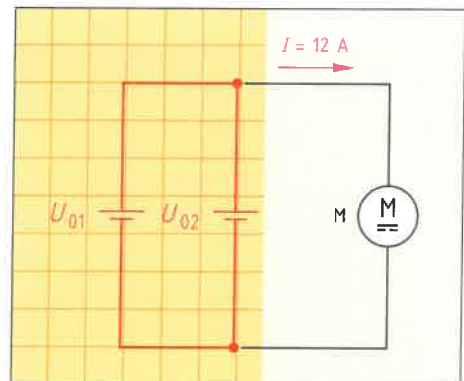
a) Ergänzen Sie die Schaltung in **Bild 2**, um die Forderung zu erfüllen.

b) Welche Bedingung lässt sich aus **Bild 2** für eine korrekte Parallelschaltung von Spannungsquellen ableiten?

c) Welchen Strom würde der Motor (**Bild 2**) erhalten, wenn irrtümlicherweise eine Spannungsquelle umgepolt würde?

b) Es sind jeweils die Pluspole bzw. die Minuspole miteinander zu verbinden.

c) Der Motor würde keinen Strom erhalten.



**Bild 2: Stromversorgung Gleichstrommotor**

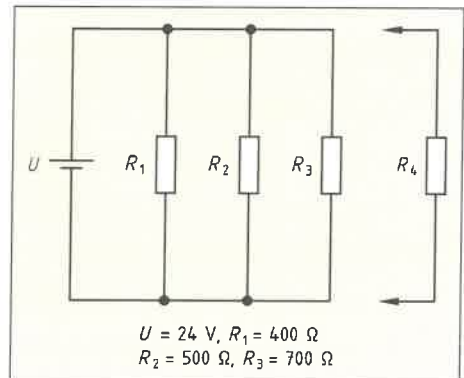
10. Berechnen Sie für die Schaltung nach **Bild 3**

a) den Ersatzwiderstand  $R_I$ ,

b) den Gesamtstrom  $I$  und

c) die Teilströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ .

d) Wie groß müsste ein parallelgeschalteter Widerstand  $R_4$  sein, damit der Ersatzwiderstand  $R_{II} = 60 \Omega$  beträgt?



**Bild 3: Parallelschaltung mit 4 Widerständen**

Geg.:  $R_1 = 400 \Omega, R_2 = 500 \Omega, R_3 = 700 \Omega, R_{II} = 60 \Omega, U = 24 \text{ V}$  Ges.:  $R_I, I, I_1, I_2, I_3, R_4$

Lösung:

$$a) \frac{1}{R_I} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{400 \Omega} + \frac{1}{500 \Omega} + \frac{1}{700 \Omega} = 0,0059285 \frac{1}{\Omega}$$

→ Kehrwert:  $R_I = 169 \Omega$

$$b) I = \frac{U}{R_I} = \frac{24 \text{ V}}{169 \Omega} = 142 \text{ mA}$$

$$c) I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{24 \text{ V}}{400 \Omega} = 60 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{24 \text{ V}}{500 \Omega} = 48 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{24 \text{ V}}{700 \Omega} = 34,3 \text{ mA}$$

$$d) \frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_{II}} - \frac{1}{R_I} = \frac{1}{60 \Omega} - \frac{1}{169 \Omega} = 0,01075 \frac{1}{\Omega}$$

→ Kehrwert:  $R_4 = 93 \Omega$



Gemischte Schaltungen sind eine Kombination von Reihen- und Parallelschaltungen. Für das Auflösen gibt es Regeln (siehe folgende Punkte 1. bis 4.).

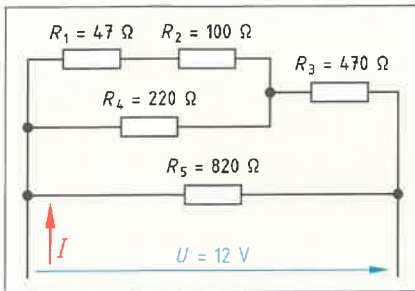


Bild 1: Gemischte Schaltung

Von der gemischten Schaltung (**Bild 1**) ist der Ersatzwiderstand  $R$  und die Stromaufnahme zu berechnen. Dazu ist die gemischte Schaltung schrittweise zu vereinfachen (**Bild 2**). So gehen Sie vor:

1. Zusammenfassen aller Reihenschaltungen zu jeweils einem Ersatzwiderstand.
2. Zusammenfassen aller Parallelschaltungen zu Ersatzwiderständen.
3. Zusammenfassen aller neu entstandenen Reihen- oder Parallelschaltungen zu Ersatzwiderständen.
4. Wiederholen der Schritte, bis nur noch ein Ersatzwiderstand vorliegt.

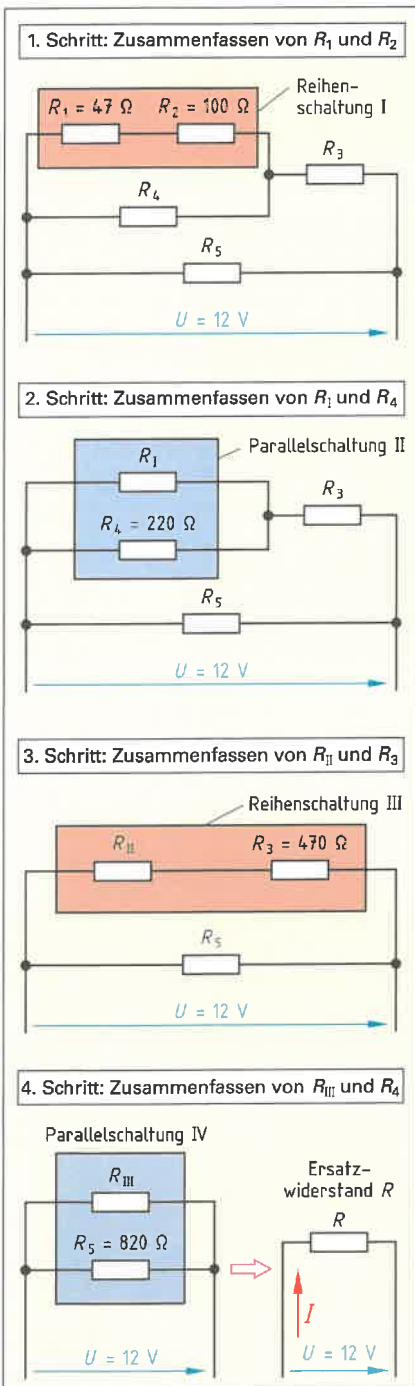


Bild 2: Gemischte Schaltung

1. Schritt: Fassen Sie  $R_1$  und  $R_2$  zusammen.

$$R_I = R_1 + R_2 = 47 \Omega + 100 \Omega = 147 \Omega$$

2. Schritt: Fassen Sie  $R_I$  und  $R_4$  zusammen.

$$R_{II} = \frac{R_I \cdot R_4}{R_I + R_4} = \frac{147 \Omega \cdot 220 \Omega}{147 \Omega + 220 \Omega} = 88 \Omega$$

3. Schritt: Fassen Sie  $R_{II}$  und  $R_3$  zusammen.

$$R_{III} = R_{II} + R_3 = 88 \Omega + 470 \Omega = 558 \Omega$$

4. Schritt: Fassen Sie  $R_{III}$  und  $R_5$  zusammen.

$$R_{IV} = \frac{R_{III} \cdot R_5}{R_{III} + R_5} = \frac{558 \Omega \cdot 820 \Omega}{558 \Omega + 820 \Omega} = 332 \Omega = R$$

5. Schritt: Berechnen Sie die Stromaufnahme  $I$ .

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{332 \Omega} = 0,036 \text{ A}$$



Elektronische Schaltungen benötigen oft Spannungen, die kleiner als die Betriebsspannung sind. Zur Erzeugung solcher Spannungen werden häufig Spannungsteiler eingesetzt. Mit einem einstellbaren Spannungsteiler (Bild 1) kann dann die Ausgangsspannung stufenlos eingestellt werden.

1. Spannungsteiler können mit und ohne Last am Ausgang betrieben werden (Bild 1). Meist erfolgt jedoch der Betrieb mit einer Last, z. B. einem Widerstand oder einem elektronischen Gerät (Bild 3). Ergänzen Sie die dafür verwendeten Fachbegriffe im Bild 2.

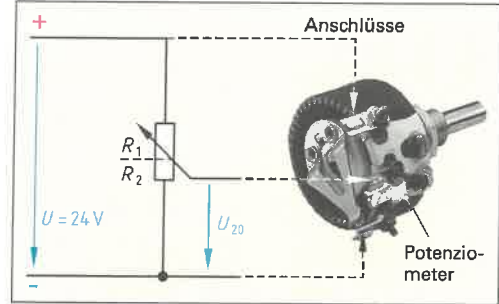


Bild 1: Einstellbarer unbelasteter Spannungsteiler

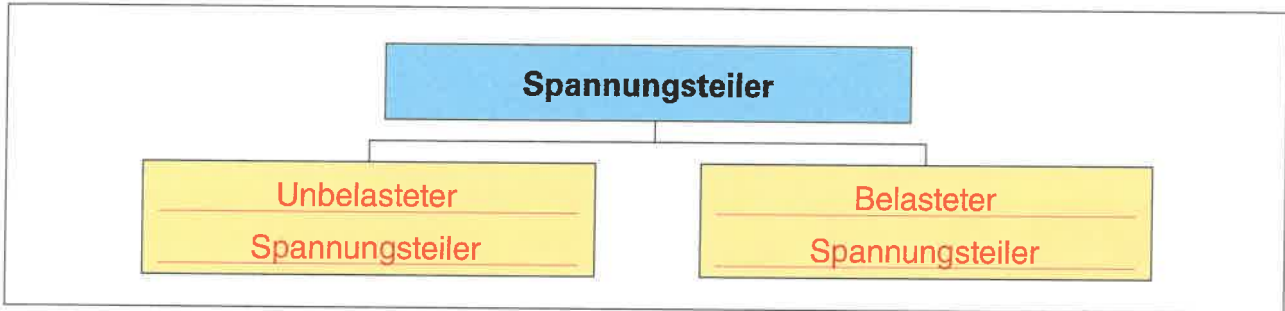


Bild 2: Übersicht Spannungsteiler

### Unbelasteter Spannungsteiler

2. Geben Sie die Formeln für den unbelasteten Spannungsteiler (Bild 1) an und benennen Sie die Formelzeichen.

$$\frac{U_{20}}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow U_{20} = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- $U$  Gesamtspannung  
 $U_{20}$  Ausgangsspannung im Leerlauf  
 $R_1, R_2$  Teilwiderstände

3. Zwischen welchen Werten kann die Ausgangsspannung  $U_{20}$  in Bild 1 eingestellt werden?

Zwischen 0 V und 24 V

4. Bei welcher Einstellung (Bild 1, Schaltzeichen) ist die Spannung  $U_{20} = 0$  V?

Wenn der Abgriff für die Ausgangsspannung sich in der untersten Einstellung befindet.

### Belasteter Spannungsteiler

5. Tragen Sie in Bild 3 die fehlenden Spannungspfeile und Strompfeile für die Gesamtspannung  $U$ , die Ausgangsspannung  $U_L$ , den Belastungsstrom  $I_L$ , den Querstrom  $I_q$  und den Strom  $I$  ein.

6. a) Wodurch kann bei dem elektronischen Gerät (Bild 3) z. B. eine Vergrößerung des Laststromes  $I_L$  hervorgerufen werden?

Erhöhung der Lautstärke

- b) Wie verhält sich die Ausgangsspannung  $U_L$  bei größer werdendem Laststrom  $I_L$ ?

Die Ausgangsspannung sinkt

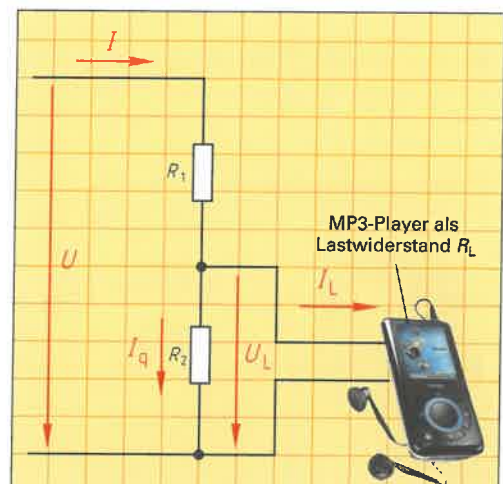


Bild 3: Belasteter Spannungsteiler

7. Welcher Strom  $I$  fließt durch den Widerstand  $R_1$ ? Geben Sie die Formel an.

$$I = I_q + I_L$$



8. a) Welche Spannung  $U_2$  ergibt sich beim belasteten Spannungsteiler bei  $R_1 = R_2 = R_L$ ? Nennen Sie die Formel.  
 b) Nennen Sie die Formel für das Querstromverhältnis  $q$  aus den Strömen.  
 c) Nennen Sie die Formel für das Querstromverhältnis  $q$  aus den Widerständen.

a)

$$U_2 = \frac{1}{3} \cdot U$$

b)

$$q = \frac{I_q}{I_L}$$

c)

$$q = \frac{R_1}{R_2}$$

9. Berechnen Sie bei einem Spannungsteiler (Bild 3, Blatt 3.7) mit  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 500 \Omega$  a) das Querstromverhältnis  $q$  für die Belastung mit  $R_L = 500 \Omega$  und b) das Querstromverhältnis  $q$  für die Belastung mit  $R_L = 5 \text{ k}\Omega$ .

a)

$$q = \frac{R_L}{R_2} = \frac{500 \Omega}{500 \Omega} = 1$$

b)

$$q = \frac{R_L}{R_2} = \frac{5000 \Omega}{500 \Omega} = 10$$

10. Wie verhält sich der belastete Spannungsteiler bei Vergrößerung des Querstromverhältnisses  $q$ ?

Je größer das Querstromverhältnis  $q$  ist, umso stabiler ist bei schwankendem Laststrom  $I_L$  die Ausgangsspannung  $U_2$ .

11. Welchen Nachteil hat die Vergrößerung des Querstromverhältnisses  $q$ ?

Es fließt ein größerer Querstrom  $I_q$ . Dadurch wird die Verlustleistung an den Widerständen des Spannungsteilers erhöht.

12. Welche Werte werden in der Praxis für das Querstromverhältnis  $q$  verwendet?

$$q = 2 \text{ bis } 10$$

**Hinweis:** Bei  $q = 10$  ist die Abweichung zwischen der Leerlaufspannung und der Ausgangsspannung bei Belastung vernachlässigbar klein.

13. Bei einem Potenziometer (Bild) wird die Ausgangsspannung  $U_2$  über den gesamten Einstellbereich gemessen. Dabei werden drei Messreihen für die Fälle Potenziometer a) ohne Last (Leerlauf), b) mit Last ( $q = 1$ ) und c) mit Last ( $q = 10$ ) durchgeführt und die Messergebnisse als Kurven in einem Diagramm erstellt. Kennzeichnen Sie in dem Diagramm (Bild) die Kurven mit den Belastungsfällen a), b) und c).

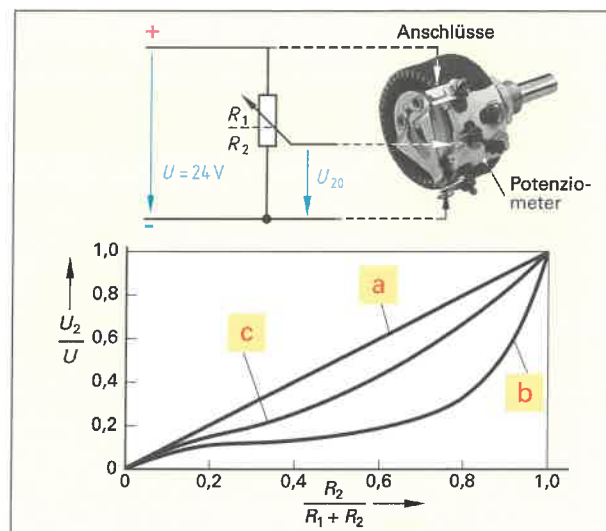


Bild: Potenziometer mit unterschiedlicher Last

14. Bei einem belasteten Spannungsteiler zur Erzeugung der Versorgungsspannung für einen MP3-Player (Bild 3, Seite 40) soll die Ausgangsspannung  $U_2 = 3 \text{ V}$  betragen. Der Laststrom  $I_L$  beträgt  $50 \text{ mA}$ , das Querstromverhältnis  $5$  und die Betriebsspannung  $12 \text{ V}$ . Berechnen Sie die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  und wählen Sie beide Widerstände nach der Normreihe E12.

Geg.:  $U_2 = 3 \text{ V}, I_L = 50 \text{ mA}, q = 5, U = 12 \text{ V}$

Ges.:  $R_1, R_2$

Lösung:

$$I_q = q \cdot I_L = 5 \cdot 50 \text{ mA} = 250 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{U - U_2}{I_L + I_q} = \frac{12 \text{ V} - 3 \text{ V}}{50 \text{ mA} + 250 \text{ mA}} = 30 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_q} = \frac{U_2}{q \cdot I_L} = \frac{3 \text{ V}}{5 \cdot 50 \text{ mA}} = 12 \Omega$$

Aus der Normreihe E12 werden die Widerstände  $R_1 = 27 \Omega$  und  $R_2 = 12 \Omega$  ausgewählt.



Brückenschaltungen werden z. B. in der Messtechnik sowie in der Steuerungs- und Regelungstechnik angewendet.

1. Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau einer Brückenschaltung (**Bild**).

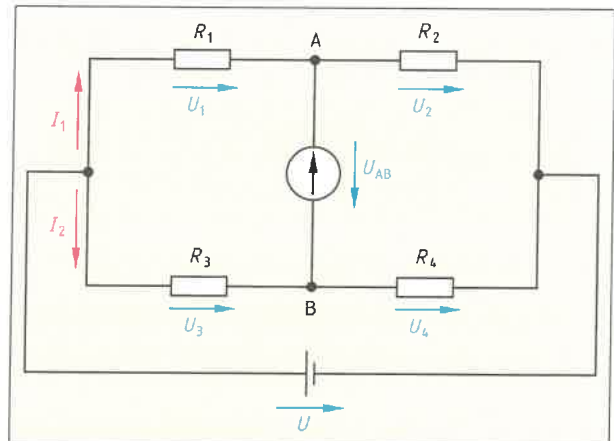
Sie besteht aus einer Parallelschaltung von zwei Spannungsteilern und einer Spannungsquelle.

2. Welche Verbindung einer Brückenschaltung (**Bild**) wird als Brückendiagonale bezeichnet?

Die Verbindung zwischen den Punkten A und B.

3. Nennen Sie die Bedingung, damit eine Brückenschaltung abgeglichen ist.

Beide Spannungsteiler  $R_1/R_2$  und  $R_3/R_4$  teilen die angelegte Spannung gleich auf, d.h. zwischen den Punkten A und B liegt keine Spannung an.



**Bild:** Prinzip einer Brückenschaltung

4. Stellen Sie für die Spannungen  $U_1$  bis  $U_4$  (**Bild**) mithilfe des ohmschen Gesetzes die Gleichungen auf.

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 \quad U_2 = I_1 \cdot R_2 \quad U_3 = I_2 \cdot R_3 \quad U_4 = I_2 \cdot R_4$$

5. Stellen Sie mithilfe der Abgleichbedingung das Widerstandsverhältnis für eine abgeglichene Brücke auf. **Hinweis:** Ersetzen Sie die Spannungen durch das ohmsche Gesetz und stellen Sie die Gleichung nach  $R_1$  um.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{U_3}{U_4} \quad \rightarrow \quad \frac{I_1 \cdot R_1}{I_1 \cdot R_2} = \frac{I_2 \cdot R_3}{I_2 \cdot R_4} \quad \rightarrow \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \rightarrow \quad R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$$

6. Von den 4 Widerständen einer abgeglichene Brückenschaltung (**Bild**) sind die Widerstände  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$  und  $R_4 = 50 \Omega$  bekannt. Berechnen Sie  $R_3$ .

Geg.:  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  
 $R_4 = 50 \Omega$

Lösung:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2} = \frac{20 \Omega \cdot 50 \Omega}{40 \Omega} = 25 \Omega$$

Ges.:  $R_3$

7. Die Brückenschaltung von **Aufgabe 6** liegt an einer Spannung von a)  $U = 12 \text{ V}$  und b)  $U = 42 \text{ V}$ . Berechnen Sie für beide Fälle das Spannungsverhältnis  $U_1/U_2$  im abgeglichene Zustand. c) Vergleichen Sie beide Spannungsverhältnisse, welche Schlussfolgerung ziehen Sie daraus?

Lösung:

a)  $\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \rightarrow U_1 = \frac{U \cdot R_1}{R_1 + R_2}$

b)  $U_1 = \frac{42 \text{ V} \cdot 20 \Omega}{20 \Omega + 40 \Omega} = 14 \text{ V}$

$$U_1 = \frac{12 \text{ V} \cdot 20 \Omega}{20 \Omega + 40 \Omega} = 4 \text{ V}$$

$$U_2 = U - U_1 = 42 \text{ V} - 14 \text{ V} = 28 \text{ V}$$

$$U_2 = U - U_1 = 12 \text{ V} - 4 \text{ V} = 8 \text{ V}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{4 \text{ V}}{8 \text{ V}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{14 \text{ V}}{28 \text{ V}} = \frac{1}{2}$$

- c) Das Spannungsverhältnis ist immer gleich groß und unabhängig von der angelegten Spannung.



8. Die im **Bild 1** dargestellte Brückenschaltung wird für Temperaturmessungen verwendet.

a) Wie bezeichnet man die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$ ?

$R_3$ : **NTC-Widerstand (Heißleiter)**

$R_4$ : **einstellbarer Widerstand**

b) Ermitteln Sie den Widerstandswert von  $R_3$  bei einer Umgebungstemperatur von  $0\text{ }^\circ\text{C}$  (**Bild 2**).

Bei  $0\text{ }^\circ\text{C}$   $\rightarrow R_3 = \underline{1,9\text{ k}\Omega}$

c) Berechnen Sie mit dem ermittelten Wert für  $R_3$  den Einstellwert von  $R_4$ , um eine abgegliche Brückenschaltung zu erhalten.

Geg.:  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 1,9\text{ k}\Omega$

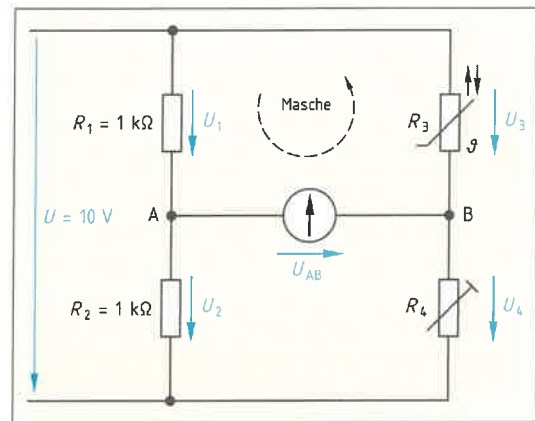
Ges.:  $R_4$

Lösung:

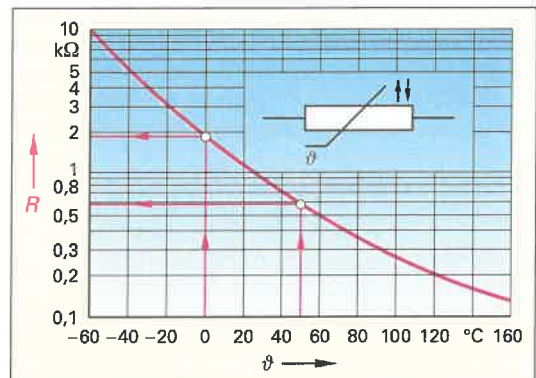
$$R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1} = \frac{1\text{ k}\Omega \cdot 1,9\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega} = 1,9\text{ k}\Omega$$

d) Ermitteln Sie den Widerstandswert des Heißleiters (**Bild 2**), wenn die Temperatur auf  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ansteigt.

Bei  $50\text{ }^\circ\text{C}$   $\rightarrow R_3 = \underline{580\ \Omega}$



**Bild 1: Brückenschaltung**



**Bild 2: Kennlinie eines NTC-Widerstandes Heißleiter**

e) Berechnen Sie die Spannungsfälle  $U_1$  und  $U_3$  der nicht abgeglichenen Brückenschaltung aus Aufgabe d).

Geg.:  $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 580\ \Omega$ ,  $R_4 = 1,9\text{ k}\Omega$ ,  $U = 10\text{ V}$

Ges.:  $U_1$ ,  $U_3$

Lösung:

$$U_1 = \frac{R_1 \cdot U}{R_1 + R_2} = \frac{1\text{ k}\Omega \cdot 10\text{ V}}{1\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega} = 5\text{ V} \quad U_3 = \frac{R_3 \cdot U}{R_3 + R_4} = \frac{580\ \Omega \cdot 10\text{ V}}{580\ \Omega + 1,9\text{ k}\Omega} = 2,34\text{ V}$$

f) Bestimmen Sie mithilfe der Maschenregel und der Ergebnisse von e) die Brückenspannung  $U_{AB}$  (**Bild 1**).

$$\text{Maschenregel: } U_1 + U_{AB} - U_3 = 0 \quad \rightarrow \quad U_{AB} = U_3 - U_1 = 2,34\text{ V} - 5\text{ V} = -2,66\text{ V}$$

9. Beschreiben Sie mit Worten das Verhalten der Brückenschaltung (**Bild 1**) bei der Temperatur

a)  $\vartheta_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$  (Brücke abgeglichen) und b)  $\vartheta_2 = 50\text{ }^\circ\text{C}$ .

a) Bei  $\vartheta_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ : **Der Widerstand des NTC-Widerstandes  $R_3$  ist so groß, dass die Spannung in der Brückendiagonalen  $U_{AB} = 0\text{ V}$  ist, d.h. die Brückenschaltung ist abgeglichen.**

b) Bei  $\vartheta_2 = 50\text{ }^\circ\text{C}$ : **Der Widerstandswert des NTC-Widerstandes sinkt. Damit sinkt auch seine Spannung  $U_3$ . Die beiden Teilspannungen  $U_1$  und  $U_3$  sind nicht mehr gleich groß, sodass in der Brückendiagonalen eine Spannung  $U_{AB} = -2,66\text{ V}$  auftritt. Diese Spannung kann z.B. zur Temperaturanzeige oder in Steuer- und Regelinrichtungen verwendet werden.**



Im Allgemeinen wird eine Spannungsquelle (Bild 1) nur als verlustfreies Bauelement betrachtet. Die Spannungsquelle stellt eine Quellenspannung  $U_0$  zur Verfügung. In der Praxis haben jedoch auch Spannungsquellen Wärmeverluste, die betrachtet werden müssen.



Bild 1: Spannungsquellen (Beispiele)

1. Welche Aussage kann man im Bild 2 über die Größe der Klemmenspannung  $U$  im Vergleich zur Quellenspannung  $U_0$  treffen? Ergänzen Sie das zutreffende Zeichen (gleich, kleiner, größer).

Klemmenspannung  $U$  **<** Quellenspannung  $U_0$

2. Bei Belastung einer Spannungsquelle treten im Innern immer Wärmeverluste auf. Im Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle (Bild 2) zeichnet man deshalb ein zusätzliches Bauelement. Benennen Sie dieses Bauelement und geben Sie dessen Kurzzeichen an.

Innenwiderstand  $R_i$

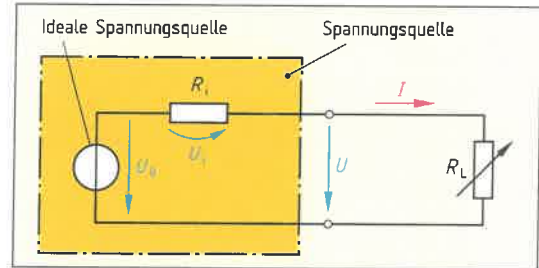


Bild 2: Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle

3. Erklären Sie, warum bei einer mit einem Lastwiderstand  $R_L$  belasteten Spannungsquelle die Klemmenspannung  $U$  kleiner als die Quellenspannung  $U_0$  ist.

Beim Anschluss eines Lastwiderstandes fließt ein Strom, der am Innenwiderstand  $R_i$  einen Spannungsfall  $U_i$  bewirkt. Die Klemmenspannung  $U$  ist um diesen Spannungsfall  $U_i$  geringer als die Quellenspannung  $U_0$ .

4. Eine Mignonzelle mit einer Quellenspannung  $U_0 = 1,55 \text{ V}$  hat einen Innenwiderstand  $R_i = 0,7 \Omega$ . Berechnen Sie a) die Stromaufnahme  $I$  und b) die Klemmenspannung  $U$  für die in Tabelle 1 angegebenen Lastwiderstände  $R_L$  und tragen Sie die Ergebnisse in Tabelle 1 ein.

Geg.: $U_0 = 1,55 \text{ V}, R_i = 0,7 \Omega, R_L = 8 \Omega \dots 0 \Omega$
Ges.: $I, U$
Berechnung für $R_L = 8 \Omega$ :
a) $I = \frac{U_0}{R_L + R_i} = \frac{1,55 \text{ V}}{8 \Omega + 0,7 \Omega} = 178 \text{ mA}$
b) $U = U_0 - I \cdot R_i = 1,55 \text{ V} - 0,178 \text{ A} \cdot 0,7 \Omega = 1,43 \text{ V}$

Tabelle 1: Wertepaare der Schaltung

$R_L$ in $\Omega$	$I$ in mA	$U$ in V
8	178	1,43
4	330	1,32
1,5	705	1,06
0,75	1069	0,8
0,3	1550	0,46
0	2214	0

5. Zeichnen Sie die Kennlinie der Spannungsquelle mit den in Aufgabe 4 berechneten Wertepaaren in Bild 3.

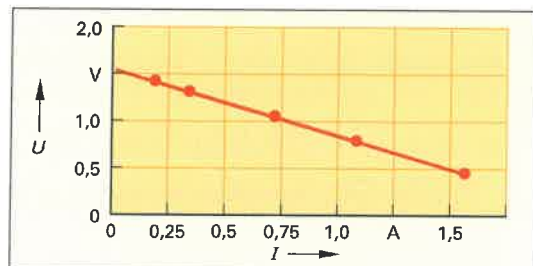


Bild 3: Belastungskennlinie der Spannungsquelle

6. Ergänzen Sie in der Tabelle 2 die geforderten elektrischen Werte für die Belastungsarten Leerlauf, Normalbelastung und Kurzschluss einer Spannungsquelle.

Tabelle 2: Belastungsarten einer Spannungsquelle

	Leerlauf	Normalbelastung	Kurzschluss
Lastwiderstand $R_L$	$R_L \approx \infty$	$R_L < \infty$	$R_L = 0 \Omega$
Stromstärke $I$	$I = 0 \text{ A}$	$I \leq I_{zul}$	$I = I_{max} = I_k$
Klemmenspannung $U$	$U = U_{max} = U_0$	$U \leq U_0$	$U = 0 \text{ V}$

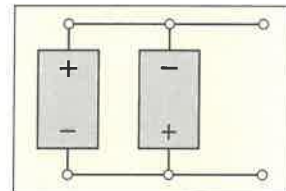


7. a) Nennen Sie in der **Tabelle** die beiden Schaltungsarten.  
 b) Zeichnen Sie in jede Spannungsquelle die Schaltzeichen (mit Innenwiderstand) ein.  
 c) Geben Sie den Zweck für die Zusammenschaltung der Spannungsquellen an.  
 d) Ermitteln Sie die Bedingungen für einen fehlerfreien Betrieb.

Tabelle: Grundsaltungen von Spannungsquellen		
a) Schaltungsart	Reihenschaltung	Parallelschaltung
b) Schaltung		
c) Zweck der Schaltung	Um die <b>Gesamtspannung</b> zu vergrößern.	Um die <b>Gesamtstromstärke</b> zu erhöhen.
d) Bedingungen	Die einzelnen Spannungsquellen müssen für die gleiche Strombelastbarkeit bemessen sein.	Die Leerlaufspannungen und die Innenwiderstände der einzelnen Spannungsquellen müssen gleich sein.

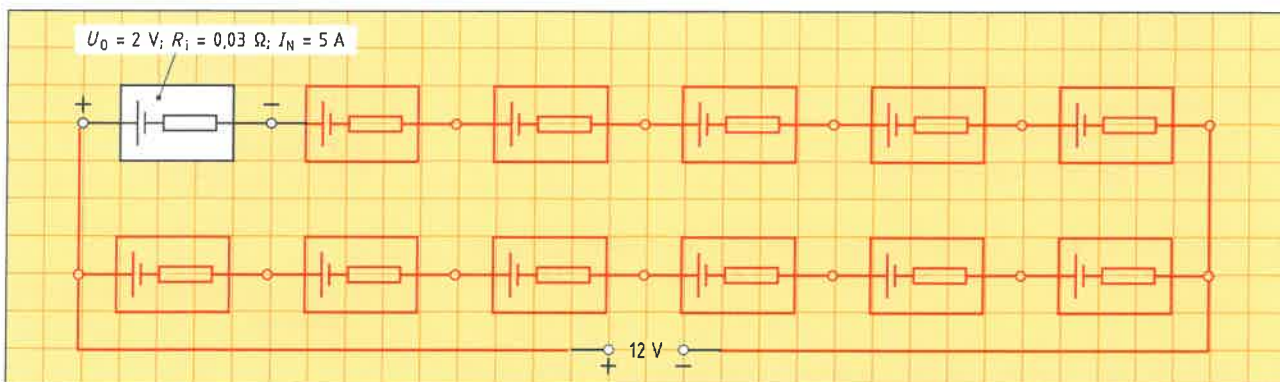
8. Was geschieht, wenn man die Spannungsquellen wie im **Bild 1** schaltet?

Es fließt ein Kurzschlussstrom, der die Spannungsquellen zerstört.



**Bild 1: Parallelschaltung (fehlerhaft)**

9. Zur Verfügung stehen einzelne Spannungsquellen mit einer Leerlaufspannung  $U_0 = 2,0 \text{ V}$ , einer maximalen Strombelastung  $I_N = 5 \text{ A}$  sowie einem Innenwiderstand  $R_i = 0,03 \Omega$ . Zeichnen Sie die Schaltung, um eine Stromentnahme von  $10 \text{ A}$  zu ermöglichen. Die GesamtLeerlaufspannung soll  $12 \text{ V}$  betragen.



**Bild 2: Gemischtschaltung von Spannungsquellen**

10. Wie groß ist der Kurzschlussstrom, wenn aus Versehen die Plusklemme und die Minusklemme der Gesamtschaltung von **Aufgabe 7** kurzgeschlossen werden.

Geg.: $U_0 = 2 \text{ V}, R_i = 0,03 \Omega$	Ges.: $I_K$
Lösung:	
$U_{0\text{ges}} = 6 \cdot 2 \text{ V} = 12 \text{ V}$	
$R_{i\text{ges}} = \frac{6 \cdot 0,03 \Omega}{2} = 0,09 \Omega$	$I_K = \frac{U_{0\text{ges}}}{R_{i\text{ges}}} = \frac{12 \text{ V}}{0,09 \Omega} = 133,3 \text{ A}$



Elektrische Felder wirken überall, wo Spannungen vorhanden sind. Sie sind unsichtbar. Zur Darstellung verwendet man Feldlinien. Dabei werden die Feldrichtungen durch Pfeile gekennzeichnet. Überschreitet die Stärke des elektrischen Feldes bestimmte Grenzwerte, so kann es z.B. in Isolierwerkstoffen zu einer Beschädigung infolge eines Spannungsdurchschlages kommen.

1. Welche Kraftwirkungen und Merkmale haben elektrische Feldlinien?

- **Zwischen getrennten Ladungen besteht ein elektrisches Feld.**
- **Elektrische Ladungen üben aufeinander Kräfte aus.**
- **Sind die elektrischen Ladungen beide positiv oder negativ, so erfolgt Abstoßung.**
- **Ist eine elektrische Ladung positiv, die andere negativ, so ziehen sie sich an.**
- **Elektrische Feldlinien beginnen an positiven und enden an negativen Ladungen.**

2. Zeichnen Sie bei den vier Beispielen von **Bild 1** jeweils mehrere elektrische Feldlinien ein. Geben Sie die Richtung der Feldlinien an. Kennzeichnen Sie farblich einen vorhandenen feldfreien Raum.

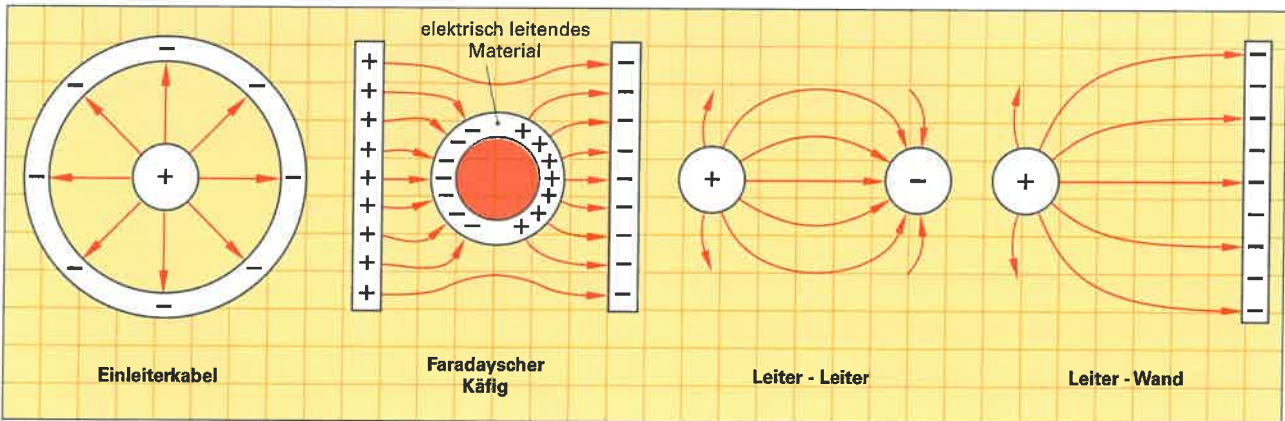


Bild 1: Beispiele elektrischer Felder

3. Tragen Sie in **Bild 2** die Ziffern für die folgenden Begriffe ein:

- 1 homogenes elektrisches Feld
- 2 negativ geladene Platte
- 3 Plattenabstand
- 4 Streufeld (inhomogen)
- 5 Spannung zwischen den Platten
- 6 positiv geladene Platte

Geben Sie die Richtung der Feldlinien an.

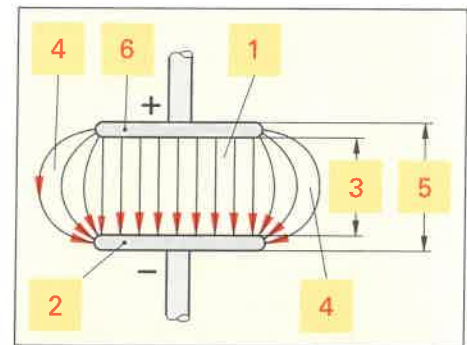


Bild 2: Elektrisches Feld eines Plattenkondensators

4. Tragen Sie in **Bild 3** elektrische Feldlinien und die Kraftrichtung der Styroporkugel ein. Die Styroporkugel hat ursprünglich die Plus-Platte berührt.

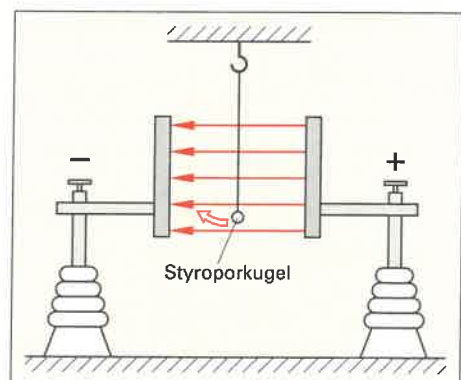


Bild 3: Kraftwirkung im elektrischen Feld

5. Geben Sie den Zusammenhang zwischen der elektrischen Feldstärke  $E$ , der Spannung  $U$  und dem Plattenabstand  $l$  für ein homogenes Feld als Formel an. Ergänzen Sie die Formelzeichen und die Einheiten.

Formel: $E = \frac{U}{l}$		
Größe	Formelzeichen	Einheit
elektr. Feldstärke	$E$	V/m; kV/mm
Spannung	$U$	V
Plattenabstand (Isolierstoffdicke)	$l$	m



Der Kondensator ist ein elektrisches Bauelement, das Ladungen und somit elektrische Energie speichern kann. Ein Maß für das Speichervermögen eines Kondensators ist seine Kapazität  $C$ . Wird ein Kondensator an Gleichspannung angeschlossen, so dauert es eine bestimmte Zeit, bis der Kondensator aufgeladen ist. Auch das Entladen eines Kondensators dauert eine bestimmte Zeit. Ein Maß für die Schnelligkeit des Auf- bzw. Entladungsvorgangs ist die Zeitkonstante  $\tau$ . Die Spannung und der Strom durch einen Kondensator haben beim Aufladen und Entladen nichtlineare Verläufe (exponentielle Verläufe).

1. Kondensatoren speichern elektrische Ladungen. Ergänzen Sie die folgende Tabelle.

Tabelle: Kapazität $C$ des Kondensators			
Formel für $C$ (aus elektrischer Ladung und Spannung):	$C = \frac{Q}{U}$	Einheiten der Kapazität:	$[C] = \frac{As}{V} = \frac{s}{\Omega} = F$
		Einheitenname:	Farad
$Q$ : Elektrische Ladung	$C$ : Kapazität	$U$ : Elektrische Spannung	

2. Welche Kapazität muss ein Kondensator haben, um einen Akku mit 3,7 V/4000 mAh in einem Tablet-PC zu ersetzen?

Geg.: $U = 3,7 \text{ V}$ ; $Q = 4000 \text{ mAh}$	Ges.: $C$
Lösung:	
$C = \frac{Q}{U} = \frac{4000 \text{ mAh}}{3,7 \text{ V}} = \frac{14400 \text{ As}}{3,7 \text{ V}} = 3891,89 \frac{\text{As}}{\text{V}} \approx 3892 \text{ F}$	

Übersicht: Einheitenvorsätze der Kapazität

1 Millifarad =  $1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$   
 1 Mikrofarad =  $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$   
 1 Nanofarad =  $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$   
 1 Pikofarad =  $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$

Kapazität wird kleiner

3. Rechnen Sie die Kapazitätswerte mithilfe der Übersicht um.

$470 \text{ pF} = \underline{0,47} \text{ nF}$ ;      $0,033 \mu\text{F} = \underline{33} \text{ nF}$   
 $2,2 \text{ nF} = \underline{2200} \text{ pF}$ ;      $56 \text{ nF} = \underline{0,056} \mu\text{F}$



Bild 1: Folienkondensator

4. a) Geben Sie die Kapazität des Folienkondensators (Bild 1) in nF und pF an.

$0,15 \mu\text{F} = 150 \text{ nF} = 150000 \text{ pF}$

- b) Erklären Sie die Spannungsangabe auf dem Folienkondensator (Bild 1).

Der Kondensator ist für eine Bemessungsspannung von DC 100 V zugelassen.

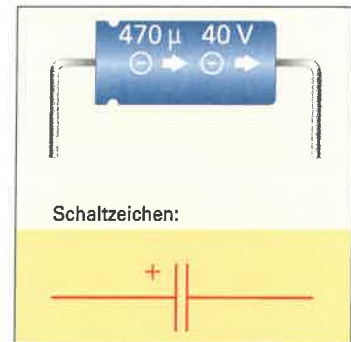


Bild 2: Elektrolytkondensator

5. a) Ergänzen Sie im Bild 2 das Schaltzeichen.

- b) Was muss beim Anschließen eines Elektrolytkondensators beachtet werden?

Elektrolytkondensatoren sind nur für Gleichspannung geeignet. Beim Anschließen ist auf die Polarität und Spannungshöhe zu achten.

6. In einer technischen Beschreibung findet man den Fachbegriff MK-Kondensator.

- a) Erklären Sie die Abkürzung.

- b) Welche besondere Eigenschaft hat dieser Kondensator im Vergleich zu üblichen Kondensatoren?

Metallisierter Kunststofffolienkondensator

Bei einem Spannungsdurchschlag, z.B. bei einer zu hohen Spannung, entsteht eine Selbstheilung. Die Funktion des Kondensators ist weiterhin gewährleistet. Übliche Kondensatoren sind bei einem Spannungsdurchschlag defekt.

7. Bei einem Kondensator beeinflusst das Dielektrikum die Größe der Kapazität. Nennen Sie drei verschiedene Kunststoff-Dielektrikumarten.

Polystyrol, Polycarbonat und Polyester



1. Zeichnen Sie in die Mess-Schaltung (Bild) die Bezugspfeile für die Kondensatorspannung und die Pfeile für die Richtung des Kondensatorstroms beim Auf- und Entladen ein. Tragen Sie am Umschalter den Vorgang „Laden“ und „Entladen“ ein.

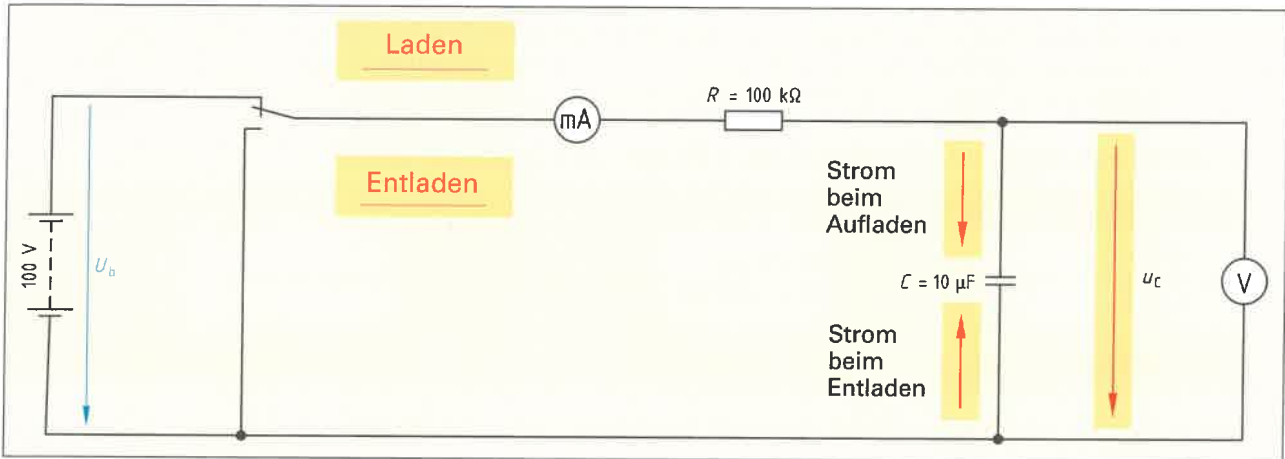


Bild: Laden und Entladen eines Kondensators

2. Ein Kondensator ist über einen Schalter und einen Widerstand an Gleichspannung angeschlossen.

a) Wann fließt der größte Strom?

Sofort nach dem Einschalten.

b) Wie berechnet man die Stromstärke des Ladestromes direkt nach dem Einschalten? Geben Sie die Formel an.

Gleichspannung (Betriebsspannung  $U_b$ )  
dividiert durch den Widerstand  $R$ .

$$I_{\max} = U_b / R$$

c) Nach dem Einschalten steigt die Kondensatorspannung an. Wie verhält sich dabei die Ladestromstärke?

Die Ladestromstärke wird immer kleiner.

3. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Zeitkonstante einer RC-Schaltung			
Zeitkonstante/Formel		$\tau = R \cdot C$	
$\tau$	<u>Zeitkonstante</u>	Einheit:	$\Omega \cdot \frac{s}{\Omega} = s$
$R$	Widerstand	Einheit:	$\Omega$
$C$	Kapazität	Einheit:	$F = \frac{s}{\Omega}$

4. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ladezeit und der Kapazität des Kondensators sowie der Größe des Vorwiderstands?

Die Ladezeit ist umso länger, je größer die Kapazität  $C$  und je größer der Vorwiderstand  $R$  sind.

5. Wie berechnet man die Zeitkonstante?

Die Zeitkonstante  $\tau$  ist das Produkt aus Widerstand  $R$  und Kondensator  $C$ .

6. Wie lange dauert es, bis ein Kondensator theoretisch vollständig aufgeladen ist?

Ein Kondensator ist erst nach unendlich langer Zeit aufgeladen.

7. Nach welcher Zeit ist ein Kondensator praktisch vollständig aufgeladen?

Ein Kondensator ist praktisch nach Ablauf von 5 Zeitkonstanten ( $5 \tau$ ) aufgeladen.



1. Ein Elektroniker soll mithilfe analoger Spannungs- und Strommesser (**Bild**) Kondensatoren, z. B.  $100\ \mu\text{F}$ , auf ihre Funktionstüchtigkeit testen. Beschreiben Sie, wie der Zeiger eines analogen Strom- und Spannungsmessers für die Fälle a), b) und c) reagiert? Ergänzen Sie die **Tabelle**.

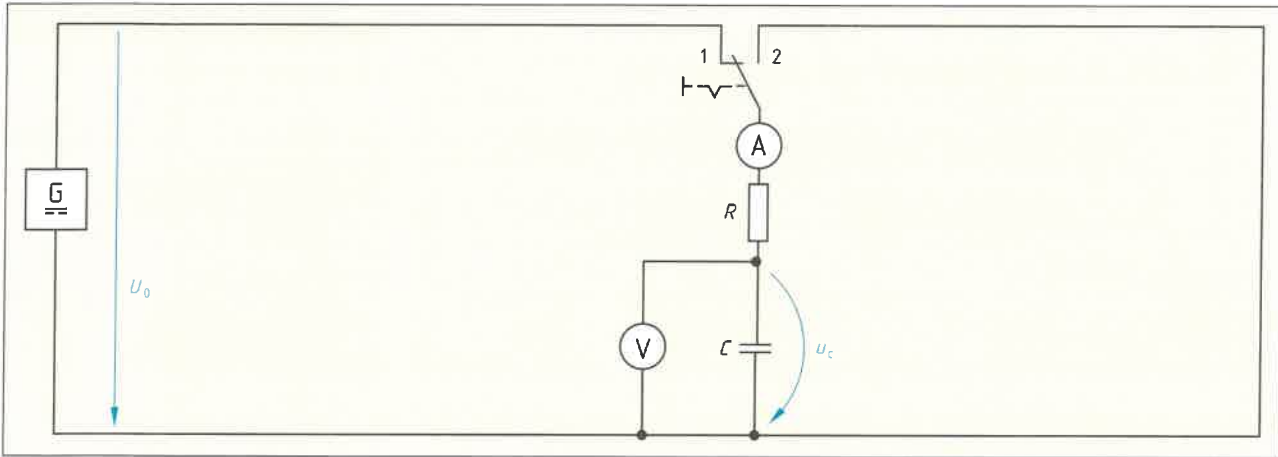


Bild: Prüfen eines Kondensators

Tabelle: Verhalten eines Kondensators im intakten und defekten Zustand				
Zustand des Kondensators	Strommesser Schalterstellung 1	Strommesser Schalterstellung 2	Spannungsmesser Schalterstellung 1	Spannungsmesser Schalterstellung 2
a) Kondensator ist in Ordnung	Der Zeiger schlägt voll aus und geht dann allmählich auf Null zurück.	Der Zeiger schlägt entgegengesetzt aus und geht dann allmählich auf Null zurück.	Der Zeiger steigt allmählich an und bleibt dann auf dem Spannungswert $U_0$ stehen.	Der Zeiger geht allmählich vom Spannungswert $U_0$ auf Null zurück.
b) Kondensator defekt, da Dielektrikum durchschlagen	Der Zeiger zeigt einen konstanten Stromwert an.	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion
c) Zuleitung am Widerstand $R$ unterbrochen	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion

2. Erklären Sie das Verhalten des Kondensators in der Prüfschaltung (**Bild**)  
a) im Einschaltmoment, b) am Ende der Aufladung und c) beim Entladen.

- a) Der ungeladene Kondensator verhält sich schaltungstechnisch im Augenblick des Einschaltens wie ein Kurzschluss; maximaler Strom fließt. Der Widerstand ist fast Null. Auch fällt im Moment des Einschaltens keine Spannung am Kondensator ab.
- b) Ist der Kondensator aufgeladen, so verhält er sich wie ein unendlich großer Widerstand, da er keinen Strom durchlässt. Die Spannung  $u_C$  am Kondensator entspricht dann der Spannung  $U_0$ .
- c) Beim Entladen wirkt der Kondensator wie eine Spannungsquelle. Der Kondensatorstrom  $i_C$  ist am Beginn der Entladung sehr groß und geht dann auf Null zurück. Der Kondensator ist dann entladen.



3. In der Praxis werden Kondensatoren, z.B. für die Erzeugung von Zeitverzögerungen, verwendet. Dazu muss man z.B. den Momentanwert der Spannung am Kondensator nach einer bestimmten Zeit berechnen.

**Beispiel:** Ein Kondensator  $C = 68 \mu\text{F}$  wird über einen Vorwiderstand  $R = 47 \text{ k}\Omega$  an eine Spannung von  $U_0 = 24 \text{ V}$  angeschlossen. Berechnen Sie die Spannung  $u_C$  nach einer Ladezeit von  $t = 1 \text{ s}$  mithilfe der Formeln.

Lösung:  $\tau = R \cdot C = 47 \text{ k}\Omega \cdot 68 \mu\text{F} = 3196 \text{ ms}$

$$u_C = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 24 \text{ V}(1 - e^{-\frac{1000 \text{ ms}}{3196 \text{ ms}}}) = 6,5 \text{ V}$$

e-Funktion  $\Rightarrow$  Taste  $e^x$ , Beispiel:  $e^{-2,3} = ?$

Rechner 1:  $e^x$  (-) 2  $\cdot$  3 = 0,100258 ...

Rechner 2: 2  $\cdot$  3 +/- INV  $e^x$  LN 0,100258 ...

**Formeln zur Berechnung des Spannungs- und Stromverlaufs**

**Ladevorgang**

$$u_C = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$i_C = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

**Entladevorgang**

$$u_C = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_C = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$u_C$  Momentanwert der Spannung am Kondensator  
 $U_0$  Ladespannung, Spannung des aufgeladenen Kondensators  
 $e = 2,71828$   
 $t$  Zeit  
 $\tau$  Zeitkonstante  
 $i_C$  Momentanwerte der Lade- bzw. Entladestromstärke  
 $I_0$  Anfangsstromstärke

4. Berechnen Sie in der **Tabelle 1** die fehlenden Werte (Betriebsspannung  $U_b = 100 \text{ V}$ ,  $R = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \mu\text{F}$ ).  
**Hinweis:** Berechnen Sie erst den Spannungsfall am Widerstand.

**Tabelle 1: Kondensatorspannung und Kondensatorstrom beim Ladevorgang an Gleichspannung**

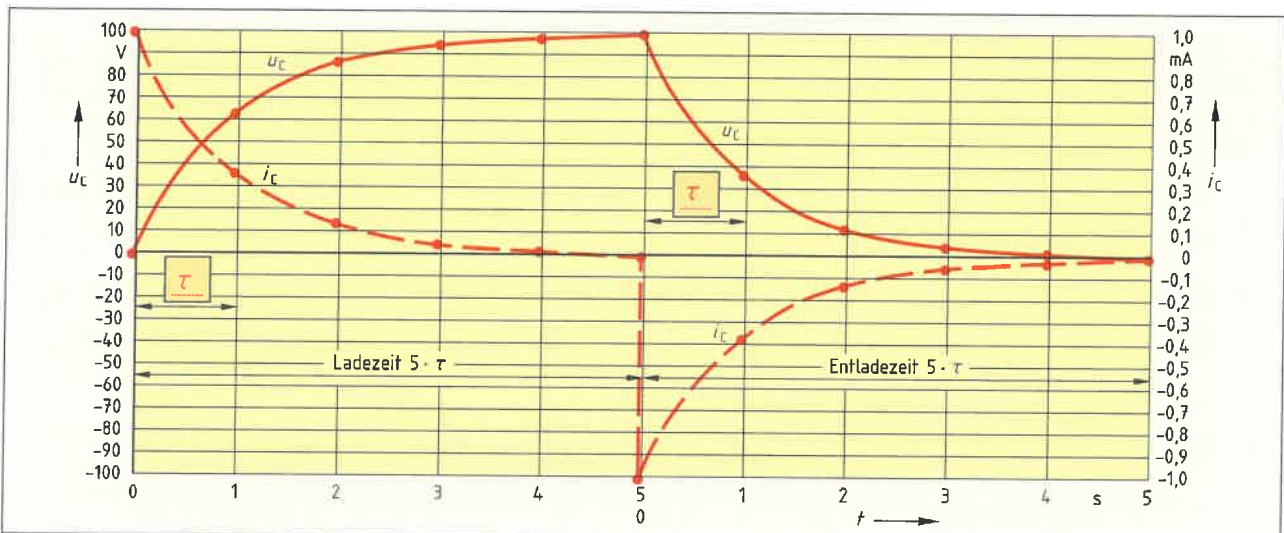
Zeit t	0	$\tau$	$2\tau$	$3\tau$	$4\tau$	$5\tau$
Zeit in s	0	1	2	3	4	5
$u_C$ in V	0	63,21	86,47	95,02	98,17	99,33
$i_C$ in mA	1	0,3679	0,1353	0,0498	0,0183	0,004

5. Gehen Sie von einem auf 100 V geladenen Kondensator aus und berechnen Sie in **Tabelle 2** die fehlenden Werte. (Die RC-Schaltung hat die gleichen Werte wie in **Aufgabe 4**.)

**Tabelle 2: Kondensatorspannung und Kondensatorstrom beim Entladevorgang an Gleichspannung**

Zeit t	0	$\tau$	$2\tau$	$3\tau$	$4\tau$	$5\tau$
Zeit in s	0	1	2	3	4	5
$u_C$ in V	100	36,79	13,53	4,98	1,83	0,4
$i_C$ in mA	-1	-0,3679	-0,1353	-0,0498	-0,0183	-0,004

6. Zeichnen Sie in das **Bild** aus den Werten der **Aufgaben 4** und **5** die Lade- und die Entladekurven der Kondensatorspannung und des Kondensatorstromes. Tragen Sie die Zeitkonstante  $\tau$  ein.



**Bild: Lade- und Entladekurven des Kondensators**



Elektrischer Strom und Magnetismus sind untrennbar miteinander verbunden. Viele Wirkungsweisen von elektrischen Geräten und Schaltungen, z. B. Türöffner, Schütze, Elektromotoren usw., sind deshalb nur mit Kenntnissen über den Magnetismus zu verstehen.

1. Was versteht man unter einem Dauermagneten?

Dauermagnete sind Stoffe, die den Magnetismus über eine lange Zeit behalten.

2. An welchen Stellen eines Dauermagneten ist die magnetische Kraftwirkung am größten?

An den magnetischen Polen (Nordpol und Südpol)

3. a) Was versteht man unter einem magnetischen Feld, b) was sind magnetische Feldlinien?

a) Magnetisches Feld	b) Magnetische Feldlinien
Der Raum, in dem magnetische Kraftwirkungen festzustellen sind.	Gedachte Linien, die den magnetischen Zustand sichtbar machen sollen.
	Sie geben die Richtung und den Betrag der magnetischen Kraftwirkung an.

4. Nennen Sie drei Merkmale für magnetische Feldlinien.

- Magnetische Feldlinien sind immer geschlossene Linien.
- Sie treten aus der Magnetoberfläche senkrecht aus bzw. ein.
- Außerhalb des Magneten verlaufen sie vom Nord- zum Südpol, innerhalb des Magneten vom Süd- zum Nordpol.

5. a) Zeichnen Sie im **Bild 1** den Verlauf von vier magnetischen Feldlinien außerhalb und innerhalb des Stabmagneten.

b) Tragen Sie die Richtung der Feldlinien ein.

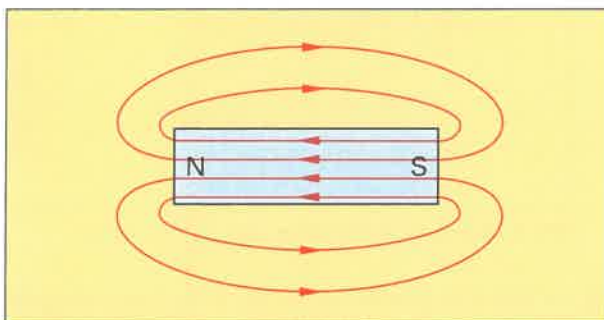


Bild 1: Stabmagnet

6. Der Hufeisenmagnet im **Bild 2** hat die angegebenen Pole. Zeichnen Sie den Verlauf und die Richtung der magnetischen Feldlinien ein.

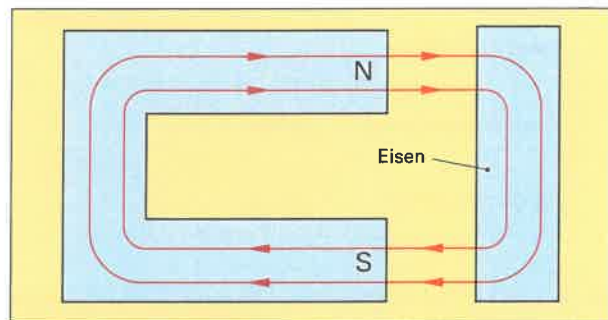


Bild 2: Hufeisenmagnet

7. a) Zeichnen Sie im **Bild 3** zwischen den Magnetpolen den Feldlinienverlauf ein.

b) Geben Sie an, ob die Kraftwirkung anziehend oder abstoßend ist.

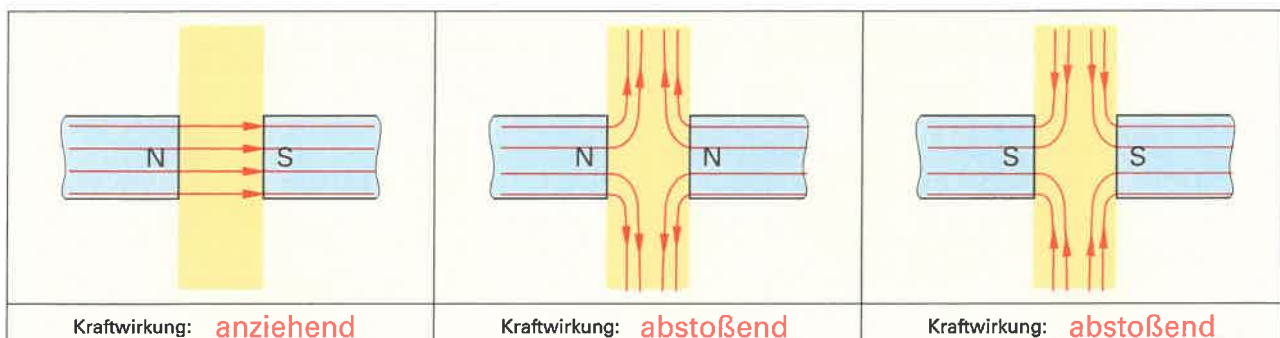


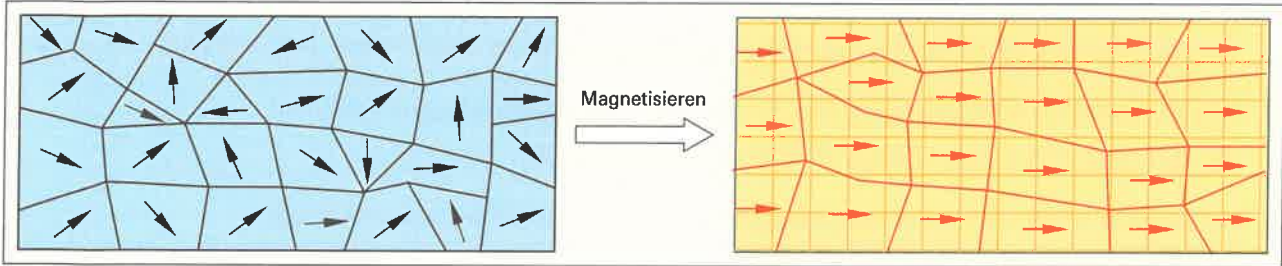
Bild 3: Kraftwirkungen zwischen Magnetpolen



8. Was geschieht im magnetisch neutralen Eisen, wenn es in den Wirkungsbereich eines starken Magneten kommt?

Es wird magnetisiert. Im Eisenwerkstoff richten sich die Elementarmagnete (weiss'sche Bezirke) nach dem Magnetfeld des stärkeren Magneten aus.

9. Das **Bild 1** zeigt vereinfacht die Lage der weiss'schen Bezirke mit ihren magnetischen Vorzugsrichtungen im magnetisch neutralen Eisen. Zeichnen Sie im **Bild 2** die Lage der weiss'schen Bezirke nach dem Magnetisieren ein.



**Bild 1: Magnetisch neutrales Eisen**

**Bild 2: Magnetisiertes Eisen**

10. Nennen Sie die Merkmale eines homogenen magnetischen Feldes (**Bild 3, Bereich A**).

- An jedem Ort ist die magnetische Kraftwirkung gleich groß.
- Die Richtung des Magnetfeldes ist an jeder Stelle gleich.

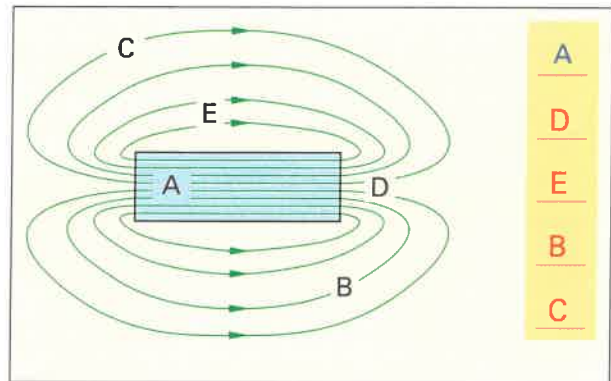
11. Nennen Sie die zwei Festlegungen, nach denen man ein homogenes Magnetfeld zeichnet.

- Die Pfeile zeigen in eine Richtung.
- Parallele Linien haben gleichen Abstand.

12. a) Ergänzen Sie bei vorgegebenem Abstand der Feldlinien die zugehörige Feldliniendichte.  
 b) Ordnen Sie jedem Feldlinienbild die Kraftwirkung schwach bzw. stark zu.

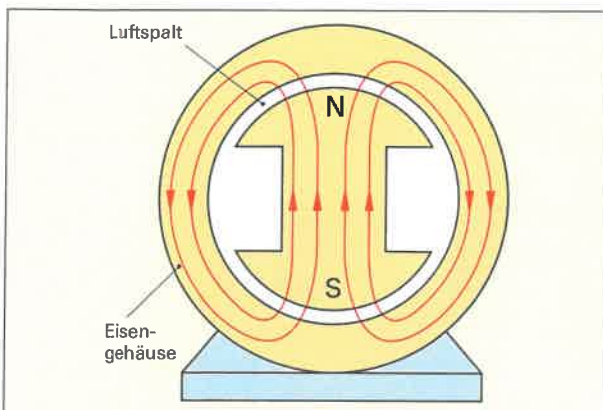
Feldlinienbild		Kraftwirkung
Feldlinienabstand:	<u>groß</u>	<u>schwach</u>
Feldliniendichte:	<u>klein</u>	
Feldlinienabstand:	<u>klein</u>	<u>stark</u>
Feldliniendichte:	<u>groß</u>	

13. Ordnen Sie die im **Bild 3** mit Buchstaben gekennzeichneten Feldbereiche nach ihrer abnehmenden Feldliniendichte.



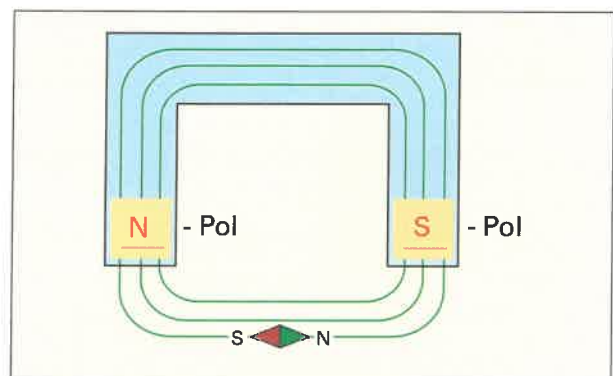
**Bild 3: Homogenes und inhomogenes Magnetfeld**

14. Zeichnen Sie im **Bild 4** den Verlauf der magnetischen Feldlinien ein.



**Bild 4: Vereinfachtes Schnittbild einer elektrischen Maschine**

15. Im **Bild 5** ist eine Magnetnadel im äußeren Magnetfeld des Hufeisenmagneten in der angegebenen Richtung ausgerichtet. Benennen Sie die Pole des Hufeisenmagneten.



**Bild 5: Magnetnadel im Magnetfeld**



- Welche Form hat das Magnetfeld um einen stromdurchflossenen Leiter?
  - Wodurch wird die Magnetfeldrichtung bestimmt?
  - Kreisförmig um den Leiter herum, der Abstand der Kreise wird mit zunehmender Entfernung vom Leiter größer.
  - Wird von der Stromrichtung bestimmt.

- Skizzieren Sie im **Bild 1** die Magnetfelder der stromdurchflossenen Leiter mit drei Feldlinien. Geben Sie die Feldlinienrichtung an.

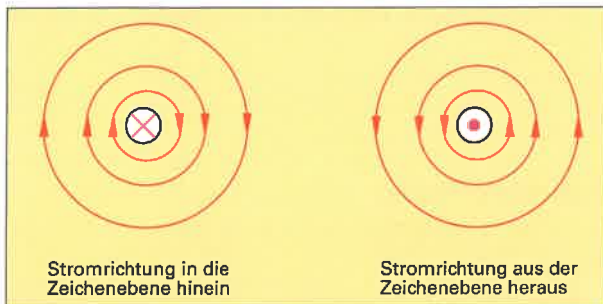


Bild 1: Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld

- Skizzieren Sie im **Bild 2** das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Leiterschleife (Windung).

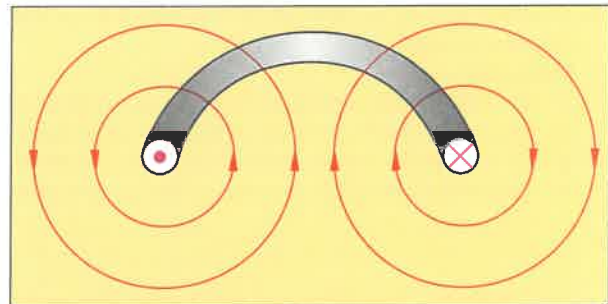


Bild 2: Magnetfeld einer Leiterschleife

- Tragen Sie in die Spule (**Bild 3**) ein:
  - das Magnetfeld um jeden geschnittenen dargestellten Leiter durch einer Feldlinie,
  - das resultierende Magnetfeld der Spule,
  - die Magnetpole der Spule.

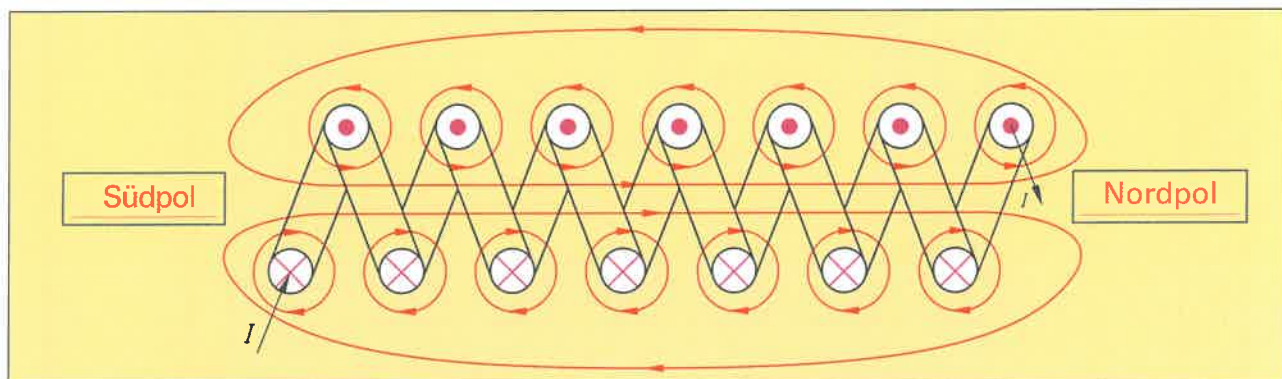


Bild 3: Magnetfeld einer Spule

- Worin unterscheidet sich die magnetische Wirkung von
  - einem langgestreckten Leiter und
  - einem zu einer Spule gewickelten Leiter, wenn beide von einem Strom gleicher Stärke durchflossen werden?
- Zeichnen Sie im Innern der stromdurchflossenen Ringspule den Verlauf des Magnetfeldes ein.

- Bei einem langgestreckten Leiter verteilt sich das Magnetfeld auf die gesamte Länge.
- Bei einer Spule konzentriert sich das Magnetfeld innerhalb der Spule. Es entsteht ein Elektromagnet.

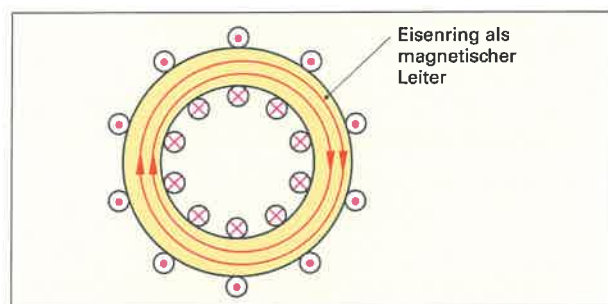


Bild 4: Ringspule

- Wie nennt man allgemein die geschlossene Form der magnetischen Feldlinien?

magnetischer Kreis



8. Tragen Sie die Stromrichtung in die Schnittdarstellung der bifilaren Spule (**Bild 1**) ein und erklären Sie, warum solche Spulen magnetisch unwirksam sind.

Ein gleich großer Strom fließt in  
nebeneinander liegenden Windungen  
in entgegengesetzter Richtung. Die  
erzeugten Magnetfelder dieser  
Windungen sind gleich groß, aber  
entgegengerichtet und heben sich  
somit auf.

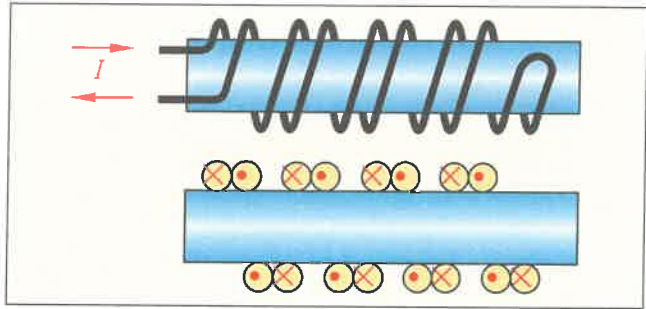


Bild 1: Bifilare Spule

9. Schalten Sie die beiden Spulen im **Bild 2** so in Reihe, dass die angegebenen Magnetpole entstehen und der Anker angezogen wird.

**Hinweise:**

- Bestimmen Sie die Feldlinienrichtung in jeder Spule.
- Legen Sie die Stromflussrichtung in jeder Spule fest.
- Verbinden Sie beide Spulen zur Reihenschaltung.
- Schließen Sie die Spannungsquelle an und beachten Sie die richtige Polung.

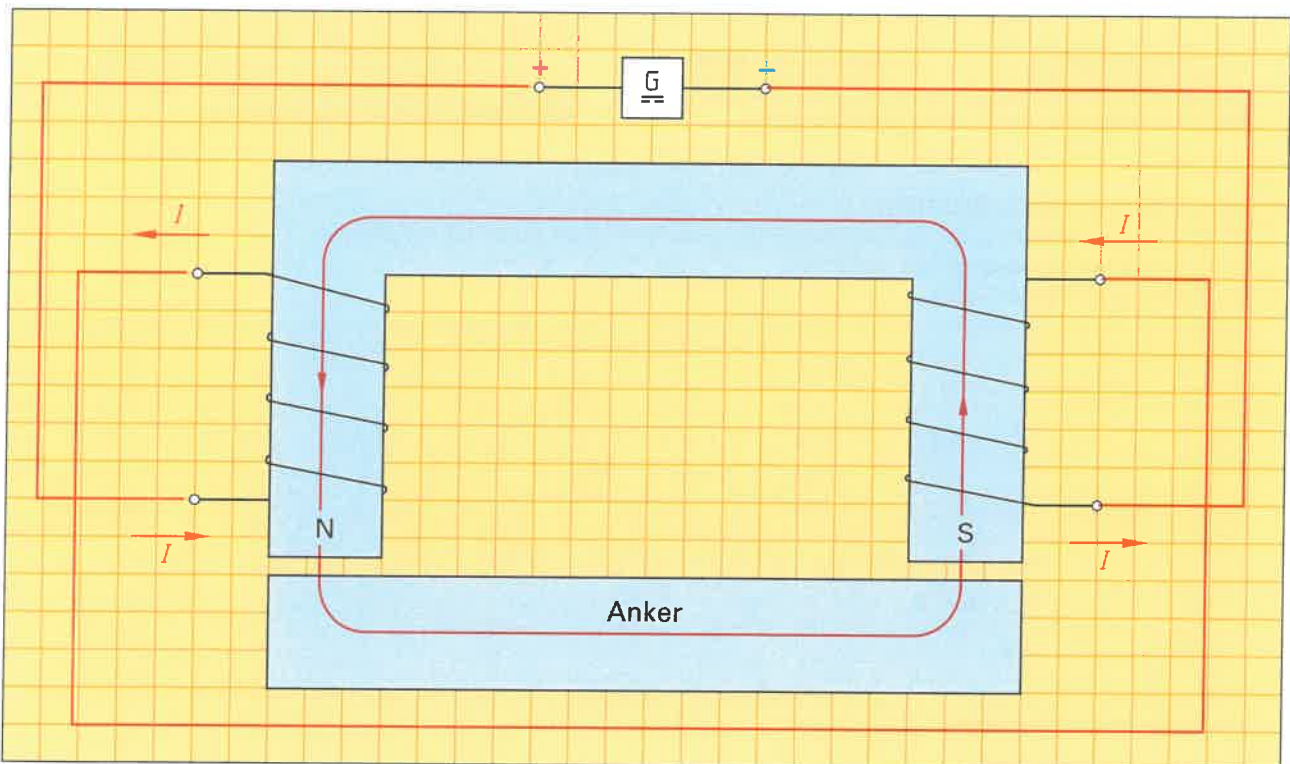


Bild 2: Elektromagnet

10. a) Tragen Sie im **Bild 3** den Verlauf der Feldlinien des drehbaren Elektromagneten ein.  
b) Bestimmen Sie die Magnetpole.
11. Nennen Sie drei Vorteile der Elektromagneten gegenüber Dauermagneten.

- Magnetfeld ist schaltbar.
- Umpolung des Magnetfeldes ist leicht möglich.
- Magnetfeldstärke ist über die Stromstärke einstellbar.

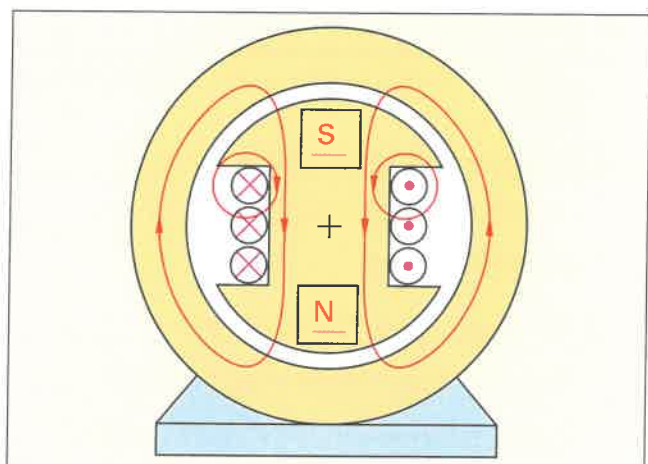


Bild 3: Elektromagnet in einer elektrischen Maschine



1. Was versteht man unter magnetischem Fluss?

Magnetischer Fluss wird die Gesamtheit aller magnetischen Feldlinien eines magnetischen Kreises genannt.

2. Ergänzen Sie Tabelle 1.

Tabelle 1: Magnetischer Fluss	
Formelzeichen	$\Phi$
Einheitenzeichen	Vs; Wb
Einheitenname	Voltsekunde; Weber

3. Nennen Sie die Formel für die Durchflutung einer Spule.

Durchflutung einer Spule:  $\Theta = I \cdot N$

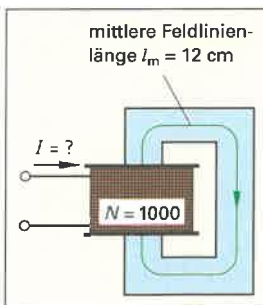
5. Ergänzen Sie Tabelle 2.

Tabelle 2: Durchflutung	
Formelzeichen	$\Theta$
Einheitenzeichen	A
Einheitenname	Ampere

6. Nennen Sie die Formel für die magnetische Feldstärke  $H$ .

magnetische Feldstärke  $H$ :  $H = \frac{I \cdot N}{l}$  oder  $\frac{\Theta}{l}$

7. Berechnen Sie für Bild 2 den notwendigen Spulenstrom, um eine magnetische Feldstärke von 4 A/cm im Eisenkern zu erreichen.



$$I = \frac{H \cdot l}{N} = \frac{4 \text{ A} \cdot 12 \text{ cm}}{\text{cm} \cdot 1000} = 48 \text{ mA}$$

Bild 2: Spule mit Eisenkern

10. Rechnen Sie die Beispiele mit der Einheit Vs/cm<sup>2</sup> in die Einheit Tesla um.

Umrechnung: $1 \text{ T} = 1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$	
$[B] = \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$	$[B] = \text{T}$
Erdmagnetismus: $5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Pol am Dauermagnet: $5 \cdot 10^{-5}$	0,5
Pol am Elektromagnet: $3 \cdot 10^{-4}$	3,0

4. Die drei Luftspulen im Bild 1 sollen magnetisch gleichwertig sein. Ergänzen Sie die notwendigen Stromstärken für die Spulen b) und c).

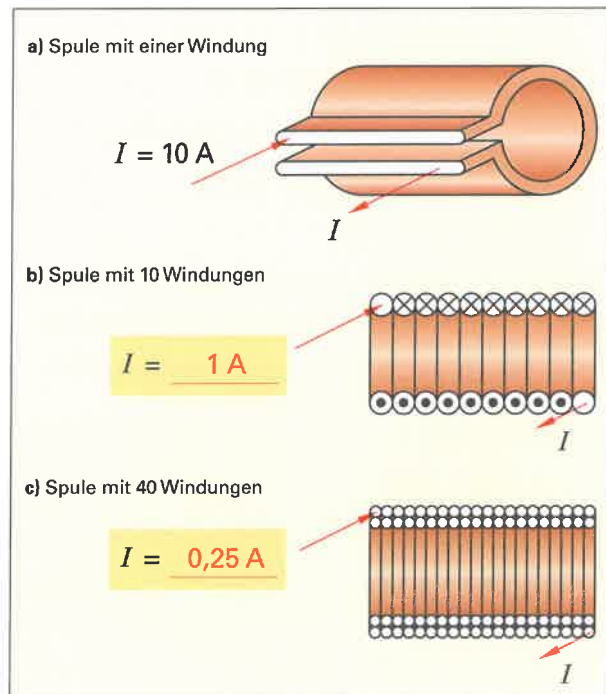


Bild 1: Durchflutung von Spulen

8. Nennen Sie die Formel für die magnetische Flussdichte  $B$ .

magnetische Flussdichte  $B$ :  $B = \frac{\Phi}{A}$

9. Vergleichen Sie im Bild 3 die magnetische Flussdichte in den beiden Querschnittsflächen.

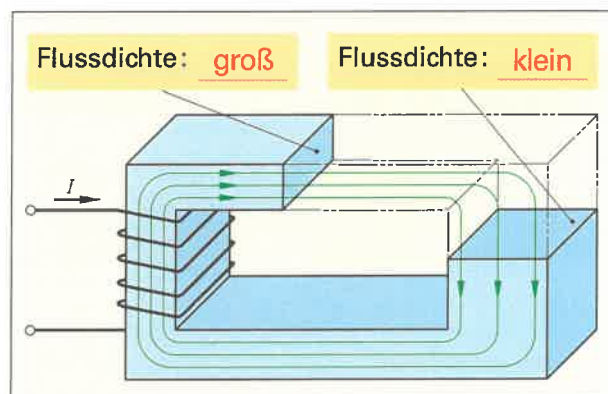


Bild 3: Magnetischer Kreis



11. Ergänzen Sie in der **Tabelle** die Bezeichnungen zwischen Ursache und Wirkung der magnetischen Größen.

Tabelle: Ursache – Wirkung – Beziehung magnetischer Größen	
Ursache	→ Wirkung
$H$	$B$
magnetische Feldstärke	magnetische Flussdichte

12. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der magnetischen Flussdichte und der magnetischen Feldstärke?

Die magnetische Flussdichte ist umso größer, je größer die magnetische Feldstärke ist. Beide Größen sind bei Luftspulen einander direkt proportional.

13. Wie wird aus der proportionalen Beziehung zwischen  $B$  und  $H$  ( $B \sim H$ ) eine Gleichung bzw. Formel?

Indem man einen Proportionalitätsfaktor ermittelt, der die Zahlenwerte und die Einheiten auf beiden Seiten der Gleichung angleicht ( $B = \text{Faktor} \cdot H$ ).

14. Eine Luftspule erzeugt durch eine magnetische Feldstärke von 200 A/m eine magnetische Flussdichte von  $251,4 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/m}^2$ .

- a) Berechnen Sie das Zahlenverhältnis  $B$  zu  $H$ .  
 b) Wie nennt man diesen Zahlenwert?

a)

$$\frac{B}{H} = \frac{251,4 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/m}^2}{200 \text{ A/m}}$$

$$= 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

b)  $\mu_0$ : magnetische Feldkonstante für Vakuum bzw. für Luft.

15. Wie lautet für a) eine Luftspule und b) für eine Spule mit Eisenkern die Formel mit  $B$  und  $H$ ?

a) Luftspule	b) Spule mit Eisenkern
$B = \mu_0 \cdot H$	$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$

16. Was versteht man unter der relativen Permeabilität  $\mu_r$  eines Stoffes?

Sie gibt an, wie viel mal besser ein Stoff magnetisierbar ist als Vakuum bzw. Luft.

17. Welche Wirkung übt ein Eisenkern auf die magnetische Flussdichte im Innern einer stromdurchflossenen Spule aus?

Eisen erhöht die magnetische Flussdichte.

18. Warum breitet sich der magnetische Fluss leichter im Eisen aus, als z. B. in Luft?

Durch das Vorhandensein der Elementarmagnete (weiss'sche Bezirke) lässt sich Eisen leichter magnetisieren als Luft.

19. Das **Bild** zeigt einen Eisenring zwischen den Polen eines Magneten. Vervollständigen Sie das Feldlinienbild.

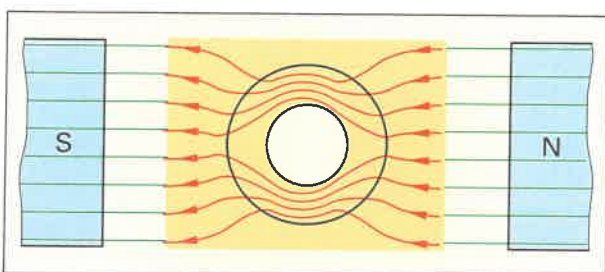


Bild: Eisen im Magnetfeld

20. Wie kann man das Einwirken fremder Magnetfelder auf z. B. empfindliche Messgeräte verhindern?

Man umgibt den zu schützenden Raum mit Eisenblech und erhält so eine magnetische Abschirmung.



- Das **Bild 1** stellt den Verlauf der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte  $B$  von der Feldstärke  $H$  dar.
  - Geben Sie die Achsenbezeichnung für  $B = f(H)$  an.
  - Tragen Sie den Verlauf der Kennlinien für eine Spule ohne Eisenkern (Luftspule) und für eine Spule mit Eisenkern ein.
  - Benennen Sie die beiden Kennlinien.

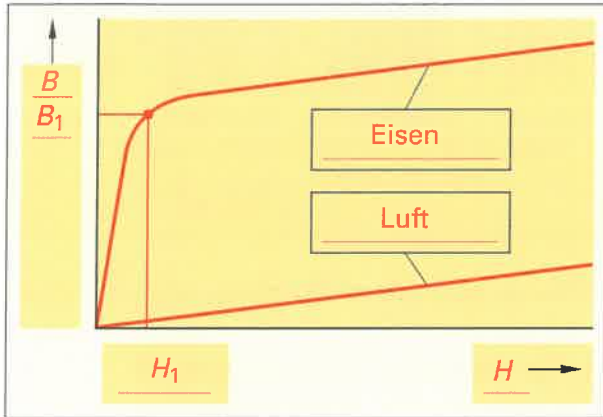


Bild 1: Magnetisierungskennlinien

- Tragen Sie in das **Bild 1** die notwendige magnetische Feldstärke ( $H_1$ ) für eine wirtschaftliche Magnetisierung von Eisen mit der dazugehörigen magnetischen Flussdichte ( $B_1$ ) ein.
- Welche Feststellung kann man am Eisen machen, wenn der Strom einer Spule mit Eisenkern abgeschaltet wird ( $H = 0$ )? Begründen Sie.

Es bleibt ein Restmagnetismus  $B_r$  bestehen. Die magnetische Flussdichte  $B$  wird nicht Null, da noch ein Teil der weiss'schen Bezirke ausgerichtet bleiben.

- Benennen Sie im **Bild 2** die magnetischen Kenngrößen an der Ummagnetisierungskennlinie für einen hartmagnetischen Werkstoff.
  - Zeichnen Sie in das **Bild 2** den Kennlinienverlauf für einen weichmagnetischen Werkstoff ein.

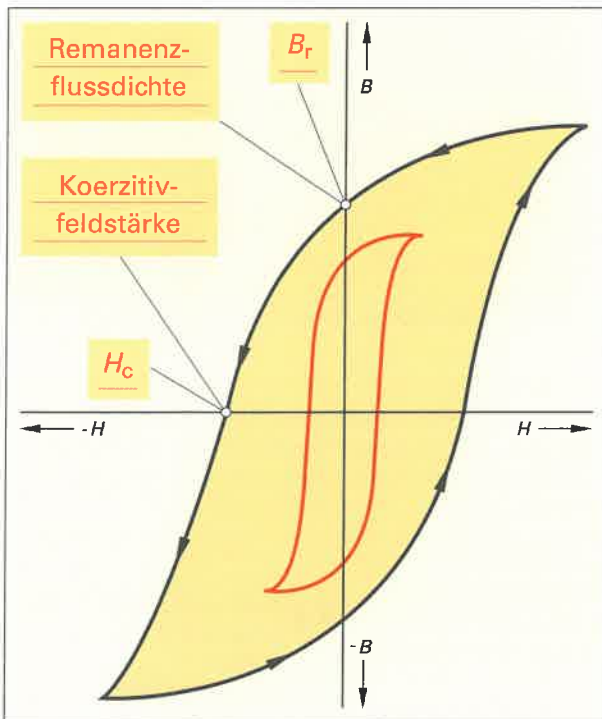


Bild 2: Ummagnetisierungskennlinien

- Ermitteln Sie das Produkt der Einheitenzeichen von magnetischer Flussdichte  $B$  und Feldstärke  $H$ .
  - Erklären Sie mithilfe des Ergebnisses von a) die Bedeutung der Flächengröße einer Ummagnetisierungskennlinie (**Bild 2**).

a)  $[B \cdot H] = \frac{Vs \cdot A}{m^2 \cdot m} = \frac{VAs}{m^3} = \frac{Ws}{m^3} = \frac{J}{m^3}$

b) Der Flächeninhalt der Kurve ist ein Maß für die aufzuwendende Ummagnetisierungsenergie des Werkstoffes.

- Geben Sie in der **Tabelle 1** die Unterscheidungsmerkmale der Magnetwerkstoffe an. Benutzen Sie die Wörter „groß“ und „klein“.

Tabelle 1: Unterscheidungsmerkmale der Magnetwerkstoffe		
	hartmagnetisch	weichmagnetisch
Koerzitivfeldstärke	groß	klein
Remanenzflussdichte	groß	groß
Hystereseverluste	groß	klein

- Kreuzen Sie in **Tabelle 2** an, welche Magnetwerkstoffe für die genannten Betriebsmittel verwendet werden.

Tabelle 2: Magnetwerkstoffe für elektrische Betriebsmittel					
Betriebsmittel	Fahrraddynamo	Schaltmagnet	Haftmagnet	Wechselstrommotor	Magnetische Abschirmung
weichmagnetisch		×		×	×
hartmagnetisch	×		×		



1. Mehrere gleichzeitig auftretende Magnetfelder überlagern sich und ergeben ein Gesamtfeld. Zeichnen Sie das magnetische Gesamtfeld in die **Tabelle** und entscheiden Sie, wie sich die Überlagerung der Magnetfelder auf die magnetische Flussdichte des Gesamtfeldes auswirkt.

Tabelle: Überlagerung zweier Magnetfelder		
Magnetfelder	gleichgerichtet	entgegengerichtet
Feldlinienbilder Hinweis: Die Anzahl der Feldlinien entspricht der magnetischen Flussdichte $B$		
Magnetische Flussdichte $B$ des Gesamtfeldes wird	<b>größer</b>	<b>kleiner</b>

2. Was geschieht, wenn durch Überlagerung zweier Magnetfelder die magnetische Flussdichte ungleich verteilt ist? Begründen Sie Ihre Antwort.

Es entstehen magnetische Ausgleichskräfte, um die magnetische Flussdichte  $B$  gleichmäßig zu verteilen. Jede Energie hat das Bestreben sich gleichmäßig zu verteilen.

3. a) Zeichnen Sie in den **Bildern 1** und **2** den Verlauf der magnetischen Feldlinien für beide stromdurchflossene parallele Leiter ein.  
b) Tragen Sie in den Bildern die entstehende Richtung der Kraft ein.

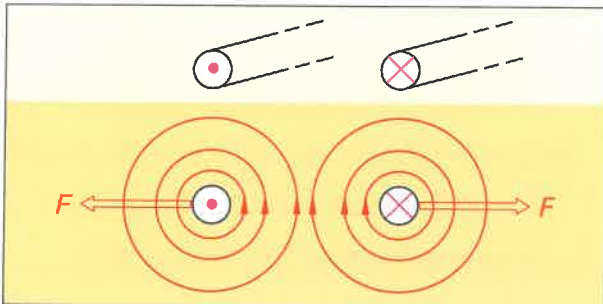


Bild 1: Parallele Leiter mit entgegengesetzter Stromrichtung

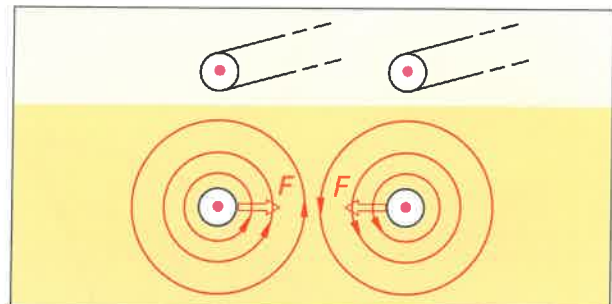


Bild 2: Parallele Leiter mit gleicher Stromrichtung



Die Kräfte zwischen zwei parallelen Leitern sind bei normalen Betriebsströmen unbedeutend. Im Kurzschlussfall können diese Kräfte aber Zerstörungen bewirken. Besonders gefährdet sind Generatoren- und Transformatorenwicklungen, Kabel und Leitungen, Schaltanlagen sowie elektrische Geräte. Elektrische Betriebsmittel und Anlagen müssen **kurzschlussfest** sein!

4. Berechnen Sie die entstehende Kraft pro Meter Freileitungslänge in einem 400-V-Netz, wenn in zwei parallelen Leitern, die 40 cm voneinander entfernt sind, ein Kurzschlussstrom von 20 kA fließt. Schreiben Sie einen Antwortsatz.  
**Hinweis:**  $1 \text{ Ws/m} = 1 \text{ N}$ .

Geg.:  $l = 1 \text{ m}$ ,  $I_1 = I_2 = 20 \text{ kA}$ ,  $r = 40 \text{ cm}$ ,  $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

Ges.:  $F$

Lösung: 
$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot 20 \text{ kA} \cdot 20 \text{ kA} \cdot 1 \text{ m}}{\text{Am} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,4 \text{ m}}$$

$$= 200,31 \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = 200,31 \text{ N}$$

Antwortsatz: Zwischen den Leitern entsteht im Kurzschlussfall eine Kraft von 200,31 N.



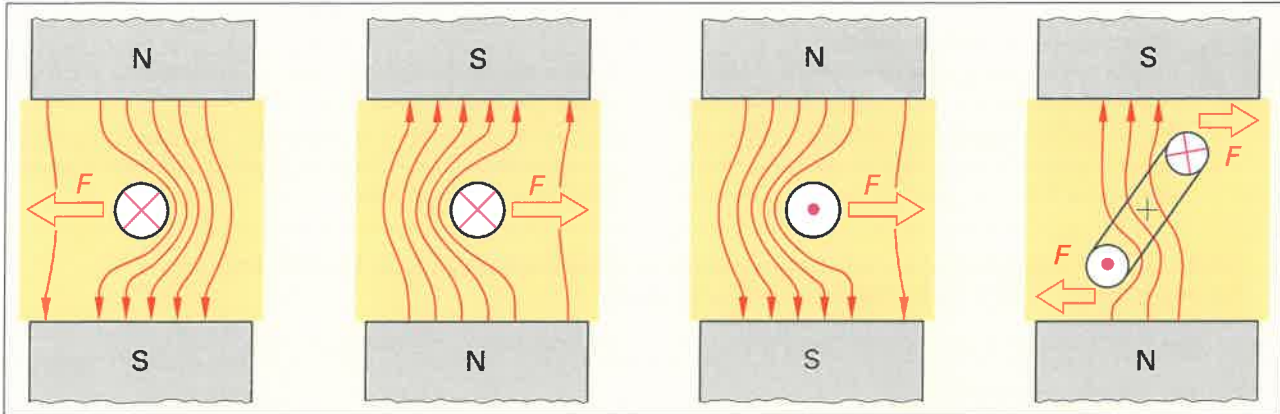
**Kraft zwischen parallelen stromdurchflossenen Leitern**

Formel: 
$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

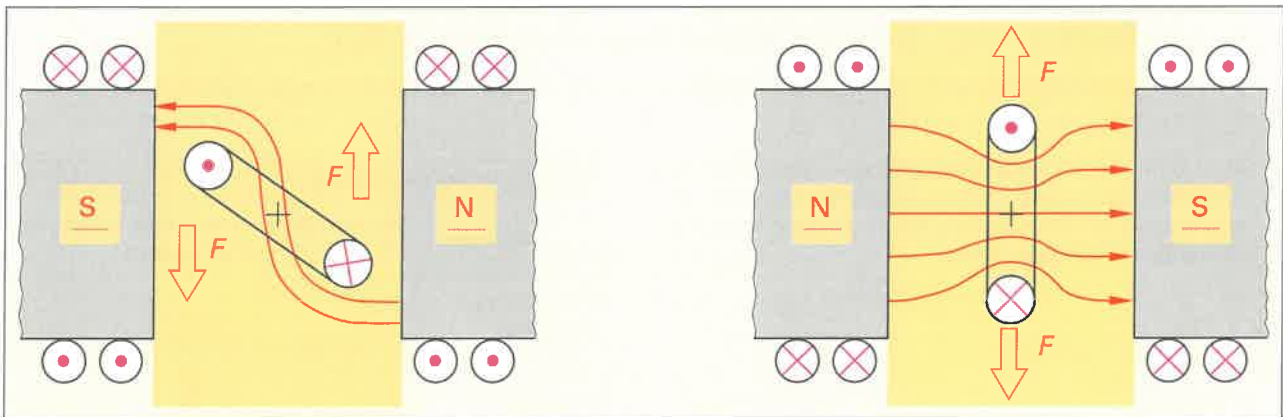
$F$  Kraft in N  
 $\mu_0$  magnetische Feldkonstante in Vs/Am  
 $I_1, I_2$  Leiterstromstärken in A  
 $l$  Leiterlänge im Magnetfeld in m  
 $r$  Leiterabstand in m



5. a) Zeichnen Sie im **Bild 1** und **2** das entstehende Gesamtmagnetfeld ein.  
 b) Tragen Sie Richtungspfeile für die Kraftwirkung auf die stromdurchflossenen Leiter ein.



**Bild 1: Stromdurchflossene Leiter und Leiterschleife im Magnetfeld eines Dauermagneten**



**Bild 2: Stromdurchflossene Leiterschleife im Magnetfeld eines Elektromagneten**

6. Von welchen zwei Ursachen wird die Richtung der Ablenkkraft bestimmt?  
 • Von der Richtung des fremden Magnetfeldes.  
 • Von der Stromrichtung (eigenes Magnetfeld).
7. Nennen Sie drei Einflussgrößen, welche die Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter verstärken.  
 • größere Leiterstromstärke  $I$ ,  
 • größere wirksame Leiterlänge  $l$  im Magnetfeld,  
 • größere Magnetflussdichte  $B$
8. Wie lautet die Formel zur Berechnung der Ablenkkraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld?  
 $F = I \cdot B \cdot l$
9. Entwickeln Sie mithilfe der Formel für die Ablenkkraft (**Aufgabe 8**) die Einheit der Kraft in N (Newton).  
**Hinweis:** Verwenden Sie die entsprechenden Einheitenzeichen für  $I$ ,  $B$  und  $l$ .  
 $[F] = A \cdot \frac{Vs}{m^2} \cdot m = \frac{VAs}{m} = \frac{Ws}{m} = \frac{Nm}{m} = N$

10. Durch einen Leiter fließt ein Strom von 5 A. Er befindet sich im Feld eines Magneten mit der magnetischen Flussdichte 3 Tesla. Die wirksame Leiterlänge beträgt 20 mm. Berechnen Sie die Kraft auf den Leiter.

Geg.: $I = 5 \text{ A}$ , $B = 3 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$ , $l = 0,02 \text{ m}$	Lösung:
Ges.: $F$	$F = I \cdot B \cdot l = 5 \text{ A} \cdot 3 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot 0,02 \text{ m} = 0,3 \frac{\text{VAs}}{\text{m}} = 0,3 \text{ N}$

11. Stellen Sie die Formel von **Aufgabe 8** nach a) der Stromstärke, b) der Magnetflussdichte und c) nach der wirksamen Leiterlänge im Magnetfeld um.

a) $I = \frac{F}{B \cdot l}$	b) $B = \frac{F}{I \cdot l}$	c) $l = \frac{F}{B \cdot I}$
------------------------------	------------------------------	------------------------------



**Allgemeines Induktionsgesetz:**

Immer wenn sich der magnetische Fluss  $\Phi$  innerhalb einer Leiterschleife oder Spule ändert, wird eine Spannung in dieser Leiterschleife oder Spule induziert (erzeugt).

Der Induktionsvorgang wird besonders bei elektrischen Maschinen, z.B. Motoren und Generatoren genutzt. Die Besonderheiten des elektrischen Verhaltens von Bauelementen im Wechselstromkreis gegenüber dem Gleichstromkreis lassen sich mit dem Induktionsvorgang begründen.

1. Geben Sie fünf Möglichkeiten an, um den magnetischen Fluss  $\Phi$  innerhalb einer Spule zu ändern. Der magnetische Fluss  $\Phi$  ändert sich in einer Spule, wenn ...

1. die Stromstärke und/oder die Richtung des Gleichstroms sich ändert,
2. ein Wechselstrom fließt,
3. wenn der Strom ein- oder ausgeschaltet wird,
4. eine Spule in einem gleichbleibenden Magnetfeld gedreht wird,
5. ein gleichbleibendes Magnetfeld sich an einer feststehenden Spule vorbei bewegt.

2. Man kann die einzelnen Entstehungsursachen für eine Induktionsspannung in zwei Induktionsarten zusammenfassen. Ordnen Sie Ihre Möglichkeiten 1 bis 5 aus Aufgabe 1 in die Tabelle ein.

Tabelle: Induktionsarten	
Induktionsart	Nr. der Möglichkeit (nach Aufgabe 1) $\Phi$ zu ändern
Bewegungs-induktion	4., 5.
Ruhe-induktion	1., 2., 3.

3. Wie lautet die allgemeine Formel des Induktionsgesetzes?

Induktionsspannung:  $U_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$



Das Minuszeichen im Induktionsgesetz berücksichtigt die lenzsche Regel.

4. Berechnen Sie die Induktionsspannung  $U_i$  in einer Spule mit 1000 Windungen, wenn sich der magnetische Fluss  $\Phi$  im Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  zwischen 3 ms und 5 ms (Bild) ändert.

Geg.:  $\Delta\Phi_2 = 0,2 \text{ mVs}$ ,  $\Delta t_2 = 2 \text{ ms}$ ,  $N = 1000$   
 Ges.:  $U_i$

Lösung:

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t_2} = 1000 \cdot \frac{0,2 \text{ mVs}}{2 \text{ ms}}$$

$$= 100 \text{ V}$$

Antwortsatz: In der Spule wird eine Spannung von 100 V induziert.

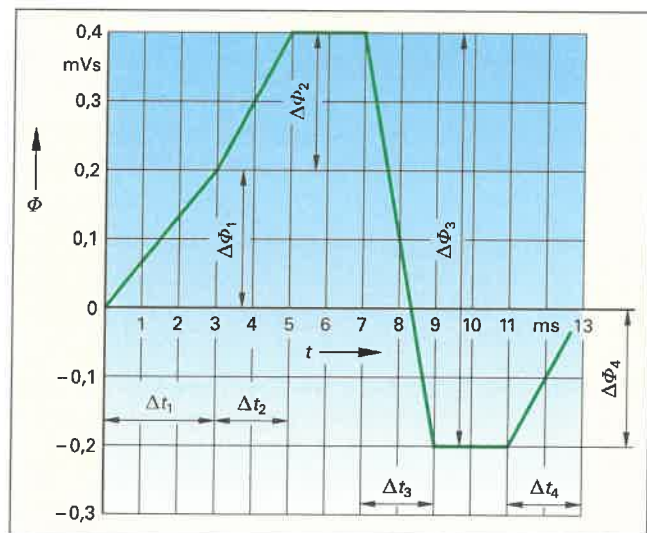


Bild: Magnetflussänderung  $\Phi = f(t)$

5. Erklären Sie, was die lenzsche Regel aussagt.

Die lenzsche Regel sagt aus, dass der durch eine Induktionsspannung hervorgerufene Strom stets so gerichtet ist, dass er der Entstehungsursache der Induktionsspannung entgegenwirkt.



1. Das Prinzip eines Generators im Querschnitt zeigt **Bild 1**. Erklären Sie die Wirkungsweise des Generators.

Ein gleichbleibendes Magnetfeld wird im Inneren einer feststehenden Spule gedreht. Das Magnetfeld in der Spule ändert sich und nach dem Induktionsgesetz wird in dieser Spule eine Spannung induziert.

2. Erklären Sie mit dem Induktionsprinzip und der lenzschen Regel, warum der Strom in einer Schutzspule, z. B. bei AC 24 V, wesentlich kleiner ist, als in derselben Spule bei DC 24 V (**Bild 2**).

In der vom Wechselstrom durchflossenen Spule ändert sich das Magnetfeld ständig. Es wird in dieser Spule eine Selbstinduktionsspannung induziert. Nach der lenzschen Regel wirkt sie der angelegten Wechselspannung entgegen. Deshalb wird der Strom stärker behindert. Es fließt ein kleinerer Strom als bei Gleichspannung, bei der es keinen Induktionsvorgang gibt.

3. Das Prinzip eines Transformators zeigt **Bild 3**. Erklären Sie warum in Spule 2 eine Spannung induziert wird.

Infolge des Wechselstroms in der Spule 1 entsteht ein magnetisches Wechselfeld im Eisenkern, das auch die Spule 2 durchsetzt. Somit wird in Spule 2 auch eine Wechselspannung induziert.

4. Berechnen Sie die Spannung  $U_2$  in der Spule 2 mit  $N_2 = 50$  Windungen, wenn an Spule 1 mit  $N_1 = 900$  Windungen eine Wechselspannung  $U_1 = 230$  V anliegt.

Geg.:  $N_1 = 900, N_2 = 50, U_1 = 230$  V

Ges.:  $U_2$

Lösung:  $U_2 = N_2 \cdot \frac{U_1}{N_1} = 50 \cdot \frac{230 \text{ V}}{900} = 12,77 \text{ V}$

5. Erklären Sie das Prinzip der Wirbelstrombremsen eines ICE-3-DB-Zuges, die beim Bremsen des Zuges auf ca. 7 mm über die Schienen abgesenkt und von Strom durchflossen werden (**Bild 4**).

Die Magnetfelder, die sich mit den Magnetspulen entlang der Schienen bewegen, induzieren im Eisen Wirbelströme, die nach der lenzschen Regel die Fortbewegung des ICE behindern.

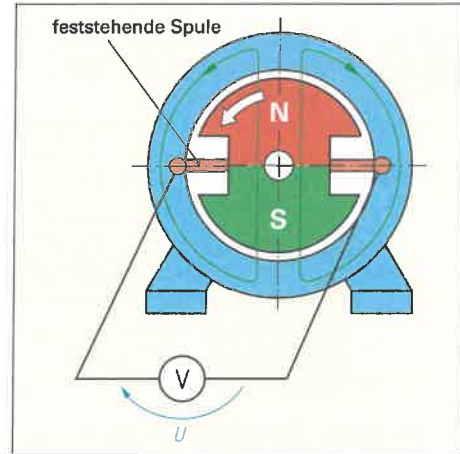


Bild 1: Generatorprinzip

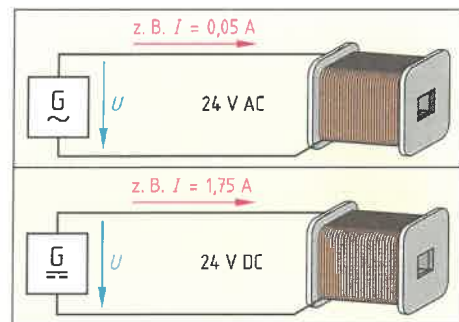


Bild 2: Spule an AC und an DC

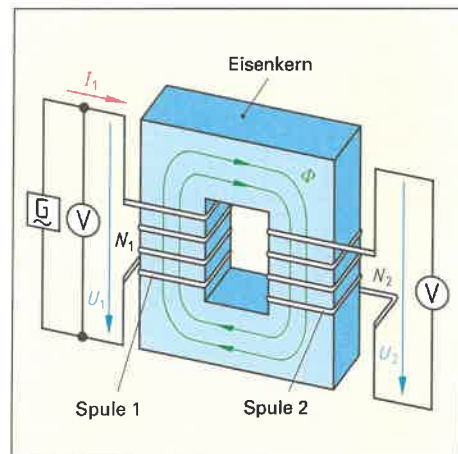


Bild 3: Transformatorprinzip

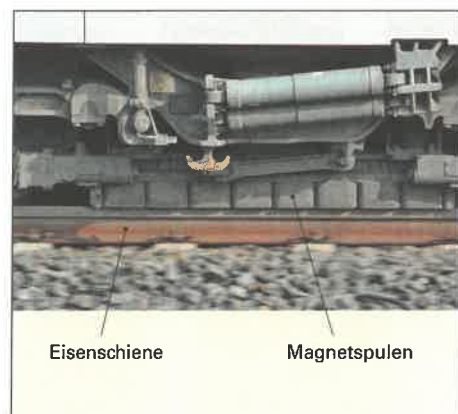


Bild 4: Wirbelstrombremse eines ICE-3-DB-Zuges (aktiviert)



Für die Ausführung eines Elektroinstallationsauftrages werden Schaltungsunterlagen benötigt. Zuerst muss festgelegt werden, welche elektrischen Betriebsmittel der Kunde benötigt und wo die Betriebsmittel montiert werden sollen. Dazu werden die geforderten Betriebsmittel, z. B. Steckdosen, in den Grundrissplan einer Wohnung eingezeichnet. Dadurch entsteht der Installationsschaltplan (Bild). Aus dem Installationsschaltplan können weitere Pläne, z. B. Stromlaufpläne, erstellt werden. Wichtig dabei ist eine normgemäße Darstellung der Schaltungsunterlagen, damit die Pläne auch von Dritten richtig gelesen und verstanden werden können.

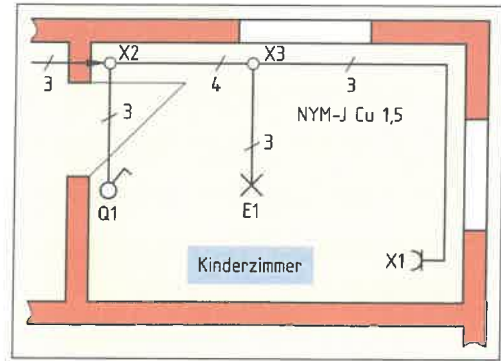


Bild: Installationsschaltplan

1. Ergänzen Sie die Übersicht der verschiedenen Schaltplanarten für eine Elektroinstallation.

## Schaltpläne

### Einpolige Darstellungen:

- Übersichtsschaltplan
- Installationsschaltplan
- Installationsplan

### Allpolige Darstellungen:

- Stromlaufplan
- Klemmenplan
- Geräteverdrahtungsplan
- Funktionsschaltplan

2. Geben Sie die fehlenden Kennbuchstaben der beschriebenen Betriebsmittel (Tabelle) an.

Tabelle: Kennbuchstaben von Betriebsmitteln in Schaltplänen (nach DIN EN 61346 Teil 2, Auszug)

Kennbuchstabe	Zweck des Betriebsmittels (Objekts)	Beispiele	Kennbuchstabe	Zweck des Betriebsmittels (Objekts)	Beispiele
A	Zwei oder mehr Zwecke, jedoch kein Hauptzweck erkennbar	Sensorbildschirm, Touch-Screen	P	Darstellung von Information	Meldeleuchte, Messgerät, LED, Lautsprecher
B	Umwandlung einer Eingangsvariablen in ein zur Weiterverarbeitung bestimmtes Signal	Messwandler, Sensor, Thermistor-Schutzrichtung (Motorschutz)	Q	Kontrolliertes Schalten eines Energie-, Signal- oder Materialflusses	Leistungsschalter, Lastschütz, Triac, Leistungstransistor, Thyristor, IGBT
C	Speichern von Energie, Information oder Material	Kondensator, Festplatte, RAM, ROM	R	Begrenzung oder Stabilisierung von Energie-, Informations- oder Materialfluss	Diode, Widerstand, Drosselspule, Begrenzer, Diac
E	Bereitstellen von Strahlung oder Wärmeenergie	Leuchte, Heizung, Laser, Glühlampe	S	Umwandeln einer manuellen Betätigung in ein Signal	Steuerschalter, Wahlschalter
F	Direkter Schutz eines Energie- oder Signalflusses vor gefährlichen Zuständen, einschließlich Systemen für Schutzzwecke	Sicherung, LS-Schalter, thermisches Überlastrelais	T	Umwandlung von Energie oder Information unter Beibehaltung der Energieart oder des Informationsgehalts	Verstärker, Messumformer, Gleichrichter, AC-DC-Umsetzer, Transformator
G	Erzeugen eines Energie-, Material- oder Signalflusses zur Verwendung als Informationsträger	Signalgenerator, Generator, Solarzelle, Batterie	U	Halten von Objekten in definierter Lage	Isolator, Kabeltraggvorrichtung
K	Verarbeitung, Empfang und Bereitstellung von Signalen, jedoch nicht für Schutzzwecke	Relais, Hilfsschütz, Zeitrelais, Binärelement, Transistor	V	Verarbeitung von Materialien	Rauchgasfilter
M	Bereitstellen von mechanischer Energie für Antriebszwecke	Betätigungsspule, Elektromotor	W	Leiten oder Führen von Energie, Materialien oder Signalen	Sammelschiene, Informationsbus
			X	Verbinden von Objekten	Klemme, Steckdose

Die Kennbuchstaben D, H, J, Y und Z sind für spätere Normung reserviert, I und O sind wegen Verwechslungsgefahr mit 1 und 0 nicht anwendbar.

3. a) Zeichnen Sie die fehlenden Symbole und b) ergänzen Sie die Symbole für die Legende des Stromlaufplans.

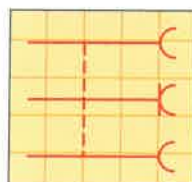
a) Schalter (handbetätigt):



Leuchte (allgemein):



Schutzkontakt-Steckdose:



b)

### Legende für den Stromlaufplan

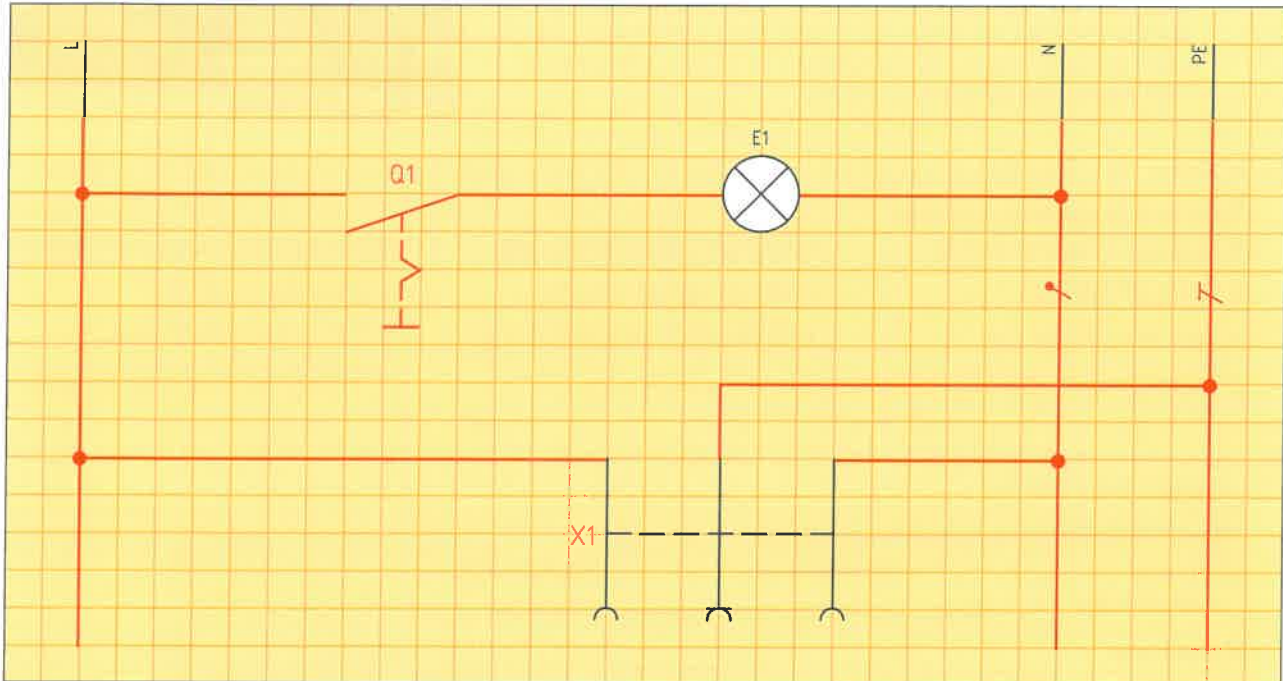
Kennzeichen für N-Leiter	
Kennzeichen für PEN-Leiter	
Kennzeichen für PE- und PB-Leiter	



4. Welche Installationsschaltung für die Beleuchtung ist für die Umsetzung des Planes im Installationsschaltplan (**Bild, Seite 62**) notwendig?

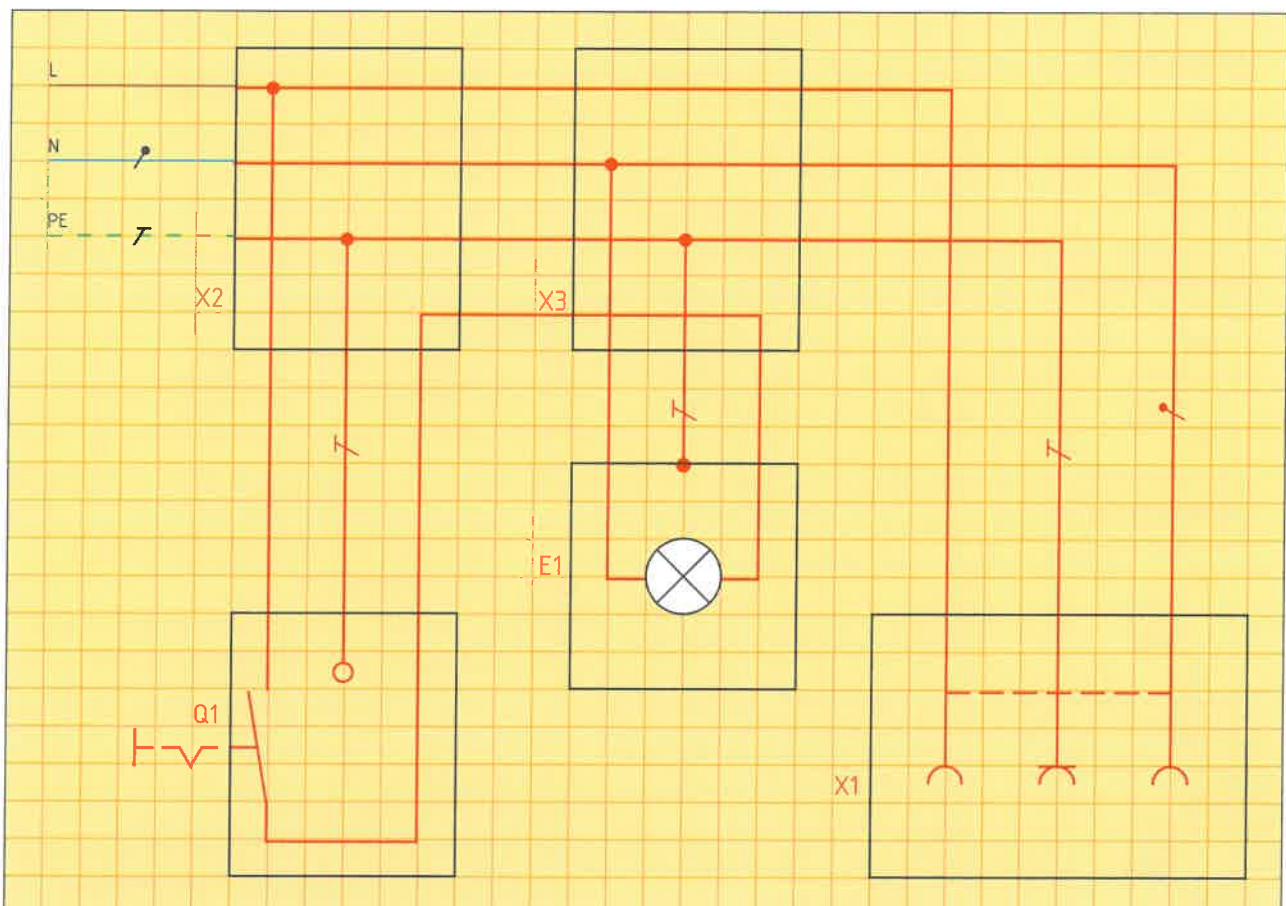
### Ausschaltung

5. Ergänzen Sie den Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung (**Bild 1**).



**Bild 1:** Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung

6. Ergänzen Sie für **Bild 1** den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (**Bild 2**).



**Bild 2:** Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung



Das Schalten von Raumbelichtungen (**Bild**) kann unterschiedlich umgesetzt werden. In Abhängigkeit von der Anzahl der Schaltstellen zum Ein- und Ausschalten der Lampen muss die richtige Lampenschaltung ausgewählt werden. Für die benötigte Lampenschaltung wird ein passender Schalter benötigt, der bestimmt werden muss. Dieser Schalter muss im Schaltplan mit dem genormten Schaltzeichen dargestellt werden.



**Bild: Raumbelichtung**

1. Ergänzen Sie in **Tabelle 1** die verschiedenen Lampenschaltungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Schaltstellen.

Tabelle 1: Lampenschaltungen		
Schaltungen mit einer Schaltstelle:	Schaltungen mit zwei Schaltstellen:	Schaltungen mit mehr als zwei Schaltstellen:
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausschaltung</li> <li>Serienschaltung</li> <li>Gruppenschaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wechselschaltung</li> <li>Sparwechselschaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kreuzschaltung</li> <li>Stromstoßschaltung</li> <li>Treppenhaus-Zeitschaltung</li> </ul>

2. Geben Sie in der **Tabelle 2 a)** die Schaltzeichen der Schalter, **b)** die Anzahl der Schaltstellen und **c)** die Aufgabe der Installationsschalter an.

Tabelle 2: Schalter für Lampenschaltungen			
• Schalter- bezeichnung	• Schaltzeichen		• Schaltstellen • Aufgabe
	für Installationspläne	für Stromlaufpläne	
<b>Ausschalter</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Schaltstelle</li> <li>Ein- und Ausschalten eines Verbrauchers, z.B. einer Leuchte</li> </ul>
<b>Serienschalter</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Schaltstellen in einem Gehäuse</li> <li>Ein- und Ausschalten von 2 Verbrauchern</li> </ul>
<b>Wechselschalter</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>2 getrennte Schaltstellen</li> <li>Ein- und Ausschalten eines Verbrauchers von zwei verschiedenen Stellen aus</li> </ul>
<b>Kreuzschalter</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>min. 1 Schaltstelle mit Kreuzschalter</li> <li>max. ∞ Schaltstellen</li> <li>Ein- und Ausschalten eines Verbrauchers von beliebigen verschiedenen Stellen</li> </ul>
<b>Taster</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>min. 1 Schaltstelle</li> <li>max. ∞ Schaltstellen</li> <li>Ein- und Ausschalten eines Verbrauchers von beliebigen verschiedenen Stellen</li> </ul>



3. Worin besteht der Unterschied im Aufbau einer Wechselschaltung und einer Sparwechselschaltung?

Bei der Sparwechselschaltung ist im Gegensatz zur Wechselschaltung grundsätzlich der Außenleiter an beiden Schaltern immer und unabhängig von der Schalterstellung vorhanden.

4. Welchen besonderen Vorteil hat die Sparwechselschaltung?

Bei Erweiterung bestehender Anlagen durch Steckdosen wird ein Leiter eingespart. Die Steckdose wird dabei unter dem jeweiligen Schalter montiert.

5. Vervollständigen Sie den aufgelösten Stromlaufplan (Bild 1) einer a) Wechselschaltung mit Schalterbeleuchtung und b) Sparwechselschaltung mit Steckdose.

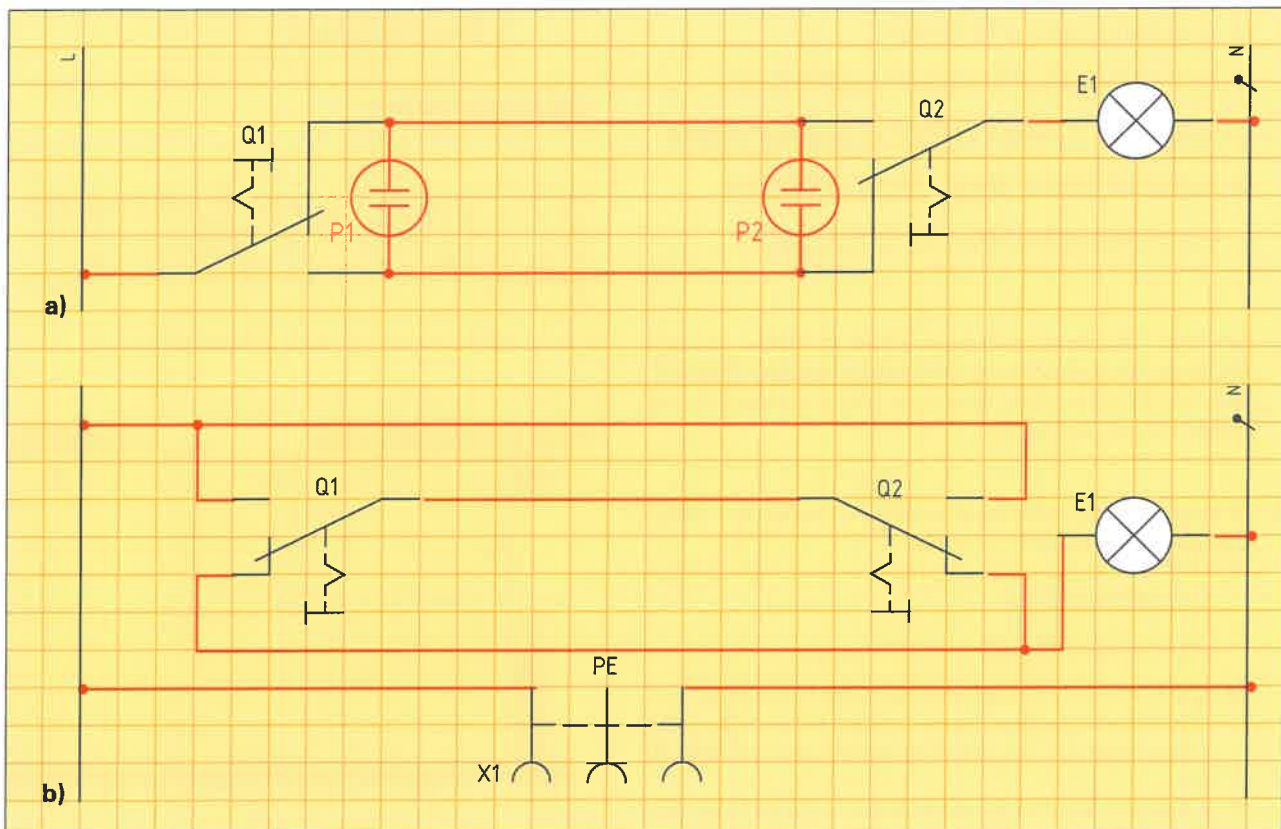


Bild 1: Stromlaufplan einer Wechselschaltung

6. Tragen Sie in der Tabelle die Aderzahlen der Leitungsabschnitte A bis G (Bild 2) ein. Beachten Sie, dass die Schaltung a) als Wechselschaltung und b) als Sparwechselschaltung ausgeführt werden soll. Vergleichen Sie abschließend die Aderzahlen beider Schaltungen.

**Hinweis:** Leuchte mit Schutzleiteranschluss

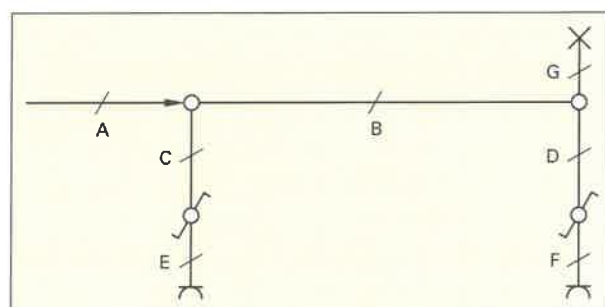


Bild 2: Übersichtsschaltplan einer Wechselschaltung

Tabelle: Aderzahlen einer Wechsel- und Sparwechselschaltung							
Schaltung	A	B	C	D	E	F	G
a) Wechselschaltung	3	5	5	6	3	3	3
b) Sparwechselschaltung	3	5	5	5	3	3	3



Installationsschaltungen sind grundlegende Schaltungen, z. B. Lampenschaltungen, Schaltungen mit Meldeleuchten, Stromstoßschaltungen oder Schaltungen mit Infrarot-Bewegungsmelder. Bei der Planung einer Elektroanlage müssen in Abhängigkeit von den Anforderungen die notwendigen Installationsschaltungen ausgewählt werden. Für die Umsetzung von Installationsschaltungen werden elektrische Betriebsmittel (**Bild 1**) benötigt.



**Bild 1: Betriebsmittel für Installationsschaltungen (Beispiele)**

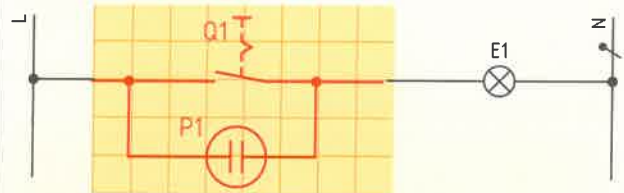
1. In einem Schalter, z. B. Ausschalter, können Lampen zur Schalterbeleuchtung oder Betriebszustandsanzeige eingebaut werden. In welchem Betriebszustand eines Schalters leuchtet

- a) eine Schalterbeleuchtung und  
b) eine Betriebszustandsanzeige?

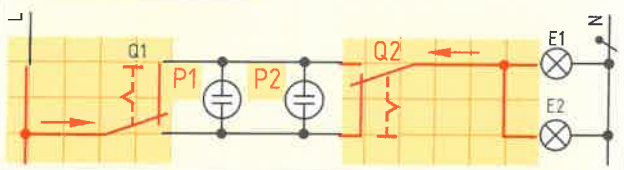
a) Schalterbeleuchtungen leuchten im ausgeschalteten Zustand des Schalters

b) Betriebszustandsanzeigen leuchten bei eingeschalteten Verbrauchern

#### Ausschaltung



#### Wechselschaltung



**Bild 2: Lampenschaltungen mit Schalterbeleuchtung**

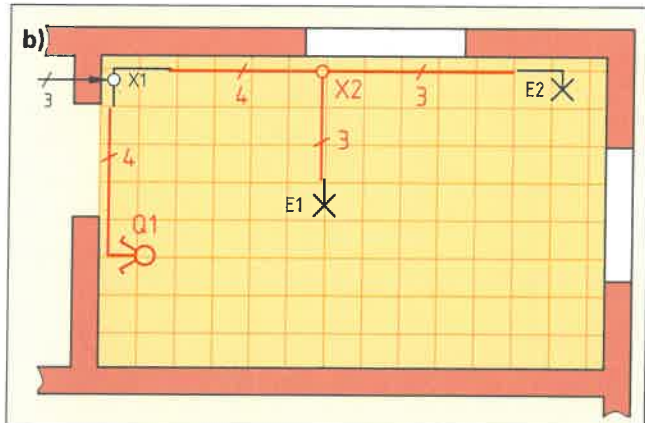
2. Bei den Lampenschaltungen (**Bild 2**) sollen jeweils Schalter mit Beleuchtung verwendet werden. Bezeichnen Sie die Lampenschaltungen und ergänzen Sie die beiden Stromlaufpläne.

3. In einem Raum sollen zwei Leuchten einzeln von einer Schaltstelle geschaltet werden.

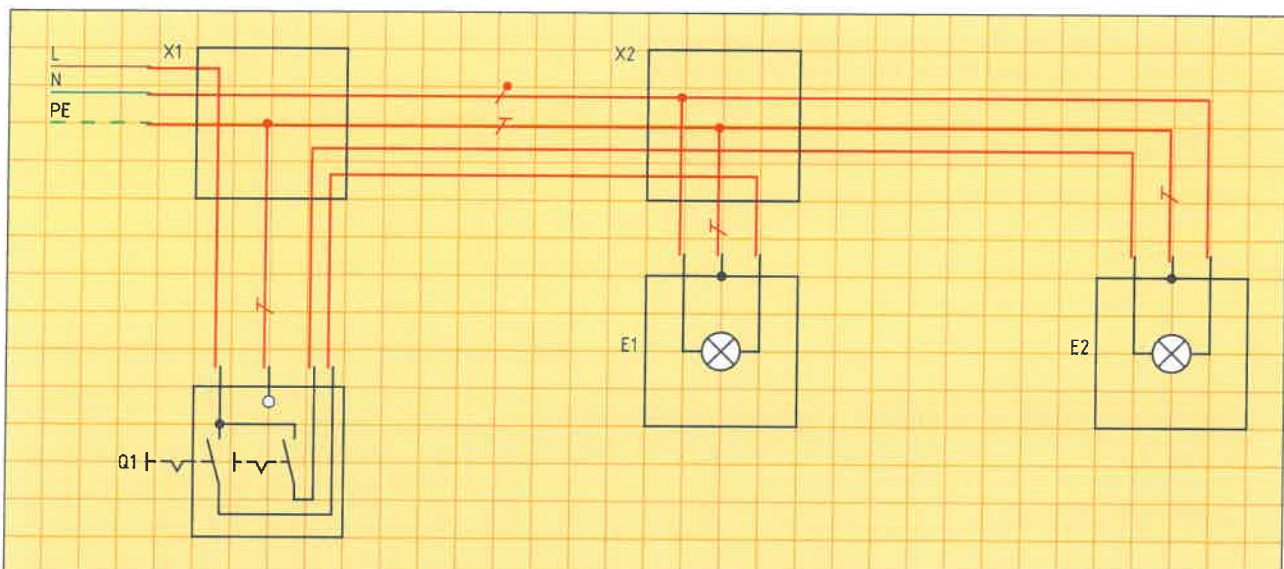
- a) Wie ist die Bezeichnung für die dazu notwendige Lampenschaltung?

Serienschaltung

- b) Zeichnen Sie die notwendigen Betriebsmittel und die Verbindungsleitungen mit den entsprechenden Aderzahlen in den Installationsschaltplan (**Bild 3**) ein.  
c) Ergänzen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (**Bild 4**).



**Bild 3: Installationsschaltplan**



**Bild 4: Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung**



4. Eine Flurbeleuchtung soll von 2 Schaltstellen mit Tastern ein- und ausgeschaltet werden können.

a) Wie ist die Bezeichnung für die dazu notwendige Installationsschaltung?

Stromstoßschaltung

b) Zeichnen Sie die notwendigen Betriebsmittel und die Verbindungsleitungen mit den entsprechenden Aderzahlen in den Installationsschaltplan (Bild 1) ein.

c) Erklären Sie die Funktion des dazu notwendigen Stromstoßschalters (Bild 2) und

d) ergänzen Sie den Stromlaufplan (Bild 2).

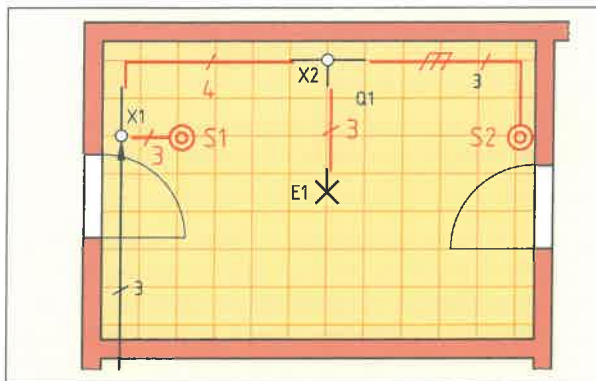


Bild 1: Installationsschaltplan



Schaltzeichen Stromstoßschalter	
Übersichtsschaltplan	Stromlaufplan
Technische Daten Schaltkontakte: AC 250 V, 16 A Spulenspannung: AC 230 V	

Funktion:

Ein Stromstoßschalter schaltet durch das Anlegen einer Spannung jeweils von einem Schaltzustand, z. B. Ein, in den anderen Schaltzustand, z. B. Aus, um.

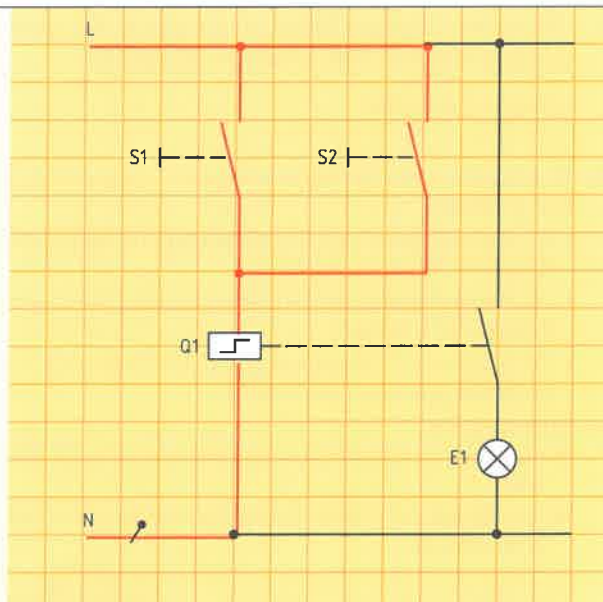


Bild 2: Stromlaufplan für Stromstoßschaltung in zusammenhängender Darstellung

5. Für eine Außenbeleuchtung soll ein Infrarot-Bewegungsmelder (Bild 1, Seite 66, und Bild 3) eingesetzt werden. Das Außenlicht soll zusätzlich von zwei Tastern ein- und ausgeschaltet werden können. Ergänzen Sie den Stromlaufplan (Bild 4).

6. Welche drei Einstellungen müssen nach der Installation des IR-Bewegungsmelders durchgeführt werden.

- Erfassungsbereich
- Einschaltdauer
- Helligkeit, bei der Melder aktiv wird

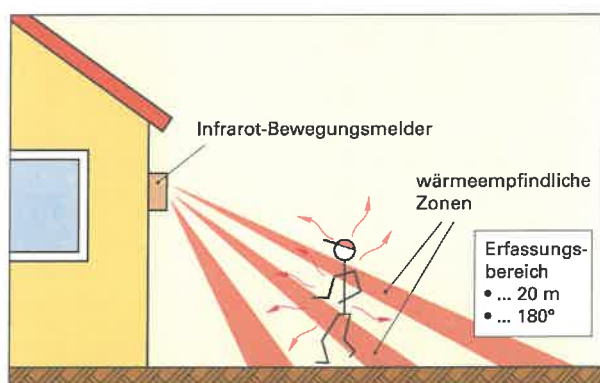


Bild 3: Erfassungsbereich des IR-Bewegungsmelders

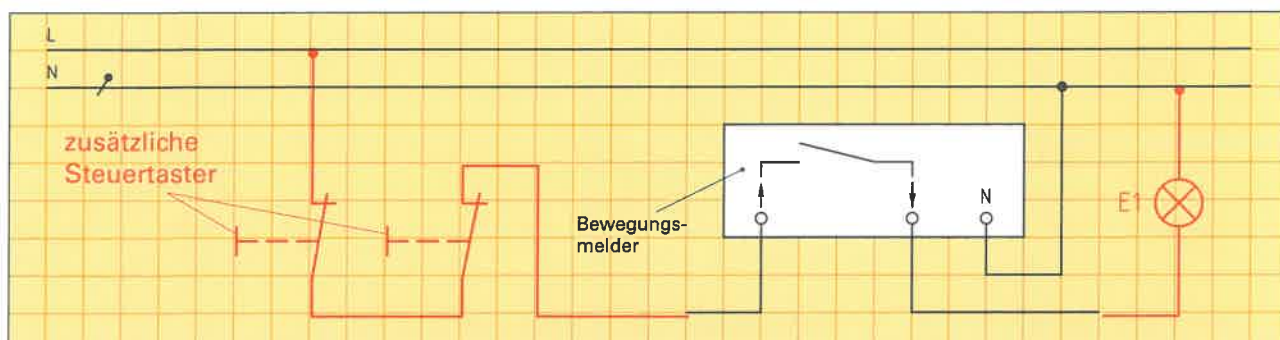


Bild 4: Stromlaufplan für Installationsschaltung mit IR-Bewegungsmelder



Klingel- und Türöffneranlagen sind in fast allen Wohngebäuden anzutreffen. Meistens können sowohl die Klingel als auch der Türöffner von mehreren Orten aus bedient werden.

1. Der Übersichtsschaltplan im **Bild 1** (Kennbuchstaben der Betriebsmittel fehlen) zeigt eine Klingel- und Türöffneranlage für ein Gebäude mit zwei Wohnungen. Ergänzen Sie die **Tabelle** mit allen notwendigen Bestandteilen einer Klingel- und Türöffneranlage. Tragen Sie anschließend die entsprechenden Kennbuchstaben in **Bild 1** ein.

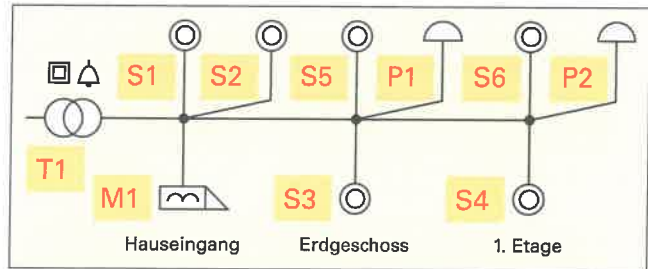


Bild 1: Übersichtsschaltplan

2. Wie werden mehrere Taster, die die gleiche Klingel bzw. den gleichen Türöffner ansteuern, geschaltet?

jeweils parallel

3. Eine Klingel- und Türöffneranlage soll folgende Aufgaben erfüllen:

- S1 (Hauseingang) und S3 (Wohnungstür) betätigen die Klingel P1 (Erdgeschoss),
- S2 (Hauseingang) und S4 (Wohnungstür) betätigen die Klingel P2 (1. Etage),
- S5 (Wohnung Erdgeschoss) und S6 (Wohnung 1. Etage) betätigen den Türöffner M.

Ergänzen Sie

- die Kennbuchstaben im Übersichtsschaltplan (**Bild 1**) und
- den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (**Bild 2**).

Tabelle: Bestandteile einer Klingel- und Türöffneranlage		
Schaltzeichen	Betriebsmittel	Kennbuchstabe
	Klingeltransformator	T
	Klingel	P
	Türöffner	M
	Taster	S

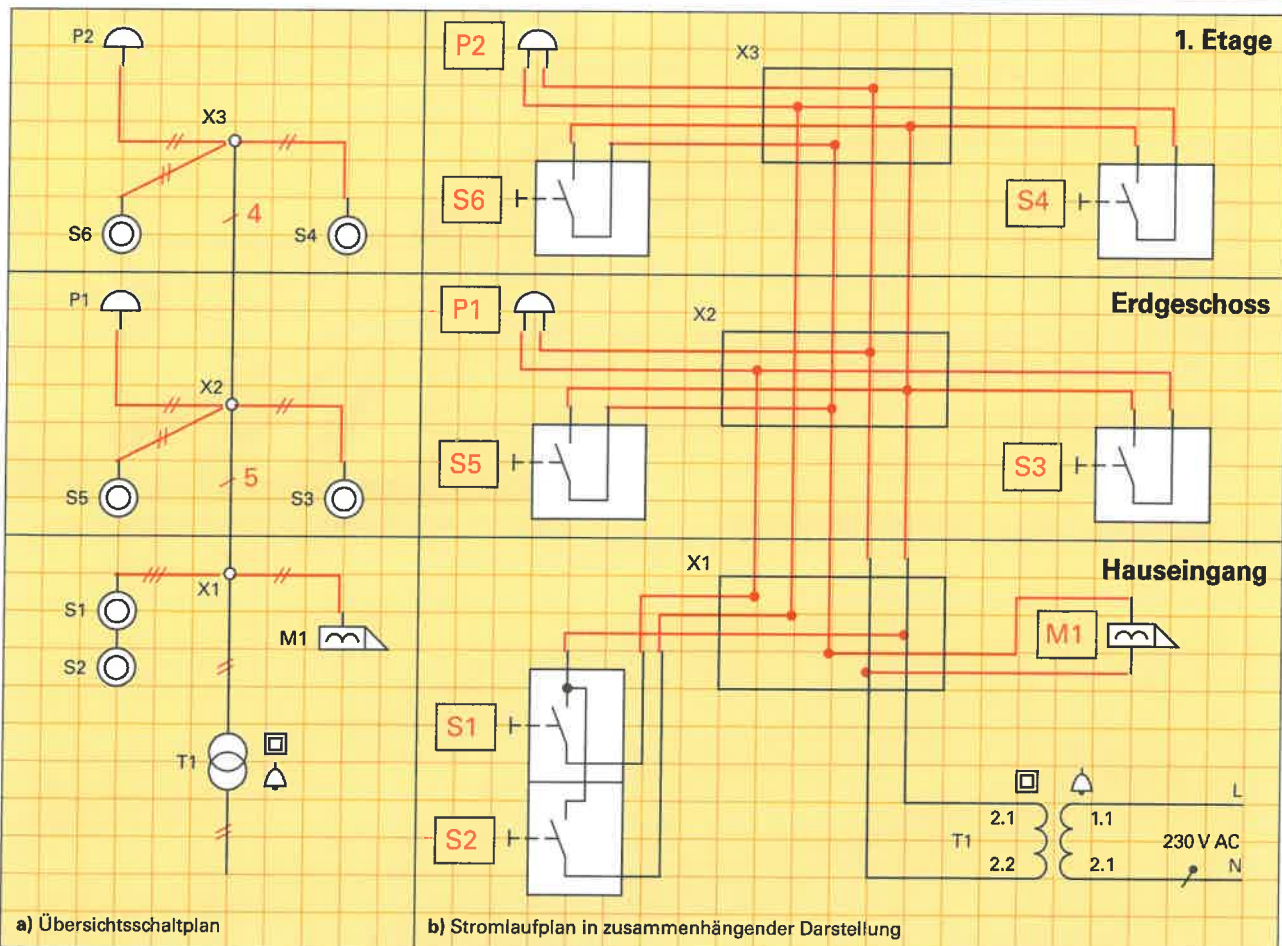


Bild 2: Klingel- und Türöffneranlage für zwei Wohnungen



In der Steuerungstechnik werden elektromagnetische Schalter (**Bild 1**) benötigt. Damit kann man in einem Steuerstromkreis mit einem kleinen Steuerstrom von z.B. 100 mA einen großen Laststrom von z.B. 25 A in einem Hauptstromkreis schalten. In Abhängigkeit von der Größe des geschalteten Stromes kommen dabei entweder Schütze oder Relais zum Einsatz. Für die praktische Anwendung von elektromagnetischen Schaltern sollte deren prinzipieller Aufbau und vor allem die genormten Anschlussbezeichnungen bekannt sein.

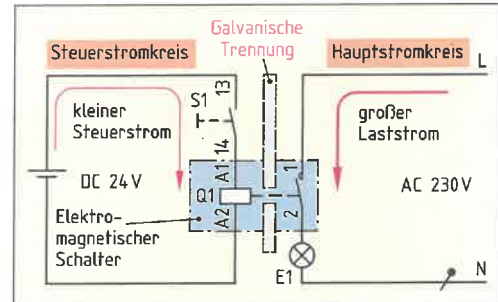


Bild 1: Elektromagnetischer Schalter

1. a) Benennen Sie die in **Bild 2 a** nummerierten Teile des Schützes und
- b) ergänzen Sie die Anschlussbezeichnungen in **Bild 2 b**.
- c) Welche Aufgabe hat der im Eisenkern eingebrachte Kurzschlussring (Ziffer 4) zu erfüllen?

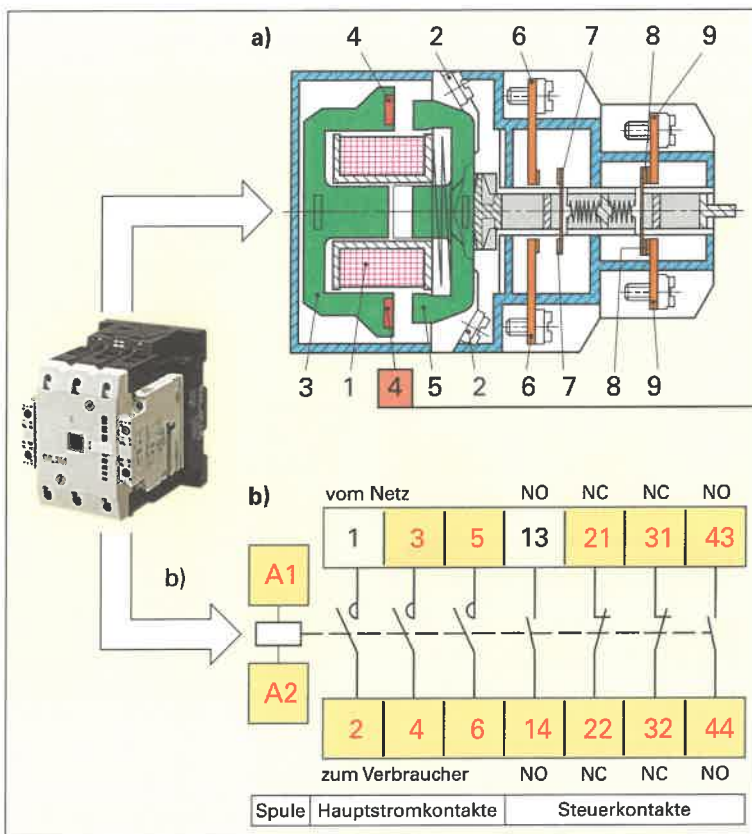


Bild 2: Schaltzeichen und Anschlüsse eines Schützes

2. Zeichnen Sie im **Bild 3** die Leitungen und Kontakte des Steuerstromkreises rot nach.

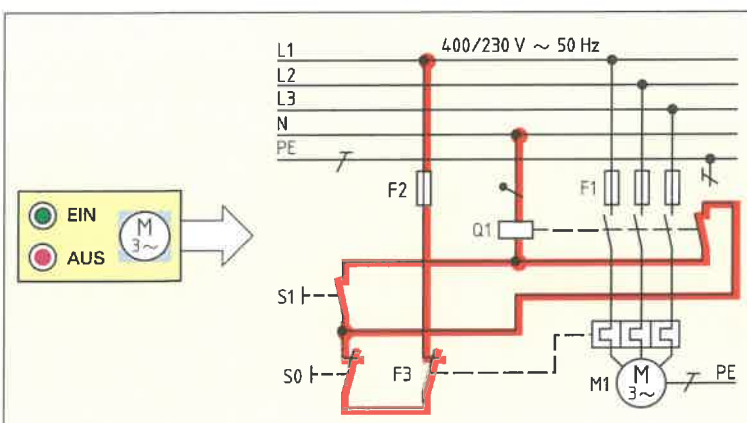


Bild 3: Schützschaltung

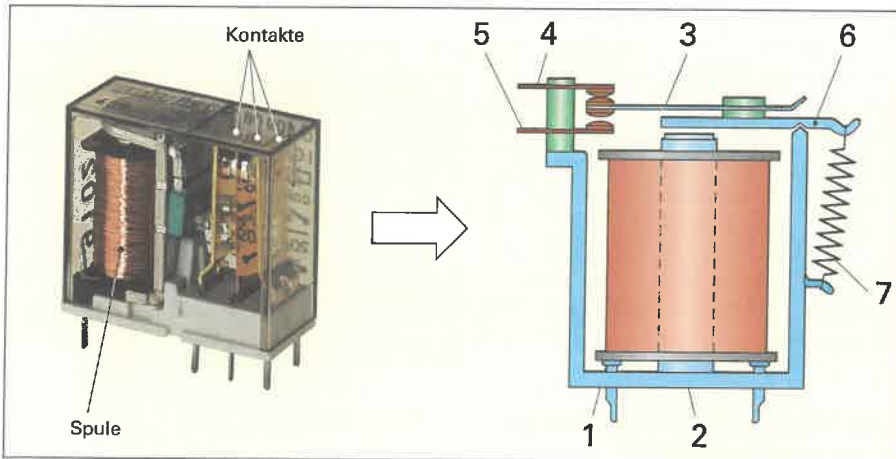
- a) 1 Spule
  - 2 Spulenanschlussklemmen
  - 3 Eisenkern
  - 4 Kurzschlussring
  - 5 Anker
  - 6 Schließeranschlussklemmen
  - 7 Schließerschaltstücke
  - 8 Öffnerschaltstücke
  - 9 Öffneranschlussklemmen
- c) Bei Wechselstrom würde der Anker im Nulldurchgang des Steuerstromes durch die Federkraft zurückgezogen werden. Durch den induzierten, phasenverschobenen Kurzschluss-Strom wirkt immer eine Magnetkraft und verhindert somit das „Brummen“ des Schützes.

3. Nennen Sie Vorteile für die Anwendungen von Schaltungen mit Schützen.

- Fernbetätigung,
- galvanische Trennung,
- große Schaltheufigkeit,
- lange Lebensdauer,
- mit kleinem Steuerstrom kann eine große Leistung geschaltet werden,
- Impulservielfachung durch Hilfskontakte



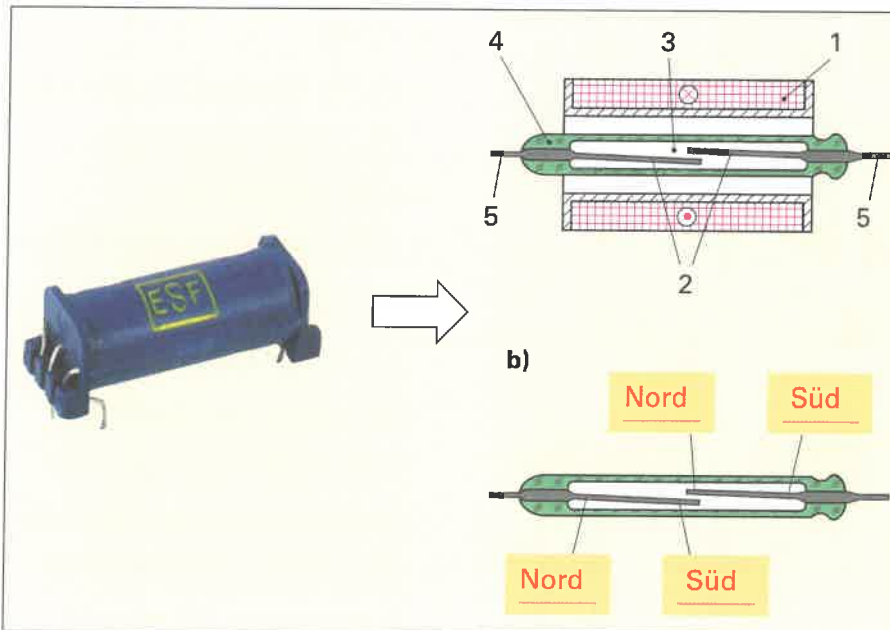
4. Benennen Sie die in Bild 1 nummerierten Teile des Relais.



- 1 Spule
- 2 Eisenkern
- 3 Federkontakt
- 4 Öffnerkontakt
- 5 Schließerkontakt
- 6 Anker
- 7 Rückstellfeder

Bild 1: Aufbau eines Relais

5. a) Benennen Sie die nummerierten Teile des Zungenkontaktrelais (Bild 2).  
 b) Bestimmen Sie die Magnetpole der beiden Kontaktzungen, wenn durch die Spule Gleichstrom fließt.



- a) 1 Spule  
 2 Kontaktzungen  
 3 Schutzglas  
 4 Glasröhrchen  
 5 Anschlüsse

Bild 2: Zungenkontaktrelais (Reedrelais)

6. Was geschieht, wenn durch die Spule des Zungenkontaktrelais (Bild 2) Wechselstrom fließt?

In beiden Kontaktzungen wechseln gleichzeitig die Magnetpole.  
Da sich unterschiedliche Magnetpole im Glasröhrchen gegenüberstehen, bleiben die Kontaktzungen geschlossen.

7. Nennen Sie gemeinsame und unterschiedliche Merkmale von Schütz und Relais (Tabelle).

Tabelle: Merkmale für Schütze und Relais		
	Schütz	Relais
Gemeinsame Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>elektromagnetisch betätigt</u></li> <li>• <u>unverklinte Fernschalter</u></li> </ul>	
Unterschiedliche Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Hauptkontakte haben große Schaltleistung</u></li> <li>• <u>Steuerkontakte haben kleine Schaltleistung</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>alle Kontakte haben nur kleine Schaltleistung</u></li> </ul>



In der Steuerungstechnik gibt es grundlegende Schützsaltungen, die in Steuerungen (Bild 1) verwendet werden. Bei der Planung einer Steuerung muss je nach Anforderung die richtige Steuerschaltung ausgewählt und der dazu gehörige Stromlaufplan erstellt werden können.

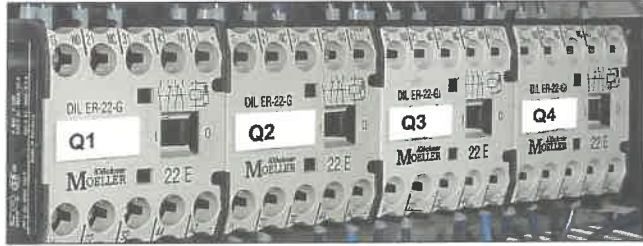
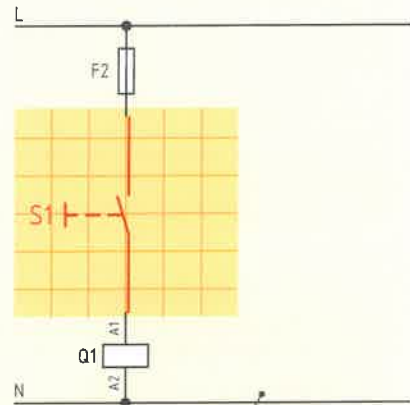
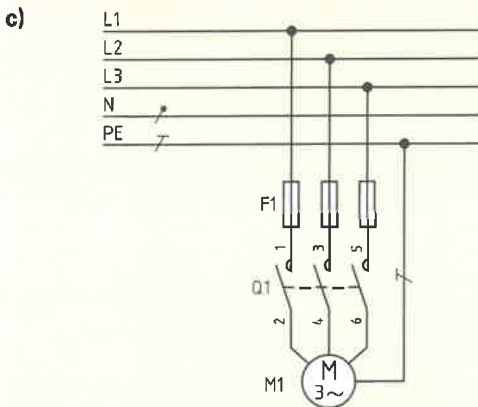


Bild 1: Steuerung mit Schützsaltung

1. Ein Motor soll solange in Betrieb sein, wie der Taster S1 betätigt wird.
- a) Nennen Sie die Bezeichnung der Schaltung,      c) vervollständigen Sie den Stromlaufplan und  
b) geben Sie ein Anwendungsbeispiel dafür an,      d) bezeichnen Sie die beiden Stromkreise.

a) **Tipbetrieb-Schaltung**

b) Anwendungsbeispiel: **Einrichten von Werkzeugmaschinen**



d) **Hauptstromkreis**

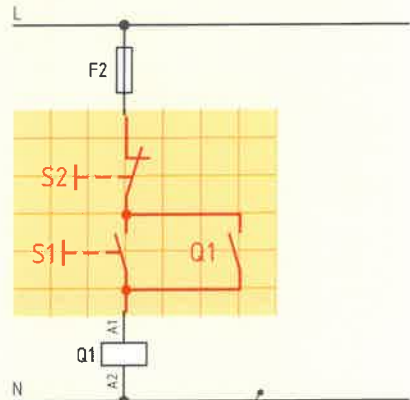
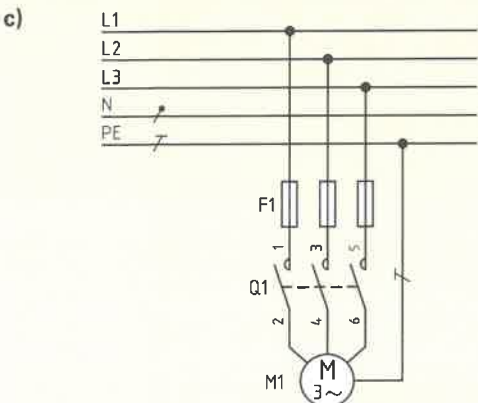
**Steuersstromkreis**

Bild 2: Schützsaltung für Tipbetrieb

2. Ein Motor soll durch kurzzeitige Betätigung des Taster S1 eingeschaltet werden und eingeschaltet bleiben. Durch kurzzeitigen Druck auf den Taster S2 soll der Motor wieder ausgeschaltet werden.
- a) Nennen Sie die Bezeichnung der Schaltung,      c) vervollständigen Sie den Stromlaufplan und  
b) geben Sie ein Anwendungsbeispiel dafür an,      d) begründen Sie, warum die Schaltung einen Schutz vor selbstständigem Wiederanlauf nach einem Stromausfall gewährt.

a) **Selbthalte-Schaltung**

b) Anwendungsbeispiel: **Ein- und Ausschalten von elektrischen Maschinen**



d) **Nach einem Stromausfall muss erst S1 betätigt werden, damit der Schütz Q1 anzieht.**

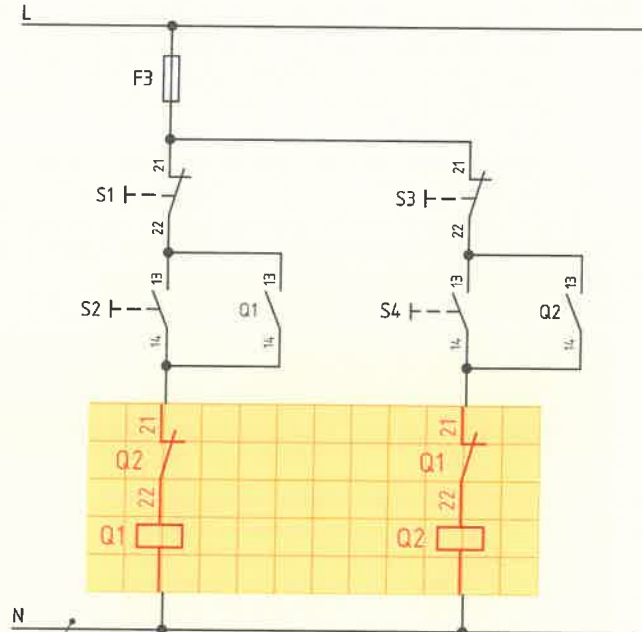
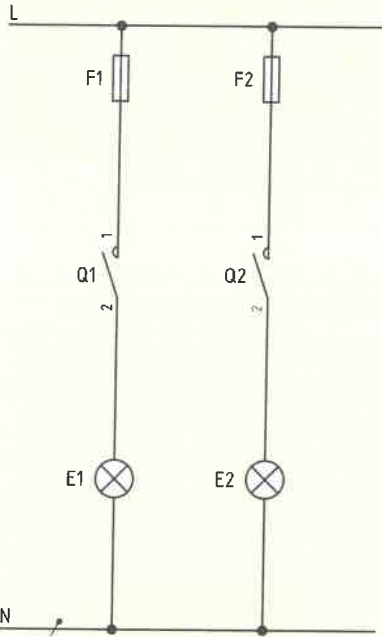
Bild 3: Schützsaltung für Selbsthaltung



3. Zwei Beleuchtungen sollen jeweils einzeln, aber nie gleichzeitig in Betrieb gehen können.  
 a) Nennen Sie die Bezeichnung der Schaltung und b) vervollständigen Sie den Stromlaufplan.

**a) Verriegelungs-Schaltung**

b)

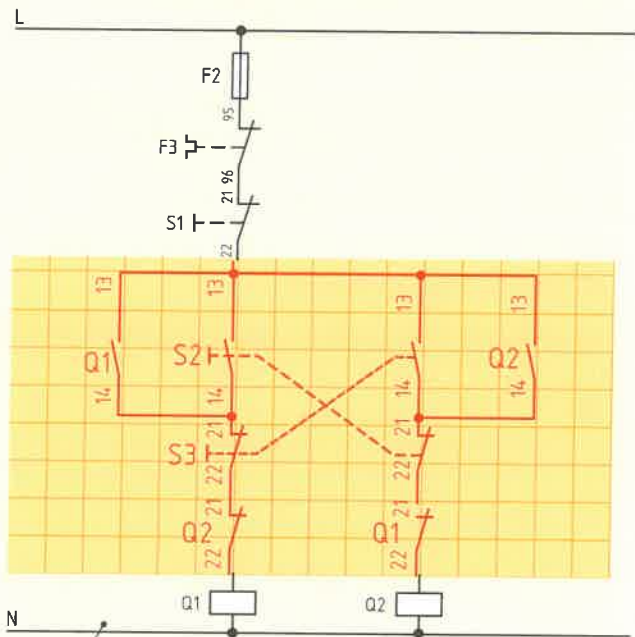
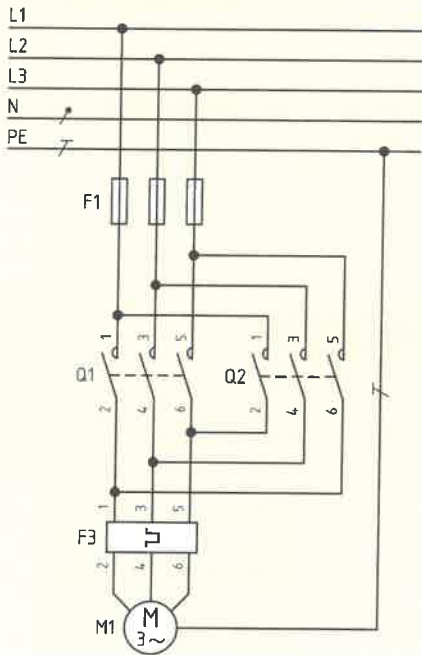


**Bild 1: Schützschtaltung mit Verriegelung**

4. Die Drehrichtung eines Drehstrommotors soll mit S1, S2 und S3 geschaltet werden können ohne dass die Stopp-Taste gedrückt werden muss. Dabei muss sichergestellt sein, dass niemals beide Schütze gleichzeitig anziehen.  
 a) Nennen Sie die Bezeichnung der Schaltung und b) vervollständigen Sie den Stromlaufplan.

**a) Wendeschütz-Schaltung**

b)



**Bild 2: Schützschtaltung zur Umschaltung der Drehrichtung eines Motors**

5. Welche Bezeichnung und welche Aufgabe hat das Betriebsmittel a) F1 und b) F3?

- a) Leitungsschutz vor Überstrom, z.B. bei einem Kurzschluss  
 b) Überlastrelais zum Schutz des Motors vor Überhitzung bei Überlastung.



Zur Umsetzung von zeitgeführten Steuerungen werden Zeitrelais (**Bild 1**) benötigt. Damit können Verzögerungen, z.B. Ansprechverzögerungen oder Rückfallverzögerungen, erzeugt werden. Zum Beispiel soll bei einer Motor-Anlaufschaltung ein Motor zunächst in Sternschaltung eingeschaltet und nach einer bestimmten Zeit automatisch über ein Zeitrelais in Dreieckschaltung umgeschaltet werden.



Bild 1: Zeitrelais

1. Ergänzen Sie in der **Tabelle** die fehlenden Symbole und zeichnen Sie das Zeitablaufdiagramm für den Ausgang A des jeweiligen Zeitrelais.

Tabelle: Schaltzeichen und Zeitablaufdiagramme von Zeitrelais			
Funktion	Schaltzeichen für Spule	Schaltzeichen für Kontakt	Zeitablaufdiagramm
Ansprechverzögerung von einer Sekunde			
Rückfallverzögerung von 500 ms			
Ansprechverzögerung von 500 ms und Rückfallverzögerung von 250 ms			
Blinkend mit einer Frequenz von 2 Hz			

2. Bei einem Steuerstromkreis mit Zeitrelais (**Bild 2**) soll eine Sekunde nach dem Betätigen des Tasters S1 das Schütz Q1 anziehen. a) Vervollständigen Sie den Steuerstromkreis und b) zeichnen Sie das Zeitablaufdiagramm.

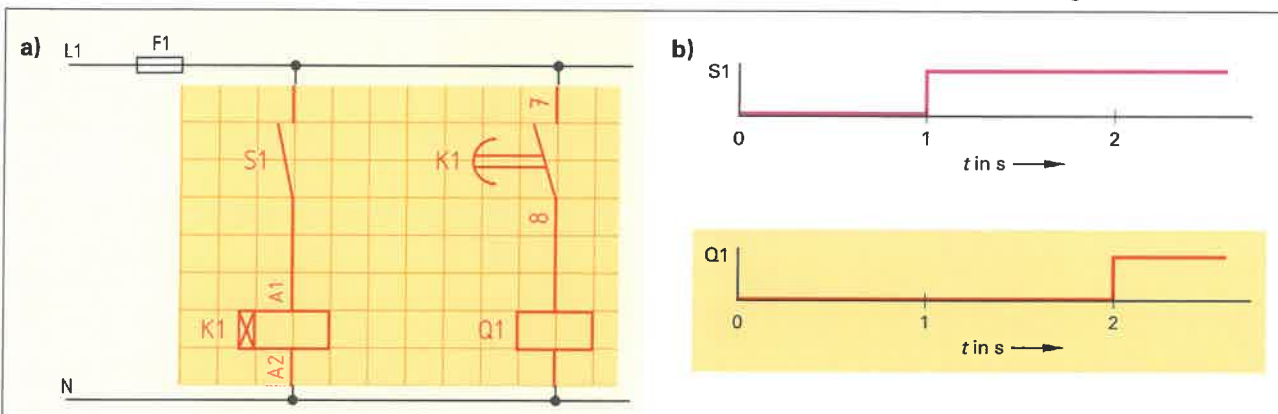
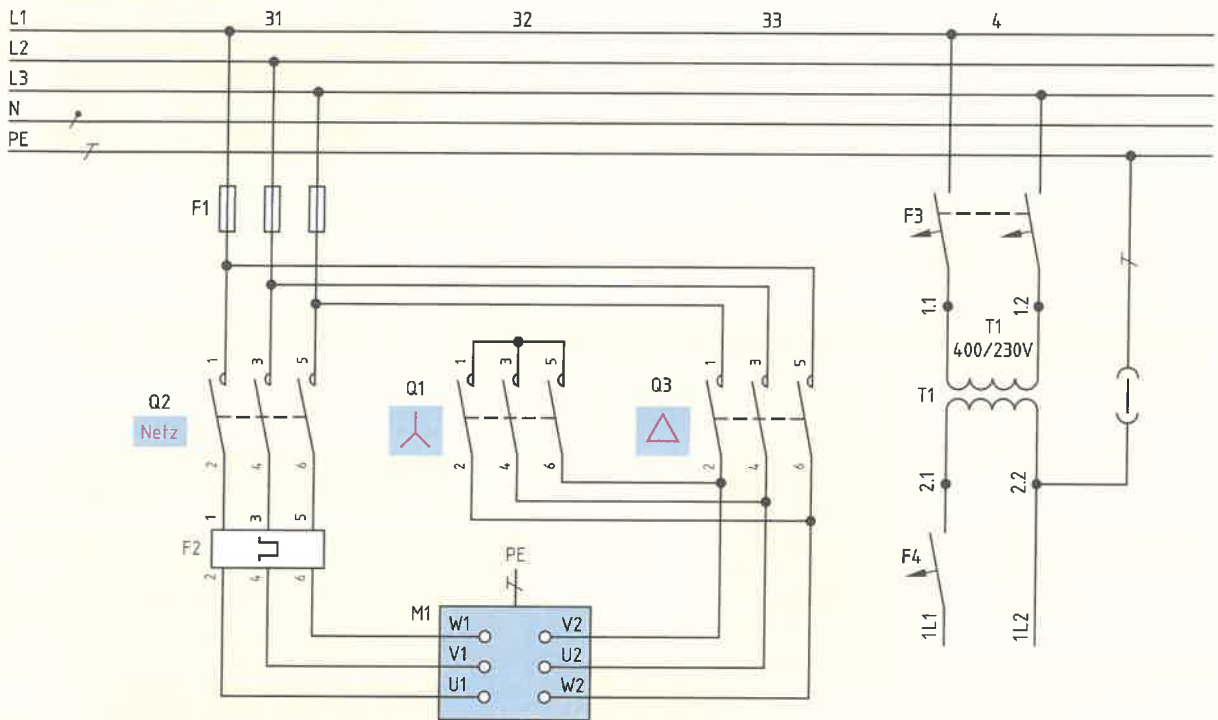


Bild 2: Steuerstromkreis mit Zeitrelais

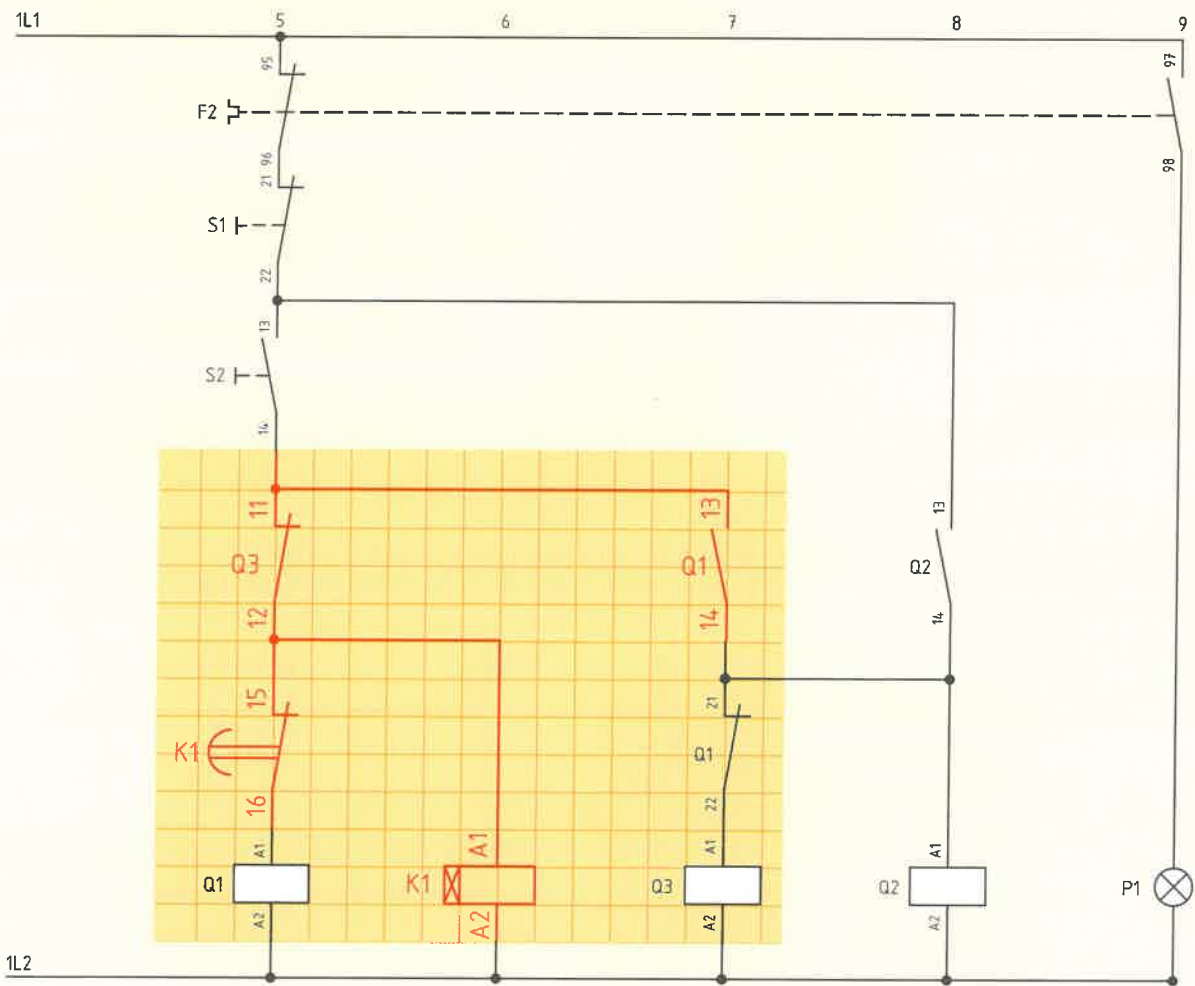


3. Für den Anlauf eines Drehstrommotors soll eine automatische Stern-Dreieck-Schützschaltung verwendet werden. Ergänzen Sie den Stromlaufplan für den Steuerstromkreis (**Bild**).

**Hauptstromkreis**



**Steuerstromkreis**



**Bild: Steuerstromkreis für Stern-/Dreieckanlauf**



Treppenlicht-Schaltungen können mithilfe eines Zeitschalters (Bild 1), eines Stromstoßrelais oder einer Kreuzschaltung installiert werden.

1. Welchen Vorteil besitzt eine Treppenlicht-Zeitschaltung mithilfe eines Zeitschalters gegenüber den anderen beiden Schaltungsarten?

Die Schaltung geht nach einer vorher eingestellten Zeit selbstständig in Ruhestellung.

2. Welche Art von Zeitrelais kann für die Realisierung der Treppenlicht-Zeitschaltung verwendet werden?

Abfallverzögerte (rückfallverzögerte) Zeitrelais

3. Zeichnen Sie das Schaltzeichen eines rückfallverzögerten Zeitrelais in Bild 2.

4. Begründen Sie, warum rückfallverzögerte Zeitrelais neben dem Steueranschluss zusätzlich einen Netzanschluss besitzen.

Der Steueranschluss wird nur kurzzeitig betätigt. Danach muss das Zeitrelais weiter mit Energie versorgt werden.

5. Beschreiben Sie das Verhalten eines rückfallverzögerten Zeitrelais.

Ein kurzzeitiger Impuls am Steueranschluss schaltet den Steuerkontakt und startet die Verzögerungszeit. Nach Ablauf der eingestellten Verzögerungszeit geht der Steuerkontakt selbsttätig in seine Ruhestellung zurück.

6. Welche beiden Arten von Treppenlicht-Zeitschaltung mit Zeitrelais werden unterschieden?

Vierleiterschaltung und Dreileiterschaltung

7. Tragen Sie in die folgende Tabelle die jeweilige Art der Treppenlicht-Zeitschaltung ein und ergänzen Sie beide Schaltungen.



Bild 1: Zeitschalter

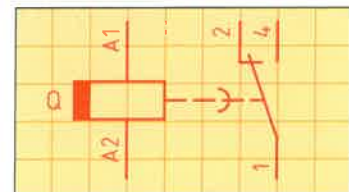
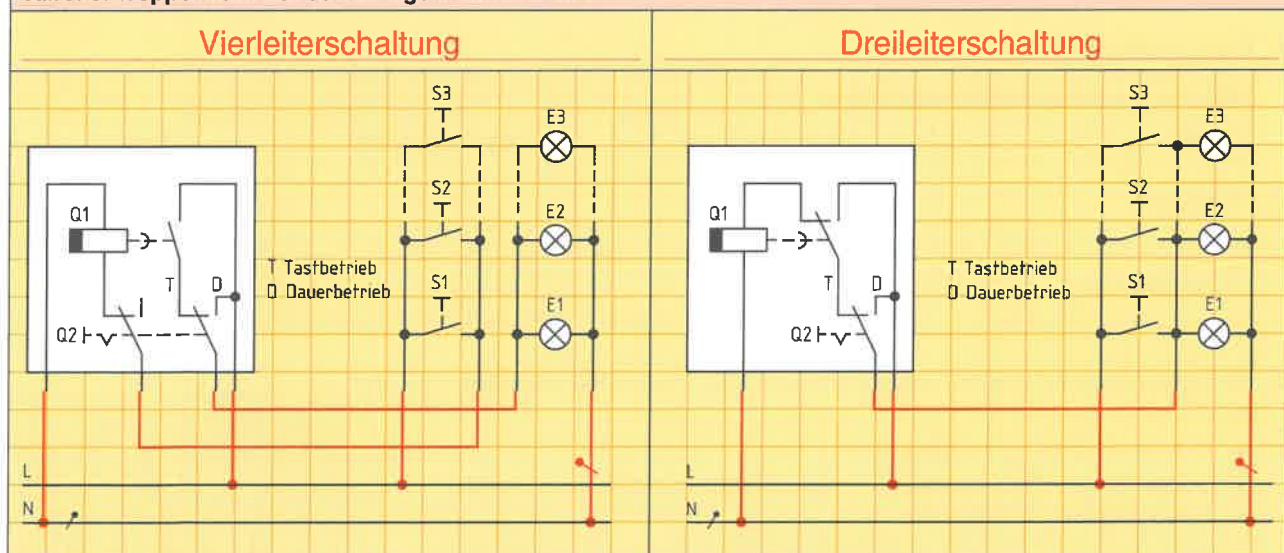


Bild 2: Schaltzeichen eines rückfallverzögerten Zeitrelais

Tabelle: Treppenlicht-Zeitschaltungen mit Zeitrelais



8. Welchen Vorteil hat die Vierleiterschaltung gegenüber der Dreileiterschaltung?

Treppenlicht-Zeitschaltung mit Vierleiteranschluss kann nachgeschaltet werden, d.h., während der ablaufenden Schaltzeit kann durch einen Impuls des Steuertasters die Einschaltdauer neu gestartet werden.



Die sinusförmige Wechselspannung hat mehrere Vorteile gegenüber der Gleichspannung. Man kann z. B. mithilfe von Transformatoren Wechselstrom wirtschaftlich übertragen und verteilen. Deshalb wird Wechselspannung in den Kraftwerksgeneratoren erzeugt. Es ist zu beachten, dass viele Formeln, die für Gleichstrom gelten, bei Wechselstrom nicht mehr angewendet werden können.

1. Vergleichen Sie den Verlauf der Gleichspannung (Bild 1 a) mit dem der Wechselspannung (Bild 1 b). Erklären Sie die beiden Spannungsarten.

Gleichspannung	Wechselspannung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Gleichspannung wirkt immer in die gleiche Richtung.</li> <li>Der Wert der Spannung bleibt gleich.</li> <li>Richtung und der Wert der Spannung sind zeitunabhängig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nach einer bestimmten Zeit ändert die Spannung ihre Richtung</li> <li>In jedem Augenblick ändert sich der Wert der sinusförmigen Wechselspannung.</li> </ul>

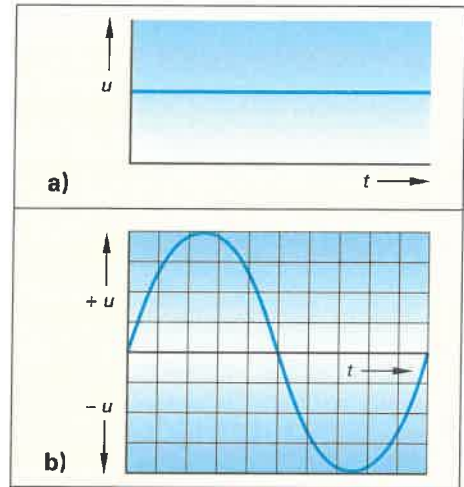
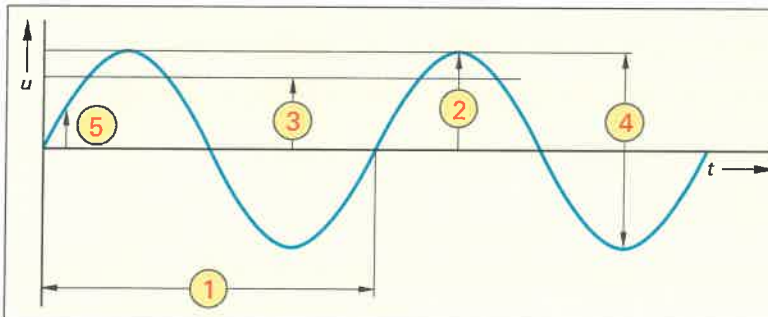


Bild 1: a) Gleich-, und b) Wechselspannung

2. Die Wechselspannung wird durch Kenngrößen festgelegt. Ordnen Sie im Diagramm (Bild 2) die zugehörige Zahl der Größe zu und ergänzen Sie die Formelzeichen.



Zahl	Größe	Formelzeichen
1	Periodendauer	$T$
2	Scheitelwert	$\hat{u}$
3	Effektivwert	$U$
4	Spitze - Tal - Wert	$\hat{u}$
5	Augenblickswert	$u$

Bild 2: Größen einer Wechselspannung

3. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Frequenz und Periodendauer			
Größe	Formelzeichen	Einheitenzeichen	Formel
Frequenz	$f$	$\frac{1}{s} = \text{Hz}$	$f = \frac{1}{T}$
Periodendauer	$T$	$s$	$T = \frac{1}{f}$

4. Eine Wechselspannung hat den Effektivwert 230 V und eine Frequenz von 50 Hz.

- a) Berechnen Sie die Periodendauer.  
b) Tragen Sie die Periodendauer in ms im Bild 3 ein und kennzeichnen Sie im Diagramm diese Zeit.

Geg.: $f = 50 \text{ Hz}$	Ges.: $T$
Lösung: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = \frac{1 \text{ s}}{50} = 0,02 \text{ s}$	

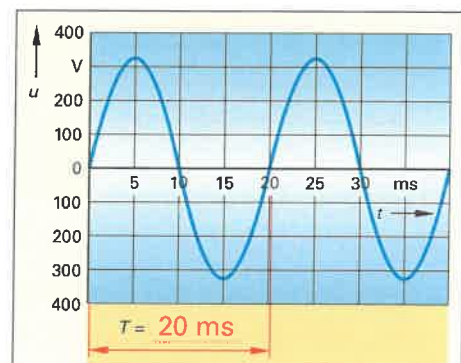


Bild 3: Wechselspannung 230 V/50 Hz



5. Für die Auswahl von Bauelementen oder Leitungen, die mit Wechselspannung betrieben werden, ist der Scheitelwert  $\hat{u}$  der Wechselspannung zu berücksichtigen. Begründen Sie, warum dieser Wert beachtet werden muss.

Für die Isolierung von Bauelementen oder Leitungen ist der Scheitelwert  $\hat{u}$  einer Wechselspannung  $U$  bestimmend, da dieser Wert der höchste auftretende Spannungswert ist. Wird dieser Wert nicht berücksichtigt, könnte das Bauelement oder die Leitung infolge eines Spannungsdurchschlages zerstört werden.

6. Ein Wechselstrom wird immer mit seinem Effektivwert angegeben. Erklären Sie, was der Effektivwert eines Wechselstromes im Vergleich zum Gleichstrom aussagt.

Der Effektivwert  $I$  des Wechselstromes ist so groß wie ein Gleichstrom  $I$  mit derselben Wärmewirkung.

7. a) Eine Wechselspannung hat einen Effektivwert von 230 V. Berechnen Sie den Scheitelwert.  
 b) Eine Wechselspannung hat einen Scheitelwert von 565,7 V. Berechnen Sie den Effektivwert.

a) Geg.: $U = 230 \text{ V}$	Ges.: $\hat{u}$	b) Geg.: $\hat{u} = 565,7 \text{ V}$	Ges.: $U$
Lösung: $\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U = \sqrt{2} \cdot 230 \text{ V} = 325,27 \text{ V}$		Lösung: $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{565,7 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 400 \text{ V}$	

8. Zur Darstellung sinusförmiger Wechselspannungen und -ströme gibt es verschiedene Möglichkeiten. Nennen Sie im Bild 1 a) bis c) die Darstellungsmöglichkeiten für sinusförmige Spannungen.

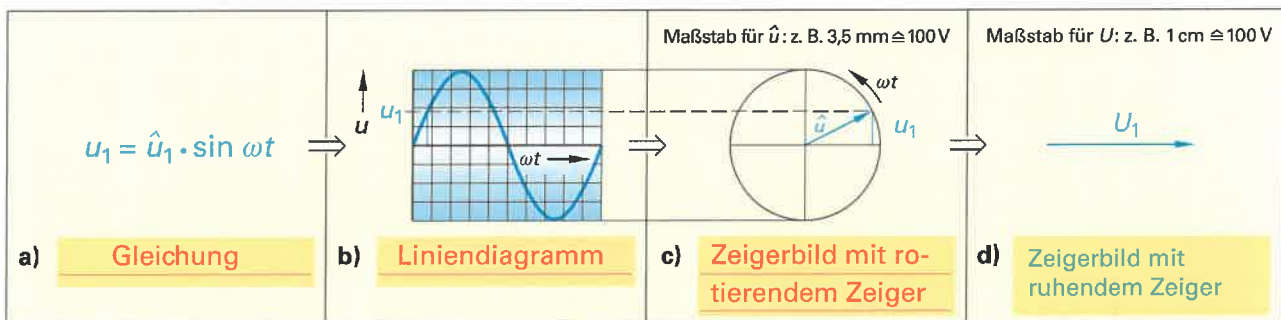


Bild 1: Darstellungsmöglichkeiten sinusförmiger Wechselgrößen am Beispiel der Spannung

9. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Kreisfrequenz	
Formelzeichen	Einheitenzeichen
$\omega$	$\frac{1}{s} = 1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Hz}$
Formel	
$\omega = 2 \pi \cdot f$	

10. Berechnen Sie die Kreisfrequenz für eine 50-Hz-Wechselspannung

Geg.: $f = 50 \text{ Hz}$
Ges.: $\omega$
Lösung: $\omega = 2 \pi \cdot f$
$= 2 \pi \cdot 50 \text{ s}^{-1} = 314 \text{ s}^{-1}$
$= 314 \text{ Hz}$

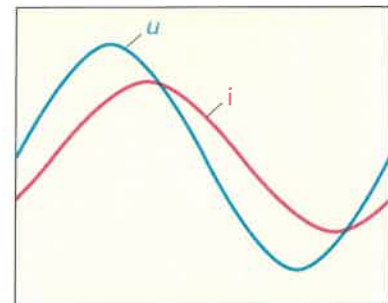


Bild 2: Phasenverschiebung von Spannung und Strom

11. Was meint der Elektronik-Fachmann, wenn er sagt, dass Spannung und Strom phasenverschoben (Bild 2) sind?

Die Wechselspannung und der Wechselstrom haben zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihre Scheitelwerte bzw. ihre Nulldurchgänge.

12. Zwei Wechselspannungen einer Reihenschaltung sind phasenverschoben. Die Wechselspannung  $U_1 = 40 \text{ V}$  ist gegenüber der Wechselspannung  $U_2 = 30 \text{ V}$  um  $90^\circ$  voreilend. a) Tragen Sie im Bild 3 die Spannung  $U_2$  an  $U_1$  an. b) Zeichnen Sie im Bild 3 die Gesamtspannung  $U$  und den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  zwischen  $U$  und  $U_1$  ein. c) Ermitteln Sie aus Bild 3 die Werte für  $U$  und  $\varphi$ . d) Nennen Sie die Art der Phasenverschiebung  $U_1$  gegenüber  $U$ .

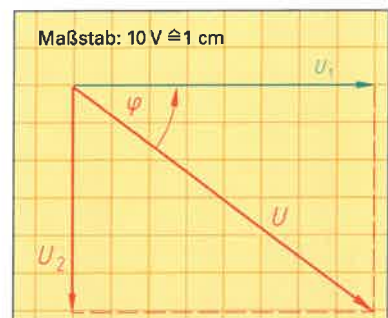


Bild 3: Addition von Zeigern

c)  $U = 50 \text{ V}$  abgelesen,  $\varphi = 37^\circ$  d)  $U_1$  eilt gegenüber  $U$  vor



Elektrische Bauelemente haben immer gleichzeitig verschiedene Eigenschaften, z. B. hat der Draht einer Spule die Eigenschaft eines ohmschen Widerstandes  $R$ , die Windungen des Drahtes bewirken eine Induktivität  $L$  und zwischen den einzelnen Windungen kann man eine Kapazität  $C$  nachweisen. Praktisch kann man aber meist eine oder zwei Eigenschaften vernachlässigen.

Wird nur die Haupteigenschaft eines Bauelementes betrachtet, z. B. die Induktivität  $L$  einer Spule, so nennt man dann ein solches Bauelement ein ideales Bauelement, z. B. ideale Spule.

1. Ergänzen Sie in der **Tabelle** für die drei idealen Bauelemente die Schaltzeichen, Widerstandsformeln, Linienbilder, Zeigerbilder und die Diagramme der Frequenzabhängigkeit.

Tabelle: Wechselstromwiderstände		ohmscher Wirkwiderstand	induktiver Blindwiderstand	kapazitiver Blindwiderstand
Schaltzeichen				
Widerstandsformel	$R = \frac{l}{\gamma \cdot A} = \frac{\rho \cdot l}{A}$	$X_L = \omega \cdot L$	$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$	
Linienbild von Spannung $u$ und Strom $i$				
Beschreibung der Phasenlage von Spannung und Strom	Spannung und Strom sind in Phase.	Der Strom eilt der Spannung um $90^\circ$ nach.	Der Strom eilt der Spannung um $90^\circ$ voraus.	
Zeigerbild von Spannung $U$ und Strom $I$				
Frequenzabhängigkeit des Widerstandes				



2. In der Wechselstromtechnik unterscheidet man verschiedene Widerstände: Wirkwiderstand (ohmscher Widerstand), induktiver Blindwiderstand, kapazitiver Blindwiderstand und Scheinwiderstand. Erklären Sie das Verhalten der Widerstände, wenn ein Wechselstrom durch diese Bauelemente fließt.

Wirkwiderstand (ohmscher Widerstand)	induktiver Blindwiderstand	kapazitiver Blindwiderstand
Fließt ein Wechselstrom durch einen Wirkwiderstand $R$ , ...	Fließt Wechselstrom durch einen induktiven Blindwiderstand $X_L$ , ...	Fließt Wechselstrom durch einen kapazitiven Blindwiderstand $X_C$ , ...
entsteht immer eine <b>Wärme- wirkung</b> . Die <b>gesamte Energie</b> wird vom Bau- element abgegeben.	wird ein <b>magnetisches Feld auf- und abgebaut</b> . Keine Energie wird vom Bau- element abgegeben.	wird ein <b>elektrisches Feld auf- und abgebaut</b> . Keine Energie wird vom Bau- element abgegeben.

3. In einem Tauchsieder (Bild 1) für 230-V-Wechselspannung ist ein Heizdraht mit einem Durchmesser von 0,17 mm und einer Länge von 2,97 m eingebaut. Der spezifische Widerstand des Heizdrahtes beträgt  $1,3507 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Berechnen Sie a) den Wirkwiderstand, b) den Strom und c) die Leistung. d) Mit welcher Leistung würde dieser Tauchsieder im Geschäft angeboten werden?

Geg.: $U = 230 \text{ V}, d = 0,17 \text{ mm}, l = 2,97 \text{ m}, \cos \gamma = 1$ $\rho = 1,3507 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Ges.: a) $R$ , b) $I$ , c) $P$
Lösung:
a) $R = \frac{\rho \cdot l}{A}$ mit $A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 0,17^2 \text{ mm}^2 = 0,0227 \text{ mm}^2$ $= \frac{1,3507 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 2,97 \text{ m}}{\text{m} \cdot 0,0227 \text{ mm}^2} = 176,72 \Omega$
b) $I = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{176,72 \Omega} = 1,30 \text{ A}$
c) $P = U \cdot I \cdot \cos \gamma = 230 \text{ V} \cdot 1,3 \text{ A} \cdot 1 = 299 \text{ W}$
d) $P = 300 \text{ W}$

4. Entstörkondensatoren (Bild 2) verhindern, dass Störsignale, die z. B. ein elektrisches Gerät erzeugt, vom 50-Hz-Versorgungsnetz ferngehalten werden. Berechnen Sie den kapazitiven Blindwiderstand eines Kondensators mit einer Kapazität von  $0,1 \mu\text{F}$ , bei a) 50 Hz und b) bei 30 kHz. Runden Sie die Rechenergebnisse. c) Werten Sie im Antwortsatz die Auswirkungen auf die Ströme  $I_{50}$  und  $I_{\text{Stör}}$  aus.

Geg.: $f_1 = 50 \text{ Hz}, f_2 = 30 \text{ kHz}, C = 0,1 \mu\text{F}$
Ges.: a) $X_C$ bei $f_1 = 50 \text{ Hz}$ b) $X_C$ bei $f_2 = 30 \text{ kHz}$
Lösung: a) $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1 \text{ s}}{2\pi \cdot 50 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ F}}$ $\approx 31,83 \text{ k}\Omega$
b) $X_C = \frac{1 \text{ s}}{2\pi \cdot 30 \cdot 1000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ F}} \approx 53 \Omega$

- c) Der 50-Hz-Strom ( $I_{50}$ ) durch den Entstörkondensator gegen Erde ist vernachlässigbar klein, aber Störströme ( $I_{\text{Stör}}$ ) mit sehr hohen Frequenzen, z. B. 30 kHz, werden gegen Erde abgeleitet.



### Bauelemente im Wechselstromkreis

#### Wirkwiderstände

z. B. in Heizungen, verhalten sich im Gleichstrom- und Wechselstromkreis gleich. Deshalb kann für Wechselstromkreise auch mit denselben Formeln, wie für Gleichstromkreise gerechnet werden.

$$R = Z \text{ (Scheinwiderstand)}$$

#### Kondensatoren

In der Energietechnik kann man den Kondensator  $C$  rechnerisch wie einen kapazitiven Blindwiderstand  $X_C$  behandeln. Der Rechenfehler ist vernachlässigbar klein.

$$\text{Kondensator} \Rightarrow X_C \approx Z$$

#### Spulen

Um elektrische Größen, z. B. den Strom in einer Spule, zu berechnen, darf man nie mit dem induktiven Widerstand  $X_L$  allein rechnen. Die Windungen besitzen auch einen Drahtwiderstand  $R$ , den man nicht vernachlässigen darf. Es muss immer der Scheinwiderstand (Gesamtwiderstand)  $Z$  berücksichtigt werden.

$$\text{Spule} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$



Bild 1: Tauchsieder

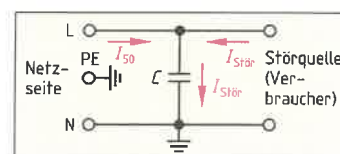


Bild 2: Entstörprinzip mit Kondensator



Die Spule gehört zu den wichtigsten Bauelementen der Energietechnik und wird z. B. in elektrischen Maschinen, in Schützen und Elektromagneten eingesetzt.

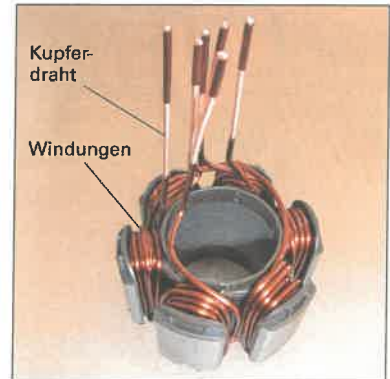


Bild 1: Motorspulen (Beispiel)

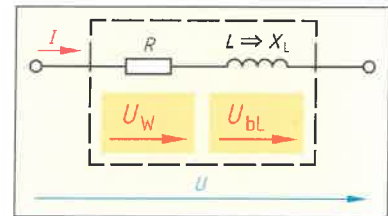


Bild 2: Ersatzschaltung einer Spule

1. Aufgrund des Aufbaus besitzt jede Spule (Bild 1) zwei elektrische Eigenschaften. Nennen Sie diese Eigenschaften.

- Kupferdraht  $\Rightarrow$  (ohmscher) Wirkwiderstand  $R$
- Windungen  $\Rightarrow$  Induktivität  $L \Rightarrow$  induktiver Blindwiderstand  $X_L$

2. Begründen Sie mithilfe von Bild 2, warum die Ersatzschaltung einer Spule als Reihenschaltung von zwei Widerständen gezeichnet wird, um die Eigenschaften einer vom Wechselstrom durchflossenen Spule erklären zu können.

Der Wechselstrom  $I$  fließt durch den Drahtwiderstand  $R$  und gleichzeitig durch die Induktivität  $L$ . Dies ist nur in einer Reihenschaltung mit  $R$  und  $X_L$  möglich.

3. Tragen Sie im Bild 2 die Wirkspannung  $U_W$  und die Blindspannung  $U_{bL}$  und deren Bezugspfeile ein.

4. Zeichnen Sie maßstabsgerecht für eine Spule mithilfe Bild 2

- a) das Zeigerbild der Spannungen in Bild 3 (Werte:  $U_W = 90\text{ V}$ ,  $U_{bL} = 42\text{ V}$ ) und  
 b) das Widerstandsdiagramm in Bild 4 (Werte:  $X_L = 47\ \Omega$ ,  $R = 100\ \Omega$ ).

c) Ermitteln Sie in beiden Bildern den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  zwischen  $U$  und  $I$  bzw. zwischen  $Z$  und  $R$ .

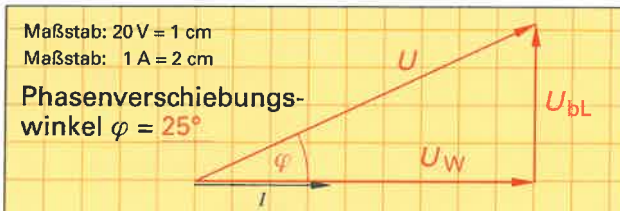


Bild 3: Zeigerbild der Spannungen einer Spule

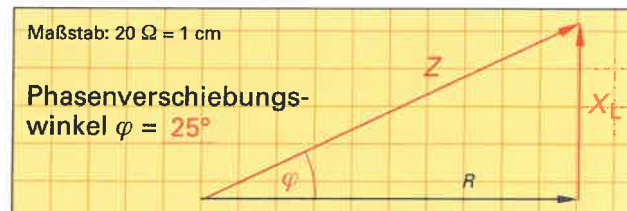


Bild 4: Widerstandsdiagramm einer Spule

5. Welchen Widerstand kann man berechnen, wenn man an einer Spule die Wechselspannung  $U$  und den Wechselstrom  $I$  gemessen hat? Nennen Sie die zugehörige Formel.

Formel: 
$$Z = \frac{U}{I}$$

Scheinwiderstand

6. Geben Sie die Formel zur Berechnung des Scheinwiderstandes mithilfe des Widerstandsdiagramms aus Bild 4 an.

Formel: 
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

7. Berechnen Sie den Scheinwiderstand mithilfe der ermittelten Werte für  $U$  und  $I$  aus Bild 3.

Geg.:	für $I$ : abgelesen $1,8\text{ cm} \hat{=} 0,9\text{ A}$ für $U$ : abgelesen $4,95\text{ cm} \hat{=} 99\text{ V}$
Ges.:	$Z$
Lösung:	$Z = \frac{U}{I} = \frac{99\text{ V}}{0,9\text{ A}} = 110\ \Omega$

8. Berechnen Sie den Scheinwiderstand mit den Widerstandswerten aus Aufgabe 4 b) mithilfe der Formel von Aufgabe 6.

Geg.:	$R = 100\ \Omega$ , $X_L = 47\ \Omega$
Ges.:	$Z$
Lösung:	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $= \sqrt{(100\ \Omega)^2 + (47\ \Omega)^2}$ $= 110,5\ \Omega$

9. Vergleichen Sie die Ergebnisse für den Scheinwiderstand  $Z$  aus den Aufgaben 4 b), 7 und 8.

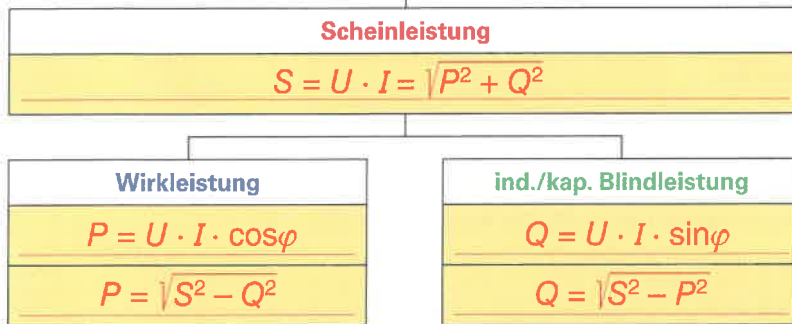
$110\ \Omega = 110\ \Omega \approx 110,5\ \Omega$ . Die Ergebnisse sind etwa gleich.



Meist entstehen in Wechselstromkreisen Phasenverschiebungen zwischen Spannung und Strom. Dabei unterscheidet man die Wirkleistung, die induktive und/oder die kapazitive Blindleistung und die Scheinleistung.

1. Geben Sie die Formeln für die verschiedenen Leistungsarten im Wechselstromkreis (Bild 1) an. Ergänzen Sie die Übersicht.

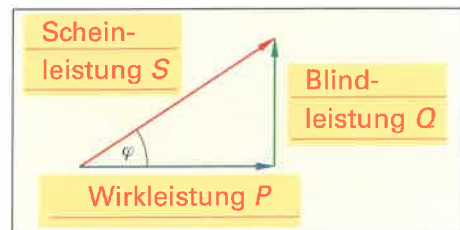
### Leistungen bei Wechselstrom



**Bild 1: Wechselstromleistungen am Beispiel eines AC-Motors**

2. Wechselstromleistungen haben in der Praxis unterschiedliche Einheitenzeichen und Einheitennamen. Ergänzen Sie die Tabelle 1.

Tabelle 1: Einheitenzeichen und -name der Wechselstromleistungen		
Leistungsart	Einheitszeichen	Einheitenname
Wirkleistung	W	Watt
Blindleistung	W = var	Volt Ampère reaktiv
Scheinleistung	W = VA	Volt Ampère



**Bild 2: Leistungsdreieck**

3. Benennen Sie im Leistungsdreieck (Bild 2) die Wechselstromleistungen.

4. Wirkfaktor und Wirkungsgrad kann man leicht verwechseln. Ergänzen Sie Tabelle 2.

Tabelle 2: Gegenüberstellung Wirkfaktor und Wirkungsgrad		
physikal. Größe	Wirkfaktor	Wirkungsgrad
Formelzeichen	$\cos\varphi$	$\eta$
Formeln (Formelzeichen ausschreiben)	$\cos\varphi = \frac{\text{Wirkleistung } P_{zu}}{\text{Scheinleistung } S}$	$\eta = \frac{\text{Wirkleistung } P_{ab}}{\text{Wirkleistung } P_{zu}}$
Wertebereich	0...1	0...1



Formelzeichen für Wirkleistungen

zugeführte Wirkleistung:

$$P_{zu} = P$$

abgegebene Wirkleistung:

$$P_{ab} = P_N$$

Bemessungsleistung:

$$P_N$$

5. Bei der Reparatur einer elektrischen Pumpe kann der Elektroniker die Stromaufnahme des Wechselstrommotors auf dem Leistungsschild nicht mehr lesen. Berechnen Sie die Stromaufnahme des Motors bei Bemessungsbetrieb. Entnehmen Sie die notwendigen Daten dem Leistungsschild (Bild 3). Der Wirkungsgrad dieses Motortyps beträgt 64%.

Geg.:  $U = 230 \text{ V}, P_N = P_{ab} = 370 \text{ W}, \cos\varphi = 0,77,$   
 $\eta = 0,64$

Ges.:  $I$

Lösung:  $P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{370 \text{ W}}{0,64} = 578 \text{ W}$

$$I = \frac{P_{zu}}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{578 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,77} = 3,26 \text{ A}$$

Elektromotorenwerk Grünhain GmbH & Co KG Made in Germany		
EAS 71K2		
IP55	0,37 kW	cos φ 0,77
230 V	A	50 Hz
C <sub>A</sub> 40 μF/450 V	C <sub>B</sub> μF/ V	
2870 min <sup>-1</sup>	WKL	EN 60034

**Bild 3: Leistungsschild eines Wechselstrommotors**



1. Bild 1 zeigt ähnliche Dreiecke für Anwendungen der Wechselstromtechnik.

Allgemein gilt mithilfe des Pythagoras-Satzes:  
**(Gesamtgröße)<sup>2</sup> = (Wirkgröße)<sup>2</sup> + (Blindgröße)<sup>2</sup>.**

Ergänzen Sie die dazugehörigen Formeln für die Wechselstromtechnik.

Spannungen einer Reihenschaltung:  $U^2 = U_W^2 + U_b^2$

Widerstände einer Reihenschaltung:  $Z^2 = R^2 + X^2$

Ströme einer Parallelschaltung:  $I^2 = I_W^2 + I_b^2$

Leistungen:  $S^2 = P^2 + Q^2$

Allgemein gilt: **Wirkfaktor**  $\cos \varphi = \frac{\text{Wirkgröße}}{\text{Gesamtgröße}}$

$\cos \varphi = \frac{U_W}{U} = \frac{I_W}{I} = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z}$

\* nur in Reihenschaltung

2. Die Induktivität einer Schützspule mit geschlossenem Eisenkern (Bild 2) beträgt 2,88 H und der Drahtwiderstand 346 Ω. Das Schütz wird mit einer Steuerspannung AC 24 V, 50 Hz betrieben. Berechnen Sie die Stromaufnahme. Geben Sie im Antwortsatz das Rechenergebnis in mA an.

Geg.:  $L = 2,88 \text{ H}, R = 346 \Omega, U = 24 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}$       Ges.:  $I$

Lösung:  $I = \frac{U}{Z}$  mit  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$  und  $X_L = \omega \cdot L$

$X_L = 2 \pi \cdot f \cdot L = 2 \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 2,88 \text{ H} = 904,24 \Omega$

$Z = \sqrt{(346 \Omega)^2 + (904,24 \Omega)^2} = 972,63 \Omega$

$I = \frac{24 \text{ V}}{972,63 \Omega} = 0,0247 \text{ A}$

Antwortsatz: **Der Strom beträgt 24,7 mA.**

3. Berechnen Sie für die Schützspule von Aufgabe 2

a) die Wirkleistung und b) die Blindleistung. Hinweis: Taschenrechner (TR)

Geg.:  $U = 24 \text{ V}, I = 0,0247 \text{ A}, R = 346 \Omega, Z = 972,63 \Omega$

Ges.: a)  $P$     b)  $Q_L$

Lösung: a)  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ ,  $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{346 \Omega}{972,63 \Omega} = 0,356$

$P = 24 \text{ V} \cdot 0,0247 \text{ A} \cdot 0,356 = 0,211 \text{ W}$

b)  $Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ ,  $\cos \varphi = 0,356 \xrightarrow{\text{TR}} \varphi = 69,3^\circ$

$\xrightarrow{\text{TR}} \sin \varphi = 0,962$

$Q = 24 \text{ V} \cdot 0,0247 \text{ A} \cdot 0,962 = 0,578 \text{ var (ind.)}$

4. Ein Kondensator soll parallel zu einer Wechselspannungsquelle geschaltet werden, die zwischen 210 V und 250 V schwankt. Die Netzfrequenz beträgt 50 Hz. Wählen Sie aus der Tabelle die Bemessungsspannung  $U_N$  für einen Kondensator aus, der an diese Wechselspannungsquelle angeschlossen werden soll und begründen Sie im Antwortsatz Ihre Auswahl.

Geg.:  $U = 250 \text{ V}$       Ges.:  $\hat{u}$

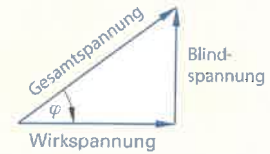
Lösung:  $\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U = \sqrt{2} \cdot 250 \text{ V} = 353,55 \text{ V} \Rightarrow U_N = 400 \text{ V}$

Antwortsatz: **Der Scheitelwert der Wechselspannung bestimmt die Bemessungsspannung  $U_N$  des Kondensators.**

allgemein:



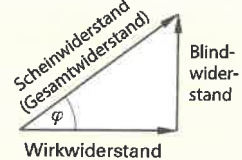
Spannungen:



Ströme:



Widerstände:



Leistungen:

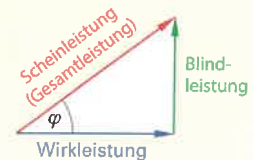


Bild 1: Ähnliche Dreiecke



Bild 2: Schützspule mit Eisenkern

**Tabelle: Bemessungsspannungen  $U_N$  von Kondensatoren (Auswahl)**

- 100 V
- 160 V
- 250 V
- 280 V
- 300 V
- 400 V
- 650 V



Die Elektroenergieversorgung erfolgt weltweit meistens mithilfe von Drehstromsystemen. In Drehstromsystemen werden drei Wechselspannungen gemeinsam übertragen.

1. Beschreiben Sie mithilfe von **Bild 1** die Entstehung einer Dreiphasenwechselspannung.

Im Drehstromgenerator befinden sich drei um  $120^\circ$  räumlich versetzte Spulen. Durch Einwirkung eines magnetischen Drehfeldes werden in diesen Spulen Spannungen induziert, die gegeneinander um  $120^\circ$  phasenverschoben sind.

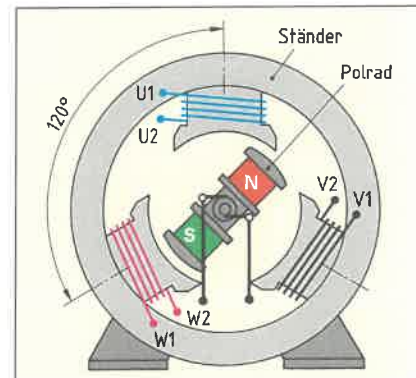


Bild 1: Prinzip der Drehstromerzeugung

2. Welche Eigenschaften haben die drei Spannungen  $u_1$ ,  $u_2$  und  $u_3$  eines Drehstromsystems?

- Sie sind sinusförmig,
- sind jeweils um  $120^\circ$  zueinander phasenverschoben,
- haben den gleichen Maximalwert und die gleiche Frequenz.

3. Wie lautet die Spannungsgleichung für  $u_3$ ?

$$u_1 = \hat{u}_1 \cdot \sin \alpha$$

$$u_2 = \hat{u}_2 \cdot \sin (\alpha - 120^\circ)$$

$$u_3 = \hat{u}_3 \cdot \sin (\alpha - 240^\circ)$$

4. Ergänzen Sie im **Bild 2** die Spannungen  $u_2$  und  $u_3$  einer Dreiphasenwechselspannung als a) Liniendiagramm und b) Zeigerbild. Der Maximalwert  $\hat{u}$  beträgt jeweils 325 V.

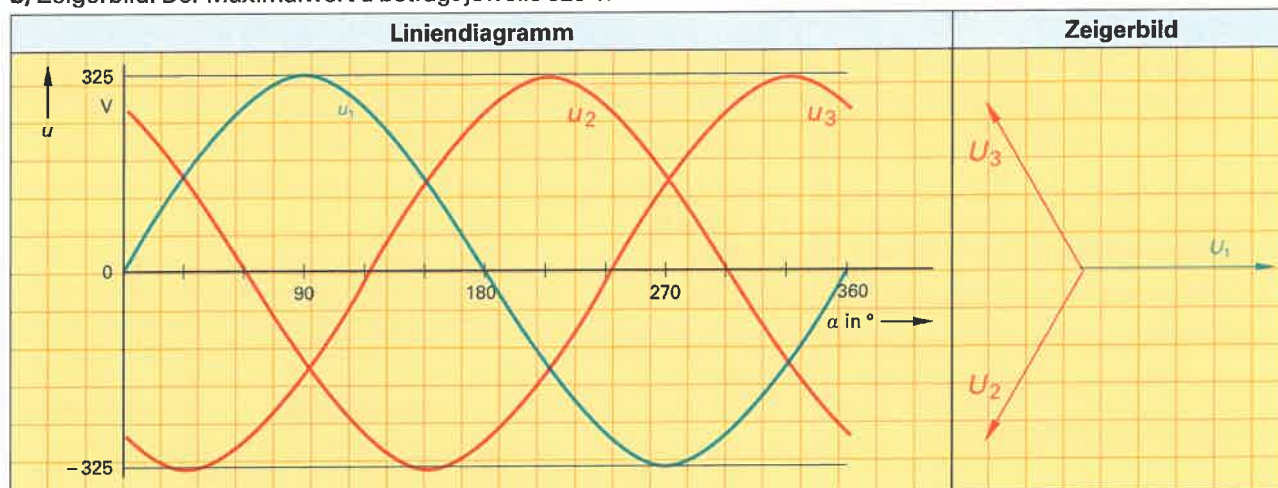


Bild 2: Liniendiagramm und Zeigerbild einer Dreiphasenwechselspannung

5. Berechnen Sie für den Zeitpunkt  $\alpha = 150^\circ$  (**Bild 2**) die Momentanwerte für  $u_1$ ,  $u_2$  und  $u_3$ , anschließend die Summe der drei Momentanwerte.

$$u_1 = \hat{u}_1 \cdot \sin 150^\circ = 325 \text{ V} \cdot 0,5 = 162,5 \text{ V}$$

$$u_2 = \hat{u}_2 \cdot \sin (150^\circ - 120^\circ) = 325 \text{ V} \cdot 0,5 = 162,5 \text{ V}$$

$$u_3 = \hat{u}_3 \cdot \sin (150^\circ - 240^\circ) = 325 \text{ V} \cdot (-1) = -325 \text{ V}$$

$$u_{\text{ges}} = u_1 + u_2 + u_3 = 162,5 \text{ V} + 162,5 \text{ V} + (-325 \text{ V}) = 0 \text{ V}$$

6. Die Summe der Momentanwerte der drei Wechselspannungen ist immer gleich 0 V. Deshalb werden sie meist zusammengeschaltet (verkettet). Nennen Sie die beiden in der Drehstromtechnik verwendeten Verkettungsarten.

1. Sternschaltung

2. Dreieckschaltung



7. Zeichnen Sie in **Tabelle 1**

- a) die entsprechenden Leitungsverbindungen für die geforderten Schaltungen ein.
- b) Tragen Sie in beide Schaltungen die Strang- und Leitergrößen von Spannung und Strom ein und
- c) geben Sie die Formeln für die Zusammenhänge zwischen Strang- und Leitergrößen für beide Schaltungen an.

Tabelle 1: Verkettungsarten	
Sternschaltung	Dreieckschaltung
Zusammenhang Leiterspannung $U$ – Strangspannung $U_{Str}$	
$U = \sqrt{3} \cdot U_{Str}$	$U = U_{Str}$
Zusammenhang Leiterstrom $I$ – Strangstrom $I_{Str}$	
$I = I_{Str}$	$I = \sqrt{3} I_{Str}$

8. Wie nennt man den Faktor  $\sqrt{3}$  in den Formeln für Drehstromberechnungen? Verkettungsfaktor

9. Ermitteln Sie in jeder Zeile die fehlenden Größen bei Stern- und Dreieckschaltung und tragen Sie die Werte in die folgende **Tabelle 2** ein.

Tabelle 2: Leiter- und Stranggrößen								
	Sternschaltung				Dreieckschaltung			
Gegeben:	$U$	$U_{Str}$	$I$	$I_{Str}$	$U$	$U_{Str}$	$I$	$I_{Str}$
$U_{Str} = 230 \text{ V}$	400 V	230 V	–	–	230 V	230 V	–	–
$I = 12 \text{ A}$	–	–	12 A	12 A	–	–	12 A	6,93 A
$I_{Str} = 9,3 \text{ A}$	–	–	9,3 A	9,3 A	–	–	16,1 A	9,3 A
$U = 690 \text{ V}$	690 V	400 V	–	–	690 V	690 V	–	–

10. Im 400-V-Netz beträgt die Leiterspannung  $U = 400 \text{ V}$ , die Spannung zwischen Außenleiter und Neutraleiter  $U_N = 230 \text{ V}$  (**Bild 1**). Welchen Vorteil bietet ein solches Netz für den Nutzer?

Es können sowohl Verbraucher mit einer Bemessungsspannung von 400 V als auch mit einer Bemessungsspannung von 230 V angeschlossen werden.

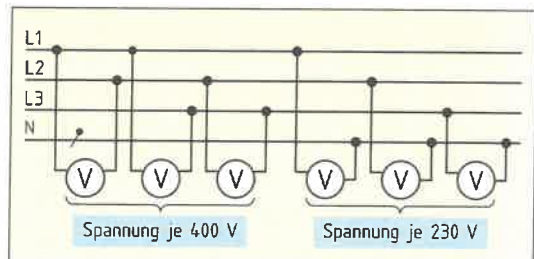


Bild 1: Spannungen im Vierleiter-Drehstromnetz

11. Tragen Sie in **Bild 2**

- a) die Zeigerbilder der Spannungen jeweils für Stern- und Dreieckschaltung ein und
- b) geben Sie das Zeichen der betreffenden Schaltung an.

Sternschaltung	Dreieckschaltung
<p>a) Zeigerbild</p>	<p>a) Zeigerbild</p>
<p>b) Zeichen <span style="color: red; font-size: 1.5em;">Y</span></p>	<p>b) Zeichen <span style="color: red; font-size: 1.5em;">Δ</span></p>

Bild 2: Zeigerbilder und Zeichen der Verkettungsarten



In Gleichstromkreisen ist die elektrische Leistung gleich dem Produkt von Strom und Spannung. In Wechselstromkreisen gibt es durch die verschiedenartigen Verbraucher (ohmsche, induktive und kapazitive Verbraucher) verschiedene Leistungsarten, die auch unterschiedlich berechnet werden. Im Drehstromnetz findet man die gleichen verschiedenen Leistungsarten wie im Wechselstromnetz. Die Berechnungen im Drehstromnetz unterscheiden sich aber zum Wechselstromnetz.

- Nennen Sie **a)** die drei Leistungsarten, die im Drehstromnetz unterschieden werden, mit den dazugehörigen Formelzeichen. **b)** Geben Sie für jede Leistungsart den sie verursachenden Verbraucher an.

a) Leistungsart	b) Verbraucher
Wirkleistung $P$	ohmsche Verbraucher
Blindleistung $Q$	induktive und kapazitive Verbraucher
Scheinleistung $S$	ohmsche, induktive und/oder kapazitive Verbraucher

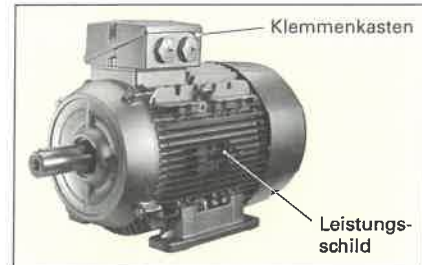


Bild: Drehstrommotor

- Ergänzen Sie in der **Tabelle** die Leitungsverbindungen für die drei induktiven und ohmschen Widerstände der Wicklungen des Drehstrommotors (**Bild**) **a)** zur Sternschaltung und **b)** zur Dreieckschaltung.
- Tragen Sie in beide Schaltungen (**Tabelle**) die Leiterspannungen  $U$  und die Strangspannungen  $U_{Str}$  ein.
- Geben Sie in der **Tabelle** für einen Strang die Formeln für die Strangleistungen  $S_{Str}$ ,  $P_{Str}$  und  $Q_{Str}$  an.
- Ermitteln Sie nach dem vorgegebenen Beispiel in der **Tabelle** die Formeln für die Drehstromleistungen  $S$ ,  $P$  und  $Q$ . Ersetzen Sie dabei Strangspannung  $U_{Str}$  und -strom  $I_{Str}$  durch die Leitergrößen  $U$  und  $I$ .

Tabelle: Leistungen in Stern- und Dreieckschaltung	
a) Sternschaltung Y	b) Dreieckschaltung Δ
Leistungen für einen Strang:	Leistungen für einen Strang:
$S_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str}$	$S_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str}$
$P_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str} \cdot \cos \varphi$	$P_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str} \cdot \cos \varphi$
$Q_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str} \cdot \sin \varphi$	$Q_{Str} = U_{Str} \cdot I_{Str} \cdot \sin \varphi$
Drehstromleistungen:	Drehstromleistungen:
$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$	$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$
$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$
$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$	$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$



6. Vergleichen Sie die ermittelten Formeln für Stern- und Dreieckschaltung (**Aufgabe 5**). Welche Erkenntnis ziehen Sie aus dem Vergleich?

Die Formeln sind bei beiden Schaltungsarten gleich.

7. Bei den folgenden Aufgaben wird davon ausgegangen, dass eine symmetrische Belastung vorliegt. Nennen Sie Beispiele für symmetrische Belastungen im Drehstromnetz.

Drehstrommotoren, Durchlauferhitzer, zentrale Kompensationsanlagen

8. Die Strangwicklungen eines Drehstrommotors haben jeweils einen Widerstandswert von  $Z = 33 \Omega$ . Der Motor wird a) in Sternschaltung und b) in Dreieckschaltung an ein 400/230-V-Netz angeschlossen (**Bild**). Der Wirkfaktor des Motors beträgt  $\cos \varphi = 0,81$ . Berechnen Sie für jede Verkettungsart die Stromaufnahme ( $I_Y$  bzw.  $I_\Delta$ ) in der Zuleitung des Motors.

Geg.: $Z_{Str} = 33 \Omega$ , $U_{StrY} = 230 V$ , $U_{Str\Delta} = 400 V$
Ges.: a) $I_Y$ , b) $I_\Delta$
Lösung: a) $I_{StrY} = \frac{U_{StrY}}{Z_{Str}} = \frac{230 V}{33 \Omega} = 6,97 A$
$I_Y = I_{StrY} = 6,97 A$
b) $I_{Str\Delta} = \frac{U_{Str\Delta}}{Z_{Str}} = \frac{400 V}{33 \Omega} = 12,12 A$
$I_\Delta = \sqrt{3} \cdot I_{Str\Delta} = 21 A$

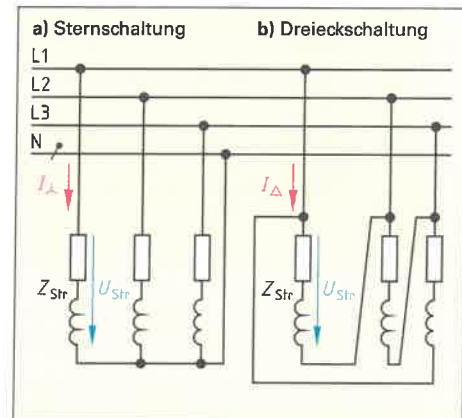


Bild: Stern- und Dreieckschaltung

9. Berechnen Sie Scheinleistung, Wirkleistung und Blindleistung des Motors von **Aufgabe 8** in a) Sternschaltung und b) in Dreieckschaltung.

a) Sternschaltung Y	b) Dreieckschaltung $\Delta$
Geg.: $U = 400 V$ , $I = 6,97 A$	Geg.: $U = 400 V$ , $I = 21 A$
Ges.: $S, P, Q$	Ges.: $S, P, Q$
Lösung:	Lösung:
$S_Y = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 6,97 A$ $= 4829 VA$	$S_\Delta = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 21 A$ $= 14549 VA$
$P_Y = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ $= \sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 6,97 A \cdot 0,81 = 3911 W$	$P_\Delta = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ $= \sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 21 A \cdot 0,81 = 11785 W$
$Q_Y = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$ $= \sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 6,97 A \cdot 0,59 = 2849 var$	$Q_\Delta = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$ $= \sqrt{3} \cdot 400 V \cdot 21 A \cdot 0,59 = 8584 var$

10. Ermitteln Sie aus dem Verhältnis der Ergebnisse von Stern- und Dreieckschaltung (**Aufgabe 9**) einen Faktor um den die Leistungsaufnahme bei Dreieckschaltung größer ist als bei Sternschaltung. Formulieren Sie das Ergebnis in einem Antwortsatz.

$\frac{S_\Delta}{S_Y} = \frac{14549 W}{4829 W} = 3$	$\frac{P_\Delta}{P_Y} = \frac{11785 W}{3911 W} = 3$	$\frac{Q_\Delta}{Q_Y} = \frac{8584 var}{2849 var} = 3$
---	---	--

Bei gleicher Netzspannung nimmt ein Verbraucher in Dreieckschaltung die dreifache Leistung auf wie in Sternschaltung.

11. Kann jeder Verbraucher beliebig in Stern- oder Dreieckschaltung betrieben werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

Nein. Da in Dreieckschaltung eine um  $\sqrt{3}$ -mal höhere Strangspannung auftritt, muss der Strangwiderstand des Verbrauchers auch für die höhere Strangspannung ausgelegt sein.



Bei der Übertragung einer Dreiphasenwechselspannung kommt es durch Unterbrechung eines Leiters zu einer Störung bei der Energieübertragung. Je nachdem, welche Unterbrechung vorliegt, sind typische Merkmale für diese Fehlerarten vorhanden.

1. Es ist ein Drehstromsystem 3/N ~ 50 Hz 400/230 V gegeben, dass symmetrisch belastet ist. Die Strangwiderstände betragen  $R_1 = R_2 = R_3 = 65 \Omega$ .
- Bestimmen Sie die Höhe der jeweiligen Strangspannungen  $U_1, U_2, U_3$ .
  - Berechnen Sie die Strangströme  $I_1, I_2, I_3$ , die Strangleistungen  $P_1, P_2, P_3$  und die Gesamtleistung  $P$ .
  - Bestimmen Sie die prozentuale Leistungsabgabe  $P_{\%}$  gegenüber dem ungestörten Betrieb.

Sternschaltung mit Neutralleiter, ungestört	Sternschaltung mit Neutralleiter, Außenleiter L2 unterbrochen	Sternschaltung mit Neutralleiter, Neutralleiter unterbrochen
<p>a) <math>U_1 = 230 \text{ V}, U_2 = 230 \text{ V}, U_3 = 230 \text{ V}</math></p>	<p><math>U_1 = 230 \text{ V}, U_2 = 0 \text{ V}, U_3 = 230 \text{ V}</math></p>	<p><math>U_1 = 230 \text{ V}, U_2 = 230 \text{ V}, U_3 = 230 \text{ V}</math></p>
<p>b)</p> <p><math>I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{65 \Omega} = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>I_2 = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>I_3 = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot 3,54 \text{ A} \cdot 1 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_2 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_3 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_I = P_1 + P_2 + P_3 = 814 \text{ W} + 814 \text{ W} + 814 \text{ W} = 2,442 \text{ kW}</math></p>	<p><math>I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{65 \Omega} = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>I_2 = 0 \text{ A}</math></p> <p><math>I_3 = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot 3,54 \text{ A} \cdot 1 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_2 = 0 \text{ W}</math></p> <p><math>P_3 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_{II} = P_1 + P_3 = 814 \text{ W} + 814 \text{ W} = 1,628 \text{ kW}</math></p>	<p><math>I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{65 \Omega} = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>I_2 = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>I_3 = 3,54 \text{ A}</math></p> <p><math>P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot 3,54 \text{ A} \cdot 1 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_2 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_3 = 814 \text{ W}</math></p> <p><math>P_{III} = P_1 + P_2 + P_3 = 814 \text{ W} + 814 \text{ W} + 814 \text{ W} = 2,442 \text{ kW}</math></p>
<p>c)</p> <p><math>P_{I\%} = 2,442 \text{ kW} \hat{=} 100\%</math></p>	<p><math>P_{II\%} = \frac{1,628 \text{ kW}}{2,442 \text{ kW}} \cdot 100\% = 66,66\%</math></p>	<p><math>P_{III\%} = \frac{2,442 \text{ kW}}{2,442 \text{ kW}} \cdot 100\% = 100\%</math></p>

2. Auf wie viel Prozent sinkt die Leistung in einer symmetrisch belasteten Sternschaltung bei Unterbrechung
- eines Außenleiters und
  - des Neutralleiters?

a) Wird in einer Sternschaltung mit Neutralleiter ein Außenleiter unterbrochen, so führt der unterbrochene Strang keinen Strom und die Leistungsaufnahme sinkt um 33,3%, d.h. um  $\frac{1}{3}$ .

b) Wird im gleichen Netz der Neutralleiter unterbrochen, bleibt die Leistungsaufnahme bei 100% erhalten.



3. Es ist ein Drehstromsystem 3/N ~ 50 Hz 400/230 V gegeben, das symmetrisch belastet ist. Die Strangwiderstände betragen  $R_1 = R_2 = R_3 = 65 \Omega$ .
- Bestimmen Sie die Höhe der jeweiligen Strangspannungen  $U_1, U_2, U_3$ .
  - Berechnen Sie die Strangströme  $I_1, I_2, I_3$ , die Strangleistungen  $P_1, P_2, P_3$  und die Gesamtleistung  $P$ .
  - Bestimmen Sie die prozentuale Leistungsabgabe  $P_{\%}$  gegenüber dem ungestörten Betrieb.
- Hinweis:** Bei der Sternschaltung ohne Neutralleiter müssen Sie den errechneten Wert im ungestörten Betrieb von Blatt 7.12, Seite 87 benutzen.

Dreieckschaltung, ungestört	Dreieckschaltung, Außenleiter L1 unterbrochen	Sternschaltung ohne Neutralleiter, Außenleiter L3 unterbrochen
<p>a) <math>U_1 = 400 \text{ V}, U_2 = 400 \text{ V}, U_3 = 400 \text{ V}</math></p>	<p><math>U_1 = 200 \text{ V}, U_2 = 400 \text{ V}, U_3 = 200 \text{ V}</math></p>	<p><math>U_1 = 200 \text{ V}, U_2 = 200 \text{ V}, U_3 = 0 \text{ V}</math></p>
<p>b)</p> $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{400 \text{ V}}{65 \Omega} = 6,15 \text{ A}$ $I_2 = 6,15 \text{ A}$ $I_3 = 6,15 \text{ A}$ $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 400 \text{ V} \cdot 6,15 \text{ A} \cdot 1 = 2460 \text{ W}$ $P_2 = 2460 \text{ W}$ $P_3 = 2460 \text{ W}$ $P = P_1 + P_2 + P_3 = 3 \cdot P_1 = 3 \cdot 2460 \text{ W} = 7,38 \text{ kW}$	$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{200 \text{ V}}{65 \Omega} \approx 3,08 \text{ A}$ $I_2 = 6,15 \text{ A}$ $I_3 = 3,08 \text{ A}$ $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 200 \text{ V} \cdot 3,08 \text{ A} \cdot 1 = 616 \text{ W}$ $P_2 = 2460 \text{ W}$ $P_3 = 616 \text{ W}$ $P = P_1 + P_2 + P_3 = 616 \text{ W} + 2460 \text{ W} + 616 \text{ W} = 3,692 \text{ kW}$	$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{200 \text{ V}}{65 \Omega} \approx 3,08 \text{ A}$ $I_2 \approx 3,08 \text{ A}$ $I_3 = 0 \text{ A}$ $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = 200 \text{ V} \cdot 3,08 \text{ A} \cdot 1 = 616 \text{ W}$ $P_2 = 616 \text{ W}$ $P_3 = 0 \text{ W}$ $P = P_1 + P_2 = 616 \text{ W} + 616 \text{ W} = 1,232 \text{ kW}$
<p>c)</p> $P_{\%} = 7,38 \text{ kW} \cong 100\%$	$P_{\%} = \frac{3,692 \text{ kW}}{7,38 \text{ kW}} \cdot 100\% = 50\%$	$P_{\%} = \frac{1,232 \text{ kW}}{2,442 \text{ kW}} \cdot 100\% = 50,5\%$

4. Auf wie viel Prozent sinkt die Leistung in einer symmetrisch belasteten a) Dreieckschaltung bei Unterbrechung eines Außenleiters und b) Sternschaltung ohne Neutralleiter bei Unterbrechung eines Außenleiters?

**Hinweis:** Für Aufgabe b) benutzen Sie als Bezugsleistung das Ergebnis aus Aufgabe 1, Seite 87.

a) Wird in einer Dreieckschaltung ein Außenleiter unterbrochen, so sinkt die Leistungsaufnahme um 50%, d.h. auf die Hälfte.

b) Wird in der Sternschaltung ohne Neutralleiter ein Außenleiter unterbrochen, sinkt die Leistungsaufnahme ebenfalls um 50%.

5. Welche zusätzliche Erscheinung tritt bei einer Sternschaltung mit unterbrochenem Neutralleiter bei unsymmetrischer Belastung auf?

Es kommt zu einer Sternpunktverschiebung und damit zu Über- und Unterspannungen.



Drehstromleitungen können symmetrisch oder unsymmetrisch belastet werden. Die Kenntnis der Belastungsart ist wichtig, da die Berechnungsmethoden von der jeweiligen Belastungsart abhängig sind.

1. Nennen Sie die beiden Bedingungen, die eine symmetrische Belastung einer Drehstromleitung kennzeichnen.

In jeder Phase befindet sich ein Verbraucher gleicher Leistung. Jeder Verbraucher hat den gleichen Wirkfaktor.

2. Der Durchlauferhitzer im Bild 1 ist ein Beispiel für symmetrische Belastung einer Drehstromleitung. Nennen Sie zwei weitere Beispiele für symmetrische Belastung einer Drehstromleitung.

- Drehstrommotoren,
- elektrische Raumheizungen.

3. Ein elektrisches Heizgerät hat eine Leistung von 18 kW. Seine drei Heizwiderstände sind in Dreieck geschaltet und an ein Drehstromnetz 3/N ~ 50 Hz 400/230 V angeschlossen. Zeichnen Sie im Bild 2 die Schaltung der drei Heizwiderstände und tragen Sie die Leiterspannung  $U$ , die Strangspannung  $U_{Str}$ , die Leiterströme  $I$  und die Strangströme  $I_{Str}$  ein.

4. Ermitteln Sie mithilfe der Angaben aus Aufgabe 3
- a) die Leiterspannung,      c) den Leiterstrom und  
b) die Strangspannung,      d) den Strangstrom.

Geg.: Drehstromnetz 3/N/PE ~ 50 Hz  
400/230 V,  $P = 18 \text{ kW}$

Ges.: a)  $U$ , b)  $U_{Str}$ , c)  $I$ , d)  $I_{Str}$

Lösung:

a)  $U = 400 \text{ V}$

b)  $U_{Str} = 230 \text{ V}$

c)  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{18 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 1} = 26 \text{ A}$

d)  $I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}} = \frac{26 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 15 \text{ A}$

5. Zeichnen Sie in das Bild 3 das Zeigerbild der in Aufgabe 4 berechneten Strang- und Leiterströme.

6. Ermitteln Sie aus dem Zeigerbild (Bild 3) durch geometrische Addition die Summe der Leiterströme  $I$ .

$I = 0 \text{ A}$

7. Begründen Sie, warum bei diesem Heizgerät kein Neutralleiter angeschlossen wird.

Bei symmetrischen Drehstromverbrauchern ist die Summe der Außenleiterströme gleich Null. Der Neutralleiter braucht deshalb nicht mitgeführt werden.



Bild 1: Durchlauferhitzer

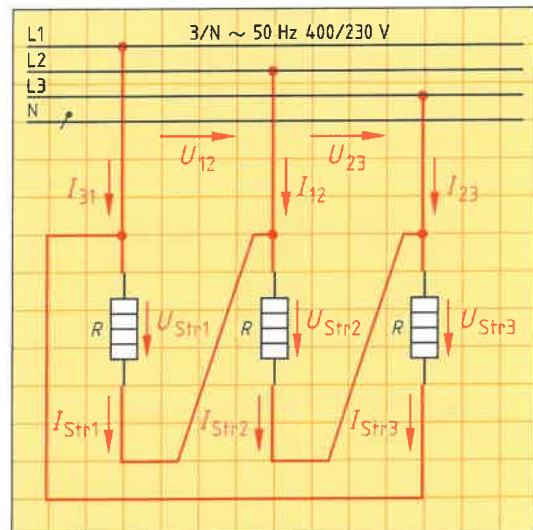


Bild 2: Prinzipschaltung Heizgerät

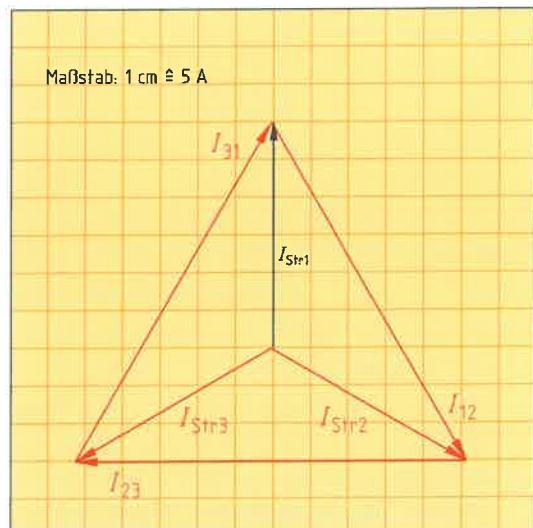


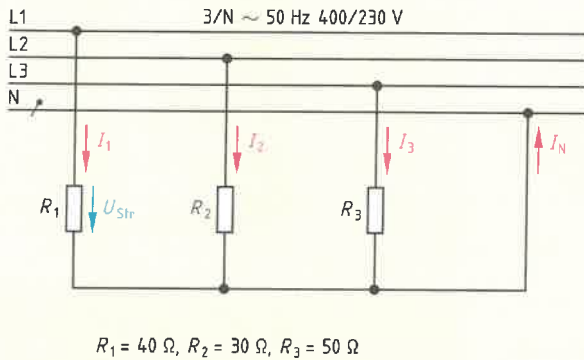
Bild 3: Zeigerbild der Ströme



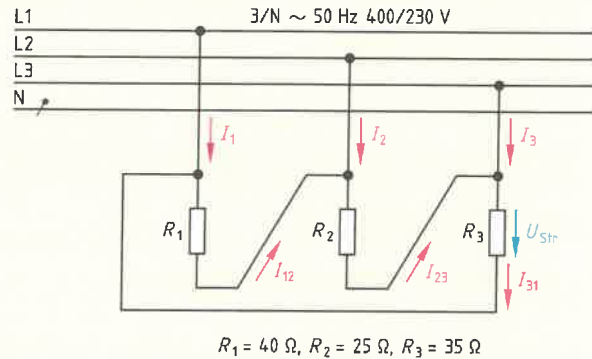
Unsymmetrische Belastung in Drehstromnetzen kommt am häufigsten vor. Es können sowohl die Widerstandswerte als auch die Wirkfaktoren  $\cos \varphi$  in den drei Außenleitern unterschiedliche Werte annehmen.

1. Lösen Sie die folgenden Aufgaben für eine Stern- und eine Dreieckschaltung, wenn bei gleichem Wirkfaktor  $\cos \varphi = 1$  die Verbraucher in den drei Außenleitern unterschiedliche Widerstandswerte haben.

**a) Sternschaltung**



**b) Dreieckschaltung**



Berechnen Sie die 3 Leiterströme  $I_1, I_2$  und  $I_3$ .

$$I_1 = \frac{U_{Str}}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{40 \Omega} = 5,75 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U_{Str}}{R_2} = \frac{230 \text{ V}}{30 \Omega} = 7,6 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U_{Str}}{R_3} = \frac{230 \text{ V}}{50 \Omega} = 4,6 \text{ A}$$

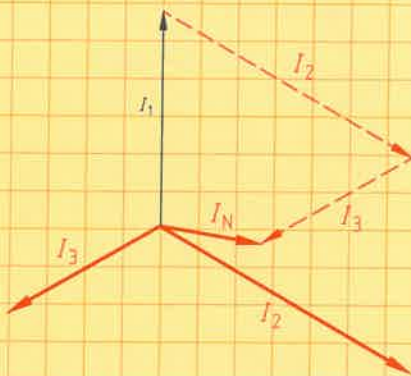
Berechnen Sie die 3 Strangströme  $I_{12}, I_{23}$  und  $I_{31}$ .

$$I_{12} = \frac{U_{Str}}{R_1} = \frac{400 \text{ V}}{40 \Omega} = 10 \text{ A}$$

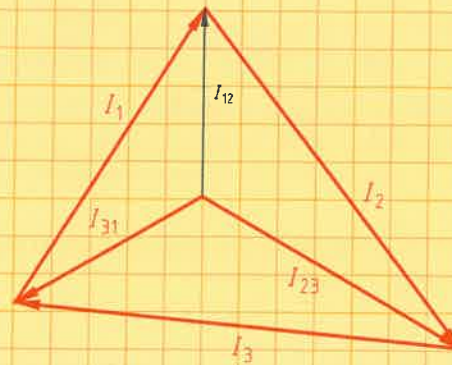
$$I_{23} = \frac{U_{Str}}{R_2} = \frac{400 \text{ V}}{25 \Omega} = 16 \text{ A}$$

$$I_{31} = \frac{U_{Str}}{R_3} = \frac{400 \text{ V}}{35 \Omega} = 11,4 \text{ A}$$

Zeichnen Sie das Zeigerbild der 3 Leiterströme und konstruieren Sie durch geometrische Addition den Neutralleiterstrom  $I_N$  (Maßstab:  $1 \text{ cm} \cong 2 \text{ A}$ ).



Zeichnen Sie das Zeigerbild der 3 Strangströme und konstruieren Sie durch geometrische Addition die Leiterströme  $I_1, I_2$  und  $I_3$  (Maßstab:  $1 \text{ cm} \cong 4 \text{ A}$ ).



Messen Sie die Länge  $l$  des Zeigers des Neutralleiterstromes  $I_N$  und berechnen Sie daraus mithilfe des Maßstabes seinen Wert.

Länge:  $l = 1,4 \text{ cm}$

Wert:  $I_N = 2,8 \text{ A}$

Bestimmen Sie mithilfe des Maßstabes den Wert der Leiterströme  $I_1, I_2$  und  $I_3$ .

$I_1 = 18,8 \text{ A}$

$I_2 = 22,8 \text{ A}$

$I_3 = 24 \text{ A}$



2. Erklären Sie **a)** unsymmetrische, gleichartige Last und **b)** unsymmetrische, ungleichartige Last.

**a)** Die drei Strangwiderstände des Drehstromnetzes haben unterschiedliche Widerstandswerte und gleiche Wirkfaktoren  $\cos \varphi$ .

**b)** Die drei Strangwiderstände des Drehstromnetzes haben unterschiedliche Widerstandswerte und unterschiedliche Wirkfaktoren  $\cos \varphi$ .

3. Im Bild ist eine unsymmetrische Belastung bei Sternschaltung dargestellt. Bestimmen Sie rechnerisch für jeden Strang die Scheinwiderstände  $Z_1, Z_2$  und  $Z_3$ .

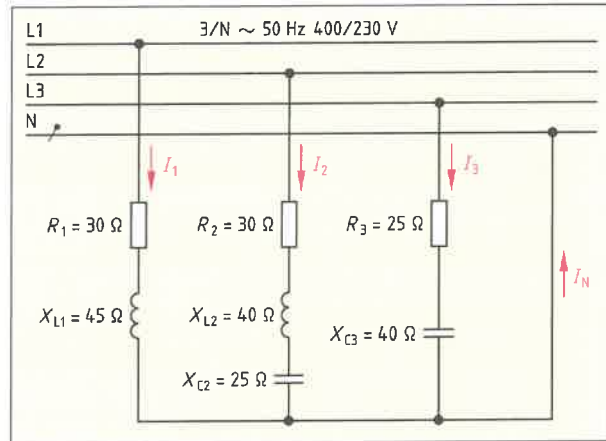


Bild: Ungleichartige Belastung bei Sternschaltung

Lösung:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{(30 \Omega)^2 + (45 \Omega)^2} = 54,1 \Omega$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (X_{L2} - X_{C2})^2} = \sqrt{(30 \Omega)^2 + (40 \Omega - 25 \Omega)^2} = 33,5 \Omega$$

$$Z_3 = \sqrt{R_3^2 + X_{C3}^2} = \sqrt{(25 \Omega)^2 + (40 \Omega)^2} = 47,2 \Omega$$

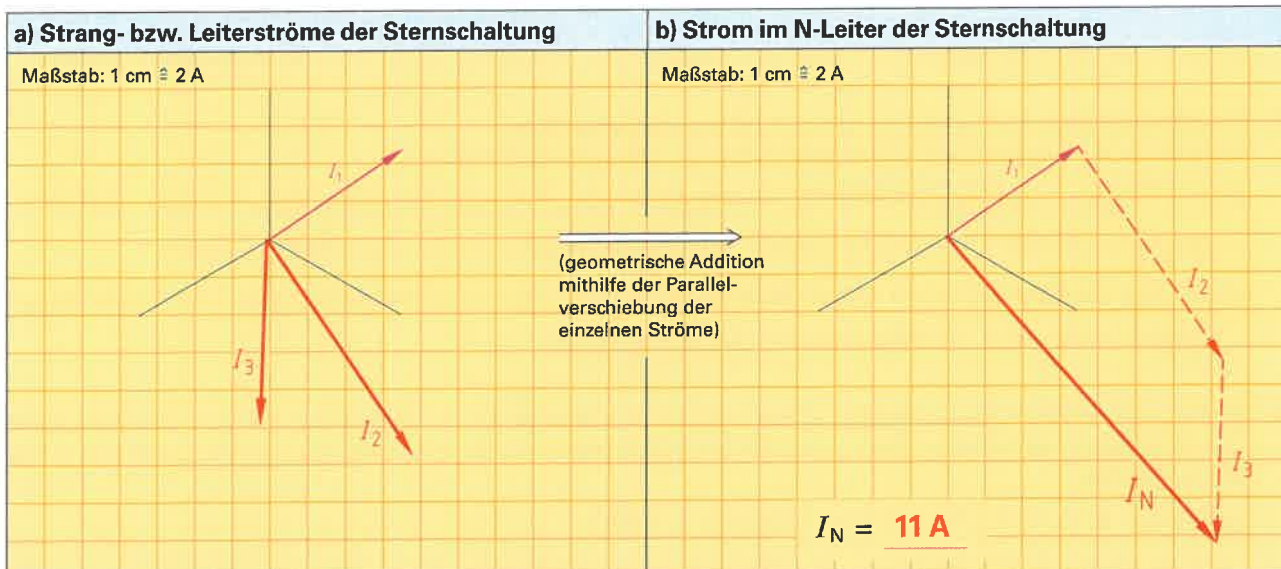
4. Ermitteln Sie rechnerisch mit den Werten aus Aufgabe 3 a) die Ströme  $I_1, I_2$  und  $I_3$ , b) die Wirkfaktoren  $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2$  und  $\cos \varphi_3$  und c) die Phasenverschiebungswinkel  $\varphi_1, \varphi_2$  und  $\varphi_3$ .

a)	b)	c)
$I_1 = \frac{U_{Str1}}{Z_1} = \frac{230 \text{ V}}{54,1 \Omega} = 4,25 \text{ A}$	$\cos \varphi_1 = \frac{R_1}{Z_1} = \frac{30 \Omega}{54,1 \Omega} = 0,555$	$\varphi_1 = 56^\circ$
$I_2 = \frac{U_{Str2}}{Z_2} = \frac{230 \text{ V}}{33,5 \Omega} = 6,87 \text{ A}$	$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{30 \Omega}{33,5 \Omega} = 0,896$	$\varphi_2 = 26^\circ$
$I_3 = \frac{U_{Str3}}{Z_3} = \frac{230 \text{ V}}{47,2 \Omega} = 4,87 \text{ A}$	$\cos \varphi_3 = \frac{R_3}{Z_3} = \frac{25 \Omega}{47,2 \Omega} = 0,53$	$\varphi_3 = -58^\circ$

5. a) Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme in Sternschaltung entsprechend Aufgabe 4.

b) Ermitteln Sie geometrisch den Neutralleiterstrom  $I_N$ .

c) Geben Sie die Längen  $l_1, l_2, l_3$  und  $l_N$  der gezeichneten Ströme an.



c)  $l_1 = 2,13 \text{ cm}, l_2 = 2,3 \text{ cm}, l_3 = 2,44 \text{ cm}, l_N = 5,45 \text{ cm}$



Messgeräte werden in allen Bereichen der Elektrotechnik eingesetzt, z.B. im Werkstatt- und Laborbereich sowie auf Baustellen. Multimeter sind Vielfachmessgeräte. Man unterteilt sie in analoge und digitale Multimeter.

1. Wie erfolgt die Anzeige des Messwertes bei einer a) analogen und b) digitalen Anzeige.

a) Der Messwert wird durch einen Zeiger angezeigt.

b) Der Messwert wird durch eine Dezimalzahl angezeigt.

2. Welche elektrischen Größen können mit dem Multimeter nach Bild 2 gemessen werden?

Spannung, Strom und Widerstand

3. Geben Sie die Anzeigewerte bei a, b und c in Bild 1 an.

Benützen Sie für die Anzeigewerte a, b: die Skala 30 und für c: die Skala 10.

a: 5 V    b: 14 V    c: 8,4 V

4. Tragen Sie die Zuordnungszahlen ① bis ⑦ des Bildes 1 für die gekennzeichneten Bereiche der analogen Skala in die Tabelle ein.

Tabelle: Fachbegriffe bei einer analogen Skala

Zahl	Fachbegriff	Zahl	Fachbegriff
1	Skalenanfang	4	Skalenteilung
3	Skala	7	Spiegelhinterlegung
5	Einheit	2	Skalenendwert
6	Skalensymbole	-	-

5. Nennen Sie Bedeutung der Skalensymbole nach Bild 1.



Drehspulmesswerk

Genauigkeitsklasse 1,5

waagerechte Gebrauchslage

Prüfspannung 2 kV

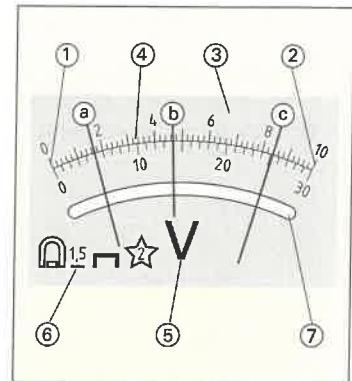


Bild 1: Analoge Skala



- Spannungsmessung 0 ... 0,15/0... 0,5 V~  
0 ... 1,5/5/15/50/150/500 V~/~; 0... 1000V~  
Eingangswiderstand 20 kOhm/V~;  
4 kOhm/V~
- Strommessung 0...50 mA~;  
0...1,5/15/150 mA/1,5/15A~/~
- Widerstandsmessung:  
1 Ohm...1 MOhm (4 Bereiche)
- Pegel: -15... +56 dB (6 Bereiche)
- Genauigkeit: Klasse 2,5
- Abmessungen: 82 x 126 x 45 mm
- Gewicht: ca. 0,25 kg ohne Batterie
- Batterie: 1,5 V IEC UR 6 (Mignon, AA)

Bild 2: Analog-Multimeter

6. Das Bild 2 zeigt ein Analog-Multimeter und deren technischen Daten.

Erklären Sie die Angaben: a) Eingangswiderstand und b) Genauigkeitklasse 2,5.

a) Der Eingangswiderstand ist der Innenwiderstand  $R_i$  des Messgerätes. Er kann mithilfe der Kenngröße  $r_k$ , z.B. 20 kOhm/V, für jeden Messbereich bestimmt werden.

b) Die Genauigkeitsklasse eines Messgerätes gibt den höchstzulässigen Fehler (Anzeige-fehler) in Prozent vom Messbereichsendwert an.

7. a) Wie groß ist der Innenwiderstand  $R_i$  des Messgerätes (Bild 2) bei der Einstellung  $E = 50$  V DC und dem Wert  $r_k = 20$  kOhm/V? b) Welchen Wert sollte der Innenwiderstand in der Praxis bei der Spannungsmessung haben? Begründen Sie.

a)  $R_i = r_k \cdot E = 20 \text{ k}\Omega/\text{V} \cdot 50 \text{ V} = 1000 \text{ k}\Omega = 1 \text{ M}\Omega$

b) Hoch, z.B. im M $\Omega$ -Bereich, da die zu messende Spannung wenig belastet und genauer gemessen wird.



1. Benennen Sie beim Blockschaltbild (**Bild 1**) die Baugruppen eines digitalen Messgerätes.

**Hinweis:** Verwenden Sie dazu die Fachbegriffe: Gleichrichter, Anzeige, Analog-Digital-Umsetzer, Anpass-Schaltung.

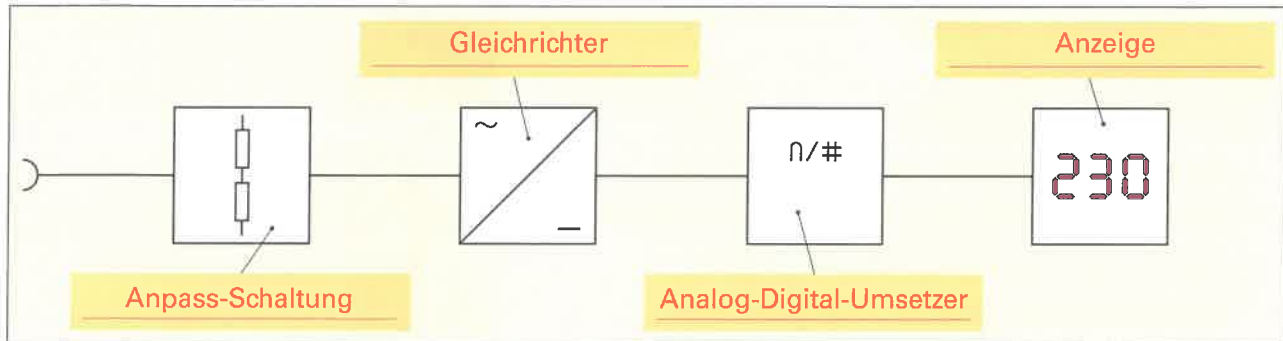


Bild 1: Blockschaltbild eines digitalen Messgerätes

2. Welche Anzeigearten verwendet man bei digitalen Messgeräten?

- Leuchtdioden-Anzeige (LED-Anzeige)
- Flüssigkristall-Anzeige (LCD-Anzeige)

3. Digitalmultimeter (**Bild 2**) haben technische Kennwerte (**Tabelle**).

Tabelle: Technische Kennwerte (Auszug)	
Spannungsmessung DC	10 $\mu$ V ... 1000 V
Eigenabweichung bei V DC	$\pm 0,05$ % v. MW + 3D
Spannungsmessung AC	10 $\mu$ V ... 1000 V
Eigenabweichung bei V AC	$\pm 0,5$ % v. MW + 9D
TRMS	AC, AC + DC

- a) Erklären Sie die Angabe  $\pm 0,5$  % v. MW + 9D.  
 b) Der Hersteller des Digitalmultimeters nach **Bild 2** gibt an: Digitalanzeige  $4^{6/7} = 60000D$ . Erklären Sie diese Angaben.  
 c) Welche Bedeutung hat die Abkürzung TRMS?

a) Messunsicherheit:  $\pm 0,5$  % vom Messwert + 9 Digit.

b) 4: Vier ganze Anzeigestellen von 0000 bis 9999

$6/7$ : Erste Anzeigestelle 0 ... 6 möglich.

Als Anzeige ergibt sich: 00000 bis 69999.

c) TRMS ist die Abkürzung von True Root Mean Square (engl.) = wahrer quadratischer Mittelwert oder echter Effektivwert.

4. Mit dem Digitalmultimeter (**Bild 2**) wird eine Spannung von AC 228,5 V gemessen.

- a) Welche Zahlen werden in der Anzeige angezeigt?  
 b) Welche Auflösung in V ist vorhanden?  
 c) Welche Messunsicherheit in V ist möglich?

**Hinweis zu b):** Letzte Stelle der Anzeige beachten.

a)  $4^{6/7}$ -Anzeige: 228,50

b) 0,01 V

c) Messunsicherheit =  $\pm (0,5$  % v. MW + 9 D)

$$= \pm (0,5 \text{ \% v. } 228,50 \text{ V} + 9 \cdot 0,01 \text{ V})$$

$$= \pm (1,1425 \text{ V} + 0,09 \text{ V}) = \pm 1,2325 \text{ V}$$



Bild 2: Digitalmultimeter

### **i** Digit

Ist der kleinste Messwert, der innerhalb eines bestimmten Messbereiches angezeigt werden kann. Wenn z.B. bei einem Digitalmessgerät ein Anzeigumfang von 2000 verschiedenen Werten möglich ist und ein Messbereich von 0 bis 199,9 V gewählt wird, entspricht ein Digit 0,1 V.

#### Messunsicherheit

z. B.:  $\pm (0,05$  % v.M. + 2D)

v.M.: vom Messwert

D = Digit: Kleinster Messwert innerhalb des gewählten Messbereiches.

Beispiele  $4^{1/2}$ -stellige Anzeigen:  
 120,23 V  $\rightarrow$  2D:  $0,01 \text{ V} \cdot 2 = 0,02 \text{ V}$   
 323,5 V  $\rightarrow$  2D:  $0,1 \text{ V} \cdot 2 = 0,2 \text{ V}$



5. Muss in einer elektrischen Anlage die Spannung gemessen werden, so ist die Messkategorie zu beachten (Tabelle).

- a) Welche Messkategorie ist notwendig, wenn in einem Schaltschrank eine 230-V-Spannungsmessung durchzuführen ist?  
 b) Aus Versehen wurde ein digitales Multimeter niedriger Kategorie eingesetzt. Welche Folgen kann dies haben?

a) Messkategorie: CAT III

b) Wird ein digitales Multimeter niedriger Kategorie eingesetzt, gefährdet sich der Prüfer selbst und die Anlage. Diese Multimeter können bei Spannungsüberschlägen beschädigt werden oder sich durch eine explosionsartige Lichtbogenbildung selbst zerstören.

6. Für den Servicebetrieb soll ein Digitalmultimeter angeschafft werden. Damit sollen auch Dimmer und Halogenbeleuchtungen überprüft werden.

- a) Welche besondere Eigenschaft sollte das Digitalmultimeter haben?  
 b) Warum ist dabei der Crestfaktor zu beachten?

**Hinweis:** Dimmer erzeugen z.B. nichtsinusförmige Spannungen

a) Das Multimeter muss echte Effektivwerte messen können (TRMS-fähig).

b) Der Effektivwert der Messgröße wird nur dann richtig angezeigt, wenn der Crestfaktor des Messgerätes gleich oder größer als das Verhältnis vom Scheitel- zu Effektivwert der Messgröße ist.

7. Es soll ein Eingangsspannungsteiler (Bild) für ein Digitalmultimeter bei Gleichspannung bestimmt werden. Für die Eingangsspannung  $U_E$  benötigt das Digitalmultimeter 0,2 V. Der Eingangsstrom  $I_E = 0$  A. Der Eingangswiderstand  $R_g = R_1 + R_2 + R_3$  soll 10 M $\Omega$  betragen. Berechnen Sie die Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .

**Hinweis:** Die Berechnung kann mithilfe der Formeln für Spannungsteiler oder über den Strom  $I$  erfolgen.

**Tabelle: Messkategorien (nach EN 61010-1)**

#### CAT IV



Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation, z.B.  
 • Leitungen und Kabel im Freien als Zuführung zum Gebäude  
 • Hausanschluss  
 • Zähler  
 • Primärer Überstromschutz

#### CAT III



Messungen in der Gebäudeinstallation, z.B.  
 • Geräte in Festinstallationen, z.B. Schaltgeräte, mehrphasige Motoren und stationäre Verbraucher  
 • Verteileranschluss  
 • Steckdosen für große Lasten

#### CAT II

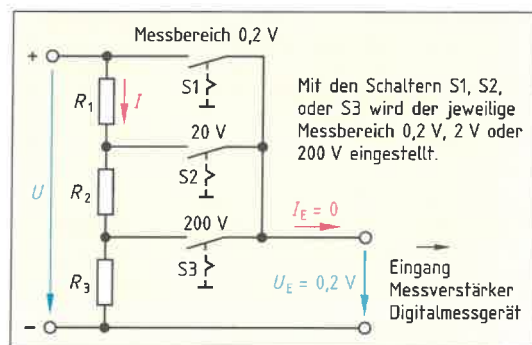


Messungen an Stromkreisen, die elektrisch direkt mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind, z.B.  
 • Steckdosen mehr als 10 m von CAT-III-Quelle oder mehr als 20 m von CAT-IV-Quelle entfernt  
 • Geräte mit Verbindung zu Steckdosen, z.B. in Büro und Haushalt

#### CAT I



Messungen an Stromkreisen, die nicht direkt mit dem Netz verbunden sind, z.B.  
 • Geschützte Elektronikbaugruppen  
 • Batteriebetriebene Geräte  
 • Batterien  
 • Kfz-Elektroanlagen



**Bild: Eingangsspannungsteiler eines digitalen Multimeters**

Geg.:  $U_E = 0,2 \text{ V}$ ;  $R_g = 10 \text{ M}\Omega$ ;  $U = 200 \text{ V}$  (20 V, 0,2 V)

Ges.:  $R_1, R_2, R_3$

Lösung:

200 V: Berechnung von  $R_3$  mithilfe der Spannungsteilerformel

$$\frac{U_3}{U} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \Rightarrow$$

$$R_3 = \frac{U_3}{U} (R_1 + R_2 + R_3) = \frac{0,2 \text{ V}}{200 \text{ V}} \cdot 10 \text{ M}\Omega = 0,01 \text{ M}\Omega = 10 \text{ k}\Omega$$

20 V: Berechnung von  $R_1$  mithilfe des Stromes  $I$

$$I = \frac{U}{R_g} = \frac{20 \text{ V}}{10 \text{ M}\Omega} = 2 \mu\text{A}; R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{U - U_E}{I} = \frac{20 \text{ V} - 0,2 \text{ V}}{2 \mu\text{A}} = 9,9 \text{ M}\Omega$$

Berechnung von  $R_2$

$$R_g = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow$$

$$R_2 = R_g - R_1 - R_3 = 10 \text{ M}\Omega - 9,9 \text{ M}\Omega - 0,01 \text{ M}\Omega = 0,09 \text{ M}\Omega = 90 \text{ k}\Omega$$



Der Anschluss von Messgeräten muss besonders sorgfältig geschehen.

- Spannungsmesser werden parallel zu einem Verbraucher oder zu einer Spannungsquelle geschaltet.
- Strommesser werden grundsätzlich in Reihe zu einem Verbraucher oder einer Spannungsquelle in den Stromweg geschaltet.

1. Ergänzen Sie folgenden Text. Verwenden Sie dazu die Fachbegriffe: Verbrennung, Kurzschlussstrom, Strombuchse, zerstört.

Durch versehentliches falsches Einstecken einer Messleitung in eine **Strombuchse** kann es bei einer beabsichtigten Spannungsmessung im 400/230-V-Netz zu einem sofortigen hohen **Kurzschlussstrom** kommen. Dadurch kann das Messgerät **zerstört** werden. Durch einen Lichtbogen kann es weiterhin zu einer **Verbrennung**, z.B. an den Händen, führen.

2. a) Ergänzen Sie für einen Laborversuch die Schaltung (**Bild 1**) um vier Spannungsmesser, damit die Spannung  $U$  an der Spannungsquelle, die Spannung  $U_1$  an der Glühlampe E1,  $U_2$  an E2 sowie  $U_3$  über beide Glühlampen gemessen werden kann.  
 b) Tragen Sie an den Messgeräten die Polaritätszeichen „+“ und „-“, sowie die Bezugspfeile und Formelzeichen für alle Spannungen ein.

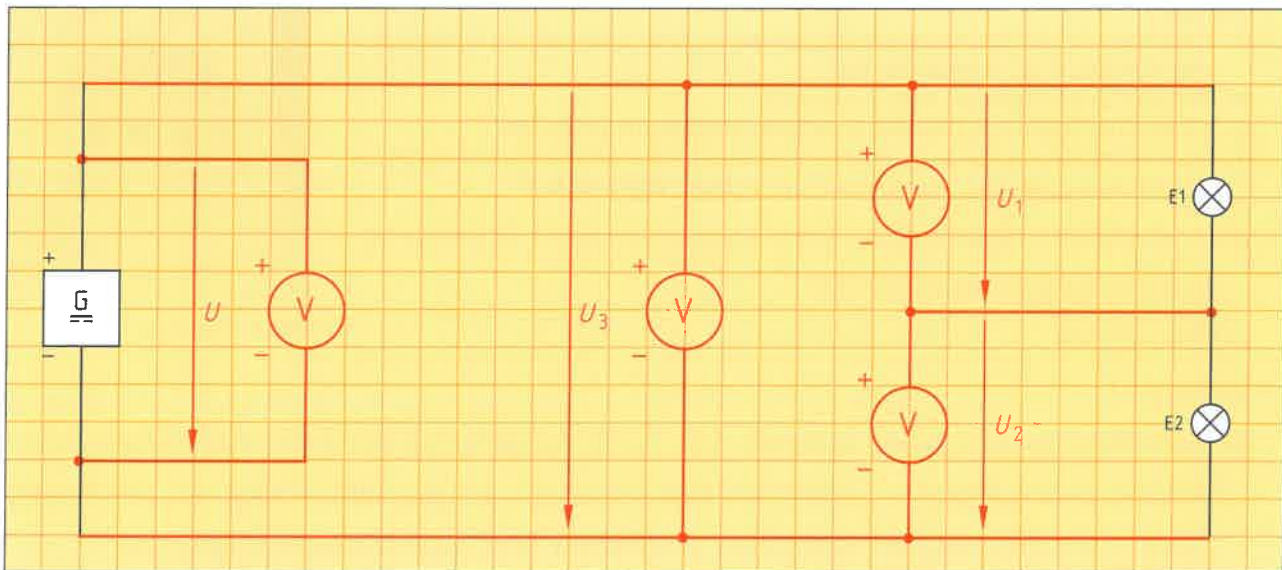


Bild 1: Spannungsmessungen

3. Einpolige Spannungsprüfer (**Bild 2**) werden in der Elektrotechnik meist von Laien verwendet.

- a) Welchen Nachteil haben diese Spannungsprüfer?  
 b) Bis zu welcher Spannungshöhe darf der Spannungsprüfer von Laien verwendet werden?  
 c) Erklären Sie die Handhabung.

a) **Keine Anzeige der Spannungshöhe.**

**Weiterhin kann bei gut isolierenden Standorten, z.B. auf Holzleitern, keine Anzeige zustande kommen.**

b) **250 V**

c) **Durch Berühren der Elektrode am Kopf des Spannungsprüfers wird ein Messkreis über den menschlichen Körper und dem Erdungswiderstand des Messkreises geschlossen. Dadurch fließt ein kleiner Strom, der die Glimmlampe im Spannungsprüfer zum Glimmen bringt.**

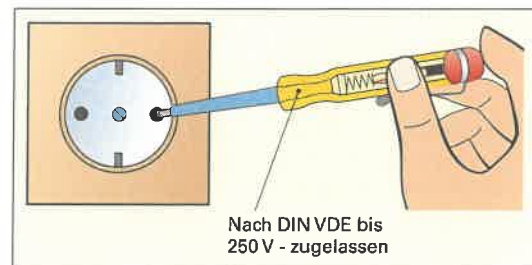


Bild 2: Spannungsprüfer



4. Mit einem einpoligen Spannungsprüfer wird eine Prüfung vorgenommen (Bild 1).  
 a) Zeichnen Sie den Stromverlauf  $I_{\text{prüf}}$  ein, der beim Prüfen im Stromkreis fließt.  
 b) Berechnen Sie den Strom  $I_{\text{prüf}}$  bei Vernachlässigung der Leitungswiderstände.

Geg.:  $U = 230 \text{ V}$ ,  $R_K = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_X = 3,2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 60 \Omega$ ,  
 $R_V = 120 \text{ k}\Omega$

Ges.:  $I_{\text{prüf}}$

Lösung:

$$I_{\text{prüf}} = \frac{U}{R_V + R_K + R_X + R_E}$$

$$= \frac{230 \text{ V}}{120 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega + 3,2 \text{ k}\Omega + 0,060 \text{ k}\Omega}$$

$$= \frac{230 \text{ V}}{124,26 \text{ k}\Omega} = 1,85 \text{ mA}$$

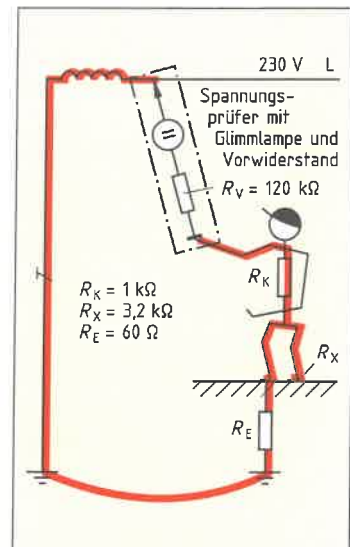


Bild 1: Stromverlauf bei einem einpoligen Spannungsprüfer

5. Mit einem Multimeter soll die Spannung an einer Steckdose (Bild 2) überprüft werden.

- a) Kann man an der Steckdose eine Spannung messen, obwohl kein Verbraucher angeschlossen ist? Begründen Sie.  
 b) Welche Spannungshöhe ist zu erwarten?  
 c) Ab welcher Spannungshöhe ist eine Spannung lebensgefährlich?  
 d) Beschreiben Sie die genaue Vorgehensweise zum Messen der Spannung an der Steckdose mithilfe des Digitalmultimeters (Bild 2, Blatt-Nr. 8.2).



Bild 2: Steckdose

- a) Ja, da Spannungsmesser immer parallel an einer Spannungsquelle angeschlossen werden.

- b) Etwa 230 V

- c) Ab 50 V

- d) Steckdose spannungslos schalten, z.B. durch Ausschalten des Leitungsschutzschalters. Mit dem Drehschalter V~ einstellen. Messleitungen am Digitalmultimeter an den Buchsen COM und V anschließen. Spannung zuschalten. Messwert ablesen. Steckdose spannungslos schalten. Messleitungen aus der Steckdose ziehen.

6. Nach dem Anschließen eines Messgerätes zur Spannungsmessung an einer Leuchte zeigte das Messgerät keine Spannung an (Bild 3). Vor der Messung war die Leuchte an. Beim Anschließen des Messgerätes war die Leuchte plötzlich aus. Geben Sie eine Erklärung für dieses Verhalten.

Das Messgerät war falsch eingestellt. Der Wahlschalter am Messgerät war für eine Strommessung eingestellt. Da bei einer Strommessung der Innenwiderstand des Messgerätes sehr klein ist (unter ein Ohm) wird die zu messende Spannung kurz geschlossen. Es kommt also zu einem Kurzschluss. Dadurch löst der Leitungsschutzschalter in der Verteilung und/oder die Sicherung im Messgerät aus. Das Messgerät kann trotz Auslösen der Sicherung beschädigt werden.

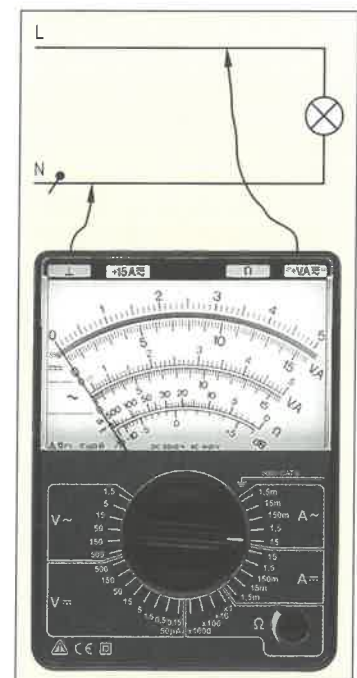


Bild 3: Messen an einer Leuchte



1. Wie werden Strommesser zum Messen von Strömen grundsätzlich geschaltet?

Strommesser werden grundsätzlich in Reihe mit dem Verbraucher geschaltet.

2. Es soll in einem Stromkreis einer elektrischen Anlage der Strom mit einem Strommesser gemessen werden. Beschreiben Sie eine sinnvolle Vorgehensweise im **Bild 1** in Pfeilrichtung.

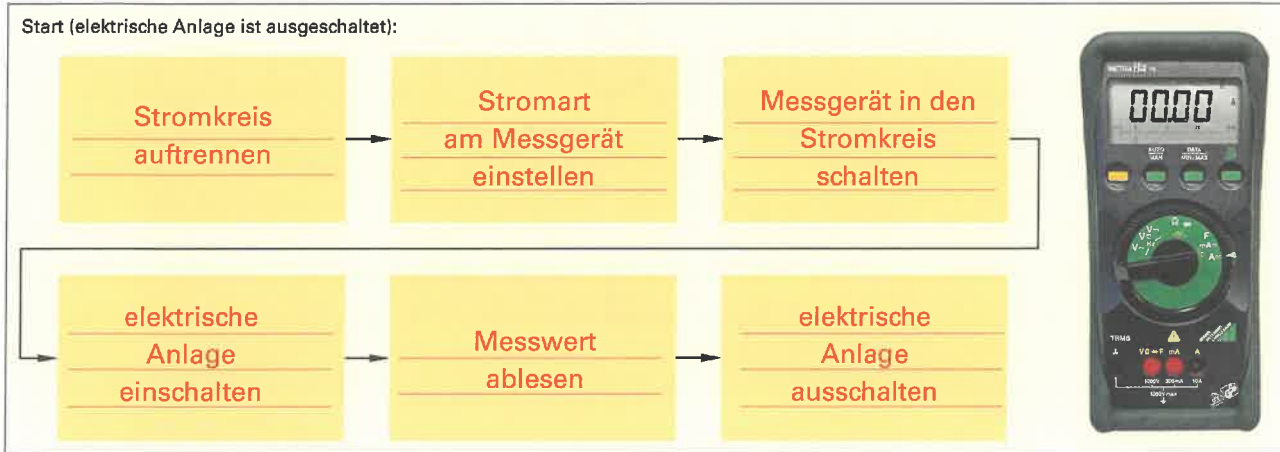


Bild 1: Messen der Stromstärke mit einem Digitalmultimeter

3. In einer Schaltung soll der Strom  $I_F$  durch eine Leuchtdiode (**Bild 2**) überprüft werden. Welcher Strom  $I_F$  ist zu erwarten?  
**Hinweis:** Berechnen Sie den Strom  $I_F$  unter Beachtung der Spannung  $U_F$ .

Geg.:  $U_1 = 12\text{ V}$ ,  $R_V = 560\ \Omega$ ,  $U_F = 1,7\text{ V}$   
 Ges.:  $I_F$   
 Lösung:  

$$I_F = \frac{U_1 - U_F}{R_V} = \frac{12\text{ V} - 1,7\text{ V}}{560\ \Omega} = 18,4\text{ mA}$$

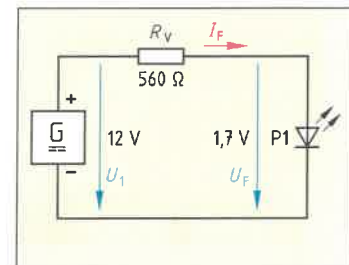


Bild 2: Leuchtdiode an Spannung

4. Manchmal kann man einen Strom nicht direkt messen, sondern indirekt mithilfe einer Spannungsmessung. Beschreiben Sie für **Bild 2** die indirekte Bestimmung des Stromes  $I_F$ .

Man misst die Spannung am Widerstand  $R_V$  und berechnet mithilfe des ohmschen Gesetzes den Strom  $I_F$ .

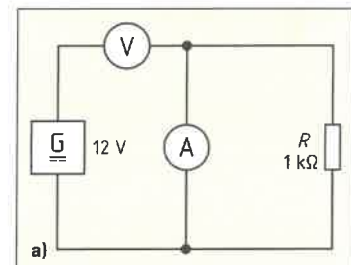


Bild 3: Fehlerhafte Messschaltung

5. a) Beschreiben Sie das Verhalten der fehlerhaften Messschaltung (**Bild 3**).  
 b) Welchen Messwert zeigt der Spannungsmesser an?  
 c) Begründen Sie die Anzeige des Strommessers?

a) Der Innenwiderstand des Strommessers ist sehr klein

(unter 1  $\Omega$ ), sodass ein Strom über den Spannungsmesser, Strommesser und zur Gleichspannungsquelle fließt. Durch den sehr kleinen Spannungsfall am Strommesser ist die Spannung am Widerstand sehr gering.

b) Der Spannungsmesser zeigt 12 V an.

c) Der Strom durch den Strommesser wird hauptsächlich durch den Innenwiderstand des Spannungsmessers bestimmt. Da der Innenwiderstand des Spannungsmessers sehr hoch ist, z.B. mehrere hundert Kiloohm, ist der Strom sehr gering. Der Strommesser zeigt deshalb keinen Wert an.



6. a) Ergänzen Sie die Schaltung (**Bild 1**) für einen Laborversuch um drei Strommesser, damit der Gesamtstrom  $I$ , der Strom  $I_R$  durch den Widerstand und der Strom  $I_E$  durch die Glühlampen E1 und E2 gemessen werden kann.  
 b) Tragen Sie an den Messgeräten die Polaritätszeichen „+“ und „-“, sowie die Bezugspfeile und Formelzeichen für alle Ströme ein.

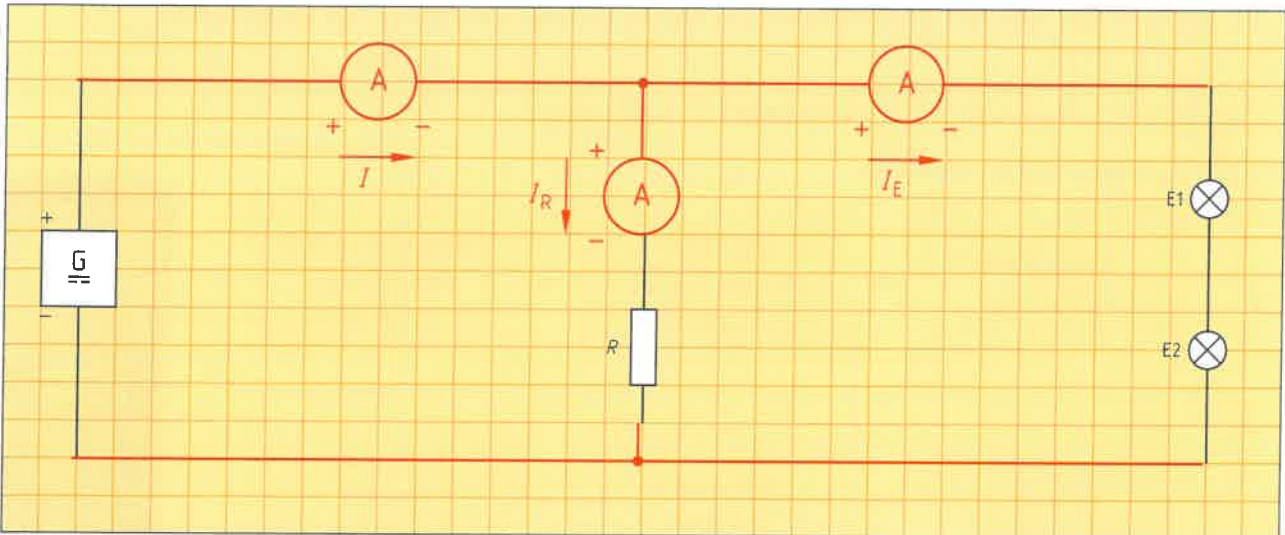


Bild 1: Strommessungen (1)

7. Mit dem Messgerät nach **Bild 2, Blatt-Nr. 8.1** soll ein unterschiedlicher Strom durch den Verbraucher  $R$  von a) 1,2 A und b) 3,4 A gemessen werden. Schließen Sie das Messgerät im **Bild 2** an.

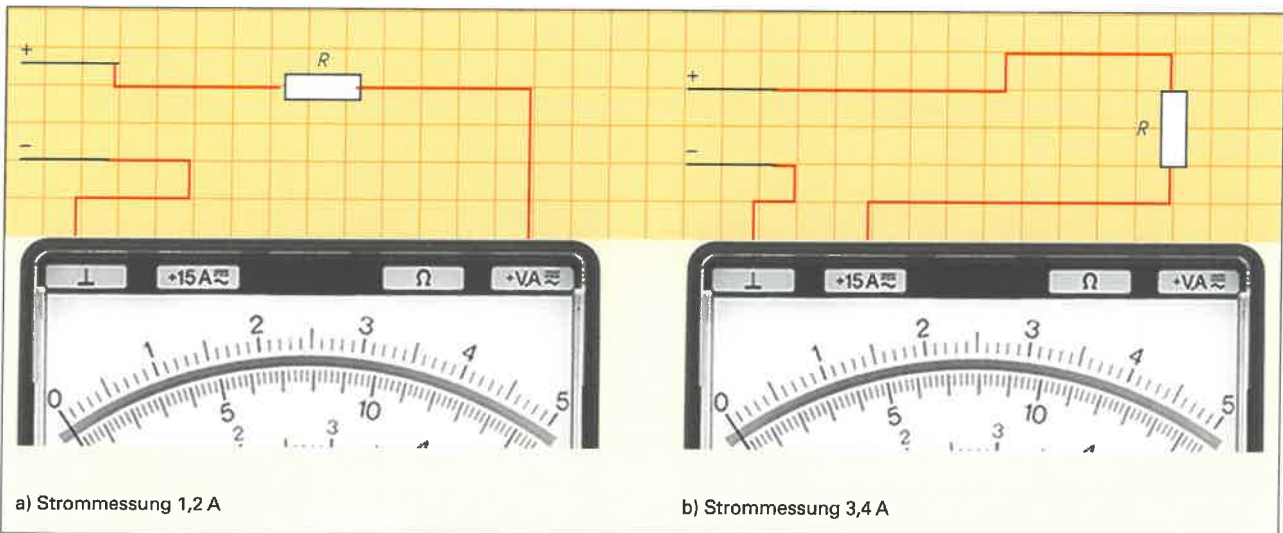


Bild 2: Strommessungen (2)

8. Mit Strommesszangen (**Bild 3**) kann man Ströme messen.  
 a) Welchen Vorteil haben Strommesszangen?  
 b) Für welche Stromgrößen verwendet man Strommesszangen allgemein?

a) Stromkreise müssen nicht aufgetrennt werden.

b) Für Ströme im mA-Bereich bis zu großen Strömen, z.B. mehrere hundert Ampere.



Bild 3: Strommesszange



Wird Arbeit in einer bestimmten Zeit verrichtet, so spricht man von Leistung. Die elektrische Leistung kann man direkt mit einem Leistungsmesser messen oder indirekt bei Gleichstrom über Spannung und Strom berechnen.

1. Zum Messen von Leistungen werden Leistungsmesser verwendet.

- a) Wie viele Anschlussklemmen hat ein Leistungsmesser?  
b) Erklären Sie die Aufgabe dieser Anschlussklemmen.

a) vier (bzw. 5)

b) Da man Strom und Spannung messen muss, benötigt man einen Strom- und Spannungspfad mit je zwei Anschlussklemmen.

2. Leistungen können direkt oder indirekt bestimmt werden.

- a) Ergänzen Sie beide Messschaltungen im Bild 1.  
b) Welche Leistung hat die Glühlampe?

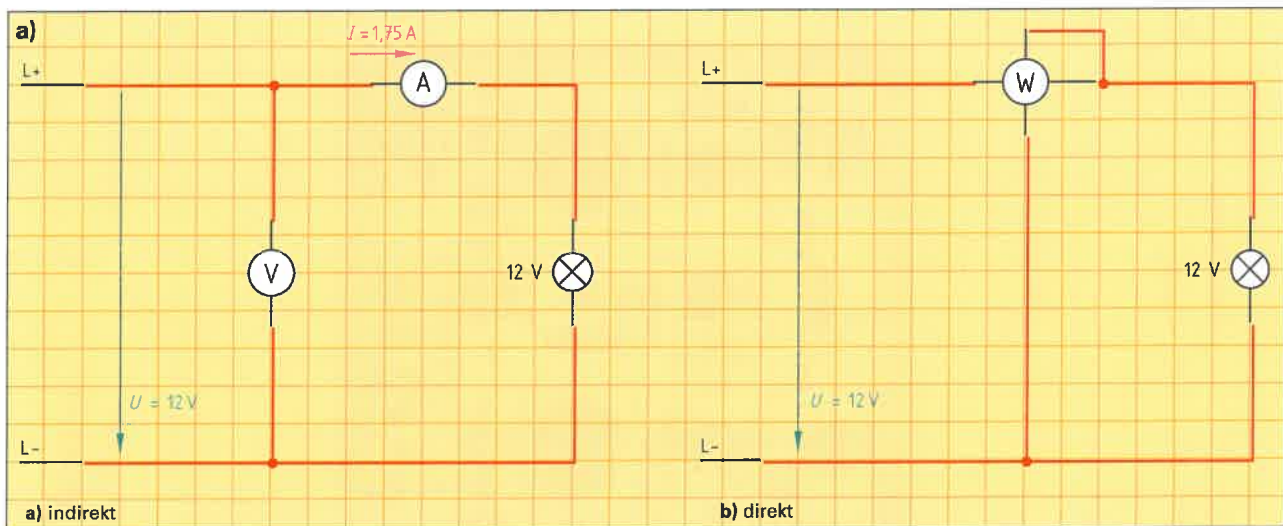


Bild 1: Leistungsmessungen

b) Geg:  $U = 12 \text{ V}$ ,  $I = 1,75 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi = 1$

Ges:  $P$  Lösung:  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 12 \text{ V} \cdot 1,75 \text{ A} \cdot 1 = 21 \text{ W}$

3. a) Benennen Sie die Teile des Leistungsmessers. b) Es soll mit dem Leistungsmesser die Leistung eines Einphasenmotors gemessen werden. Ergänzen Sie die Schaltung im Bild 2. c) Welche Leistung wird angezeigt?

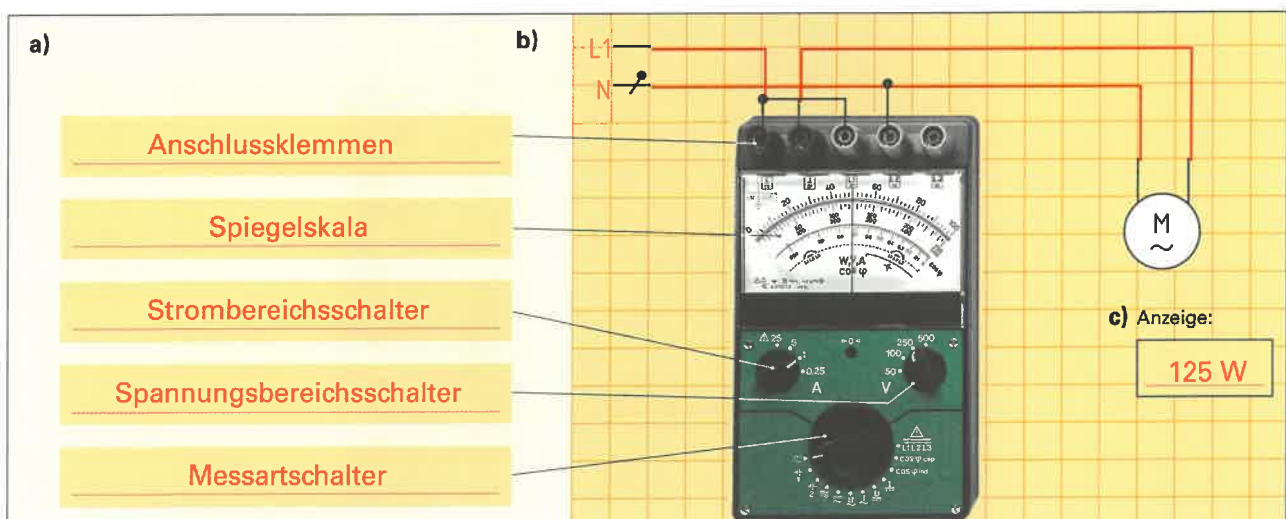


Bild 2: Messen mit dem Leistungsmesser



Das Oszilloskop ist ein Messgerät zur Darstellung des zeitlichen Verlaufes einer Spannung. Spannungen werden an den Eingangsbuchsen, z. B. Kanal I, und dem Masseanschluss gemessen. Digitalspeicher-Oszilloskope ermöglichen das Speichern der Eingangssignale.

1. Tragen Sie in das Bild die mit den Ziffern 1 bis 13 gekennzeichneten Teile eines Oszilloskops ein. Verwenden Sie deutsche Begriffe.

11 Steller Kanal II  
Vertikalrichtung

10 Steller  
Horizontal-  
richtung

6 Pegelsteller  
für Trigger-  
schwelle

5 Zeiteinsteller  
X-Richtung

9 Eingangsbuchse  
ext.  
Triggerung

8 Massebuchse

7 Eingangswahlschalter

4 Eingangsbuchse  
Kanal I

13 Steller Vertikal-  
amplitude Kanal I  
(Abschwächer)

2 Bildschärfe-  
steller

1 Helligkeits-  
steller

12 Netz-  
schalter

3 Steller Kanal I  
Vertikalrichtung

1 Bereich Kanal II

Bild: Frontansicht eines Zweikanal-Oszilloskops



2. Geben Sie an, welche elektrischen Größen man mit dem Oszilloskop messen, darstellen bzw. bestimmen kann.

Spannung, Strom, Periodendauer, Frequenz und Phasenverschiebung.

3. Am Oszilloskop findet man die Bezeichnung DIV bzw. div, z. B. bei V/DIV. Erklären Sie diese Bezeichnung.

div ist die Abkürzung für division (engl. für Teilung). Damit ist die Rasterteilung des Bildschirms gemeint. Diese beträgt bei üblichen Oszilloskopen 1 cm.

4. Welche Größe in div hat der Bildschirm des Oszilloskops im **Bild 1** in x- und y-Richtung?

X-Richtung: 10 div Y-Richtung: 8 div

5. Mit einem Oszilloskop soll mit Kanal I die Spannung  $U_2$  am Widerstand  $R_2$  gemessen werden. Ergänzen Sie die Messschaltung (**Bild 1**).

6. Die Einstellung des Oszilloskops im **Bild 1** beträgt 10 V/div. Wie groß ist die Spannung  $U$ , wenn sich die Nulllinie

- a) in Bildschirmmitte und  
b) am unteren Bildschirmrand befindet?

a)  $U = 10 \text{ V/div} \cdot 3 \text{ div} = 30 \text{ V}$

b)  $U = 10 \text{ V/div} \cdot 7 \text{ div} = 70 \text{ V}$

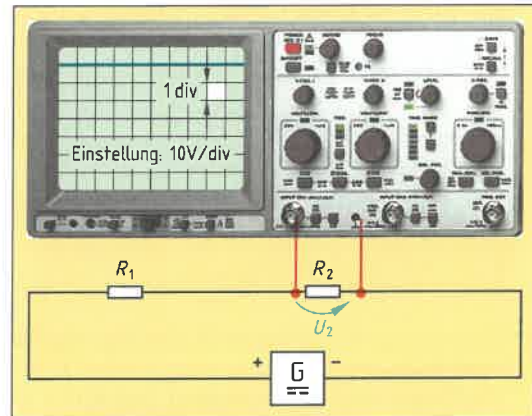
7. Das **Bild 2** zeigt zwei Einsteller.

- a) Um welche Einsteller handelt es sich?  
b) Warum sind es zwei Einsteller?  
c) Welche Spannung kann man maximal messen, wenn man das Oszilloskop nach **Bild, Seite 100** verwendet?

a) Steller Vertikalamplitude

b) Für Kanal I und Kanal II

c)  $U = 8 \text{ div} \cdot 20 \text{ V/div} = 160 \text{ V}$



**Bild 1: Messen einer Gleichspannung**



**Bild 2: Einsteller**

8. Um mit dem Oszilloskop höhere Spannungen messen zu können, verwendet man Tastteiler (**Bild 3**).

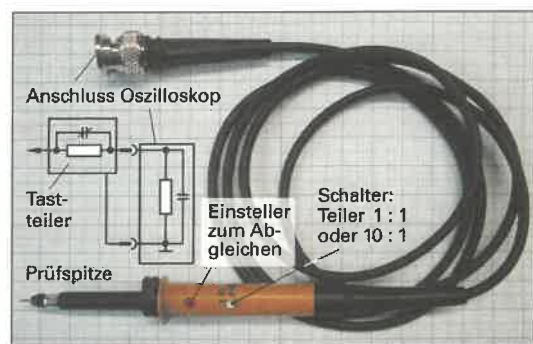
- a) Welche Bedeutung hat der Schalter mit der Angabe Teiler 1 : 1 oder 10 : 1?  
b) Welche maximale Spannung  $U$  könnte man mit dem Tastteiler messen? **Hinweis:** Frage 7c beachten!  
c) Welche wichtige Angabe macht der Hersteller des Tastteilers zum Messen von Spannungen im Vergleich zur Aufgabe b)?

a) 1:1: Die Messspannung an der Prüfspitze des Tastteilers entspricht der Spannung am Eingang bzw. Anschluss des Oszilloskops, also nach dem Tastteiler. Eine Änderung der Messspannung findet nicht statt.

10:1: Durch den eingebauten Spannungsteiler im Tastteiler wird die Messspannung im Verhältnis 10:1, z. B. von 100 V auf 10 V, herabgesetzt.

b)  $U = 8 \text{ div} \cdot 20 \text{ V/div} \cdot 10 = 1600 \text{ V}$

c) Der Hersteller gibt die Spannung an, die maximal mit dem Tastteiler gemessen werden kann. Die maximale Spannung kann z. B. 600 V betragen und ist unterschiedlich zu einem rechnerischen Wert der Aufgabe b).



**Bild 3: Tastteiler**



9. a) Welche beiden elektrischen Größen einer Wechselspannung zeigt **Bild 1**?  
 b) Welche weiteren elektrischen Größen können Sie mithilfe von  $\hat{u}$  und  $T$  bestimmen?  
 c) Berechnen Sie die Größen von Lösung a) und b)?

a) Scheitelwert  $\hat{u}$  und Periodendauer  $T$

b) Spitze-Talwert  $\hat{u}$ , Effektivwert  $U$  und

Frequenz  $f$

$$c) \hat{u} = 5 \text{ V/div} \cdot 3 \text{ div} = 15 \text{ V}$$

$$\hat{u} = 5 \text{ V/div} \cdot 6 \text{ div} = 30 \text{ V}$$

$$U = 0,707 \cdot \hat{u} = 0,707 \cdot 15 \text{ V} = 10,6 \text{ V}$$

$$T = 2 \text{ ms/div} \cdot 10 \text{ div} = 20 \text{ ms}$$

$$f = 1/T = 1/20 \text{ ms} = 50 \text{ Hz}$$

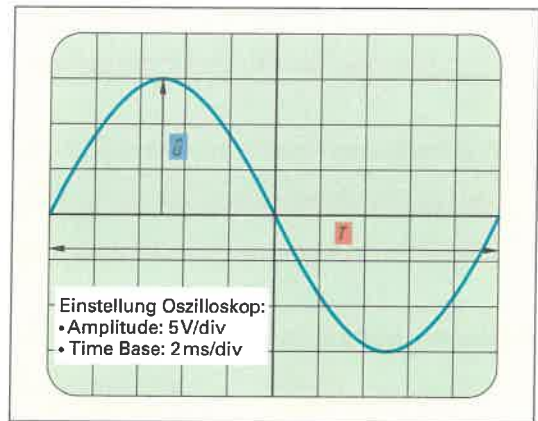


Bild 1: Wechselspannungsmessung

10. Ströme werden mit dem Oszilloskop indirekt gemessen. Bestimmen Sie in der Messschaltung im **Bild 2** die Höhe des Stromes  $I$ . Die Einstellung am Oszilloskop beträgt 0,1 V/div.

$$\hat{u} = 0,1 \frac{\text{V}}{\text{div}} \cdot 3 \text{ div} = 0,3 \text{ V}$$

$$U = 0,707 \cdot \hat{u} = 0,3 \text{ V} = 0,21 \text{ V}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0,21 \text{ V}}{1 \Omega} = 0,21 \text{ A}$$

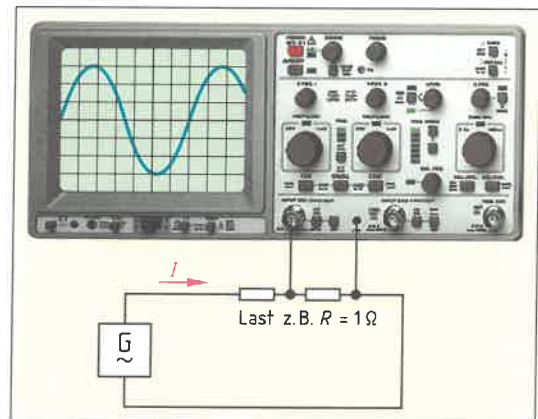


Bild 2: Strommessung

11. a) Durch welche Größe wird die Phasenverschiebung angegeben?  
 b) Welche Einheiten verwendet man für die Phasenverschiebung?  
 c) Wie kann man mit einem Oszilloskop die Phasenverschiebung zweier Wechselspannungen ermitteln?

a) Phasenverschiebungswinkel oder -zeit

b) Grad  $^\circ$  oder Sekunde s

c) Man misst mit einem Zweikanaloszilloskop den Abstand zwischen den Nulldurchgängen. Dann vergleicht man den Abstand mit einer vollen Periode von  $360^\circ$ .

**i** In der Elektrotechnik kann eine Wechselspannung gegenüber einer zweiten Wechselspannung verschoben sein. Die Nulldurchgänge der beiden Spannungen finden dann zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt. Man sagt beide Spannungen sind phasenverschoben.

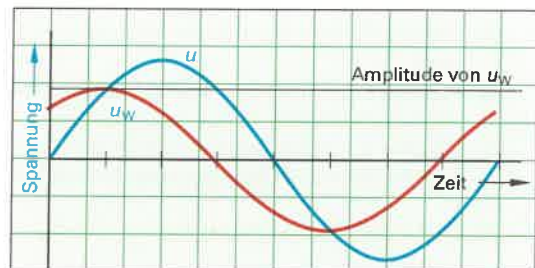


Bild 3: Phasenverschiebung von zwei Spannungen

12. Zwischen zwei Spannungen gleicher Frequenz beträgt der Phasenverschiebungswinkel  $45^\circ$ . Zeichnen Sie in **Bild 3** die Spannung  $U_w$  so ein, dass diese der Spannung  $U$  voreilt.

13. Bestimmen Sie im **Bild 4** den Phasenverschiebungswinkel zwischen der Spannung  $U_1$  und  $U_2$ .

$$\alpha = \frac{\Delta x \cdot 360^\circ}{X_T} = \frac{2 \text{ div} \cdot 360^\circ}{8 \text{ div}} = 90^\circ$$

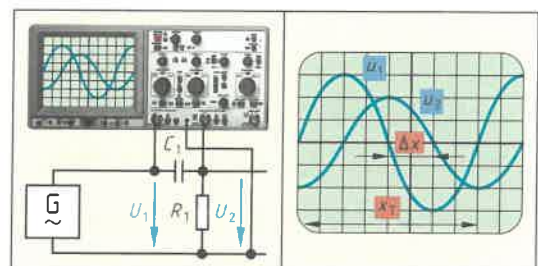


Bild 4: Messen der Phasenverschiebung mit dem Oszilloskop



Halbleiterwerkstoffe sind die Grundlage für viele elektronische Bauelemente, z. B. Dioden, Transistoren und Halbleiterwiderstände. Die Stromleitung in Halbleitern, z. B. Silicium (Bild 1), unterscheidet sich von der Stromleitung in Leitern, z. B. Metallen. Man unterscheidet P- und N-Leiter oder PN-Übergänge. Diese haben besondere Eigenschaften, z. B. temperatur-, spannungs- oder stromrichtungsabhängige Widerstände, die in elektronischen Bauelementen genutzt werden.



Bild 1: Monokristallines Silicium

1. Halbleiter grenzen sich durch ihre Leitfähigkeit von Leitern und Isolierstoffen ab. Ergänzen Sie diese Stoffarten in dem Diagramm (Bild 2) für den spezifischen Widerstand bei Zimmertemperatur. Geben Sie auch die Einheit für den spezifischen Widerstand an.

2. Wodurch entsteht Eigenleitung bei einem Halbleiterwerkstoff?

Bei Raumtemperatur schwingen die Atome im Kristallgitter. Dadurch brechen Atomverbindungen auf. Es entstehen freie Elektronen. An den Stellen, an denen sich die Elektronen aus dem Verbund gelöst haben, entstehen Löcher.

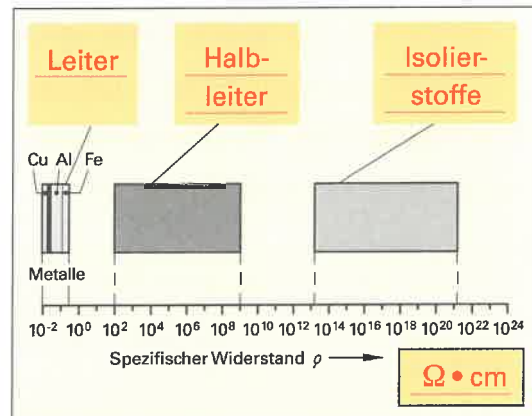
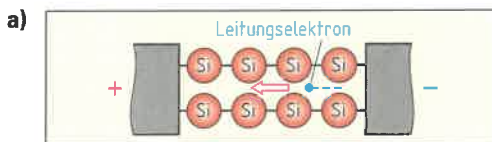
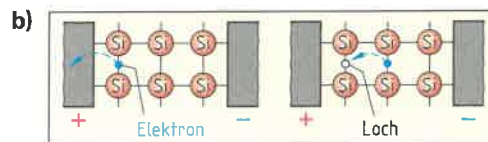


Bild 2: Spezifischer Widerstand von Stoffen

3. Bei der Stromleitung durch einen Halbleiter wird zwischen a) Elektronen- und b) Löcherleitung unterschieden. Erklären Sie die jeweilige Leitungsart.



Elektronen übernehmen den Ladungstransport.



Ein Loch wird von benachbarten Elektronen aufgefüllt. Dadurch wandert das Loch und nimmt am Ladungstransport teil.

4. Nennen Sie die Halbleiterwerkstoffe zur Herstellung der angegebenen elektronischen Bauelemente.

Dioden, Transistoren und Thyristoren: Silicium Leuchtdioden: Galliumarsenid

5. a) Wie kann die Leitfähigkeit eines Halbleiterwerkstoffes extrem erhöht werden?

b) Wie wird diese Art der Leitung bezeichnet?

c) Wie nennt man die technologische Umsetzung zur Erhöhung der Leitfähigkeit bei der Herstellung des Halbleitermaterials?

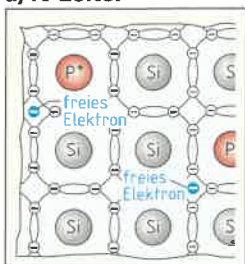
a) Durch Hinzufügen von Fremdatomen mit niedrigerer oder höherer Wertigkeit.

b) Störstellenleitung

c) Dotieren

6. Nennen Sie die Merkmale von a) N-Leiter und b) P-Leiter.

a) N-Leiter



Dotierungsstoffe:

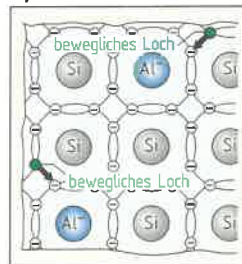
Phosphor, Arsen

Anzahl Elektronen auf der Außenschale: 5

Art der Ladungsträger:

Elektronen

b) P-Leiter



Dotierungsstoffe:

Aluminium, Bor

Anzahl Elektronen auf der Außenschale: 3

Art der Ladungsträger:

Löcher



Werden P- und N-Leiter zusammengefügt, entsteht ein PN-Übergang. Der PN-Übergang hat besondere Eigenschaften, z.B. einen Widerstand, der von der Stromrichtung abhängig ist. Diese Eigenschaft wird bei einer Diode (Bild 1) z.B. zur Gleichrichtung von Wechselstrom genutzt.

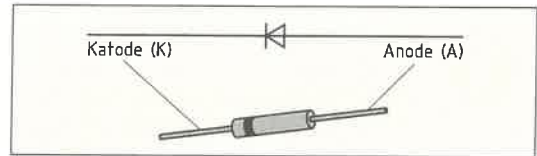


Bild 1: Diode

- Beim Zusammenfügen von P- und N-Leiter treten Ladungsträger aus der einen Halbleiterschicht in die andere Halbleiterschicht ein (Bild 2). Erklären Sie die Auswirkung beim Übertreten der Ladungsträger und das Entstehen der Sperrschicht.

Elektronen aus dem N-Leiter verbinden sich mit Löchern aus dem P-Leiter. Dadurch verschwinden im Bereich des PN-Übergangs die Ladungsträger. Es entsteht eine Sperrschicht.

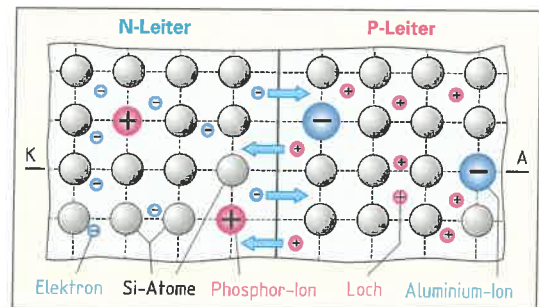


Bild 2: PN-Übergang

- An der PN-Schicht entsteht durch das Übertreten (diffundieren) der Ladungsträger in die jeweils andere Schicht eine Ladung. Dadurch entsteht eine Spannung, die man als Diffusionsspannung  $U_{Diff}$  (Bild 3) bezeichnet. Wie groß ist die Diffusionsspannung bei folgenden Halbleiterwerkstoffen?

- a) Silicium:  $\approx 0,7 V$     b) Germanium:  $\approx 0,3 V$   
c) Gallium-Arsenid:  $\approx 1,9 V$

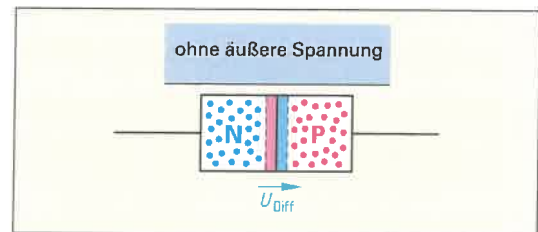


Bild 3: Diffusionsspannung

- Zeichnen und beschriften Sie den Spannungspfeil für die Durchlassspannung  $U_F$  und die Sperrspannung  $U_R$  in der richtigen Polarität in Bild 4 ein und
  - beschreiben Sie den Abbau der Sperrschicht beim Anlegen der Durchlassspannung.

Überschreitet die Durchlassspannung  $U_F$  die Diffusionsspannung  $U_{diff}$ , werden die Ladungsträger in der Sperrschicht aus ihrem Verbund gerissen.

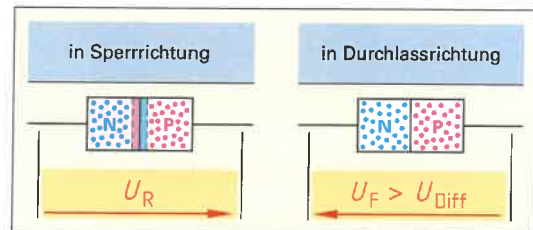


Bild 4: Durchlass- und Sperrrichtung

- Die Diffusionsspannung bewirkt, dass der PN-Übergang erst beim Anlegen einer Spannung, die größer als die Diffusionsspannung ist, leitfähig wird. Diese Spannung wird auch als Schleusen- oder Schwellenspannung  $U_S$  bezeichnet. Bezeichnen Sie die Schleusenspannung in der Dioden-Kennlinie (Bild 5).

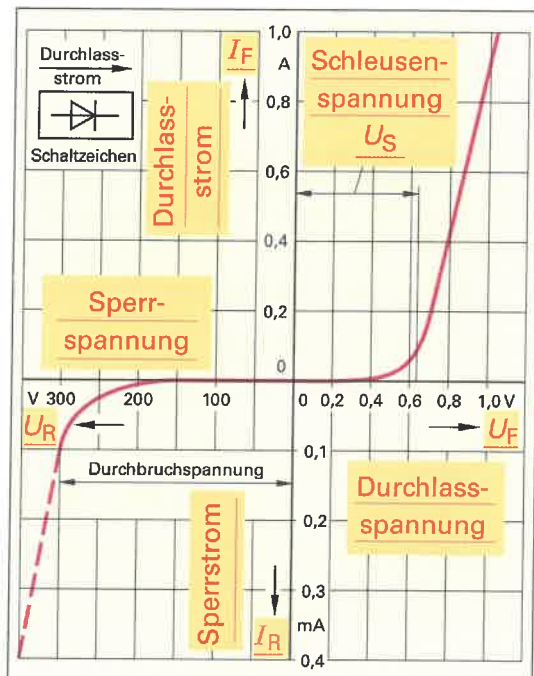


Bild 5: Dioden-Kennlinie

- Ergänzen Sie die Begriffe Durchlassspannung, Durchlassstrom, Sperrspannung und Sperrstrom in der Kennlinie (Bild 5) und geben Sie auch das Formelzeichen bei den Achsenbezeichnungen an.

In Durchlassrichtung wird die Diode beim Überschreiten der Schleusenspannung leitend.

In Sperrrichtung fließt bis zum Erreichen der Durchbruchspannung nahezu kein Strom.

- Nennen Sie ein wichtiges Einsatzgebiet für die Diode.

Gleichrichterschaltungen



Halbleiterwiderstände (**Bild**) ändern ihren Widerstand in Abhängigkeit von einer physikalischen Größe, z.B. NTC- oder PTC-Widerstände durch Änderung der Temperatur. Damit lassen sich z.B. Temperatursensoren oder Übertemperatursicherungen herstellen. Eine weitere wichtige Art von Halbleiterwiderständen sind VDR-Widerstände. Sie haben einen spannungsabhängigen Widerstand und werden z. B. in Überspannungsableitern eingesetzt.

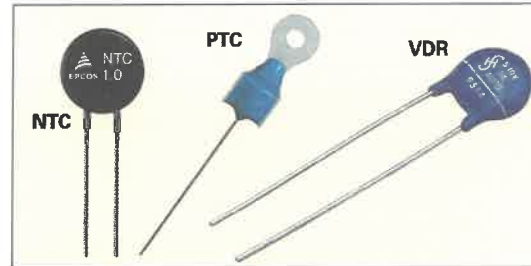


Bild: Halbleiterwiderstände

1. Vervollständigen Sie in der **Tabelle** die unvollständige Kennlinie des NTC und ergänzen Sie die fehlenden Einträge.

Tabelle: Kennlinien und Schaltzeichen von Thermistoren

Thermistoren	Heißeleiter (NTC)	Kaltleiter (PTC)
Widerstandsänderung bei Temperaturzunahme	Widerstand nimmt ab	Widerstand nimmt zu
Kennlinien $R = f(\vartheta)$		
Schaltzeichen		
NTC, Abkürzung für: <b>Negative Temperature Coefficient</b> PTC, Abkürzung für: <b>Positive Temperature Coefficient</b>		

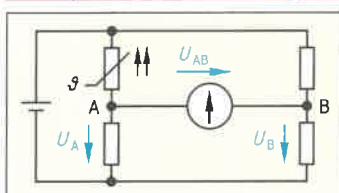
2. Beschreiben Sie die Betriebsarten a) Eigenerwärmung und b) Fremderwärmung bei einem temperaturabhängigen Widerstand.

- a) Eigenerwärmung: Die Erwärmung von innen infolge des durchfließenden Stroms.  
 b) Fremderwärmung: Die Erwärmung von außen infolge der Umgebungstemperatur.

3. Nennen Sie bei einem PTC-Widerstand

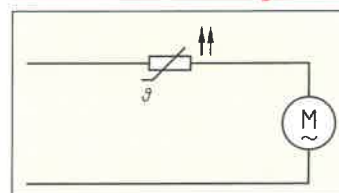
- a) die Bezeichnung der dargestellten Anwendung.  
 b) Ermitteln Sie die Widerstände für die angegebenen Temperaturen aus der Kennlinie in der **Tabelle**.  
 c) Ergänzen Sie die Wirkungskette zur Beschreibung der Funktionsweise und  
 d) geben Sie an, ob es sich bei der Betriebsart um Eigen- oder Fremderwärmung handelt.

a) Temperaturmessung



- b)  
 $R_{120^\circ\text{C}} \approx 150 \Omega$   
 $R_{150^\circ\text{C}} \approx 1,5 \cdot 10^5 \Omega$   
 $\approx 150 \text{ k}\Omega$

a) Überlastsicherung



- b)  
 $R_{70^\circ\text{C}} \approx 60 \Omega$   
 $R_{130^\circ\text{C}} \approx 0,9 \text{ k}\Omega$

- c) Temperatur steigt an  $\rightarrow$  Spannung  $U_A$  sinkt  
 und Spannung  $U_B$  bleibt konstant  
 $\rightarrow$  Brücken-Spannung  $U_{AB}$  wird kleiner.  
 d) Fremderwärmung

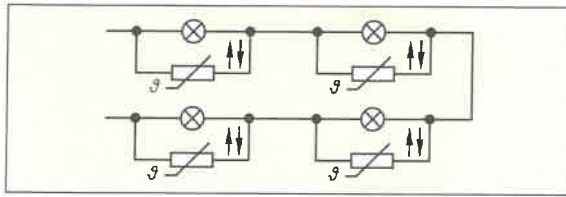
- c) Motor wird durch Last gebremst  $\rightarrow$  Strom wird größer  $\rightarrow$  Temperatur des Widerstandes wird größer  $\rightarrow$  Widerstandswert wird größer  $\rightarrow$  Strom durch Widerstand und Motor wird kleiner.  
 d) Eigenerwärmung



4. Nennen Sie bei einem NTC-Widerstand

- a) die Bezeichnung der dargestellten Anwendungen,
- b) ergänzen Sie die Wirkungskette zur Beschreibung der Funktionsweise und
- c) geben Sie an, ob es sich bei der Betriebsart um Eigen- oder Fremderwärmung handelt.

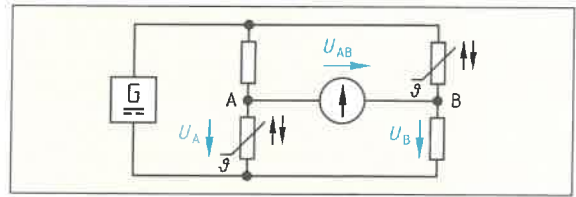
a) Lichterkette



- b) Lampe ist defekt → Spannung am Widerstand steigt → Strom durch Widerstand größer → Temperatur des Widerstandes wird größer → Widerstandswert sinkt → Strom durch Widerstand steigt → Beleuchtung geht nicht aus.

c) Eigenerwärmung

a) Temperaturmessung



- b) Temperatur steigt an → Spannung  $U_A$  am Messpunkt A sinkt und Spannung  $U_B$  am Messpunkt B steigt → Brücken-Spannung  $U_{AB}$  wird größer.

c) Fremderwärmung

5. Zeichnen Sie das Schaltzeichen eines Varistors.



6. Wie verhält sich der Widerstandswert eines VDR bei ansteigender Spannung?

Der Widerstandswert wird kleiner.

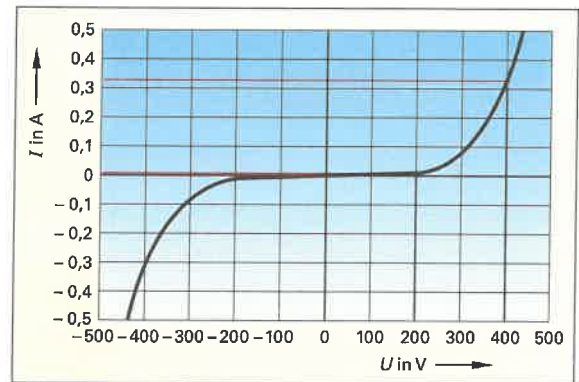


Bild: Varistor-Kennlinie

7. Bestimmen Sie den Widerstand des VDR a) bei 200 V und b) bei 400 V aus der Kennlinie (Bild).

a) Geg.:  $U = 200 \text{ V}$  Ges.:  $R_{200 \text{ V}}$   
 Lösung:  

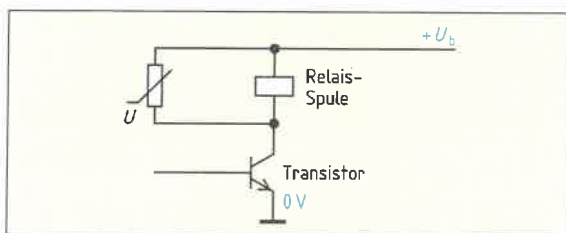
$$R_{200 \text{ V}} = \frac{U}{I} = \frac{200 \text{ V}}{0,01 \text{ A}} = 20 \text{ k}\Omega$$

a) Geg.:  $U = 400 \text{ V}$  Ges.:  $R_{400 \text{ V}}$   
 Lösung:  

$$R_{400 \text{ V}} = \frac{U}{I} = \frac{400 \text{ V}}{0,33 \text{ A}} = 1212,1 \Omega$$

8. Nennen Sie a) die Bezeichnung der folgenden Anwendungen eines VDR und b) beschreiben Sie die Funktionsweise durch die Erweiterung der angegebenen Wirkungskette.

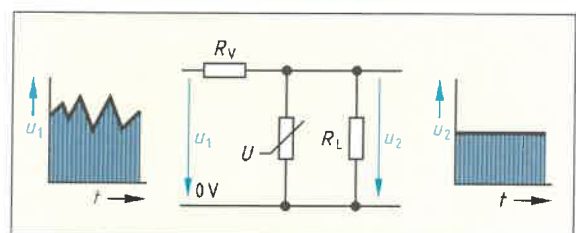
a) Schutz vor Induktionsspannung



- b) Transistor schaltet in kurzer Zeit von den leitenden in den gesperrten Zustand →

Spule erzeugt hohe Induktionsspannung  
 → VDR wird niederohmig und schließt Induktionsspannung kurz

a) Spannungsbegrenzung



- b) Spannung  $U_1$  wird größer →

VDR wird niederohmig  
 → Spannung  $U_2$  am Abgriff des Spannungsteilers wird kleiner



Bipolare Transistoren (**Bild 1**) sind verstärkende (aktive) Halbleiterbauelemente, die zum Schalten, z.B. in Steuerungsschaltungen, oder zum Verstärken von Analogsignalen, z.B. in NF-Verstärkern, verwendet werden. Sie bestehen aus drei Halbleiterschichten mit n- und p-leitendem Halbleitermaterial. Der Strom durch einen bipolaren Transistor muss im Gegensatz zu einem unipolaren Transistor (Feldeffekt-Transistor) durch zwei Arten von Halbleiterschichten, n- und p-Schicht (**Bild 2**), fließen.

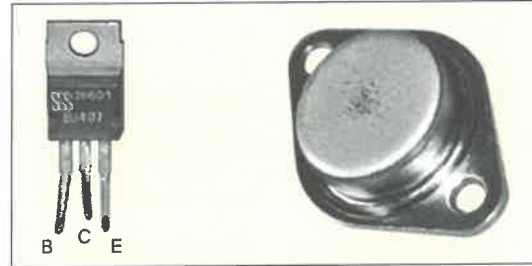


Bild 1: Bipolare Transistoren

1. Bezeichnen Sie in **Bild 2** die Anschlüsse eines bipolaren Transistors.

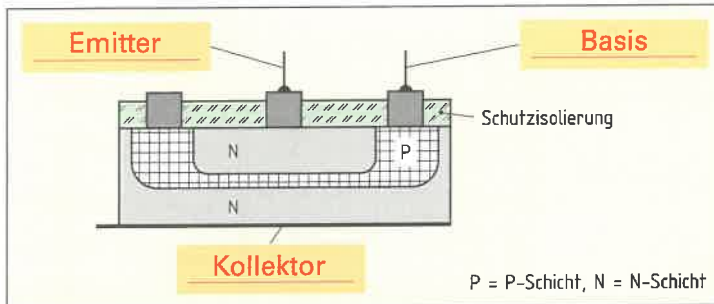


Bild 2: Aufbau eines Transistor

2. Tragen Sie die fehlenden Gehäusebezeichnungen für die Transistoren in **Tabelle 1** ein.

Tabelle 1: Gehäuse für Transistoren			
Ansichten	Gehäuse-bez.	Ansichten	Gehäuse-bez.
	TO 92		TO 220
	TO 18		TO 3
	TO 126		

3. Ergänzen Sie in **Tabelle 2** die Anschlusskurzbezeichnungen der Transistoren und den Schaltplan für die Emitterschaltung. Tragen Sie in den Schaltplan auch die Spannungsquellen mit den Polungen, die Bezugs Pfeile für die Ströme und deren Formelzeichen ein.

Tabelle 2: Typen bipolarer Transistoren und ihre Grundschaltungen			
Typ	Zonenfolge	Diodenvergleich	Emitterschaltung
NPN			

4. Vervollständigen Sie die folgende Wirkungskette zur Steuerung eines NPN-Transistors aus **Tabelle 2**.

Basisstrom  $I_B$  wird größer  $\rightarrow$  Kollektorstrom  $I_C$  wird größer  $\rightarrow$  Spannung an  $R_C$  wird größer und Spannung zwischen Kollektor und Emitter wird kleiner.

5. Ergänzen Sie a) die **Tabelle 3** mit den Bezeichnungen der Größen, z.B.  $I_B$ , für die angegebenen Werte und berechnen Sie b) mit den Werten aus **Tabelle 3** das Gleichstromverhältnis (Gleichstromverstärkung)  $B$ .

a)

Tabelle 3: Messwerte eines NPN-Transistors				
$I_B$	$U_{BE}$	$I_E$	$U_{CE}$	$I_C$
10 mA	0,6 V	1,51 A	6 V	1,5 A

b)

Geg.:  $I_C = 1,5 \text{ A}; I_B = 0,01 \text{ A}$   
 Ges.:  $B$   
 Lösung:  

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1,5 \text{ A}}{0,01 \text{ A}} = 150$$



6. Ein NPN-Transistor (**Bild 1**) soll mit einem Widerstandsmesser geprüft werden. Geben Sie an, bei welchen Strecken Durchgang oder kein Durchgang gemessen wird.

- Basis → Emitter: Durchgang
- Emitter → Basis: kein Durchgang
- Basis → Kollektor: Durchgang
- Kollektor → Basis: kein Durchgang
- Kollektor → Emitter: kein Durchgang
- Emitter → Kollektor: kein Durchgang

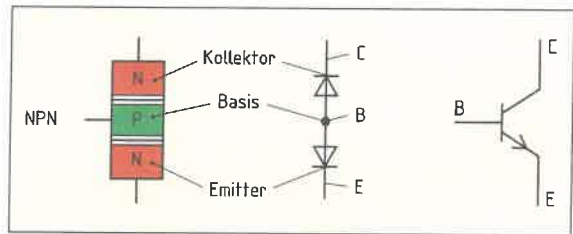


Bild 1: Aufbau eines Transistors

7. Welche Grenzwerte eines Transistors könnten überschritten und somit der Transistor zerstört werden, wenn im Basis- oder Kollektor-Anschluss kein Vorwiderstand vorhanden wäre?

$I_{Bmax}, I_{Cmax}, P_{tot}$

8. a) Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld (**Bild 2**)  $I_B, I_C$  und  $U_{CE}$  bei einer  $U_{BE}$  von 0,65 V.  
 b) Berechnen Sie das Gleichstromverhältnis  $B$ .  
 a)  $I_B$ : 1 mA     $I_C$ : ≈ 160 mA     $U_{CE}$ : ≈ 14 V

b) Geg.:  $I_b = 1 \text{ mA}, I_c = 160 \text{ mA}$     Ges.:  $B$   
 Lösung:  

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{160 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = 160$$

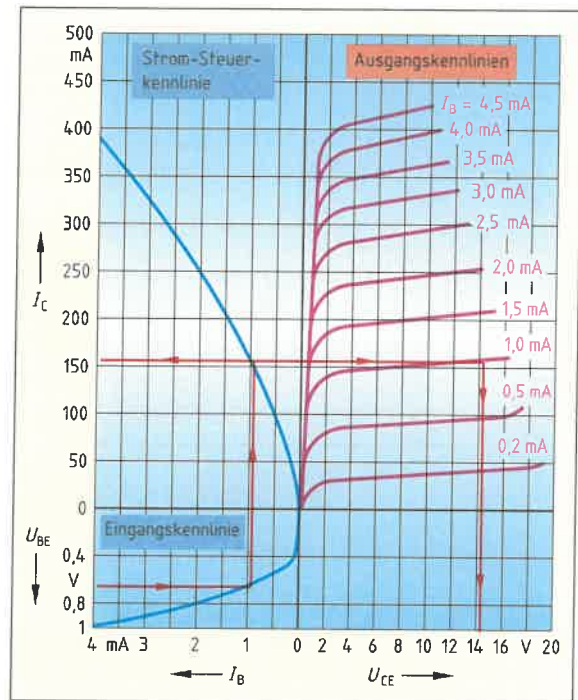


Bild 2: Kennlinienfeld eines Transistors

9. Ergänzen Sie die Funktionsbeschreibungen zu verschiedenen Einsatzgebieten von Transistorschaltungen (**Bild 3 a, b und c**).

- a) **Transistor zur Anpassung von Spannung**  
 Bei einer Spannung von 5 V am Eingang der Schaltung fließt ein Basisstrom → Es fließt ein großer Kollektorstrom → Der Transistor schaltet durch → Die Spannung zwischen C und E geht im voll durchgeschalteten Zustand gegen 0 V  
 Bei 0 V am Eingang fließt kein Basisstrom → Der Transistor sperrt → Die Spannung zwischen C und E beträgt ca. 24 V
- b) **Transistor zum Schalten eines Schütz**  
 Eine Steuerspannung erzeugt einen kleinen Basisstrom → Es fließt ein großer Kollektorstrom zum Schalten des Schütz → Der Schütz schaltet einen sehr großen Strom für den Motor
- c) **Transistor zur Verstärkung eines Analogsignals**  
 Eine kleine Wechselfspannung am Eingang der Schaltung erzeugt einen kleinen Wechselstrom durch die Basis des Transistors → Es fließt ein großer Wechselstrom durch den Lastwiderstand  $R_C$  über den Kollektor zum Emitter → Am Lastwiderstand  $R_C$  fällt eine große Wechselspannung ab → Die verstärkte Wechselfspannung wird am Kollektor gegen Masse abgegriffen

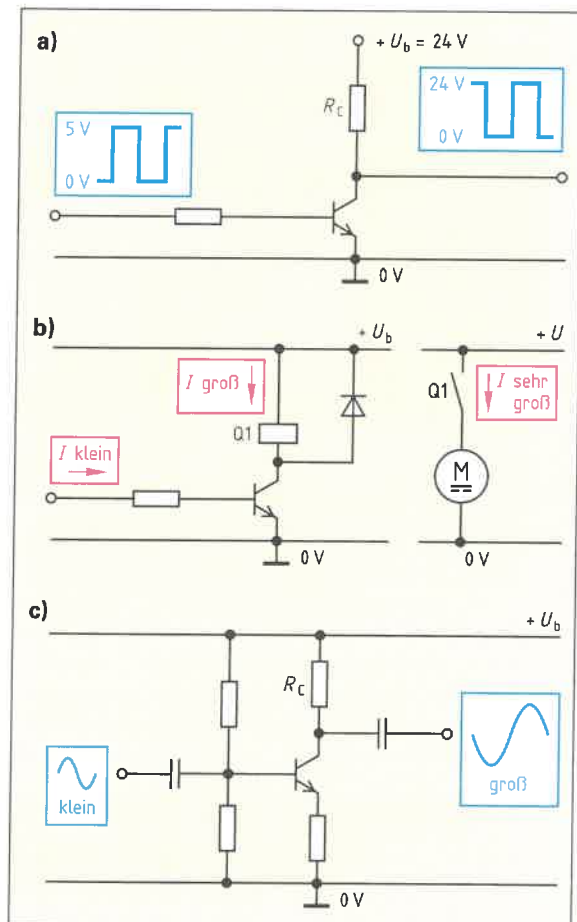


Bild 3: Einsatzgebiete von Transistoren (Beispiele)



Feldeffekttransistoren (Bild 1) werden in der Energietechnik häufig als Schalttransistoren, z.B. in Netzteilen, oder in der Übertragungstechnik, z.B. in Signal-Verstärkern, verwendet. Sie werden auch als unipolare Transistoren bezeichnet, weil im Arbeitsstromkreis nur eine Art von Ladungsträgern, z.B. n-Ladungsträger, verwendet wird. Im Vergleich zu bipolaren Transistoren wird kein Steuerstrom benötigt, man spricht auch von leistungsloser Steuerung.

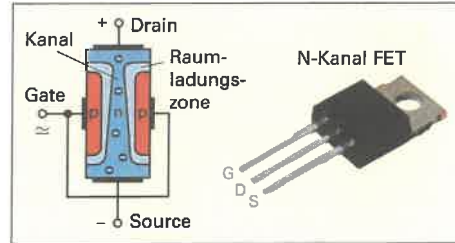


Bild 1: Feldeffekttransistor (FET)

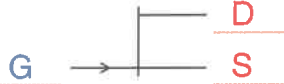
1. Beschreiben Sie jeweils das grundlegende Merkmal der beiden Arten von Feldeffekttransistoren.

IG-FET (MOS-FET): Der Kanal zwischen Drain und Source ist durch eine Isolierschicht vom Gate getrennt.

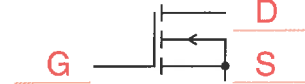
J-FET (Sperrschicht-FET): Der Kanal zwischen Drain und Source ist durch eine Sperrschicht vom Gate getrennt.

2. Bezeichnen Sie die Art sowie die Anschlüsse Drain, Source und Gate der Feldeffekttransistoren.

J-FET  
N-Kanal



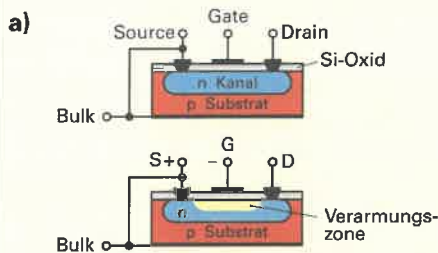
IG-FET  
N-Kanal



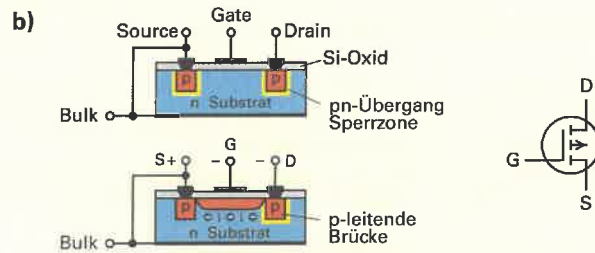
3. Erläutern Sie das grundlegende Funktionsprinzip eines FET indem Sie die fehlenden Begriffe einfügen.

Der Strom durch den Kanal zwischen Drain und Source wird durch ein elektrisches Feld gesteuert. Das elektrische Feld entsteht durch die Steuerspannung zwischen Gate und Source.

4. Erklären Sie bei den IG-FETs (Bild 2) die Bezeichnung a) Verarmungstyp und b) Anreicherungstyp.



Der FET ist ohne Steuerspannung bereits leitend. Durch Anlegen einer Steuerspannung werden Ladungsträger aus dem Kanal gedrückt.



Der FET ist ohne Steuerspannung nicht leitend. Durch Anlegen einer Steuerspannung werden Ladungsträger im Kanal angereichert.

Bild 2: Isolierschicht-Feldeffekttransistoren (IG-FETs)

5. Ergänzen Sie die fehlenden Bezeichnungen in der Tabelle mit der Übersicht der Feldeffekttransistoren.

Tabelle: Feldeffekttransistoren			
Halbleiterelement	Kanal-Typ	Ladungsträger	Schaltzeichen
J-FET Sperrschicht FET	N-Kanal	Verarmung	
	P-Kanal	Verarmung	
IG-FET MOS-FET	P-Kanal	Verarmung	
	P-Kanal	Anreicherung	
	N-Kanal	Anreicherung	
	N-Kanal	Verarmung	



6. Formulieren Sie aus den Kennlinien (Bild 1) den Zusammenhang zwischen Größe und Polarität der Steuerspannung und dem dadurch entstehenden Drainstrom.

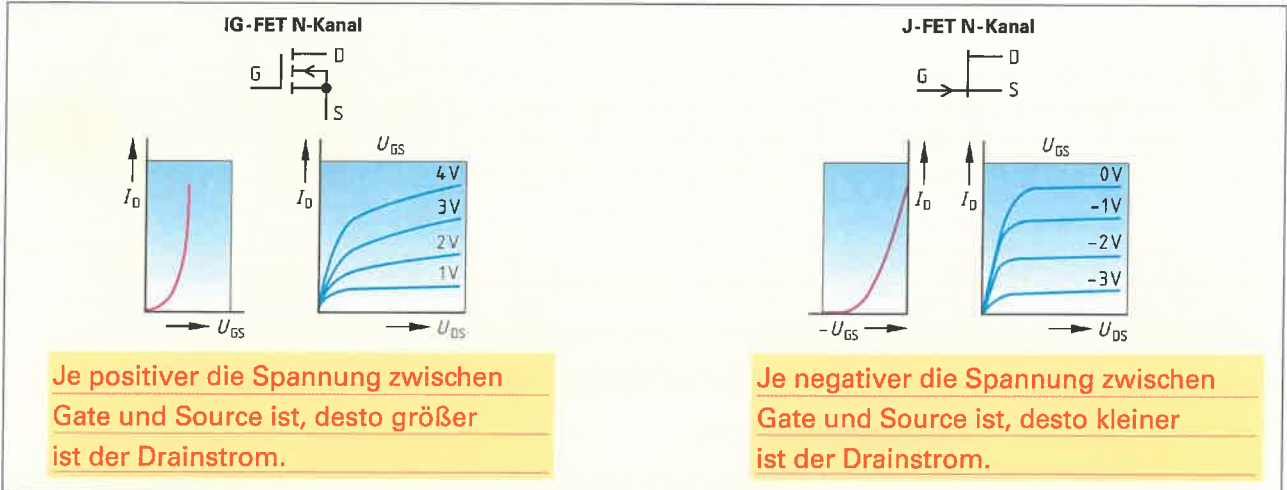


Bild 1: Kennlinien von Feldeffekttransistoren

7. Ergänzen Sie in Bild 2 die Spannungspfeile für  $U_{GS}$  und  $U_{DS}$  sowie den Strompfeil für  $I_D$  der Schaltungen zur Erzeugung der Gate-Source-Vorspannung für einen FET.

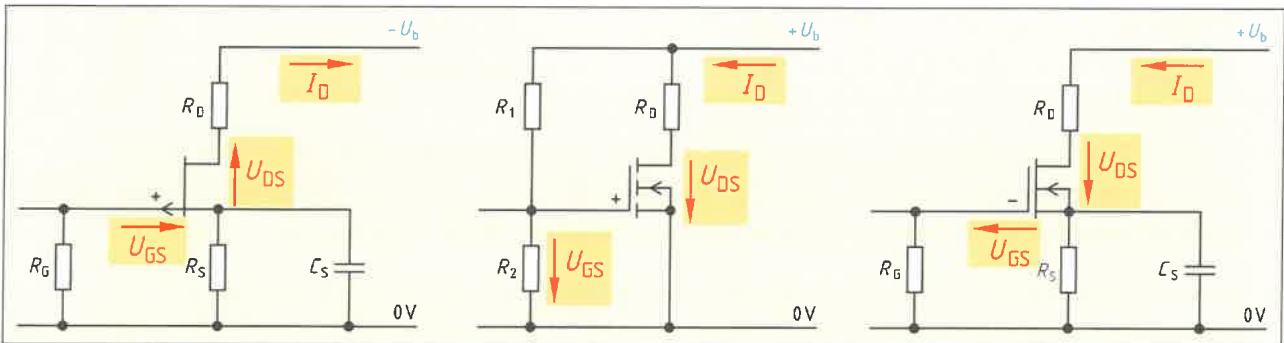


Bild 2: Erzeugen der Gate-Source-Vorspannung

8. a) Ergänzen Sie im Bild 3 eine Periode der Ausgangsspannung  $U_{2\sim}$  eines NF-Verstärkers mit J-FET (Bild 4) und b) berechnen Sie die Spannungsverstärkung. Ermitteln Sie die dazu notwendigen Werte aus dem Schaltbild und den angegebenen Kennlinien (Bild 3).

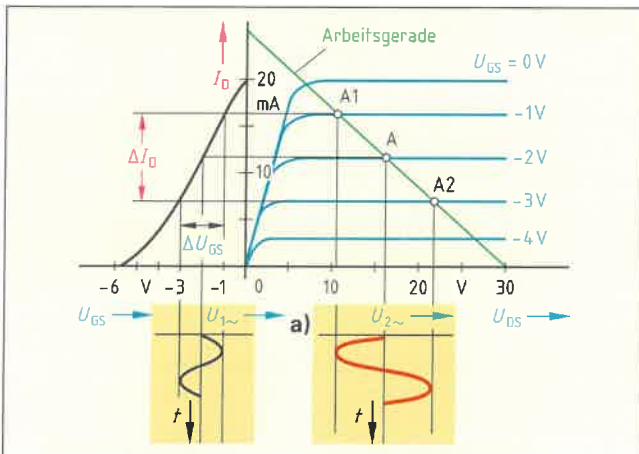


Bild 3: Übertragungs-Kennlinie NF-Verstärker

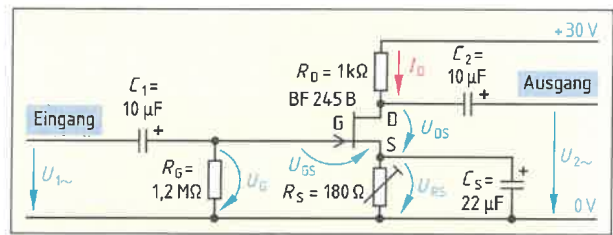


Bild 4: NF-Verstärker mit J-FET

b)

$$S = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} = \frac{10 \text{ mA}}{2 \text{ V}} = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$V_U = R_D \cdot S = 1 \text{ k}\Omega \cdot 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}} = 5$$

9. IG-FET, z.B. auf einer Leiterplatte, sind empfindlich gegenüber elektrostatischen Entladungen, auch Electrostatic Discharge oder kurz ESD genannt. Erklären Sie, a) wodurch diese Gefahr entsteht und b) welche Schutzmaßnahmen ergriffen werden können. Ergänzen Sie dazu folgenden Text.

- a) IG-FET haben einen sehr hohen Eingangswiderstand. Dadurch erzeugen elektrostatische Entladungen sehr hohe Spannungen am Eingang.
- b) Verhindern von Aufladungen, z.B. durch leitfähigen Fußboden, ESD-Arbeitsplatz oder ESD-Schutzverpackung. Verhindern von hohen Spannungen bei der Entladung, z.B. durch einen Kurzschlussbügel für die Anschlüsse des FET.



Optoelektronische Bauelemente (**Bild 1**) können in optoelektronische Sender, z.B. Leuchtdioden, und optoelektronische Empfänger, z.B. Fotodioden, eingeteilt werden. Zur Planung und Reparatur von Schaltungen mit optoelektronischen Bauelementen benötigt man Kenntnisse zur Funktionsweise sowie deren Kenn- und Grenzwerte.



Bild 1: Optoelektronische Bauelemente

1. Nennen Sie Beispiele für optoelektronische Bauelemente in den verschiedenen Einteilungen.

**Optoelektronische Sender**

- Leuchtdiode
- Laserdiode
- Infrarotdiode

**Optoelektronische Empfänger**

- Fotowiderstand
- Fotodiode
- Fotoelement
- Fototransistor

**Optoelektronische Sender und Empfänger**

- Optokoppler

2. Geben Sie die Anschlussbezeichnungen des Schaltzeichens für eine LED an.



3. Ergänzen Sie in der **Tabelle** die fehlenden Angaben zu den Halbleiterwerkstoffen für optoelektronische Sender.

**Tabelle: Halbleiterwerkstoffe für optoelektronische Sender**

Werkstoff mit Dotierung	Farbe, Bereich	Wellenlänge in nm	Spannung $U_F$
GaAsSi	<u>infrarot</u>	930	1,2 V
GaAsP	rot	655	<u>1,6 V</u>
GaAsPN	orange	<u>625</u>	1,6 V
GaAsPN	<u>gelb</u>	590	1,8 V
GaPN	grün	555	<u>1,8 V</u>
InGaN	<u>blau</u>	465	<u>3 V</u>

4. Zeichnen Sie nach der Kennlinie  $I_F = f(U_F)$  (**Bild 2 a**) die entsprechende Kennlinie im linearen Maßstab (**Bild 2 b**). Berechnen Sie die Größe des Vorwiderstands  $R_V$  für einen Betrieb an  $U_b = 11$  V und einen Durchlassstrom  $I_F = 80$  mA. Für welche Leistung muss der Vorwiderstand dimensioniert sein?

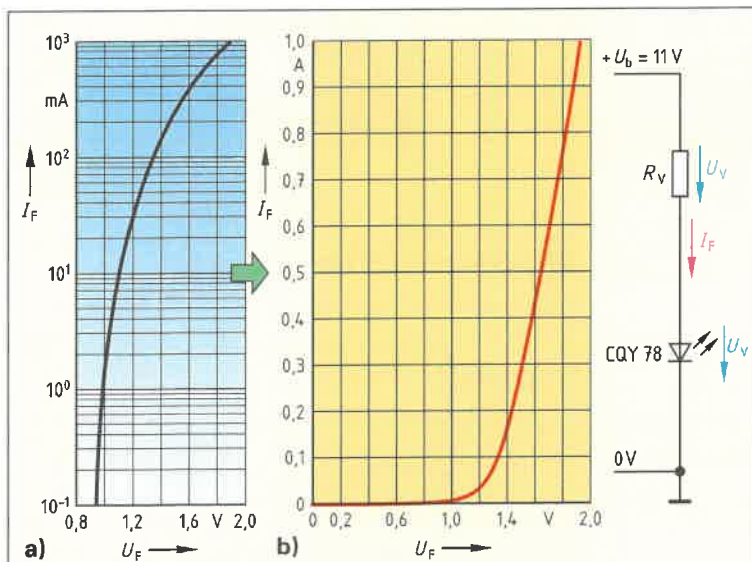


Bild 2: Kennlinien  $I_F = f(U_F)$  für Leuchtdiode CQY78

Geg.:  $U_b = 11$  V,  $I_F = 80$  mA  
 Ges.:  $R_V, P_R$   
 Lösung:  

$$R_V = \frac{U_V}{I_F} = \frac{U_b - U_F}{I_F}$$

$$= \frac{11 \text{ V} - 1,3 \text{ V}}{0,08 \text{ A}}$$

$$= 121,25 \Omega$$
 gewählt  $R_V = 120 \Omega$   

$$P_R = U_V \cdot I_F = (U_b - U_F) \cdot I_F$$

$$= 9,7 \text{ V} \cdot 0,08 \text{ A}$$

$$= 0,776 \text{ W}$$
 gewählt  $P_R = 1 \text{ W}$



5. Ergänzen Sie in der **Tabelle** die Benennungen der optoelektronischen Empfänger und beschreiben Sie ihre Eigenschaften und nennen Sie je ein Anwendungsbeispiel.

Tabelle: Optoelektronische Empfänger		
Benennung	Schaltzeichen	Eigenschaften und Anwendung
Fotowiderstand		Leitfähigkeit wird mit zunehmender Beleuchtungsstärke größer; für Gleich- und Wechselstrom geeignet. Anwendung z.B. als Lichtsensor in Dämmerungsschaltern.
Fotoelement		Erzeugt bei Lichteinfall eine elektrische Spannung. Anwendung z.B. zur Lichtmessung bei Lichtregelungen.
Solarzelle		Vergleichbar mit Fotoelementen; wandelt Lichtstrahlung in elektrische Energie um. Anwendung z.B. zur Elektroenergieerzeugung in Fotovoltaikanlagen.
Fotodiode		Muss in Sperrrichtung geschaltet sein; Fotostrom wächst mit der Beleuchtungsstärke, Anwendung z.B. in Lichtsensoren zur Lichtstärkemessung.
Fototransistor		Wirkt wie Fotodiode und Verstärker; dies ergibt eine hohe Fotoempfindlichkeit. Anwendung z.B. für Lichtschranken und zum Erfassen von Barcodes (Strichcodes).

6. Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld in **Bild 1** die Spannung  $U_{B1}$  am Fotowiderstand bei einer Beleuchtungsstärke von a) 500 lx und b) 100 lx.

- a)  $U_{B1 \text{ 500 lx}} = 11 \text{ V}$
- b)  $U_{B1 \text{ 100 lx}} = 21 \text{ V}$

7. Ergänzen Sie die Wirkungskette für die Funktionsweise des Dämmerungsschalters (**Bild 2**)

- a) bei hoher und
  - b) bei geringer Beleuchtung.
- a) **Hohe Beleuchtung:**  
 Beleuchtungsstärke wird größer  
 → Widerstand von B1 wird kleiner  
 → Spannung  $U_{BE}$  an der Basis des Schalttransistors K1 wird kleiner  
 → Transistor sperrt  
 → Leuchte E1 ist dunkel
- b) **Geringe Beleuchtung:**  
 Beleuchtungsstärke wird kleiner  
 → Widerstand von B1 wird größer  
 → Spannung an der Basis des Schalttransistors K1 wird größer  
 → Transistor öffnet  
 → Leuchte E1 ist hell

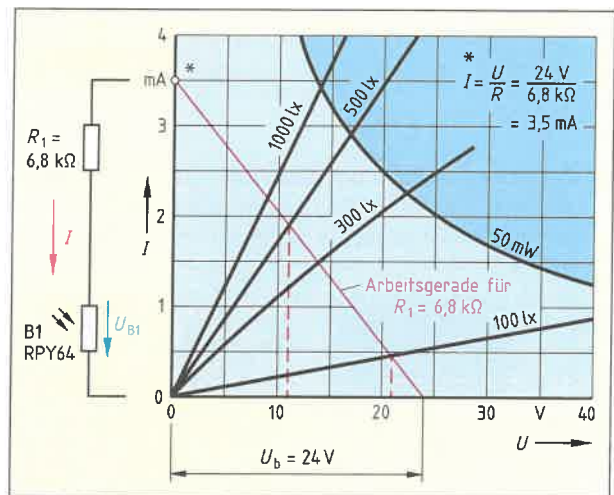


Bild 1: Kennlinienfeld Fotowiderstand RPY64

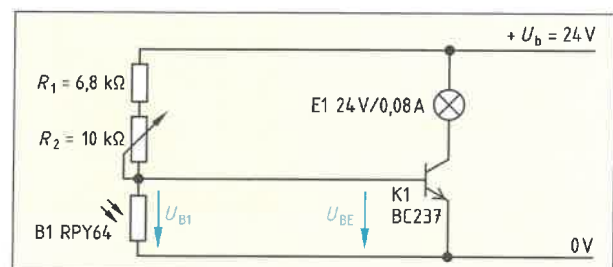


Bild 2: Dämmerungsschalter



Operationsverstärker (OP) sind mehrstufige Verstärker (Bild 1), die als integrierter Schaltkreis (IC) hergestellt werden. Der OP kann in Abhängigkeit von der äußeren Beschaltung nahezu alle Anwendungen übernehmen, die Verstärkerschaltungen enthalten und bisher mit diskreten Bauteilen, z. B. Transistoren, hergestellt wurden. So werden Operationsverstärker in verschiedenen Arten von Analogverstärkern, z. B. auch Kipp-, Filter- oder Oszillatorschaltungen, eingesetzt.

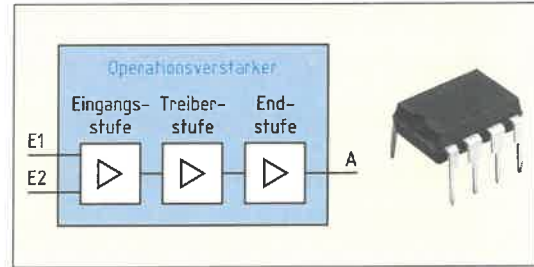


Bild 1: Operationsverstärker

1. Ergänzen Sie in Bild 2 die fehlenden Anschlüsse für die Spannungsversorgung und geben Sie die Spannungspfeile mit Beschriftung an den Eingängen und am Ausgang an.

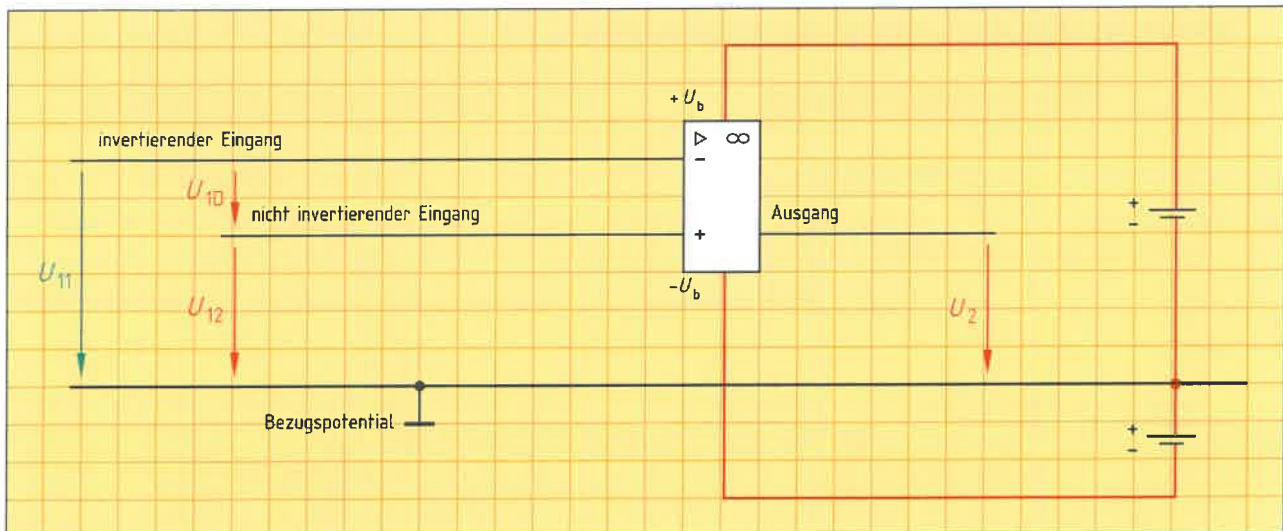


Bild 2: Anschlüsse am Operationsverstärker

2. Vervollständigen Sie die Tabelle mit typischen Kennwerten für Operationsverstärker.

Tabelle: Kennwerte eines Operationsverstärkers (Beispiel)			
Hohe Verstärkung:	$10^3$ bis $10^6$	Ausgangsstrom:	$< 100$ mA
Große Eingangsimpedanz:	$10^6$ bis $10^{14} \Omega$	Kleine Ausgangsimpedanz:	10 bis 200 $\Omega$

3. Die Steuerkennlinie eines Operationsverstärkers (Bild 3) stellt die Ausgangsspannung  $U_2$  in Abhängigkeit der Differenzeingangsspannung  $U_{1D}$  dar.

a) Kennzeichnen Sie in Bild 3 die Bereiche der Aussteuerung und der Übersteuerung.

b) Die Differenzeingangsspannung  $U_{1D}$  beträgt  $-0,1$  mV. Welche Ausgangsspannung  $U_2$  stellt sich ein?

$U_2 \approx 8,5$  V

c) Die Ausgangsspannung  $U_2$  soll  $+10$  V betragen. Welche Differenzeingangsspannung  $U_{1D}$  ist notwendig?

$U_{1D} \approx -0,12$  mV

d) Welche Differenzeingangsspannung  $U_{1D}$  ist mindestens notwendig, damit der Operationsverstärker in den Übersteuerungsbereich kommt?

$U_{1D} \approx -0,15$  mV oder  $+0,15$  mV

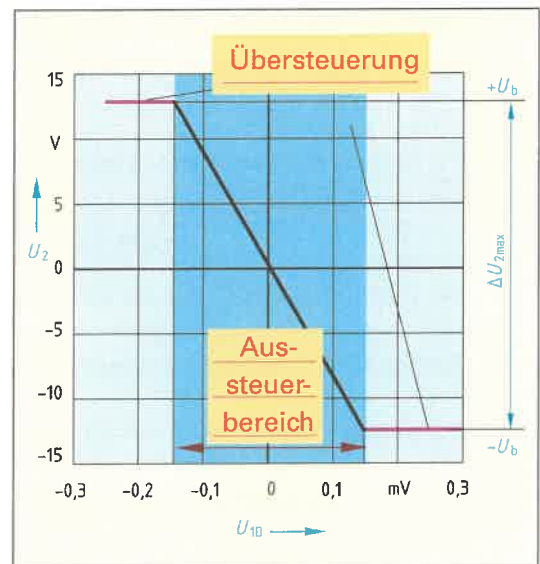


Bild 3: Kennlinie eines Operationsverstärkers



4. Warum ist bei vielen Operationsverstärkern **a)** ein Nullspannungsabgleich und **b)** eine Frequenzkompensation erforderlich?

**a)** Bei einer Differenzeingangsspannung  $U_{1D} = 0\text{ V}$  ist die Ausgangsspannung  $U_2$ , bedingt durch Fertigungstoleranzen, nicht exakt 0 V.

**b)** Bei höheren Frequenzen nimmt die Leerlauf-Spannungsverstärkung ab. Außerdem ändert sich die Phasenverschiebung zwischen Ein- und Ausgangsspannung. Dadurch kann es zum hochfrequenten Schwingen der Verstärkerstufe kommen.

5. Bezeichnen Sie in **Tabelle 1** die invertierende und die nichtinvertierende Verstärkerschaltung und geben Sie die jeweilige Formel für den Verstärkungsfaktor  $V$  an.

Tabelle 1: Verstärkerschaltungen mit Operationsverstärkern	
Invertierende Schaltung	Nichtinvertierende Schaltung
$V = -\frac{U_a}{U_e} = -\frac{R_K}{R_e}$	$V = \frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_K}{R_Q}$
<p><math>V</math> Spannungsverstärkungsfaktor, <math>U_a</math> Ausgangsspannung, <math>U_e</math> Eingangsspannung, <math>R_K</math> Rückkopplungswiderstand, <math>R_e</math> Eingangswiderstand, <math>R_Q</math> Eingangsquerswiderstand</p>	

6. Nennen Sie zu der Schaltung im **Bild a)** den Spannungsverstärkungsfaktor  $V$ , **b)** die Bezeichnungen für die Schaltung und **c)** ein Anwendungsbeispiel.

- a)** Spannungsverstärkungsfaktor  $V = 1$
- b)** Impedanzwandler
- c)** Anpassen von Verstärkerstufen mit hohem Ausgangswiderstand an Verstärkerstufen mit niedrigem Eingangswiderstand.

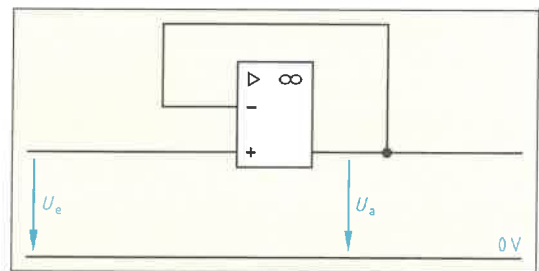


Bild: Impedanzwandler

7. Geben Sie zu den Anwendungen (**Tabelle 2**) die jeweils notwendige Schaltung des OP an.

Tabelle 2: Anwendung und dazu notwendige Schaltungen von Operationsverstärkern (Beispiele)	
Anwendung	Schaltung
Verstärken von Analogsignalen mit einer Phasendrehung	Invertierender Verstärker
Verstärken und addieren mehrerer Eingangsspannungen	Summier-Verstärker
Verstärken der Differenz zweier Eingangsspannungen	Differenz-Verstärker
Erzeugen einer Rechteckspannung	Astabile Kippschaltung
Vergleichen von zwei Eingangsspannungen	Komparator



Binäre Verknüpfungen der Digitaltechnik können auch mathematisch beschrieben werden. Dadurch lassen sich die benötigten Funktionen mathematisch minimieren und Digitalschaltkreise (Bild 1) einsparen. Man kann auch bestimmte Grundverknüpfungen durch andere Verknüpfungen ersetzen, um nur mit einer Art von Binärelementen, z. B. NAND, auszukommen und dadurch den Schaltungsaufbau zu vereinfachen.

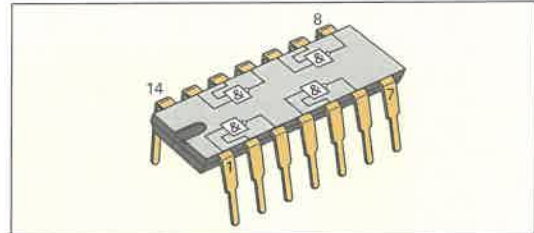


Bild 1: Digitalschaltkreis mit 4 NAND-Verknüpfungen

1. Tragen Sie in die **Tabelle 1** die Schreibweise für die üblichen Zeichen der Schaltalgebra ein. Ergänzen Sie die Ausgangswerte der schaltalgebraischen Grundfunktionen (**Tabelle 2**).

Tabelle 1: Schaltalgebraische Funktionen			
Zeichen	Benennung	Sprechweise	Schreibweise
—	Negation	A nicht	$\bar{A}$
∨	ODER	A oder B	$A \vee B$
∧	UND	A und B	$A \wedge B$
∇	NOR	A oder B, nicht	$\overline{A \vee B}$
⊗	NAND	A und B, nicht	$\overline{A \wedge B}$

Tabelle 2: Schaltalgebraische Grundfunktionen							
A	$\bar{A}$	A	B	$A \vee B$	A	B	$A \wedge B$
0	1	0	0	0	0	0	0
		0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	1	0	0
		1	1	1	1	1	1

2. Ergänzen Sie die Schaltung der Binärelemente zur Wechselschaltung (Bild 2). Ermitteln Sie die Schaltfunktion zu P1 und vervollständigen Sie die **Tabelle 3**.

$P1 = (\bar{A} \wedge B) \vee (A \wedge \bar{B})$

Tabelle 3: Wahrheitstabelle, Wechselschaltung				
A	B	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$(\bar{A} \wedge B) \vee (A \wedge \bar{B})$
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0

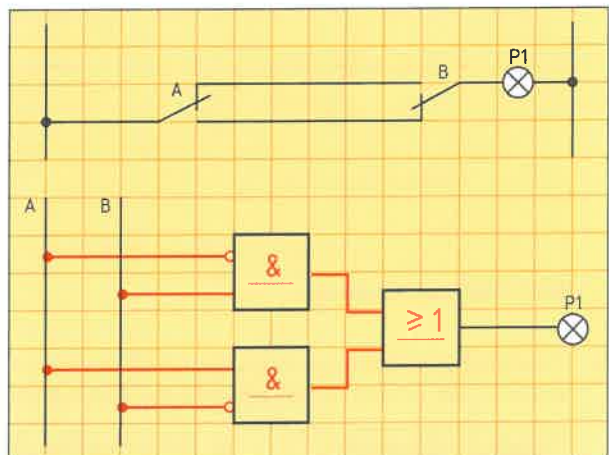


Bild 2: Wechselschaltung

3. Ermitteln Sie die Schaltfunktionen Q1, Q2, Q3 für die Schützspulen der Schützschaltung (Bild 3), abhängig von den Schaltern S1, S2 und S3. Ergänzen Sie die zugehörige **Tabelle 4**.

$Q1 = (S1 \vee Q1) \wedge \bar{Q2}$

$Q2 = (\bar{S2} \wedge S3) \wedge \bar{Q1}$

$Q3 = \bar{S2} \wedge Q2$

Tabelle 4: Wahrheitstabelle, Schützschaltung					
S1	S2	S3	Q1	Q2	Q3
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0

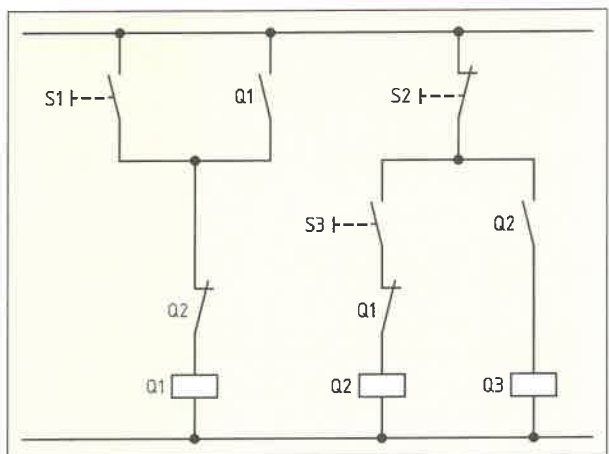


Bild 3: Schützschaltung



3. Ergänzen Sie **Tabelle 1**.

**Tabelle 1: Wahrheitstabelle, Ableitung der Regeln von de Morgan**

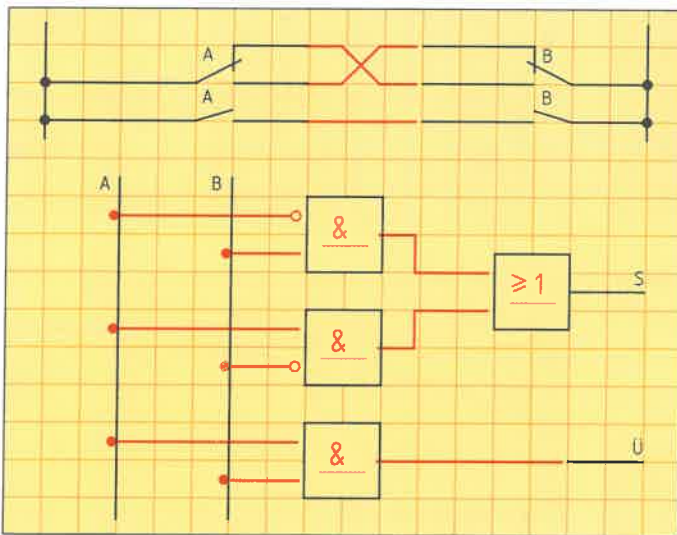
A	$\bar{A}$	B	$\bar{B}$	$A \vee B$	$A \wedge B$	$\overline{(A \wedge B)}$	$\overline{(A \vee B)}$	$\bar{A} \wedge \bar{B}$	$\bar{A} \vee \bar{B}$
0	1	0	1	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0

Welche beiden Gesetzmäßigkeiten gehen aus der Wahrheitstabelle (**Tabelle 1**) hervor?

**Hinweis:** Gesetze von de Morgan für  $(A \vee B)$  und  $(A \wedge B)$

$\overline{(A \vee B)} = (\bar{A} \wedge \bar{B})$        $\overline{(A \wedge B)} = (\bar{A} \vee \bar{B})$

4. Ergänzen Sie in **Bild 1** die Kontaktschaltung und die Schaltung mit den Binärelementen für einen Addierer zweier Dualzahlen  $a$  und  $b$ . Ermitteln Sie in **Tabelle 2** die Ausgangsfunktionen für die Summe  $S$  und den Übertrag  $\bar{U}$ .



**Bild 1: Addierer-Schaltung**

**Tabelle 2: Wahrheitstabelle, Addierer zweier Dualzahlen**

A	B	S	$\bar{U}$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Schaltfunktionen für S und  $\bar{U}$ :

$S = (\bar{A} \wedge B) \vee (A \wedge \bar{B})$

$\bar{U} = A \wedge B$

5. Erstellen Sie mithilfe der folgenden Wahrheitstabelle (**Tabelle 3**) für eine Steuerschaltung

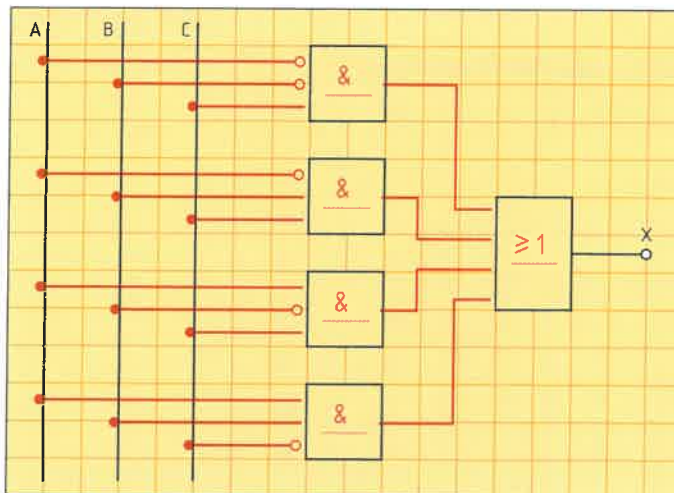
a) die Schaltfunktion in der disjunktiven Normalform und b) ergänzen Sie die Schaltung mit Binärelementen (**Bild 2**).

**Tabelle 3: Wahrheitstabelle für Steuerschaltung**

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

a) Schaltfunktion für X:

$X = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C) \vee (A \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (A \wedge B \wedge \bar{C})$



b) **Bild 2: Steuerschaltung**



In der Digitaltechnik werden Signale, z. B. Messwerte, als Zahlenwerte interpretiert. Im Vergleich zu einem Analogsignal (**Bild**) können dabei nur die Werte erfasst werden, die in dem vorgegebenen Zahlenbereich erfasst werden können. Die einfachste Art der digitalen Signale sind binäre Signale (**Bild**). Sie haben nur zwei Zustände, z. B. Ein und Aus. Digitalsignale (**Bild**) lassen sich als Zahlenwerte mit Computern verarbeiten.

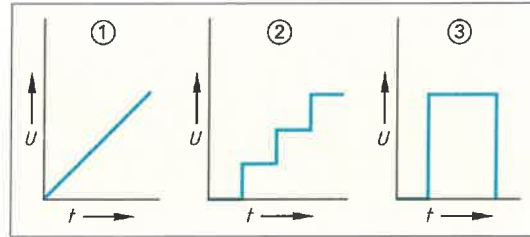


Bild: Signalarten

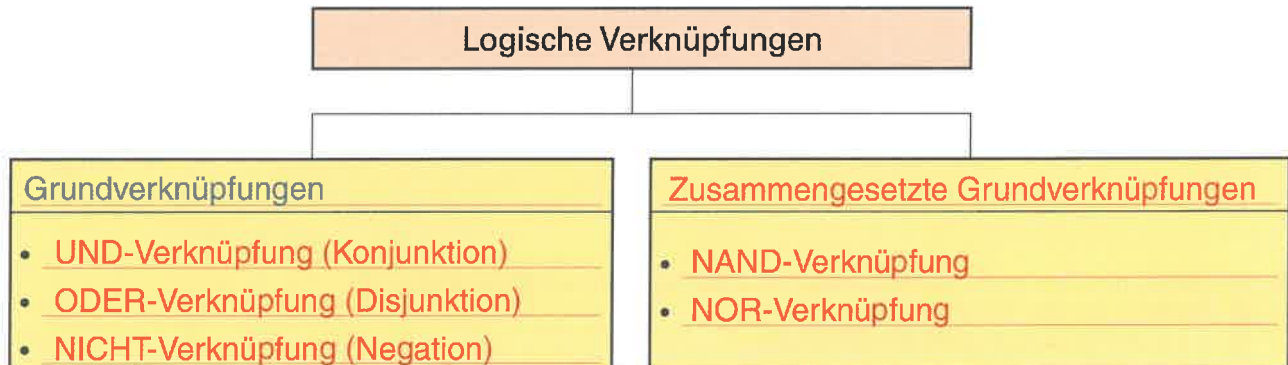
1. Benennen Sie die verschiedenen Signalarten mit den zugehörigen Nummern aus dem **Bild** und erklären Sie die Begriffe.

1 Analogsignal: Darstellung einer Größe, z. B. einer Spannung, die stetig veränderlich oder stufenlos einstellbar ist.

2 Digitalsignal: Darstellung einer Größe, z. B. eines Stromes, mit Ziffern und Zeichen

3 Binärsignal: Darstellung einer Größe, z. B. einer Spannung, die nur zwei Werte annehmen kann (0 und 1).

2. Binärsignale können logisch verknüpft werden. Aus einem Satz von Grundverknüpfungen können weitere Verknüpfungen durch Kombination hergestellt werden. Ergänzen Sie die Übersicht.



3. Ergänzen Sie die Beispiele für logische Verknüpfungen in der **Tabelle**.

Tabelle: Symbole, Schaltfunktion und Wahrheitstabelle von logischen Verknüpfungen (Beispiele)																		
Symbol	Bedingung für Signalzustand 1 am Ausgang	Wahrheitstabelle																
<p>NAND</p>	<p><u>Mindestens ein Eingang muss den Signalzustand 0 haben.</u></p>	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td style="background-color: #fff9c4;">1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td style="background-color: #fff9c4;">1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td style="background-color: #fff9c4;">1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td style="background-color: #fff9c4;">0</td> </tr> </table>	B	A	X	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
B	A	X																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
<p>NOR</p>	<p><u>Beide Eingänge müssen den Signalzustand 0 haben.</u></p>	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td style="background-color: #fff9c4;">1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td style="background-color: #fff9c4;">0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td style="background-color: #fff9c4;">0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td style="background-color: #fff9c4;">0</td> </tr> </table>	B	A	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	
B	A	X																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																



4. Ergänzen Sie zu der Digitalschaltung (Bild) a) die Wahrheitstabelle und b) das Zeitablaufdiagramm.

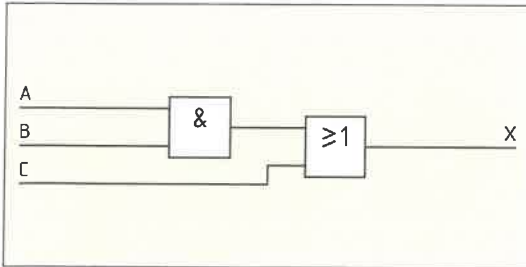
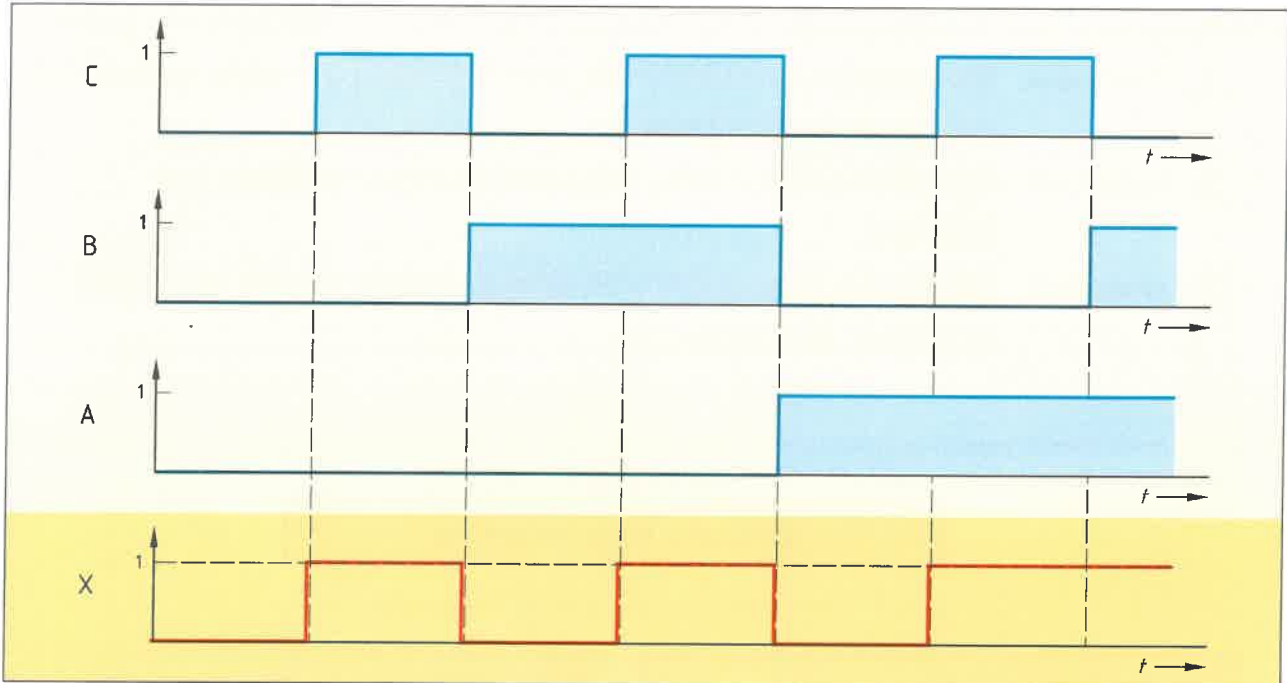


Bild: Digitalschaltung

**a) Wahrheitstabelle**

C	B	A	X	C	B	A	X
0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1

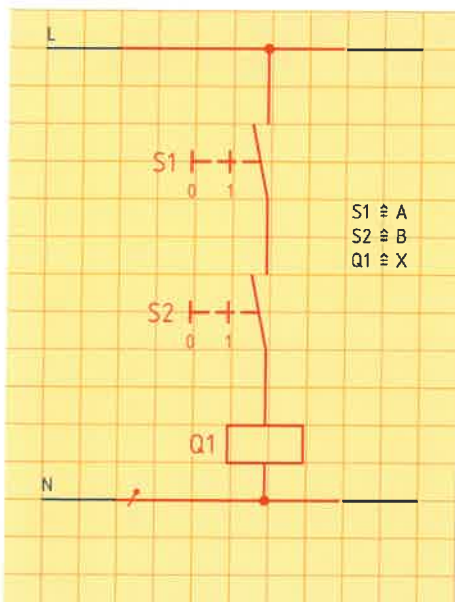
b) Zeitablaufdiagramm



5. Ein Schütz für einen Motor soll anziehen, wenn die Taster S1 und S2 betätigt sind.

- Zeichnen Sie den Stromlaufplan und
- ergänzen Sie daraus die Wahrheitstabelle.
- Zeichnen Sie das Symbol für die logische Verknüpfung, die die Aufgabenstellung löst und
- geben Sie die Funktionsgleichung dazu an.

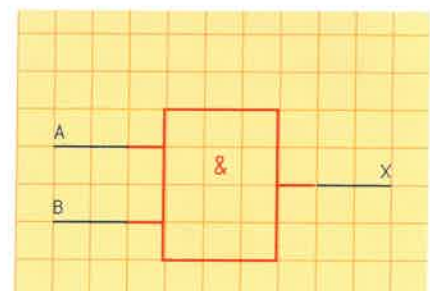
a) Stromlaufplan



b) Wahrheitstabelle

B	A	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

c) Logische Verknüpfung



d) Funktionsgleichung

$$X = A \wedge B$$



Thyristoren (Bild 1) werden in der Leistungselektronik benötigt. Die Leistungselektronik befasst sich mit dem Schalten, Steuern, Umformen und Regeln von elektrischer Energie. Thyristoren werden dabei als kontaktlose Schalter oder gesteuerte Gleichrichter, z.B. in Umrichtern, verwendet. Man unterscheidet P-Gate- und N-Gate-Thyristoren.



**TIC 106 D**  
**Kennwerte:**  
 Zündspannung  $U_{GK}$  0,8 V  
 Zündstrom  $I_G$  0,2 mA  
 Haltestrom  $I_H$  5 mA  
**Grenzwerte:**  
 Sperrspannung  $U_R$  400 V  
 Durchlassstrom  $I_F$  5 A

Bild 1: Thyristor

1. a) Geben Sie in Bild 2 die Anschlüsse am Thyristor, an den Halbleiterschichten und an den Schaltzeichen an.
- b) Ordnen Sie den zwei Schaltzeichen die beiden Thyristorarten zu.
- c) Schalten Sie den Thyristor in Vorwärtsrichtung. Tragen Sie dazu die Symbole + und - an die Anschlüsse der Halbleiterschichten ein.

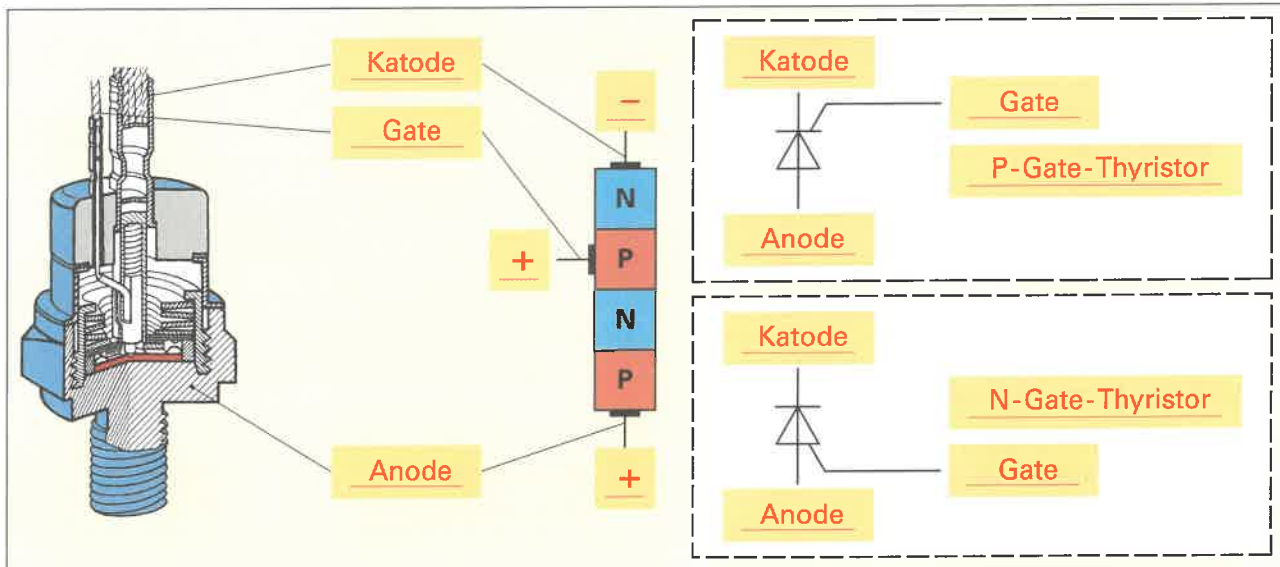


Bild 2: Thyristor mit Halbleiterschichten und Schaltzeichen

2. Beschreiben Sie mithilfe der Kennlinien (Bild 3), a) wie der Thyristor in Vorwärtsrichtung durchgeschaltet wird und b) wie der Thyristor wieder gesperrt wird.

- a) Beim Anlegen einer Spannung zwischen Anode und Katode in Vorwärtsrichtung reicht ein kurzzeitiger Stromimpuls  $I_G$  am Gate, um den Thyristor zu zünden.
- b) Sinkt der Vorwärtsstrom unter den Haltestrom, sperrt der Thyristor.

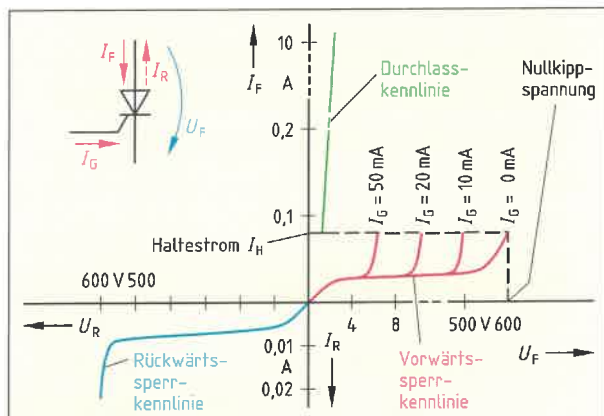


Bild 3: Kennlinien eines Thyristors

3. Ergänzen Sie in Bild 4 die Kennzeichnung von Steuerkreis und Lastkreis. Zeichnen Sie die Bezugspfeile mit Beschriftung für den Gatestrom  $I_G$ , den Durchlassstrom  $I_F$  und die Spannung  $U_{GK}$  ein.

4. Warum muss der Thyristor beim Betrieb an Wechselspannung bei jeder positiven Halbwelle neu gezündet werden?

- Beim Nulldurchgang der Wechselspannung wird der Haltestrom unterschritten und der Thyristor sperrt.

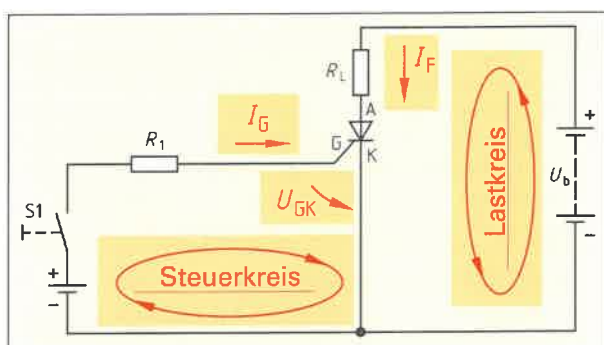


Bild 4: P-Gate-Thyristor an Gleichspannung



Ein Triac (**Bild 1a**) lässt sich mit Wechselstrom oder mit Gleichstrom in beiden Richtungen zünden. Er ist ein Wechselstromschalter, der im Gegensatz zum Thyristor beide Stromrichtungen schaltet. Der Triac kann somit zum Schalten und Steuern von Wechselspannung, z. B. in einem Dimmer für eine Beleuchtung, verwendet werden. Zum Zünden eines Triacs wird ein kurzzeitiger Stromimpuls benötigt, den man mithilfe eines Diacs (**Bild 1b**) erzeugt.

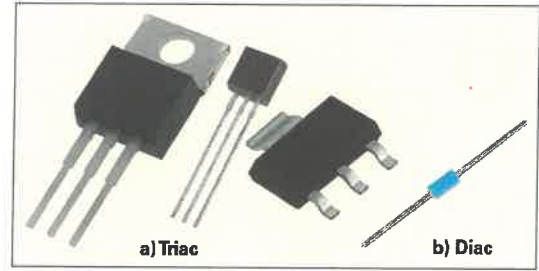


Bild 1: Triac und Diac

1. Kennzeichnen Sie beim Triac-Aufbau (**Bild 2a**) die Bereiche für die N-Schicht. Bezeichnen Sie in der Triac-Ersatzschaltung (**Bild 2b**) den P- und N-Gate-Thyristor sowie die Anschlüsse G, A1 und A2. Beschriften Sie die Anschlüsse am Schaltzeichen (**Bild 2c**).

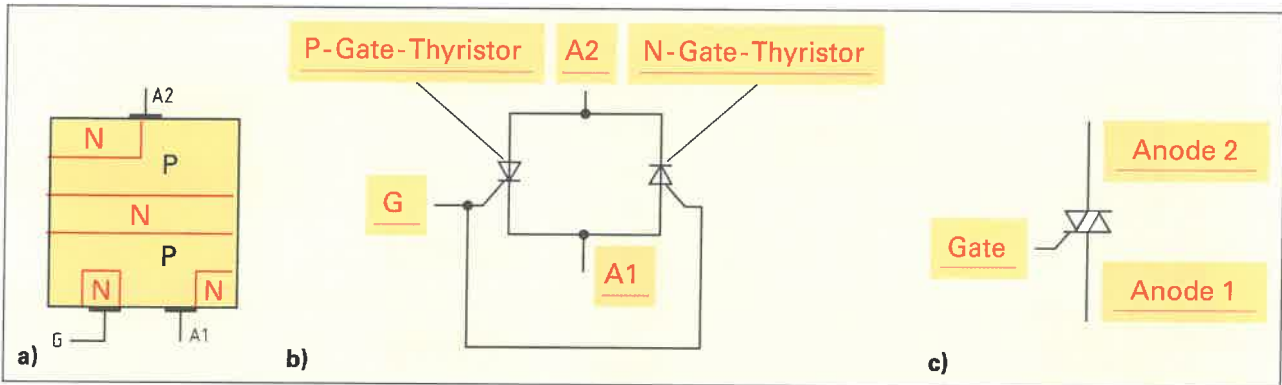


Bild 2: Triac-Aufbau, -Ersatzschaltung und -Schaltzeichen

2. Kennzeichnen Sie in **Bild 3** die Kennlinienbereiche:
  - Vorwärts-Durchlassbereich,
  - Rückwärts-Durchlassbereich,
  - Vorwärts-Sperrbereich und
  - Rückwärts-Sperrbereich
3. Welche Bedeutung haben die verschiedenen Stromangaben in der Kennlinie (**Bild 3**)?

Das ist der minimale Gatestrom, der den Triac zündet, in Abhängigkeit von der Spannung  $U$  zwischen A1 und A2.

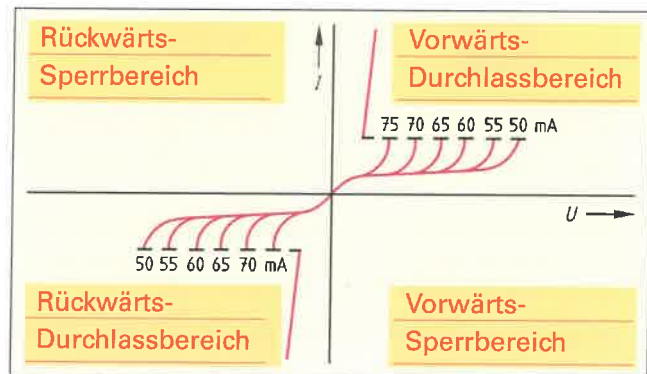


Bild 3: Kennlinie eines Triacs

4. Nennen Sie in der Tabelle die verschiedenen möglichen Polaritäten, um den Triac zu zünden.

Tabelle: Zünden eines Triacs			
Spannung an den Anschlüssen			
A2 nach A1	G nach A1	A2 nach A1	G nach A1
positiv	positiv	negativ	negativ
positiv	negativ	negativ	positiv

5. Zum Zünden eines Triacs wird ein kurzzeitiger Stromimpuls benötigt. Zur Erzeugung des Stromimpulses, z. B. bei einer Dimmerschaltung, wird ein Diac benötigt. Ein Diac besteht aus drei (**Bild 4a**), vier oder fünf Halbleiterschichten. Beschreiben Sie das elektrische Verhalten des Diacs mithilfe der Kennlinie (**Bild 4c**).

Nach Überschreiten der Schaltspannung wird der Diac unabhängig von der Polarität leitend. Beim Unterschreiten der Haltespannung sperrt der Diac.

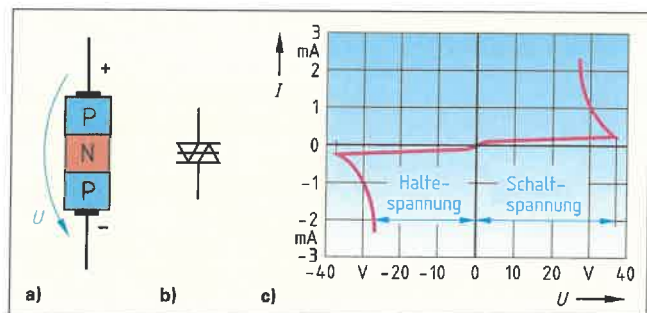


Bild 4: Diac-Aufbau, -Schaltzeichen und -Kennlinie



Mit einer Phasenanschnittsteuerung kann der Energiefluss zu einem Wechselstromverbraucher, z. B. einer Lampe, gesteuert werden. Eine Anwendung dafür ist z. B. ein Dimmer (Bild 1) zur Helligkeitseinstellung bei einer Beleuchtung. Bei einer Phasenanschnittsteuerung werden die Halbwellen einer Wechselspannung erst ab einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb einer Wechselspannungsperiode an den Verbraucher weitergeleitet. Die Halbwellen werden sozusagen angeschnitten. Die Phasenanschnittsteuerung lässt sich mithilfe eines Thyristors oder mit einem Triac, z. B. bei einem Dimmer für eine Beleuchtung, aufbauen.

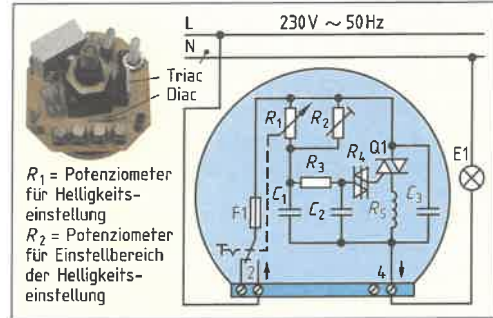


Bild 1: Dimmer

1. Ergänzen Sie die Prinzip-Schaltung (Bild 2) einer Phasenanschnittsteuerung mit einem a) Triac und b) Thyristor.

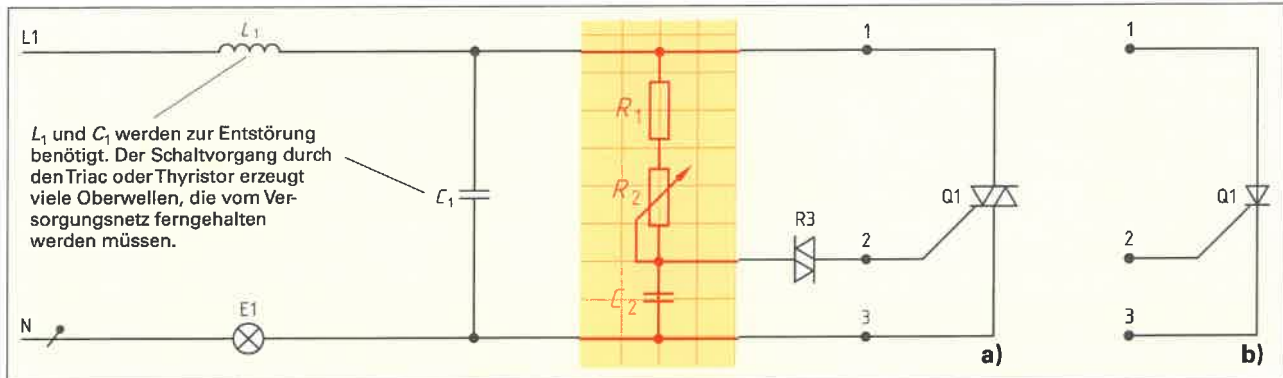


Bild 2: Phasenanschnittsteuerung mit Triac und Thyristor

2. Vervollständigen Sie die Erklärung zur Erzeugung der Zündimpulse für den Triac Q1 in Bild 2 a.

Über den Widerstand  $R_1$  und  $R_2$  wird der Kondensator  $C_2$  aufgeladen. Wird die Schaltspannung des Diac R3 erreicht, so wird der Diac leitend. Durch die schnelle Entladung von  $C_2$  entsteht für den Triac Q1 ein Zündimpuls.

3. Welche Angabe erfolgt a) durch den Zündwinkel  $\alpha$  bei der Phasenanschnittsteuerung in Bild 3 und b) wie wirkt sich eine Verkleinerung des Zündwinkels auf den Energiefluss zum Verbraucher aus?

a) Der Zündwinkel  $\alpha$  gibt den Winkel und damit den Zeitpunkt nach dem Nulldurchgang der Wechselspannung an, bei dem die Zündung des Thyristors erfolgt.

b) Je kleiner der Zündwinkel  $\alpha$ , desto größer ist der Energiefluss zum Verbraucher.

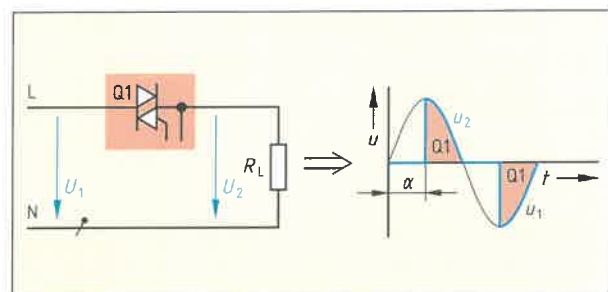


Bild 3: Phasenanschnittsteuerung mit Triac

4. Wie wird bei der Phasenanschnittsteuerung (Bild 2) der Zündwinkel (Bild 3) und somit der Energiefluss zum Verbraucher eingestellt? Ergänzen Sie die Wirkungskette.

Widerstand von  $R_2$  wird kleiner  $\rightarrow$  Ladestrom von  $C_2$  wird größer  $\rightarrow$  Ladezeit von  $C_2$  wird kleiner  $\rightarrow$  Schaltspannung für den Diac wird schneller erreicht  $\rightarrow$  Zündwinkel wird kleiner  $\rightarrow$  Energiefluss wird größer.

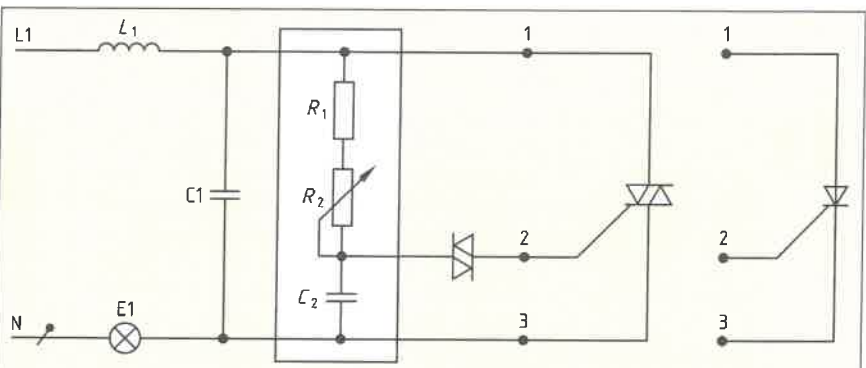
5. Beschreiben Sie die Merkmale einer Phasenanschnittsteuerung und einer Phasenabschnittsteuerung.

Phasenanschnittsteuerung: Es wird während der Halbwelle durchgeschaltet und beim Nulldurchgang der Stromfluss unterbrochen.

Phasenabschnittsteuerung: Es wird ab dem Nulldurchgang der Halbwelle durchgeschaltet und während der Halbwelle der Stromfluss unterbrochen.



6. Eine Phasenanschnittsteuerung (Bild) wird einmal mit einem Triac und einmal mit einem Thyristor aufgebaut. Als Last wird jeweils eine Glühlampe verwendet. Die Ansteuerung von Triac und Thyristor erfolgt mit Zündimpulsen. An beiden Schaltungen wird Netzspannung (Bild a) angelegt.



a) Ergänzen Sie in Abhängigkeit der Zündspannung (Bild b) den Verlauf der Lastspannung für die Schaltung mit dem Thyristor (Bild c) und dem Triac (Bild d).

b) Beschriften Sie in Bild d den Zündwinkel  $\alpha$  und den Stromflusswinkel  $\Theta$ .

c) Welcher Zündwinkel  $\alpha$  und Stromflusswinkel  $\Theta$  ergibt sich aus Bild d?

$\alpha = 45^\circ$

$\Theta = 135^\circ$

d) Berechnen Sie den minimalen Zündwinkel  $\alpha$  bei einer Diac-Schaltspannung  $U_s = 30\text{ V}$  und einer Netzspannung  $U = 230\text{ V}$ .

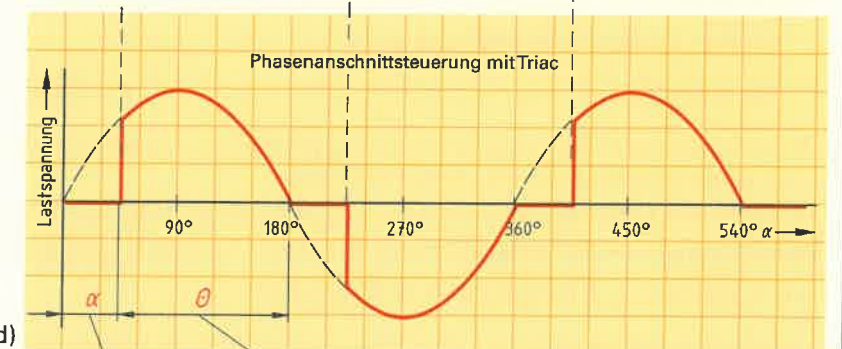
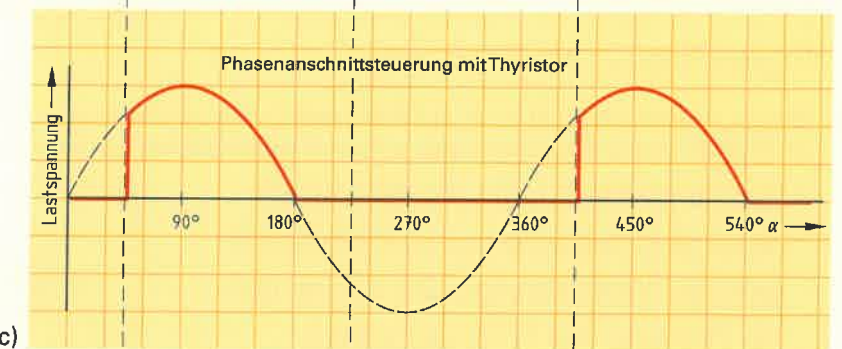
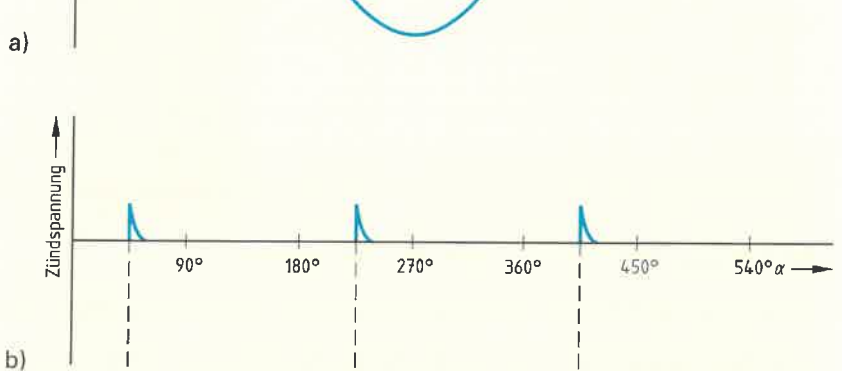
$$\sin \alpha = \frac{U_s}{\sqrt{2} \cdot U}$$

$$= \frac{30\text{ V}}{\sqrt{2} \cdot 230\text{ V}} = 0,092$$

$$\alpha = 5,3^\circ$$

e) Welchen Verlauf und welche Phasenverschiebung hat der Laststrom zur Netzspannung?

Strom und Spannung sind form- und phasengleich, weil bei einer Glühlampe eine reine Wirklast vorliegt.



Zündwinkel      Stromflusswinkel

Bild: Ströme und Spannungen bei der Phasenanschnittsteuerung



Gleichrichterschaltungen werden zur Umwandlung von Wechselstrom oder Drehstrom in Gleichstrom benötigt. Die zur Gleichrichtung verwendeten Halbleiterbauelemente nennt man auch Ventile. Bei ungesteuerten Gleichrichtern (**Bild a**) sind dies Dioden, während man bei gesteuerten Gleichrichtern, z. B. Thyristoren (**Bild b**), verwendet. Bei gesteuerten Gleichrichtern kann man mit einer Steuerspannung die Größe der Gleichspannung am Ausgang der Gleichrichterschaltung bestimmen.

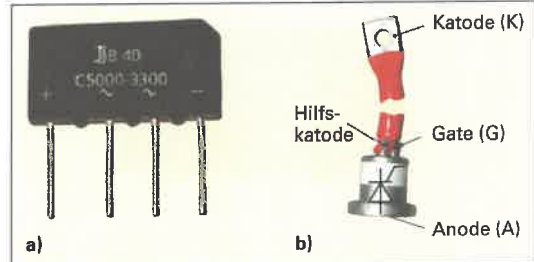


Bild: a) Ungesteuerter und b) gesteuerter Gleichrichter

1. Geben Sie die Bezeichnungen für Gleichrichterschaltungen zu folgenden Kurzzeichen an.

E1U: Einpuls-Einwegschaltung ungesteuert

B2U: Zweipuls-Brückenschaltung ungesteuert

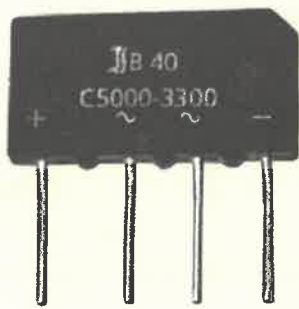
B6C: Sechspuls-Brückenschaltung gesteuert

2. Ergänzen Sie in der **Tabelle** die Schaltung, das Kurzzeichen und den Spannungsverlauf an der Last.

Tabelle: Gleichrichterschaltungen		
Schaltung	Kurzzeichen	Spannungsverlauf an der Last
<p>Einpuls-Einwegschaltung</p>	E1U	
<p>Zweipuls-Mittelpunktschaltung</p>	M2U	
<p>Zweipuls-Brückenschaltung</p>	B2U	
<p>Sechspuls-Brückenschaltung</p>	B6U	



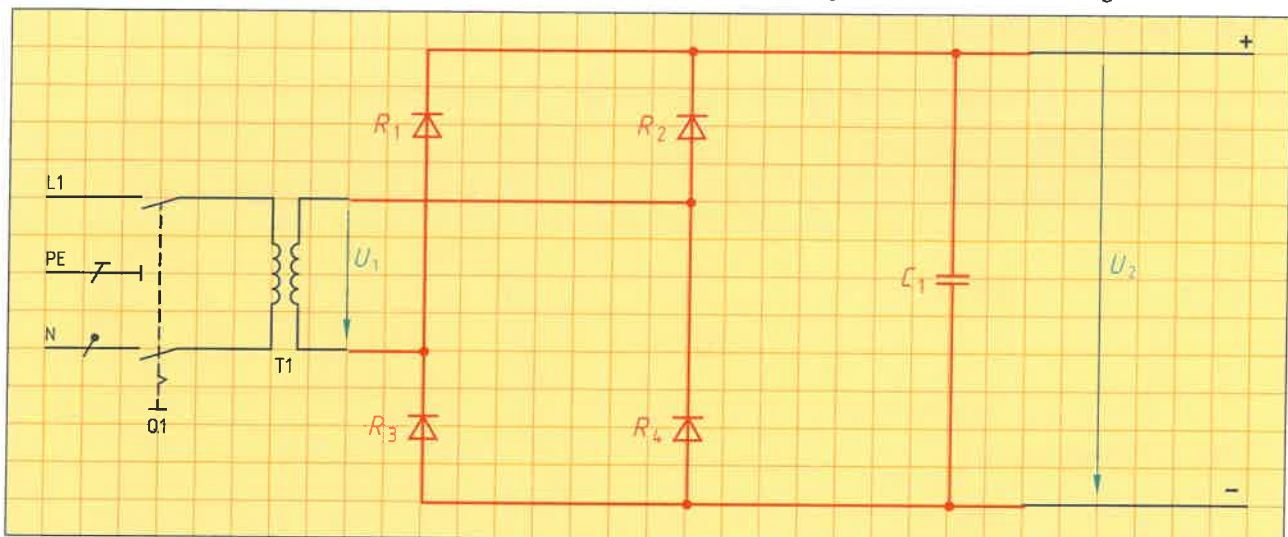
3. Geben Sie die Bedeutung des Aufdrucks auf einem Brückengleichrichter (**Bild 1**) an.



- B: Brückengleichrichter
- 40: max. Eingangsspannung in V
- C: für kapazitive Last geeignet
- 5000: max. Strom in mA mit Kühlkörper
- 3300: max. Strom in mA ohne Kühlkörper

Bild 1: Brückengleichrichter

4. Ergänzen Sie den Schaltplan für ein Netzgerät mit Transformator, Brückengleichrichter und Glättungskondensator.



5. Kennzeichnen Sie die Ausgangsspannung (**Bild 2**)

- ohne den Glättungskondensator  $C_1$ ,
- mit Glättungskondensator  $C_1$ , Last hochohmig,
- mit Glättungskondensator  $C_1$ , Last niederohmig.

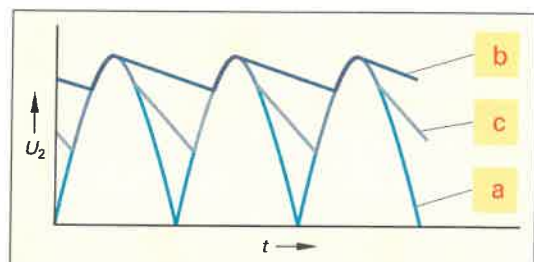


Bild 2: Ausgangsspannung Brückengleichrichter

6. Welche Ausgangsspannung ergibt sich im Leerlauf

- ohne Kondensator  $C_1$  und
- mit Kondensator  $C_1$  bei hochohmiger Last. Die Eingangsspannung beträgt  $U_1 = 12\text{ V}$ .

Geg.:  $U_1 = 12\text{ V}$  Ges.:  $U_2$

Lösung:

a)  $U_2 = U_{di} = 0,9 \cdot U_1 = 0,9 \cdot 12\text{ V} = 10,8\text{ V}$

b)  $U_2 = \sqrt{2} \cdot U_1 = \sqrt{2} \cdot 12\text{ V} = 17\text{ V}$

7. Nennen Sie drei Möglichkeiten, um die restliche Brummspannung zu vermindern.

- Vergrößerung der Kapazität des Glättungskondensators
- Verringerung des Laststromes
- Verwendung von Siebgliedern, z. B. RC-Siebglied



Gedruckte Schaltungen, auch Leiterplatten oder Platinen genannt, sind in vielen elektronischen und elektrischen Geräten vorhanden. Sie dienen als Träger von Bauelementen, z. B. Widerstände und Transistoren, und verbinden diese elektrisch untereinander mithilfe von Leiterbahnen.

1. Ergänzen Sie **Bild 1** und **Bild 2**.

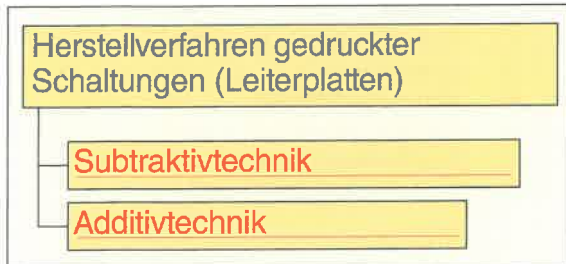


Bild 1: Herstellverfahren gedruckter Schaltungen

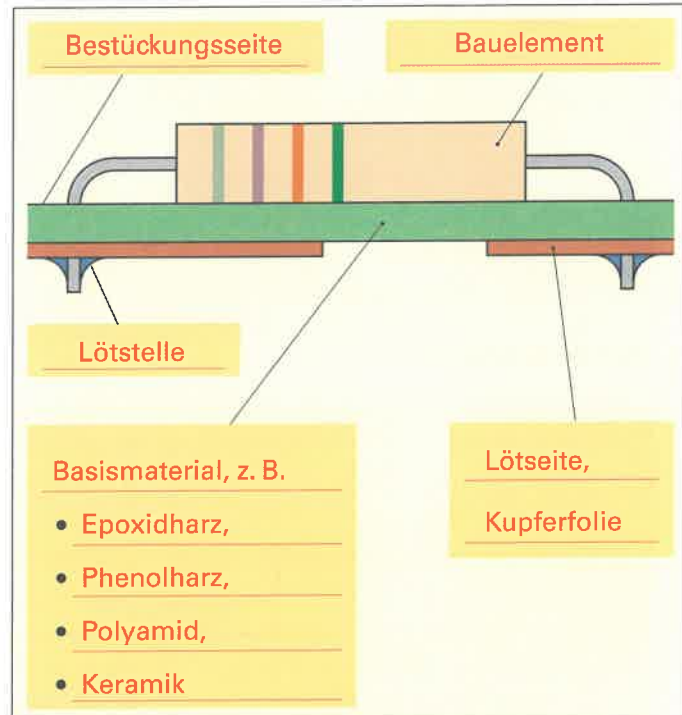


Bild 2: Querschnitt durch eine bestückte Leiterplatte

2. Ein wichtiger Begriff bei Leiterplatten ist das Basismaterial. Erklären Sie diesen Begriff.

Das Basismaterial ist ein Isolierstoff, z.B. Epoxidharz, Polyamid oder Keramik, der als Trägermaterial für Bauelemente und Leiterbahnen aus Kupfer.

3. Erklären Sie die Begriffe  
a) Subtraktivtechnik und  
b) Additivtechnik.

a) Bei der Subtraktivtechnik entstehen die Leiterbahnen durch Entfernen überschüssiger Kupferfolien mithilfe einer Ätzlösung.  
b) Bei der Additivtechnik werden die Leiterbahnen durch Kupferabscheidung auf unkaschiertes Basismaterial aufgebracht.

4. Benennen Sie im **Bild 3** die Leiterplattenarten.

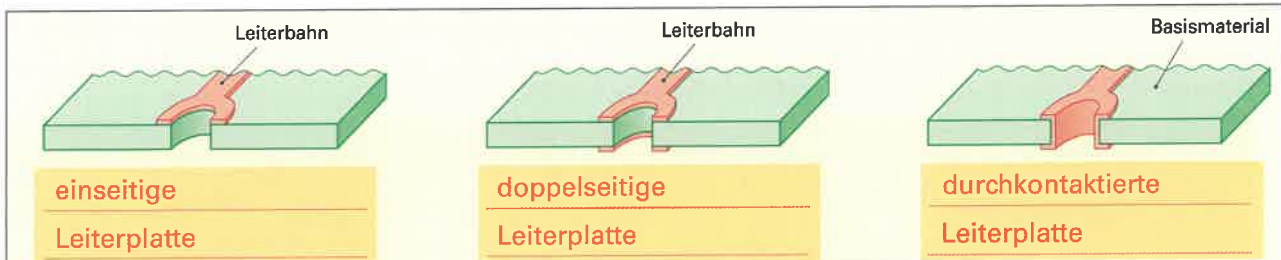


Bild 3: Arten von Leiterplatten

5. Vervollständigen Sie die Tabelle.

Tabelle: Prüfungen bei Leiterplatten	
Optische Prüfungen	Elektrische Prüfungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Breite von Leiterbahnen</li> <li>Leiterbahnabstände</li> <li>Form und Aussehen der Leiterbahnen und Lötäugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leiterbahnwiderstand</li> <li>Kurzschlussfreiheit zwischen den Leiterbahnen</li> <li>Funktion der bestückten Schaltung</li> </ul>



Durchgangsprüfer verwendet man in der Elektrotechnik um z. B. Leitungsadern, Glühlampen und Sicherungen auf Durchgang oder Unterbrechung zu prüfen.

6. Ergänzen Sie mithilfe des Bestückungsplanes (Bild 1) einer gedruckten Schaltung und der Stückliste den Stromlaufplan eines elektronischen Durchgangsprüfers (Bild 2).

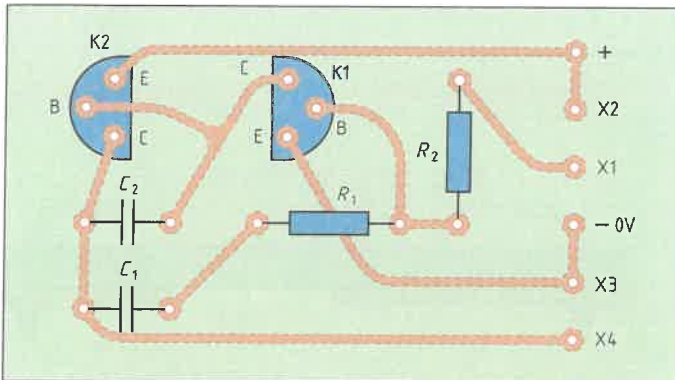


Bild 1: Bestückungsplan

Stückliste:

K1	NPN-Transistor, z. B. BC237
K2	PNP-Transistor, z. B. BC250
R <sub>1</sub>	Widerstand 1 kΩ
R <sub>2</sub>	Widerstand 100 kΩ
C <sub>1</sub>	Kondensator 47 nF
C <sub>2</sub>	Kondensator 10 nF
P1	Lautsprecher 8 Ω/50 mW

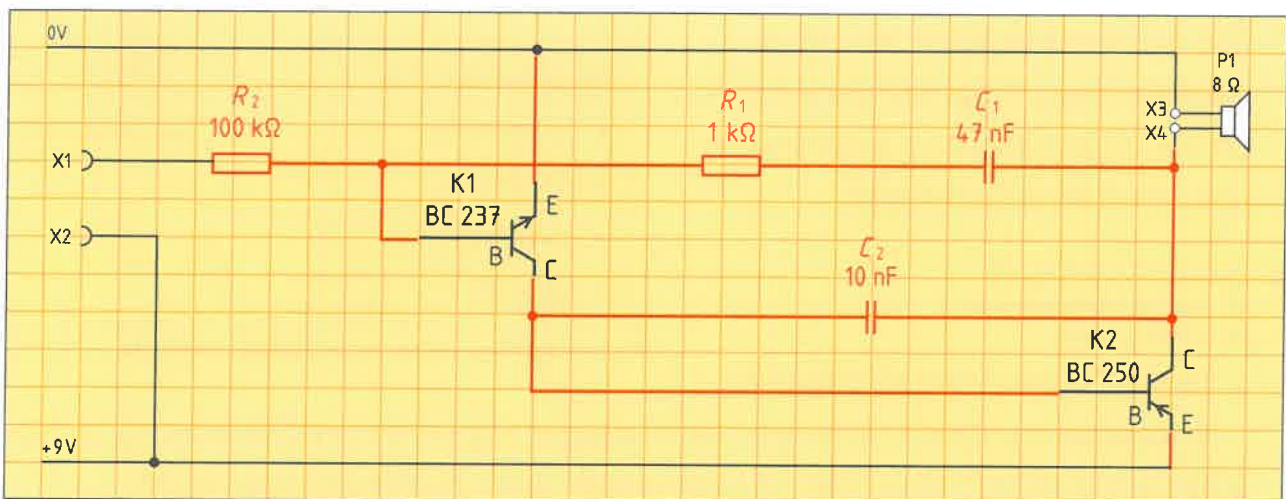


Bild 2: Stromlaufplan eines elektronischen Durchgangsprüfers

7. Einfache elektronische Schaltungen können auch mithilfe von Streifenrasterplatten (Bild 3), welche waagerechte Leiterbahnen haben, aufgebaut werden. Um Leiterbahnen untereinander zu verbinden, sind senkrechte Drahtbrücken notwendig. Der Bestückungsplan der Streifenrasterplatte des elektronischen Durchgangsprüfers nach Bild 2 ist fehlerhaft. Es fehlen zwei Drahtbrücken. Ergänzen Sie die Bezeichnungen für die Transistoranschlüsse an K1 und K2 und zeichnen Sie dann die fehlenden Drahtbrücken ein.

**Hinweis:** Zum Lösen der Aufgabe muss zuvor die Aufgabe 6 gelöst werden.

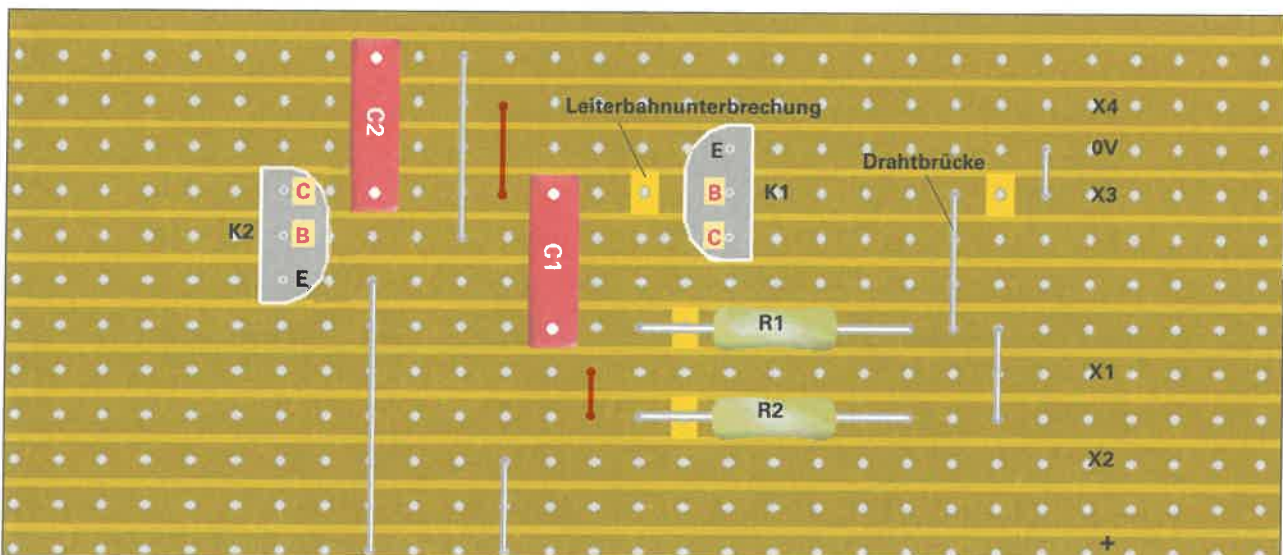
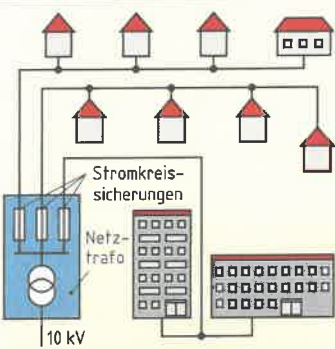
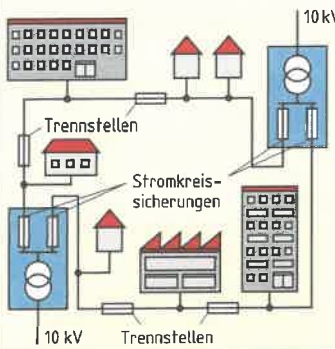
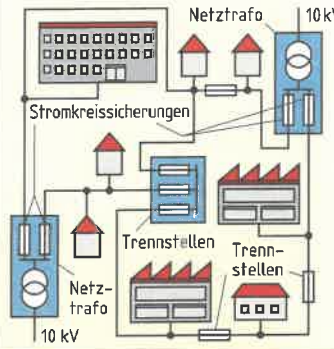
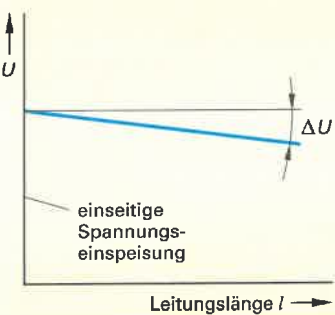
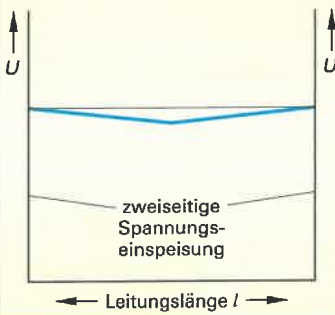
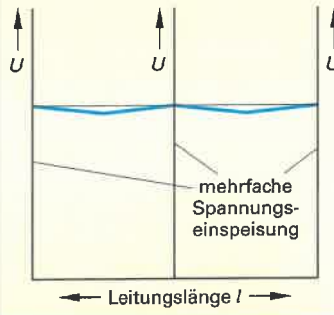


Bild 3: Bestückungsplan für Platine (Bauteile)



Der Transport und die Verteilung elektrischer Energie im Niederspannungsbereich erfolgt über verschiedene Netzformen. Die Auswahl der Netzform zum Bau des Netzes erfolgt nach vielen Gesichtspunkten.

Vergleichen Sie in der **Tabelle** die drei wichtigsten Netzformen und ergänzen Sie die **Tabelle**.

Tabelle: Netzformen			
Vergleichsmerkmal	Strahlennetz	Ringnetz	Maschennetz
Schaltung (Prinzip)			
Planungsaufwand	gering, je nach Umfang	mittel, je nach Umfang	groß
Herstellungskosten	gering, je nach Umfang	teurer als Strahlennetz	am teuersten
selektive Netzschutztechnik	einfach	schwierig	kompliziert aufwendig
Versorgungssicherheit	gering	groß	sehr groß
Spannungsverlust			
	nimmt mit der Leitungslänge zu	kleiner	am geringsten
Leitungsverluste	relativ groß	kleiner	am geringsten
Übersichtlichkeit, z.B. beim Arbeiten im Netz	sehr übersichtlich	erschwert	komplex
Fehlersuche	einfach	schwieriger als im Strahlennetz	sehr schwierig, da Fehler oft nur zufällig bemerkt wird

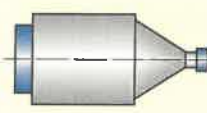
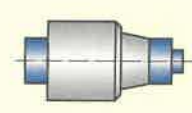

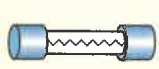


Werden elektrische Leiter von einem Strom durchflossen, so erwärmen sie sich. Dabei können unzulässig hohe Ströme Brände verursachen. Im Stromkreis eingebaute Schmelzsicherungen schützen deshalb die Leitungen vor solchen Schäden.

1. a) Welche Aufgaben haben Schmelzsicherungen in elektrischen Netzen?  
b) Wie erfolgt der Schutz?  
a) Sie schützen Leitungen und Betriebsmittel vor Überlastung und Kurzschluss.  
b) Sie unterbrechen den Stromkreis selbsttätig.
2. a) Beschreiben Sie den Größenunterschied zwischen Überlaststrom und Kurzschlussstrom in Bezug auf den Bemessungsstrom einer elektrischen Leitung.  
b) Nennen Sie jeweils zwei Beispiele für die Entstehung von Überlaststrom und Kurzschlussstrom.

Überlaststrom	Kurzschlussstrom
a) <u>Überlastströme liegen über dem Bemessungsstrom einer elektrischen Leitung.</u>	a) <u>Kurzschlussströme betragen ein Vielfaches des Bemessungsstromes einer elektrischen Leitung</u>
b) • <u>angelegte Spannung zu groß</u> • <u>zu viele Verbraucher an einer Leitung</u>	b) • <u>Schaltungsfehler</u> • <u>Isolationsfehler</u>

3. Bezeichnen Sie die Sicherungsarten in der **Tabelle**.

Tabelle: Schmelzeinsätze			
			
<u>Schraubsicherung D-System</u>	<u>Schraubsicherung DO-System</u>	<u>NH-Sicherung</u>	<u>Geräteschutzsicherung</u>

4. Benennen Sie die im **Bild 1** gekennzeichneten Bestandteile eines Schmelzeinsatzes.

① <u>Fußkontakt</u>	⑤ <u>Porzellankörper</u>
② <u>Quarzsand</u>	⑥ <u>Druckfeder</u>
③ <u>Schmelzleiter</u>	⑦ <u>Kopfkontakt</u>
④ <u>Haltedraht</u>	⑧ <u>Kennmelder</u>

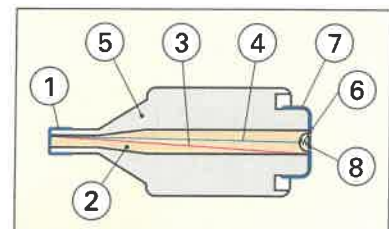


Bild 1: Schmelzeinsatz

5. Wie wird ein Sicherungssockel (**Bild 2**) angeschlossen, damit ein Berühren unter Spannung stehender Teile beim Auswechseln des Schmelzeinsatzes verhindert wird?

Fußkontakt 1: Anschluss der spannungsführenden Ader vom Netz

Gewinding 2: spannungsführende Ader zum Verbraucher

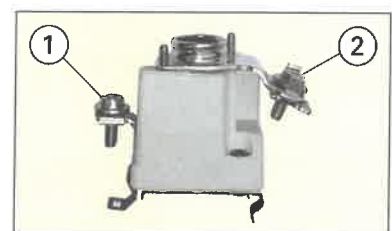


Bild 2: Sicherungssockel

6. Nennen Sie zu den Bemessungsströmen die Kennmelderfarben von Schmelzsicherungen.

Bemessungsstrom	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	35 A
Kennmelderfarbe	<u>grün</u>	<u>rot</u>	<u>grau</u>	<u>blau</u>	<u>gelb</u>	<u>schwarz</u>



7. Erklären Sie die Abkürzungen für die Betriebsklassen der Niederspannungssicherungen.

gG:	Ganzbereichssicherung für allgemeine Anwendungen
gM:	Ganzbereichssicherung für den Schutz von Motorstromkreisen
aM:	Teilbereichssicherung für den Schutz von Motorstromkreisen
aR:	Teilbereichssicherung für den Schutz von Halbleitern

8. Worin unterscheidet sich der Schutz einer a) Ganzbereichssicherung von dem einer b) Teilbereichssicherung?

a) Ganzbereichssicherungen schalten vom kleinsten Schmelzstrom bis zum Bemessungsausschaltstrom sicher ab.

b) Teilbereichssicherungen schalten nur Ströme oberhalb eines definierten Vielfachen ihres Bemessungsstromes bis zum Bemessungsausschaltstrom ab.

9. Ermitteln Sie mithilfe der Strom-Zeit-Kennlinien (Bild 1)

a) die schnellste und

b) die langsamste Auslösezeit einer 10-A- und einer 16-A-Schmelzsicherung gG, wenn ein Kurzschlussstrom von 60 A fließt.

Schmelzsicherung	a) schnellste Auslösezeit $t_a$	b) langsamste Auslösezeit $t_a$
10 A gG	<u>100 ms</u>	<u>2 s</u>
16 A gG	<u>500 ms</u>	<u>8 s</u>

10. Erklären Sie den Begriff Selektivität (Bild 2) bei der Absicherung von Niederspannungs-Stromkreisen.

Befinden sich in den Zuleitungen zu einem Verbraucher mehrere Überstrom-Schutzeinrichtungen in Reihe, dann darf im Fehlerfall nur die dem Fehlerort direkt vorgeschaltete Sicherung abschalten.

11. Wäre Selektivität gewährleistet, wenn die Schmelzsicherungen 10 A gG und 16 A gG in einer Zuleitung liegen und der Fehlerort in Energieflussrichtung hinter der 10-A-Schmelzsicherung liegt (Bild 2)? Begründen Sie Ihre Antwort.

Nein. Es wäre möglich, dass die 16-A-Schmelzsicherung zuerst abschaltet.

12. Welche Schlussfolgerung ergibt sich deshalb bei der Auswahl von Schmelzsicherungen bei Selektivität?

Die verwendeten Schmelzsicherungen müssen mindestens zwei Bemessungsströme auseinander liegen, z. B. 10 A gG und 20 A gG.

13. a) Wer darf NH-Sicherungen auswechseln?

b) Welcher Arbeitsschutz ist dabei zu verwenden?

a) Nur Elektrofachkräfte

b) Es müssen ein isolierter Aufsteckgriff mit einem fest angebrachten Unterarmschutz sowie ein Helm mit Gesichtsschutz verwendet werden.

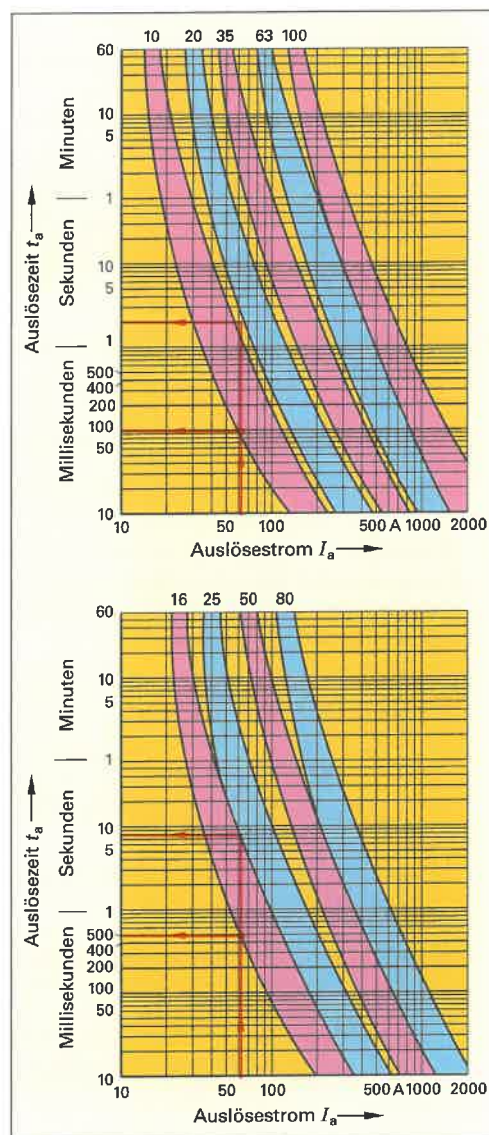


Bild 1: Strom-Zeit-Kennlinien von Ganzbereichssicherungen gG

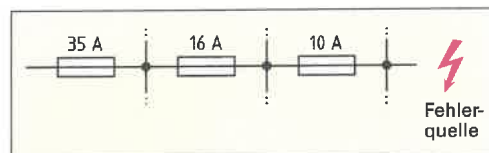


Bild 2: Selektivität



Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) haben die Aufgabe, elektrische Leitungen und Anlagen gegen Überlastung und Kurzschluss zu schützen. Sie werden immer öfter anstelle der Schmelzsicherungen eingesetzt.

1. Welchen Vorteil besitzt der Leitungsschutzschalter gegenüber einer Schmelzsicherung?

**LS-Schalter sind nach dem Auslösen im Fehlerfall nicht defekt und können wieder eingeschaltet werden.**

2. Benennen Sie die im Bild 1 gekennzeichneten Auslösesysteme eines LS-Schalters.

- ① **Thermischer Auslöser (Bimetallauslöser)**
- ② **Elektromagnetischer Auslöser (Schnellauslöser)**

3. a) Bei welchen Fehlerstromarten lösen die beiden Auslösesysteme aus?  
b) In welchem Zeitraum erfolgt die jeweilige Auslösung?

a) Auslösung erfolgt bei:	b) Zeitliche Auslösung erfolgt:
<b>Überlastströmen</b>	<b>verzögert</b>
<b>Kurzschlussströmen</b>	<b>sofort</b>

4. LS-Schalter haben eine Freiauslösung. Was bedeutet das?

**LS-Schalter lösen auch dann aus, wenn der Betätigungshebel in Einschaltstellung gehalten wird und der Fehler noch in der Anlage besteht.**

5. LS-Schalter werden entsprechend ihrer Auslösecharakteristik im Kurzschlussfall eingeteilt (Bild 2). Bei welchem Vielfachen des Bemessungsstromes  $I_N$  lösen die LS-Schalter vom Typ B, vom Typ C und vom Typ D unverzögert aus?

B:	<b>3 bis <math>5 \cdot I_N</math></b>
C:	<b>5 bis <math>10 \cdot I_N</math></b>
D:	<b>10 bis <math>20 \cdot I_N</math></b>

6. Geben Sie jeweils ein Beispiel für die Anwendung von LS-Schaltern, Typ B, C und D an.

B:	<b>Schutz von Leitungen, allgemein in Haushalten</b>
C:	<b>Schutz von Motoren</b>
D:	<b>Schutz von Transformatoren</b>

7. Bestimmen Sie mithilfe von Bild 2 die schnellste Ausschaltzeit  $t_1$  und die langsamste Ausschaltzeit  $t_2$  a) eines LS-Schalters, Typ B 16 A und b) eines LS-Schalters, Typ C 16 A, wenn c) ein Strom  $I$  von 30 A und d) ein Strom  $I$  von 64 A fließt.

Hinweis: Berechnen Sie für c) und d) den Faktor  $n$  mit  $n = \frac{I}{I_N}$

Ströme	a) Typ B 16 A		b) Typ C 16 A	
	Ausschaltzeit $t_1$	Ausschaltzeit $t_2$	Ausschaltzeit $t_1$	Ausschaltzeit $t_2$
c) $I = 30 \text{ A}$	<b><math>\approx 15 \text{ s}</math></b>	<b><math>\approx 1,8 \text{ min}</math></b>	<b><math>\approx 15 \text{ s}</math></b>	<b><math>\approx 1,8 \text{ min}</math></b>
d) $I = 64 \text{ A}$	<b><math>\approx 0,01 \text{ s}</math></b>	<b><math>\approx 12 \text{ s}</math></b>	<b><math>\approx 2,5 \text{ s}</math></b>	<b><math>\approx 12 \text{ s}</math></b>

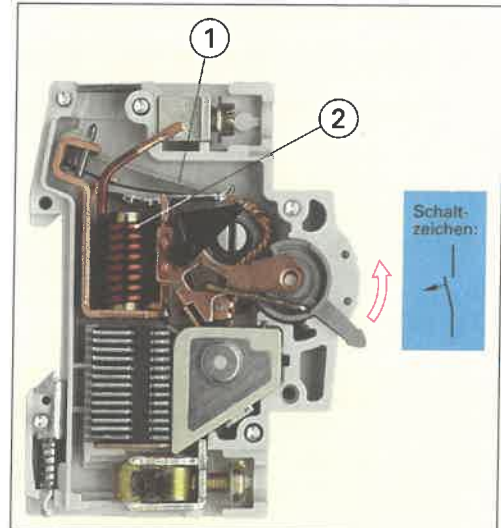


Bild 1: Aufbau eines Leitungsschutzschalters

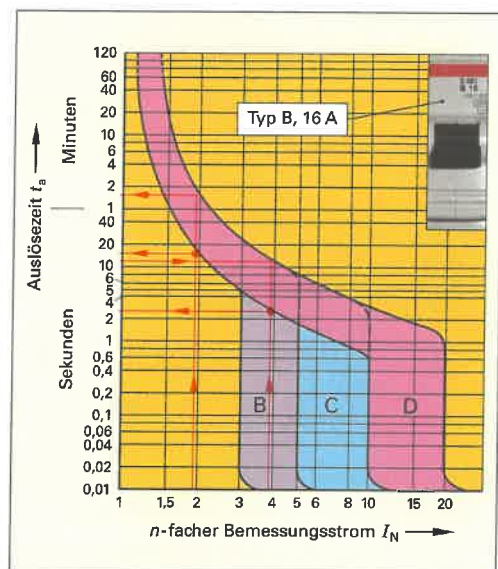


Bild 2: Auslösekennlinien LS-Schalter



Thermische Überlastrelais (frühere Bezeichnung: Motorschutzrelais) und Motorschutzschalter dienen dem Motorschutz.

- Welche Bestandteile im
  - thermischen Überlastrelais und
  - im Motorschutzschalter (**Bild 1**) dienen dem Motorschutz?
    - meist drei Bimetallstreifen und Hilfskontakte
    - thermischer Auslöser und elektromagnetischer Auslöser, teilweise auch Unterspannungsauslöser
- Ergänzen Sie in **Bild 1** die dazugehörigen Schaltzeichen in allpoliger Darstellung.
- Schlussfolgern Sie aus dem Schaltzeichen (**Bild 1**) ob über den Steuer- oder über den Hauptstromkreis
  - das thermische Überlastrelais bzw.
  - der Motorschutzschalter im Fehlerfall den Motor vom Netz trennen.
    - über den Steuerstromkreis
    - über den Hauptstromkreis
- Welchen Schutz für Motoren können thermische Überlastrelais nicht übernehmen?
 

Kurzschlussschutz von Motoren
- Mit welchen Schutzeinrichtungen müssen thermische Überlastrelais als Motorschutzeinrichtung immer kombiniert werden?
 

Mit Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschaltern.
- Auf welche Ströme  $I_A$  bzw.  $I_B$  muss das thermische Überlastrelais F3 am Einbaort A, bzw. am Einbaort B (**Bild 2**) eingestellt werden?

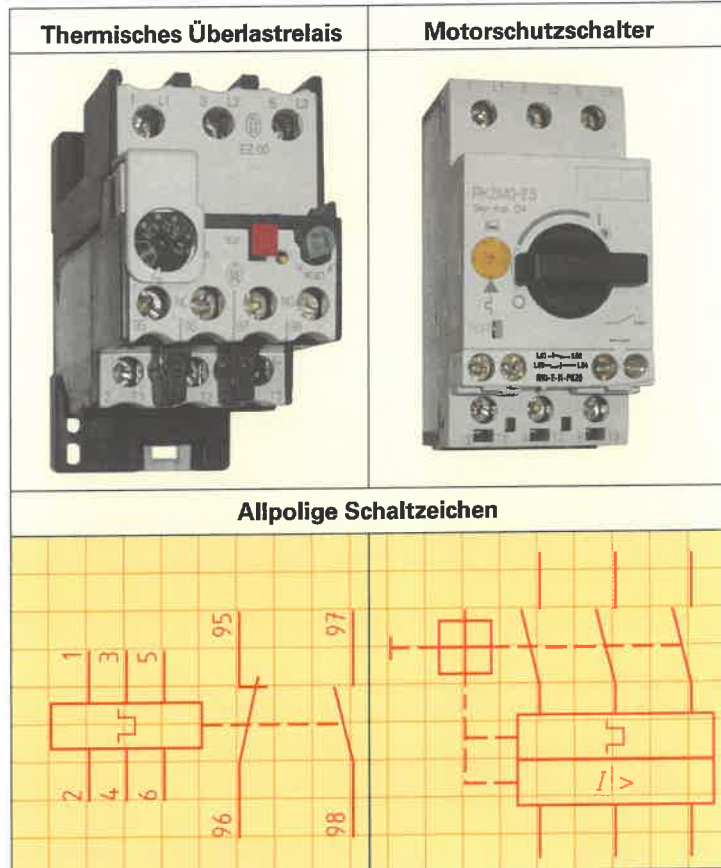


Bild 1: Thermisches Überlastrelais und Motorschutzschalter

- Ergänzen Sie **Bild 3** so, dass anstelle des thermischen Überlastrelais (**Bild 2**) ein Motorschutzschalter verwendet wird. Auf welchen Strom  $I_A$  wird der Motorschutzschalter eingestellt?

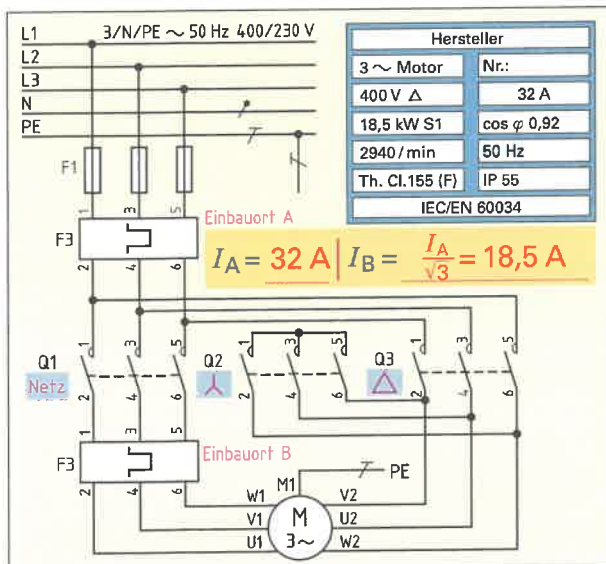


Bild 2: Motor mit thermischem Überlastrelais

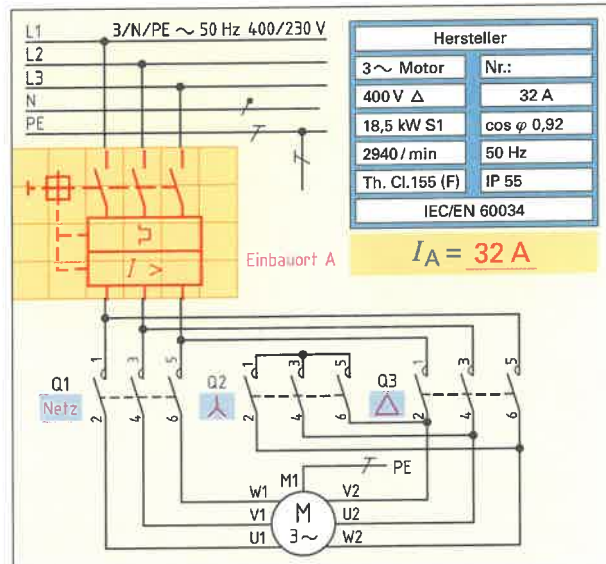


Bild 3: Motor mit Motorschutzschalter



Leitungen und Kabel können sich bei unsachgemäßer Auswahl und Verlegung bei Stromfluss unzulässig erwärmen und zu Bränden in elektrischen Anlagen führen. Deshalb müssen sie nach DIN VDE 0298 entsprechend der Verlegeart ausreichend dimensioniert werden.


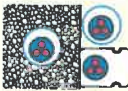
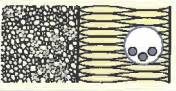
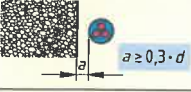



1. Nennen Sie die Einflussfaktoren auf die Strombelastbarkeit von Leitungen und Kabeln.

• Leiterquerschnitt und -material	• Verlegeart
• Anzahl der belasteten Adern	• Umgebungstemperatur
• Leiterisolierung	• Häufung von Leitungen
• Leitungs- und Kabelaufbau	• Oberwellen

2. a) Welche Anzahl von belasteten Adern unterscheidet man bei der Verlegung von Leitungen und Kabeln?  
b) Wo trifft man solche Leitungen in der Praxis an?

a) Anzahl der Adern	b) Anwendungsbeispiele
2	Leitungen in Wechsel- und Gleichstromkreisen, z.B. Lampenschaltungen, Anschlussleitungen von Haushaltsgeräten und Büromaschinen
3	Drehstromleitungen, z.B. für Elektromotoren, Geräte zur Raumheizung oder Warmwasserzubereitung

3. Nach DIN VDE 0298 unterscheidet man verschiedene Verlegearten. Ordnen Sie den Bildern in der **Tabelle** die Kurzzeichen dieser Verlegearten zu und nennen Sie jeweils die Verlegebedingungen für Leitungen.

Tabelle: Verlegearten (Auswahl)		
Verlegeart mit Kurzzeichen	Verlegebedingungen der Leitungen	
	D	Mehradrige Mantelleitungen im Rohr oder im Kabelschacht in der Erde
	B2	Mehradrige Mantelleitungen im Rohr/Kanal auf der Wand
	A1	Aderleitungen in wärmegeämmten Wänden
	E	Mehradrige Mantelleitungen auf Kabelkonsolen oder frei in der Luft mit Abstand $a$ zur Wand
	C	Leitungen direkt auf der Wand, im oder unter Putz
	B1	Aderleitungen im Rohr/Kanal auf oder in der Wand
	A2	Mehradrige Mantelleitungen im Rohr oder direkt in wärmegeämmten Wänden

4. Die DIN VDE 0298 gibt die Bemessungswerte  $I_n$  der Strombelastbarkeit von Leitungen und Kabeln an.

a) Was versteht man unter der Kenngröße  $I_n$ ?  
b) Unter welchen Normalbedingungen gelten diese Werte?

a) Höchstzulässige Dauerstrombelastbarkeit von Leitungen und Kabeln.

b) Entsprechende Verlegeart, Umgebungstemperatur  $\delta = 30 \text{ °C}$ , nur eine Leitung wird verlegt, Anzahl der belasteten Adern (meist zwei oder drei).



5. Bestimmen Sie in **Tabelle 1** für folgende Fälle die Strombelastbarkeit  $I_r$ .

**Tabelle 1: Strombelastbarkeit  $I_r$  von Leitungen**

Verlegeart	B2	A1	D	C	A2	C	B1	C	B2
Aderanzahl	2	2	3	3	2	2	3	2	3
Nennquerschnitt in mm <sup>2</sup> Cu	10	2,5	4	1,5	6	4	6	1,5	25
Strombelastbarkeit $I_r$ in A	52	19,5	27	17,5	32	36	36	19,5	80

6. Unter welchen Bedingungen müssen die Umrechnungsfaktoren  $f_1$  und  $f_2$  berücksichtigt werden?

$f_1$ : bei abweichender Umgebungstemperatur von 30 °C

$f_2$ : für Häufung von Leitungen

7. Mit den Umrechnungsfaktoren  $f_1$  und  $f_2$  wird die Strombelastbarkeit  $I_z$  bei abweichenden Betriebsbedingungen ermittelt. Geben Sie die dazu notwendige Formel an.

$$I_z = I_r \cdot f_1 \cdot f_2$$

8. Berechnen Sie aus der in **Aufgabe 5** ermittelten Strombelastbarkeit  $I_r$  aufgrund der sich ändernden Betriebsbedingungen (**Tabelle 2**) die Strombelastbarkeit  $I_z$ .

**Hinweis:** Beachten Sie, dass der Umrechnungsfaktor für PVC-Isolierung und Gummi-Isolierung unterschiedliche Werte annimmt.

**Tabelle 2: Änderung der Strombelastbarkeit aufgrund veränderter Betriebsbedingungen**

Strombelastbarkeit $I_r$ in A	52	19,5	27	17,5	32	36	36	19,5	80
Umgebungstemperatur in °C	15	30	45	35	40	30	20	10	45
Leiterisolation aus	PVC	PVC	Gummi	PVC	Gummi	Gummi	PVC	PVC	Gummi
Leitungsanzahl im Kanal	5	8	2	10	1	7	4	3	9
Strombelastbarkeit $I_z$ in A	36,5	10,1	15,3	7,9	26,2	19,4	26,2	16,6	28,4

9. An elektrischen Leitungen darf der Spannungsfall  $\Delta U$  nach TAB und DIN 18015-1 bestimmte Werte nicht überschreiten. Geben Sie in **Tabelle 3** die zulässigen Spannungsfälle  $\Delta u$  in % und  $\Delta U$  in V an.

**Tabelle 3: Zulässiger Spannungsfall in elektrischen Leitungen**

Art der Leitung		$\Delta u$ in %	$\Delta U$ in V
Im 400-V-Netz zwischen Hausanschluss-sicherung und Messeinrichtung bei einer Scheinleistung S	< 100 kVA	≤ 0,5	≤ 2
	100 kVA bis 250 kVA	≤ 1	≤ 4
	250 kVA bis 400 kVA	≤ 1,25	≤ 5
	> 400 kVA	≤ 1,5	≤ 6
Zwischen Messeinrichtung und Verbraucher	bei 230 V	≤ 3	≤ 6,9
	bei 400 V	≤ 3	≤ 12

10. Nach DIN VDE 0100-520 darf der gesamte Spannungsfall zwischen Hausanschluss-sicherung und Verbraucher jedoch einen festgelegten Wert nicht überschreiten. Ergänzen Sie **Tabelle 4** um die entsprechenden Werte.

**Tabelle 4: Maximaler Spannungsfall**

In Stromkreisen für	$\Delta u$ in %
Beleuchtung	3
andere Verbraucher	5

11. Welche Schlussfolgerung ziehen Sie, wenn der rechnerisch ermittelte Spannungsfall größer als der laut DIN zulässige Spannungsfall ist?

Es muss der nächstgrößere Nennquerschnitt A des Leiters ausgewählt werden.

12. Leitungen sind gegen Überlastung und Kurzschluss mit Überstrom-Schutzeinrichtungen ausgestattet. Welche Bedingungen gelten für den Bemessungsstrom  $I_N$  einer Überstrom-Schutzeinrichtung in Bezug auf

- a) den Betriebsstrom  $I_b$  des Verbrauchers und b) die Strombelastbarkeit  $I_z$  der Leitung?  
c) Vervollständigen Sie die Formel durch die Symbole  $\leq$ ,  $=$  oder  $\geq$ .

a) Der Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstrom-Schutzeinrichtung muss größer oder gleich sein wie der Betriebsstrom  $I_b$  des Verbrauchers.

b) Der Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstrom-Schutzeinrichtung darf nicht größer sein als die Strombelastbarkeit  $I_z$  der Leitung.

c) Es muss immer gelten:

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$



In einer Gartenanlage soll ein Fest in einem Gartenzelt veranstaltet werden. Für die Speisezubereitung soll eine elektrische Kocheinrichtung mit einer Anschlussleistung von  $P = 2 \text{ kW}$  eingesetzt werden. Die Stromzuführung soll mithilfe einer Kabelrolle (**Bild**) erfolgen, auf der sich 50 m Verlängerungsleitung H07RN-F3G1,5 befinden, die an eine 230-V-Schutzkontaktsteckdose angeschlossen wird.

1. Ermitteln Sie die Stromstärke, wenn die Kocheinrichtung mit voller Leistung betrieben wird.

Geg.: $P = 2 \text{ kW}, U = 230 \text{ V}, \cos \varphi = 1$
Ges.: $I$
Lösung:
$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{2000 \text{ V}}{230 \text{ V} \cdot 1} = 8,7 \text{ A}$



Bild: Verlängerungsleitung

2. Bestimmen Sie den Spannungsfall a)  $\Delta U$  in V und b)  $\Delta u$  in %.

Geg.: $I = 8,7 \text{ A}, l = 50 \text{ m}, \gamma_{\text{Cu}} = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2), A = 1,5 \text{ mm}^2$
Ges.: a) $\Delta U$ in V, b) $\Delta u$ in %
Lösung:
a) $\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot 8,7 \text{ A} \cdot 50 \text{ m}}{56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 10,4 \text{ V}$
b) $\Delta u = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U} = \frac{10,4 \text{ V} \cdot 100\%}{230 \text{ V}} = 4,5 \%$

3. Bestimmen Sie an der Kocheinrichtung die Höhe der zur Verfügung stehenden Spannung  $U^*$ , wenn an der Schutzkontaktsteckdose eine Spannung  $U$  von 227 V gemessen wird

Geg.: $U = 227 \text{ V}, \Delta U = 10,4 \text{ V}$	Ges.: $U^*$
Lösung:	
$U^* = U - \Delta U = 227 \text{ V} - 10,4 \text{ V} = 216,6 \text{ V}$	

4. Wie wirkt sich diese Spannung  $U^*$  an der Kochstelle aus?

Die niedrigere Spannung hat zur Folge, dass bei gleicher Schaltstufe der Kocheinrichtung ein niedrigerer Strom fließt und damit die Leistungsabgabe geringer ist als bei  $U = 230 \text{ V}$ . Die Speisezubereitung dauert somit länger als z.B. in Kochbüchern angegeben.

5. Welchen Querschnitt müsste die Zuleitung haben, damit der Spannungsfall nicht kleiner als 224 V wird?

Geg.: $I = 8,7 \text{ A}, l = 50 \text{ m}, \gamma = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2), \Delta U = 3 \text{ V}$
Ges.: $A$
Lösung:
$A = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{2 \cdot 8,7 \text{ A} \cdot 50 \text{ m}}{56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 3 \text{ V}} = 5,18 \text{ mm}^2$
→ verwendeter, standardisierter Querschnitt: $A = 6 \text{ mm}^2$



In einer Gießerei soll ein neuer Motor installiert werden. Anhand der Daten auf dem Leistungsschild des Motors (**Bild**) soll der Querschnitt für die Leitung von der Verteilung zum Motor berechnet werden. Zusätzlich sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen: Die Leitung soll in einem Installationskanal auf der Wand verlegt werden, in dem sich bereits drei mehradrige Leitungen befinden. Die Raumtemperatur kann bis zu 40 °C betragen. Es soll eine Mantelleitung NYM verwendet werden. Die notwendige Leitungslänge zwischen Unterverteilung und Motor beträgt 16 m.

1. Ermitteln Sie mithilfe des Leistungsschildes (**Bild**)

- a) den Motortyp und  
b) legen Sie daraus die Anzahl der belasteten Adern der zu verlegenden Leitung fest.

a) **Drehstrommotor**      b) **drei belastete Adern**

2. Bestimmen Sie mithilfe des Leistungsschildes

- a) die Stromaufnahme  $I_b$  des Motors bei Betrieb mit Bemessungsleistung und  
b) legen Sie die Verlegeart fest.

a)  $I_b = 29 \text{ A}$       b) **Verlegeart B2**

Hersteller	
3 ~ Motor	Nr.
400 V Δ	29 A
15 kW	cos φ = 0,85
1460/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 55
DIN VDE 0530 EN 60034	

Bild: Motorleistungsschild

3. Bestimmen Sie

- a) den Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstromschutzeinrichtung, wenn dreipolige Leitungsschutzschalter Typ C verwendet werden sollen und  
b) legen Sie daraus die Höhe der Strombelastbarkeit  $I_Z$  der Leitung fest.

a)  $I_N = 35 \text{ A}$

b)  $I_Z \geq I_N \geq 35 \text{ A}$

4. Welche Umrechnungsfaktoren müssen Sie für die Dimensionierung der Leitung berücksichtigen?

- $f_1$  für abweichende Umgebungstemperatur
- $f_2$  für Leitungshäufung

5. Bestimmen Sie die Umrechnungsfaktoren

- a)  $f_1$  für abweichende Umgebungstemperatur und  
b)  $f_2$  für Leitungshäufung.

a) Umgebungstemperatur: 40 °C, Isolierung: PVC →  $f_1 = 0,87$

b) Anzahl der mehradrigen Leitungen: 4, Verlegung: im Kanal →  $f_2 = 0,65$

6. Berechnen Sie mithilfe der Strombelastbarkeit  $I_Z$  und den Umrechnungsfaktoren  $f_1$  und  $f_2$

- a) den Bemessungswert der Strombelastbarkeit  $I_r$  der Leitung.  
b) Legen Sie daraus den erforderlichen Leiterquerschnitt  $A$  fest.

Lösung: a) $I_r = \frac{I_Z}{f_1 \cdot f_2} = \frac{35 \text{ A}}{0,87 \cdot 0,65} = 61,9 \text{ A}$	b) Nach DIN VDE 0298-4 beträgt der erforderliche Leiterquerschnitt $A = 16 \text{ mm}^2$
--	--

7. Berechnen Sie a) den Spannungsfall  $\Delta U$  der Leitung und b) bewerten Sie das Ergebnis.

a) Geg.: $I = 29 \text{ A}$ , $l = 16 \text{ m}$ , $\cos \varphi = 0,85$ , $\gamma_{Cu} = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ , $A = 16 \text{ mm}^2$ Ges.: $\Delta U$
Lösung: $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A} = \frac{\sqrt{3} \cdot 16 \text{ m} \cdot 29 \text{ A} \cdot 0,85}{56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 16 \text{ mm}^2} = 0,76 \text{ V}$
b) Im 400-V-Netz darf der zulässige Spannungsfall 12 V betragen. $0,76 \text{ V} < 12 \text{ V} \rightarrow$ der gewählte Leiterquerschnitt von $16 \text{ mm}^2$ ist ausreichend.

8. Geben Sie die genormte Bezeichnung der zu verwendenden Leitung an: NYM – J 5 x 16 mm<sup>2</sup>



Ein Zählerschrank mit Stromkreis- und Multimediaverleiter kann neben Messung und Verteilung der Elektroenergie auf verschiedene Stromkreise auch als multimediale Zentrale in einem Gebäude genutzt werden. Weiterhin können Baugruppen und Anschlüsse für die Informationstechnik, Telekommunikation und Gebäudeautomation eingebaut sein.

1. Benennen Sie fachgerecht

- a) die im Zähler- und Verteilerfeld im Bild mit den Ziffern 1 bis 12 gekennzeichneten Bauteile und Baugruppen und  
b) die im Multimediaverleiter im Bild mit den Ziffern 13 bis 18 gekennzeichneten Bauteile, Baugruppen und Anschlüsse.

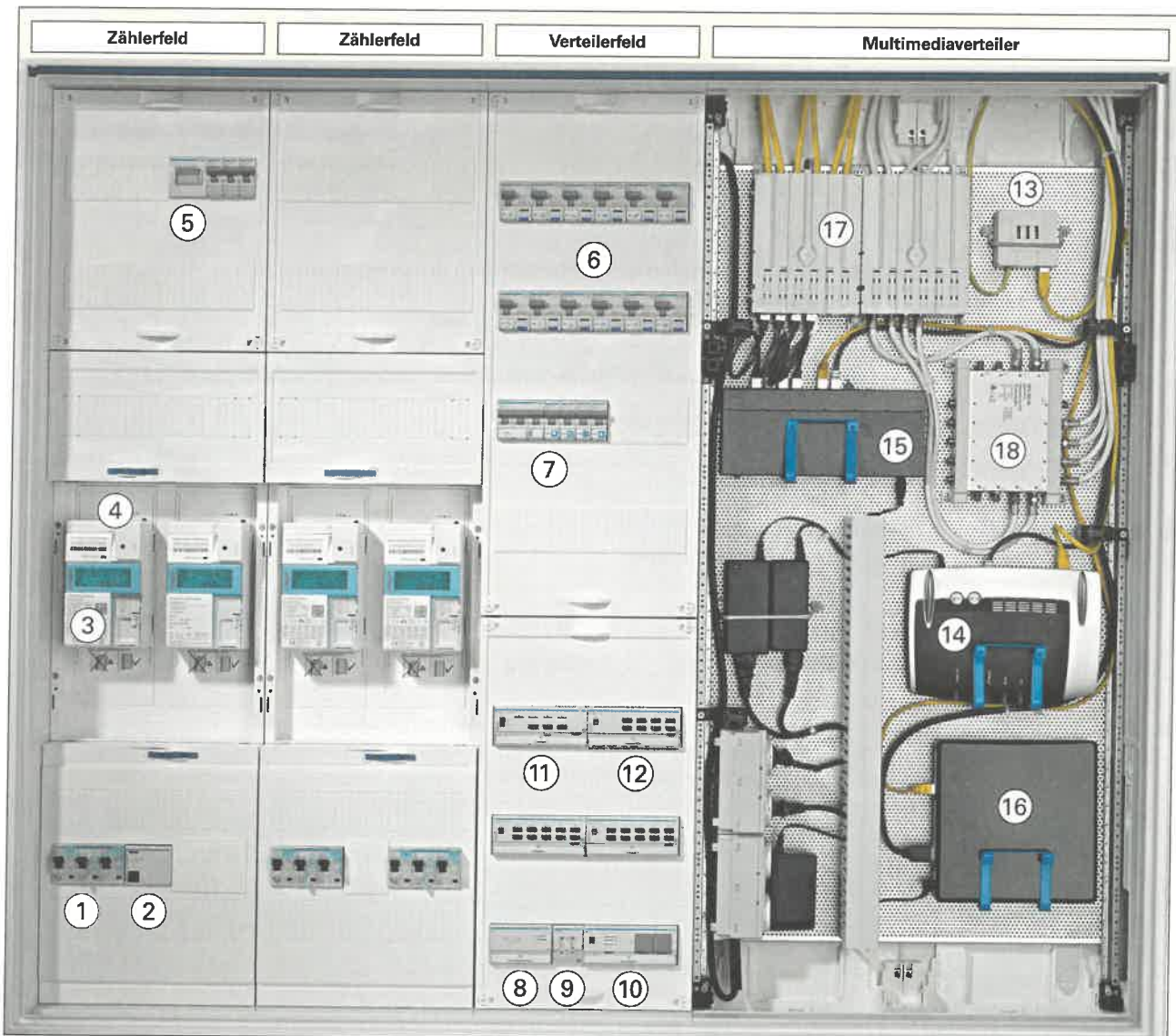


Bild: Zählerschrank eines Zweifamilienwohnhauses mit Stromkreis- und Multimediaverleiter

- |   |  |
|---|--|
| a) ① <u>Selektiver LS-Schalter (SLS)</u>          | ⑪ <u>KNX-Universaldimmer</u>                     |
| ② <u>Überspannungsableiter</u>                    | ⑫ <u>KNX-Schaltausgänge</u>                      |
| ③ <u>elektronischer Haushaltszähler (eHZ)</u>     |  |
| ④ <u>Funkaufsatz für eHZ</u>                      | b) ⑬ <u>Telefonanschluss mit Splitter</u>        |
| ⑤ <u>Hauptschalter <math>I_N \geq 63 A</math></u> | ⑭ <u>DSL-Router</u>                              |
| ⑥ <u>Fehlerstrom-/Leitungsschutzschalter</u>      | ⑮ <u>Netzwerk-Switch</u>                         |
| ⑦ <u>Leitungsschutzschalter (LS-Schalter)</u>     | ⑯ <u>Netzwerk-Server</u>                         |
| ⑧ <u>KNX-Spannungsversorgung</u>                  | ⑰ <u>Patchfeld (RJ45 und Koax)</u>               |
| ⑨ <u>IP-KNX-Router</u>                            | ⑱ <u>TV-Breitband- oder Satelliten-Verteiler</u> |
| ⑩ <u>KNX-Server</u>                               |  |



2. Verdraten Sie für die drei abgehenden Einphasen-Wechselstrom-Leitungen das vereinfachte Verteilerfeld. Die Einspeisung des Verteilerfeldes erfolgt als TN-S-System.

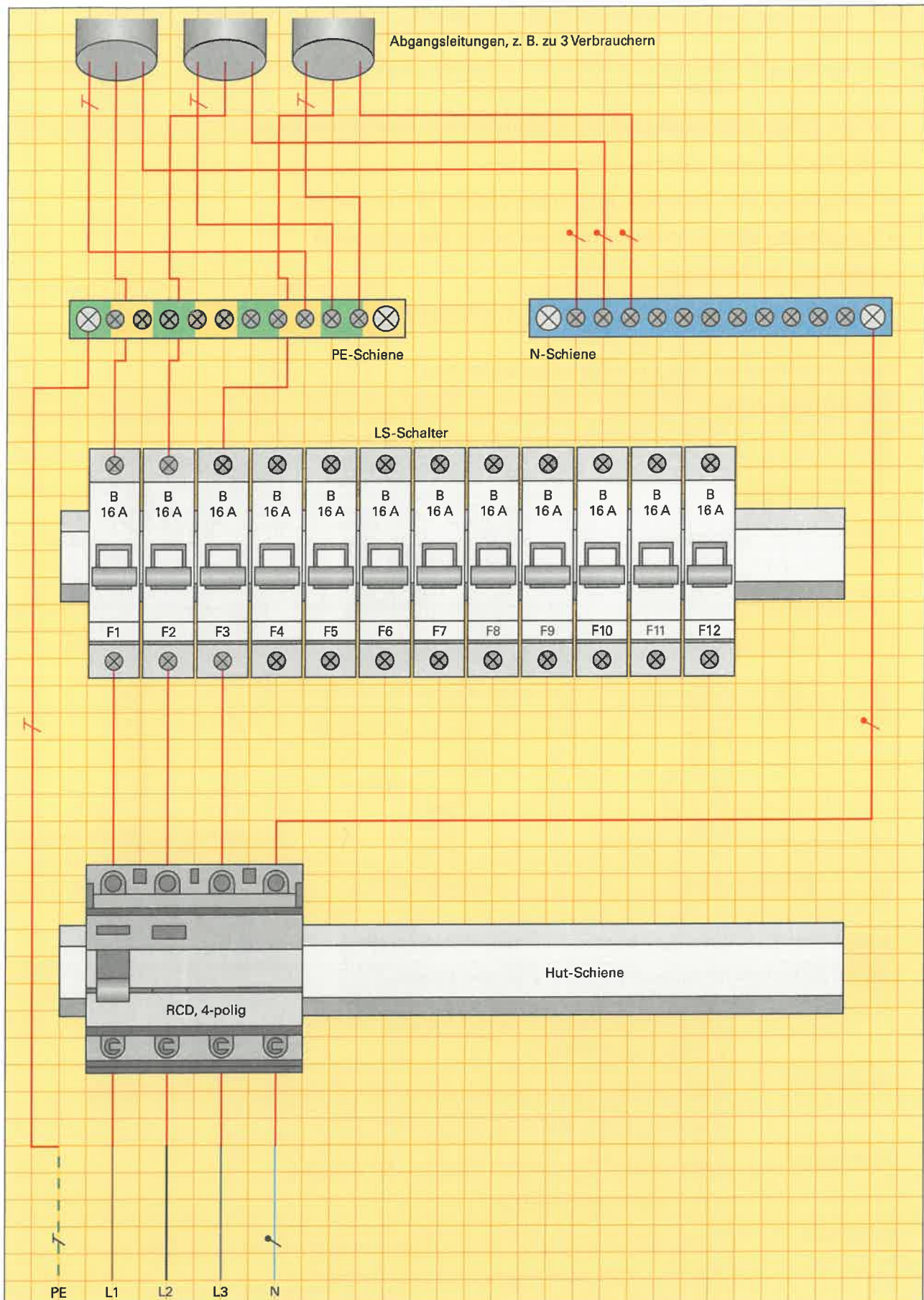


Bild: Verdrahtung im Verteilerfeld (vereinfachtes Beispiel)



Einen fehlerhaften Zustand in der Isolierung nennt man Isolationsfehler. Ein Elektriker muss Ursachen und Auswirkungen von Isolationsfehlern kennen und einschätzen können. So lassen sich in neu installierten oder bestehenden Anlagen Gefahren vermeiden.

1. Trotz Beachtung aller Montagevorschriften für das Errichten elektrischer Anlagen kann es zu Isolationsfehlern kommen. Nennen Sie in **Tabelle 1** mögliche Fehlerursachen.

**Tabelle 1: Mögliche Fehlerursachen bei Isolationsfehlern in elektrischen Anlagen**

- Quetschung der Leiterisolation,
- Eindringen von Fremdkörpern in elektrische Betriebsmittel,
- Eindringen von Feuchtigkeit in elektrische Betriebsmittel,
- Alterung der Isolation,
- Fraßschäden an der Isolation, z.B. durch Nagetiere.

2. Welcher Isolationsfehler liegt in den Bildern der **Tabelle 2** vor?

**Tabelle 2: Fehlerarten**

<p>L1 L2 L3 PE</p> <p>betätigt ↑ ↑</p>	<p>L1 L2 L3 N PE</p> <p>FI/LS</p>	<p>L1 L2 L3 PE</p> <p>↑ ↑</p>
<b>Erdschluss</b>	<b>Körperschluss</b>	<b>Kurzschluss</b>
<p>L1 L2 L3 PE</p> <p>↑ ↑</p> <p>M</p>	<p>L1 L2 L3 N PE</p>	<p>L1 L2 L3 PEN</p>
<b>Körperschluss</b>	<b>Leiterschluss</b>	<b>Erdschluss</b>

3. Geben Sie mögliche Auswirkungen beim Auftreten von Isolationsfehlern (**Tabelle 3**) an.

**Tabelle 3: Mögliche Fehlerauswirkungen in geerdeten Netzen**

Körperschluss	Gefährliche Spannung am Körper; Gefährdung von Menschen und Tieren; großer Fehlerstrom
Kurzschluss	Sehr großer Fehlerstrom; gefährliche Erwärmung im Stromkreis; Spannung am Verbraucher praktisch null.
Leiterschluss	Kein funktionsgerechter Betrieb der Anlage, z.B. nicht ausschaltbar.
Erdschluss	Fehlerstrom und gefährliche Spannung am bzw. im Erdboden; Spannungserhöhung der anderen Leiter; evtl. ein weiterer Erdschluss möglich.



4. In den **Bildern 1** und **2** sind mehrere Fehlerstellen vorhanden.

- Kreisen Sie in den **Bildern 1** und **2** die Fehlerstellen rot ein und nennen Sie die Fehlerarten.
- Zeichnen Sie in den **Bildern 1** und **2** die geschlossenen Fehlerstromverläufe rot ein.
- Tragen Sie in den **Bildern 1** und **2** die Bezugspfeile für Verbraucherstrom  $I_V$ , falls vorhanden, Körperstrom  $I_K$ , Gesamtstrom  $I$ , Netzspannung gegen Erde  $U_0$  und Berührungsspannung  $U_B$  ein.
- Entscheiden Sie durch Rechnung, ob eine 16-A-Schmelzsicherung den jeweiligen Fehlerstromkreis in den **Bildern 1** und **2** unterbrechen würde.

**Hinweis:** Transformatorenwiderstand vernachlässigbar, Widerstand des Hin- bzw. des Rückleiters je  $0,5 \Omega$ , Widerstand des Menschen  $1 \text{ k}\Omega$ , Fußbodenwiderstand  $3,2 \text{ k}\Omega$ , Erdübergangswiderstand  $100 \Omega$ , Betriebserde  $2 \Omega$ .

- Entscheiden und begründen Sie für den Fehler in den **Bildern 1** und **2**, ob ein gefährlicher Körperstrom zum Fließen kommt.

b) und c)

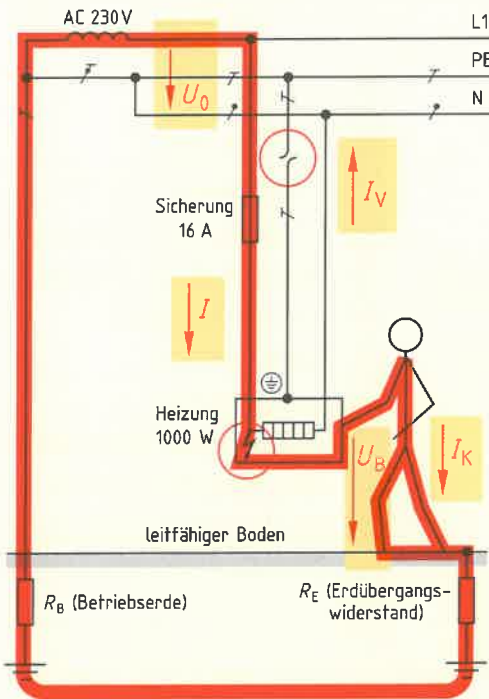


Bild 1: Doppelfehler in einer elektrischen Anlage

a) **PE-Leiterbruch und Körperschluss**

d)

$$I_K = \frac{U_0}{R_{\text{ges}}} = \frac{230 \text{ V}}{4302,5 \Omega} = 53,5 \text{ mA}$$

$$I_V = \frac{P}{U_0} = \frac{1000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 4,35 \text{ A}$$

$$I = I_V + I_K = 4,4 \text{ A}$$

Die 16-A-Sicherung würde den Fehlerstromkreis nicht unterbrechen, da der Gesamtstrom kleiner als der Nennstrom der Sicherung ist.

- Es würde ein lebensgefährlicher Körperstrom fließen.

b) und c)

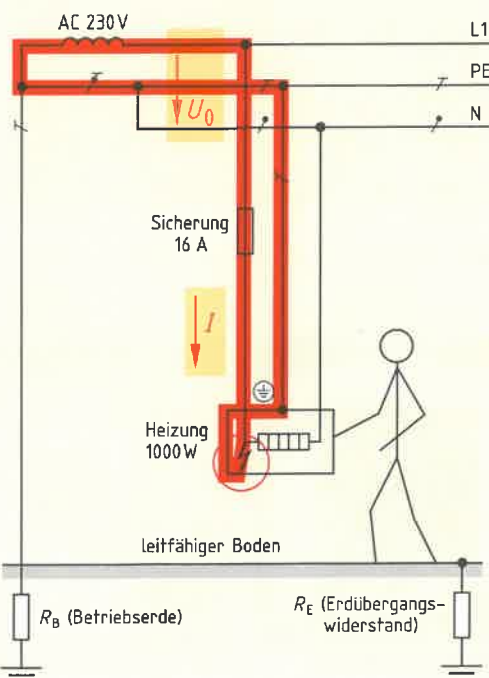


Bild 2: Isolationsfehler in einer elektrischen Anlage

a) **Körperschluss**

d)

$$I = \frac{U_0}{R_{\text{Ltg}}} = \frac{230 \text{ V}}{1 \Omega} = 230 \text{ A}$$

Der Fehlerstrom hat den Wert eines Kurzschlussstromes. Die Sicherung würde den Fehlerstromkreis sofort unterbrechen.

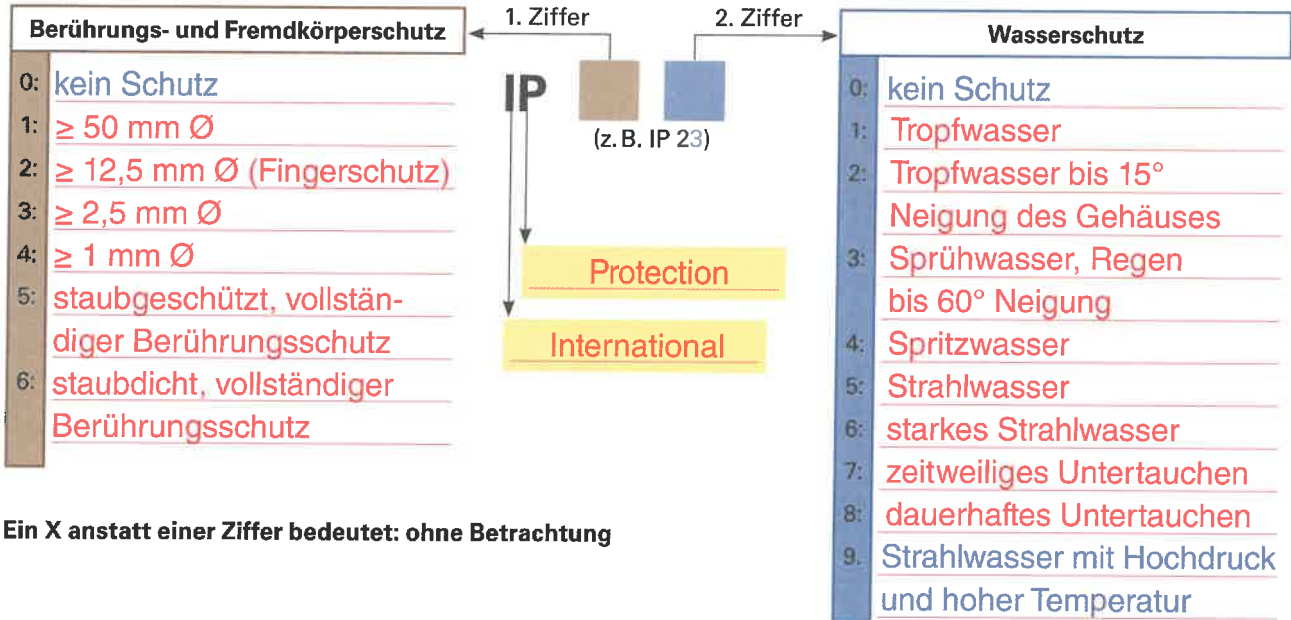
- Es kommt zu keinem gefährlichen Strom durch den Menschen, weil die Sicherung den Stromkreis sofort unterbricht.



Für die Erklärung und praktische Umsetzung der Maßnahmen zur Vermeidung von Elektro-Unfällen werden Fachbegriffe verwendet, die ähnlich sind und leicht verwechselt werden. Ein Elektriker muss die Fachbegriffe unterscheiden und richtig verwenden.

**Schutzarten:**

1. Je nach Verwendungszweck und Aufstellungsort der Betriebsmittel, z. B. in einer Wohnung oder im Freien, ist ein Berührungs- und Fremdkörperschutz und ein Schutz gegen das Eindringen von Wasser erforderlich. Dafür gibt es verschiedene Schutzarten. Das Schutzzeichen für die entsprechende Schutzart des Betriebsmittels besteht aus den Buchstaben IP und zwei nachfolgenden Ziffern (IP-Code). Erklären Sie die Bedeutung der Buchstaben IP und der Ziffern.



Ein X anstatt einer Ziffer bedeutet: ohne Betrachtung

2. Geben Sie in der Tabelle für den Betriebsmitteleinsatz die konkrete Bedeutung der 1. und 2. Kennziffer an.

Tabelle: Beispiele für Schutzarten durch Gehäuse		
IP-Code	Betriebsmitteleinsatz	Bedeutung der 1. und 2. Kennziffer
IP 20	für trockene Wohnräume, z. B. Leuchten	kein Eindringen fester Fremdkörper $\geq 12,5 \text{ mm } \varnothing$ oder mit Finger, kein Schutz gegen Wasser.
IP 54	für Werkstätten, z. B. Motorschutzschalter	staubgeschützt und vollständiger Berührungsschutz, spritzwassergeschützt.
IP 44	für Anlagen im Freien, z. B. Straßenverkehr	kein Eindringen fester Fremdkörper $\geq 1,0 \text{ mm } \varnothing$ und kein vollständiger Berührungsschutz, spritzwassergeschützt.

3. Ordnen Sie den Bildern 1 bis 4 die Mindestschutzart für den Wasserschutz der elektrischen Betriebsmittel zu.

IP X 5



Bild 1: Elektrische Betriebsmittel an der Wand einer Auto-Waschanlage

IP X 0



Bild 2: Steckdose im Badezimmer

IP X 4



Bild 3: Gartensteckdosen

IP X 4



Bild 4: Bewegungsmelder mit Leuchte an einem Haus

**Schutzmaßnahmen:**

4. Welche technische Norm schreibt Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag vor?

DIN VDE 0100-410

5. Nennen Sie in **Tabelle 1** die beiden Hauptaufgaben, die Schutzmaßnahmen erfüllen sollen.

**Tabelle 1: Hauptaufgaben der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag**

Unter Normal- und unter Fehlerbedingungen	Unter Fehlerbedingungen
Das Auftreten einer gefährlichen Berührungsspannung zu verhindern.	Das Bestehenbleiben einer gefährlichen Berührungsspannung zu verhindern.

**Schutzmaßnahmen**

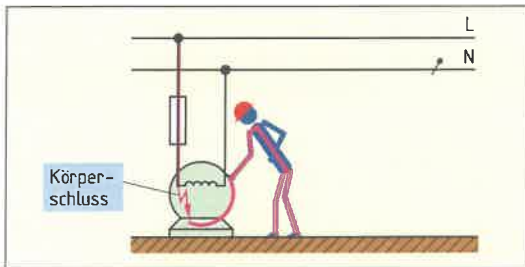
sind Maßnahmen gegen das Entstehen oder Bestehenbleiben einer gefährlichen Berührungsspannung.

**Schutzeinrichtungen:**

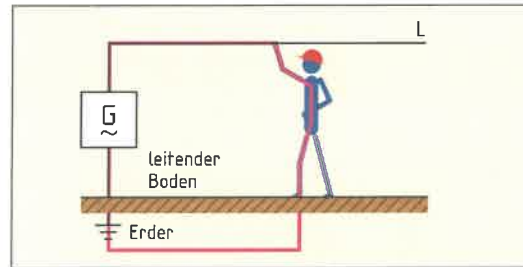
6. Erklären Sie, was man unter einer Schutzeinrichtung für den Fehlerschutz versteht?

Ein Betriebsmittel, das verhindert, dass im Fehlerfall durch automatisches Abschalten eine gefährliche Berührungsspannung bestehen bleibt.

7. Ordnen Sie den **Bildern 1 und 2** die Begriffe „direktes Berühren“ und „indirektes Berühren“ zu.



**Bild 1:** Indirektes Berühren



**Bild 2:** Direktes Berühren

**Schutzebenen:**

8. Die Schutzmaßnahmen werden in drei Schutzebenen eingeteilt. Ergänzen Sie die **Tabelle 2**.

**Tabelle 2: Schutzebenen und Aufgaben der Schutzmaßnahmen**

Schutzebenen	Aufgabe der Schutzmaßnahme	Beispiel
Basisschutz	<u>Schutz gegen direktes Berühren</u>	Lampenfassung
Fehlerschutz	<u>Schutz bei indirektem Berühren</u>	<u>Elektromotor</u>
<u>Zusatzschutz</u>	Schutz beim Versagen von Basis- und/oder Fehlerschutz	<u>in nassen Räumen</u>

**Schutzklassen:**

9. Für den Einsatz elektrischer Betriebsmittel in einer Elektroanlage müssen Schutzklassen beachtet werden. Ergänzen Sie **Tabelle 3**.

**Tabelle 3: Merkmale der Schutzklassen**

Schutzklasse	Kennzeichen	Bedeutung des Kennzeichens	Bedingung für den Betriebsmitteleinsatz	Betriebsmittel (Beispiele)
<b>I</b>		<u>Anschlussstelle für Schutzleiter</u>	Netzsystem muss Schutzleiter führen	<u>Waschmaschine, Elektroherd</u>
<b>II</b>		Doppelte oder verstärkte Isolierung	<u>keine</u>	Handbohrmaschine, Haartrockner
<b>III</b>		Betrieb des Betriebsmittels nur mit Kleinspannung SELV oder PELV		<u>Niedervolt-Halogenlampe</u>



In der Elektrotechnik unterscheidet man verschiedene Netzsysteme. Diese haben Auswirkungen auf die verwendeten Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag. Darum ist die genaue Kenntnis des Netzsystems für die Anwendung einer Schutzmaßnahme besonders wichtig.

1. Benennen Sie in der **Tabelle** die abgebildeten Netzsysteme und geben Sie jeweils ein Anwendungsbeispiel an.

Tabelle: Arten der Netzsysteme	
<b>TN-C-System</b>	<b>TN-S-System</b>
<p>Anwendung z. B.: <b>Anlage des Netzbetreibers</b></p>	<p>Anwendung z. B.: <b>Wohnhaus</b></p>
<b>TN-C-S-System</b>	
<b>TN-C-System</b>	<b>TN-S-System</b>
<b>IT-System</b>	<b>TT-System</b>
<p>Anwendung z. B.: <b>Operationsräume</b></p>	<p>Anwendung z. B.: <b>Baustellen</b></p>

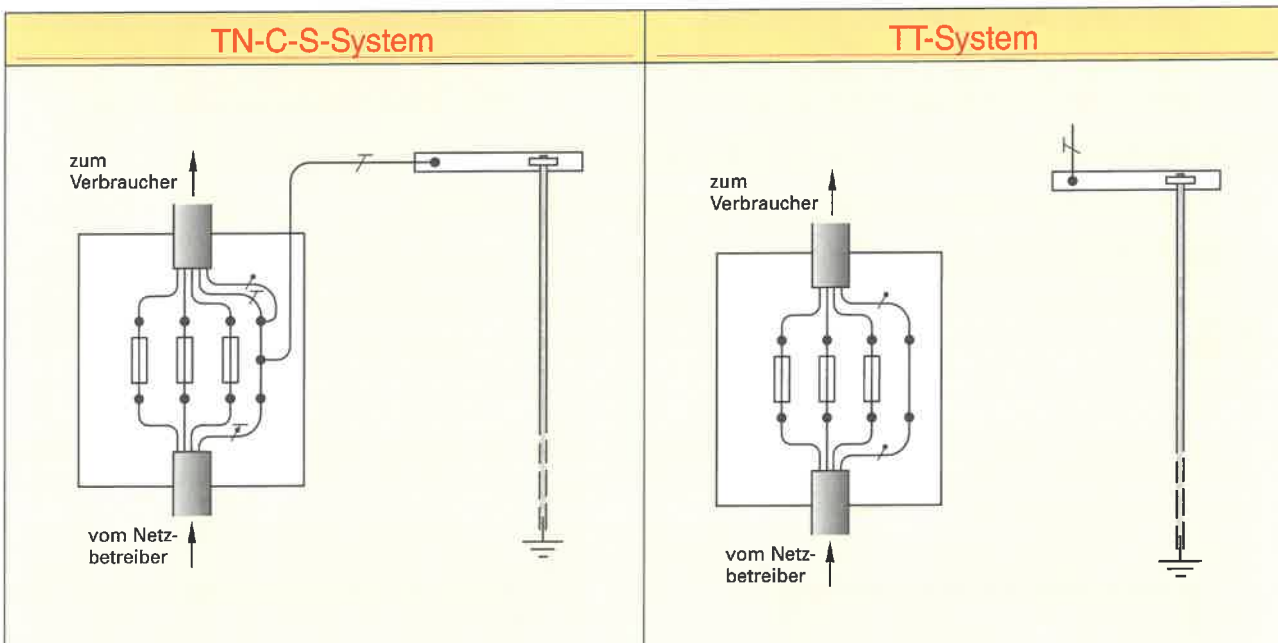
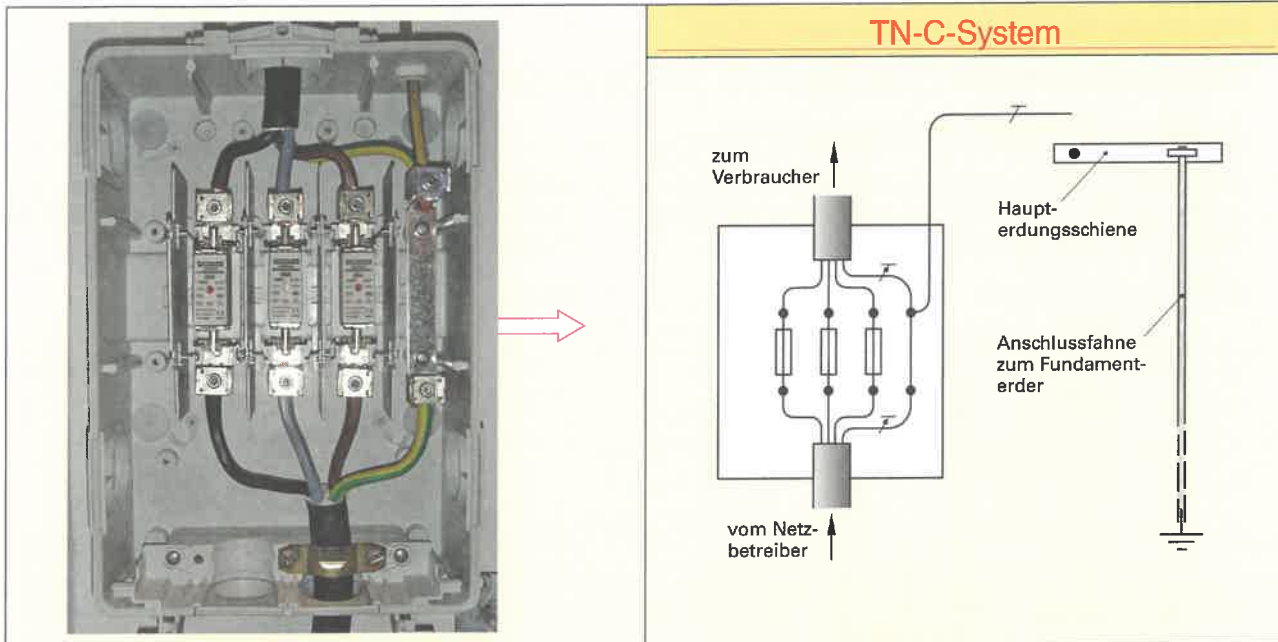
2. Nennen Sie besondere Bedingungen, die für PEN-Leiter bei der Installation beachtet werden müssen.

- Er muss in seinem Verlauf häufig geerdet werden.
- Es dürfen keine Überstromschutzvorrichtungen eingebaut werden.
- Er darf nicht allein geschaltet werden.
- Er muss insgesamt grün-gelb und an den Enden zusätzlich hellblau gekennzeichnet werden. (Ausnahme: im öffentlichen Verteilungsnetz.)
- Für flexible Leitungen ist ein PEN-Leiter unzulässig.
- Für feste Verlegung beträgt der Mindestquerschnitt 10 mm<sup>2</sup> Cu
- Nach Aufteilung des PEN-Leiters in PE- und N-Leiter dürfen diese Leiter nicht wieder verbunden werden.



Der Hausanschluss verbindet über die Hausanschlussleitung das Verteilungsnetz mit der Kundenanlage. Das Netzsystem einer Verbraucheranlage kann man im Hausanschlusskasten erkennen.

3. Welches Netzsystem kann man an den drei gezeichneten Hausanschlusskästen erkennen? Tragen Sie dazu das zutreffende Netzsystem ein.



4. Nach DIN VDE 0100, Teil 444 dürfen TN-C-Systeme in neu errichteten Gebäuden nicht verwendet werden. Es wird empfohlen, in bestehenden Gebäuden mit einem TN-C-System, dieses in ein TN-S-System umzubauen, wenn diese Gebäude eine größere Anzahl informationstechnischer Betriebsmittel, z.B. Computer, enthalten. Begründen Sie die Vorschrift und die Empfehlung.

In Gebäuden mit einem TN-C-System und mit informationstechnischen Betriebsmitteln kann es zu Störungen der Datenübertragung und zu unerwünschten Strömen in den Aderabschirmungen der Datenleitungen kommen. An Rohrleitungen, die mit dem Schutzpotenzialausgleichsleiter verbunden sind, kann es infolge vagabundierender Ströme zu Korrosionen kommen.



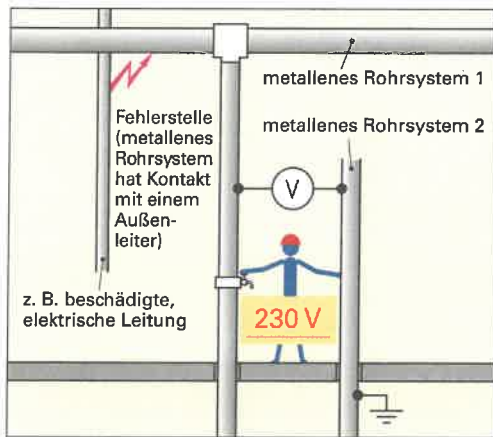
Der Schutzpotenzialausgleich ist eine zusätzliche Schutzmaßnahme. Die Wirkung des Schutzpotenzialausgleichs ist wichtig, damit bei Eintritt eines Körperschlusses und Versagen des Fehlerschutzes die Berührungsspannung ungefährlich klein wird.

1. Was versteht man unter Schutzpotenzialausgleich?

Das Ausgleichen von Potenzialen, d. h. das Beseitigen von Potenzialunterschieden zwischen leitfähigen Anlagenteilen.

2. Geben Sie an, wie hoch die Berührungsspannung  $U_B$  in der Anlage ohne Schutzpotenzialausgleich (**Bild 1**) ist. Tragen Sie die Höhe der Spannung in **Bild 1** ein.

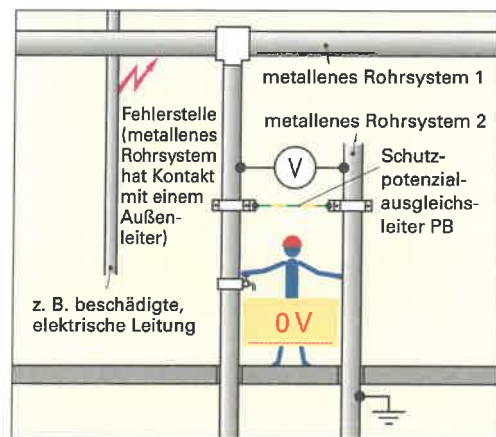
Berührungsspannung  $U_B$  230 V



**Bild 1:** Anlage ohne Schutzpotenzialausgleich

3. Geben Sie an, wie hoch die Berührungsspannung  $U_B$  in der Anlage mit Schutzpotenzialausgleich (**Bild 2**) ist. Tragen Sie die Höhe der Spannung in **Bild 2** ein.

Berührungsspannung  $U_B$  0 V



**Bild 2:** Anlage mit Schutzpotenzialausgleich

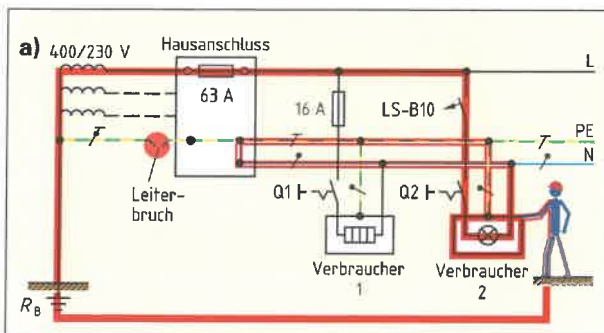
3. Welche zwei Ausführungsarten des Schutzpotenzialausgleichs kann man unterscheiden?

- Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene
- zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich



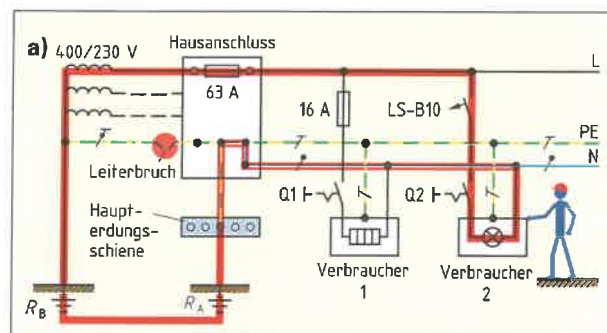
Ein zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich ist nur in Gebäuden vorgeschrieben, in denen ein Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene noch nicht installiert wurde, z.B. in Altbauten.

4. a) Zeichnen Sie im **Bild 3** und im **Bild 4** bei Leiterbruch des PEN-Leiters den Stromverlauf rot ein, der bei Betätigung des Schalters Q2 zum Fließen kommt. b) Erklären Sie die Auswirkung auf die Berührungsspannung am Verbraucher 2 und den Strom durch den Menschen.



**Bild 3:** Elektrische Altanlage ohne Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene

b) Am Verbraucher 2 liegt eine gefährliche Berührungsspannung an. Wenn der Verbraucher 2 berührt wird, fließt ein lebensgefährlicher Strom durch den Menschen.



**Bild 4:** Elektrische Neuanlage mit Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene

b) Am Verbraucher 2 liegt keine gefährliche Berührungsspannung an. Es fließt bei Berührung durch den Menschen kein gefährlicher Strom.



Der Schutzleiter (PE) und der Schutzpotenzialausgleichsleiter (PB) müssen in einer elektrischen Anlage normgerecht und sorgfältig installiert werden, damit der Schutz von Personen und Nutztieren gewährleistet wird.

7. a) Benennen Sie im **Bild** die gekennzeichneten elektrischen Bauteile mit Fachbegriffen. b) Zeichnen Sie die fehlenden Schutz- und Schutzpotenzialausgleichsleiter ein. c) Benennen Sie diese Leiter mit ihren Kurzbezeichnungen (PE und PB).

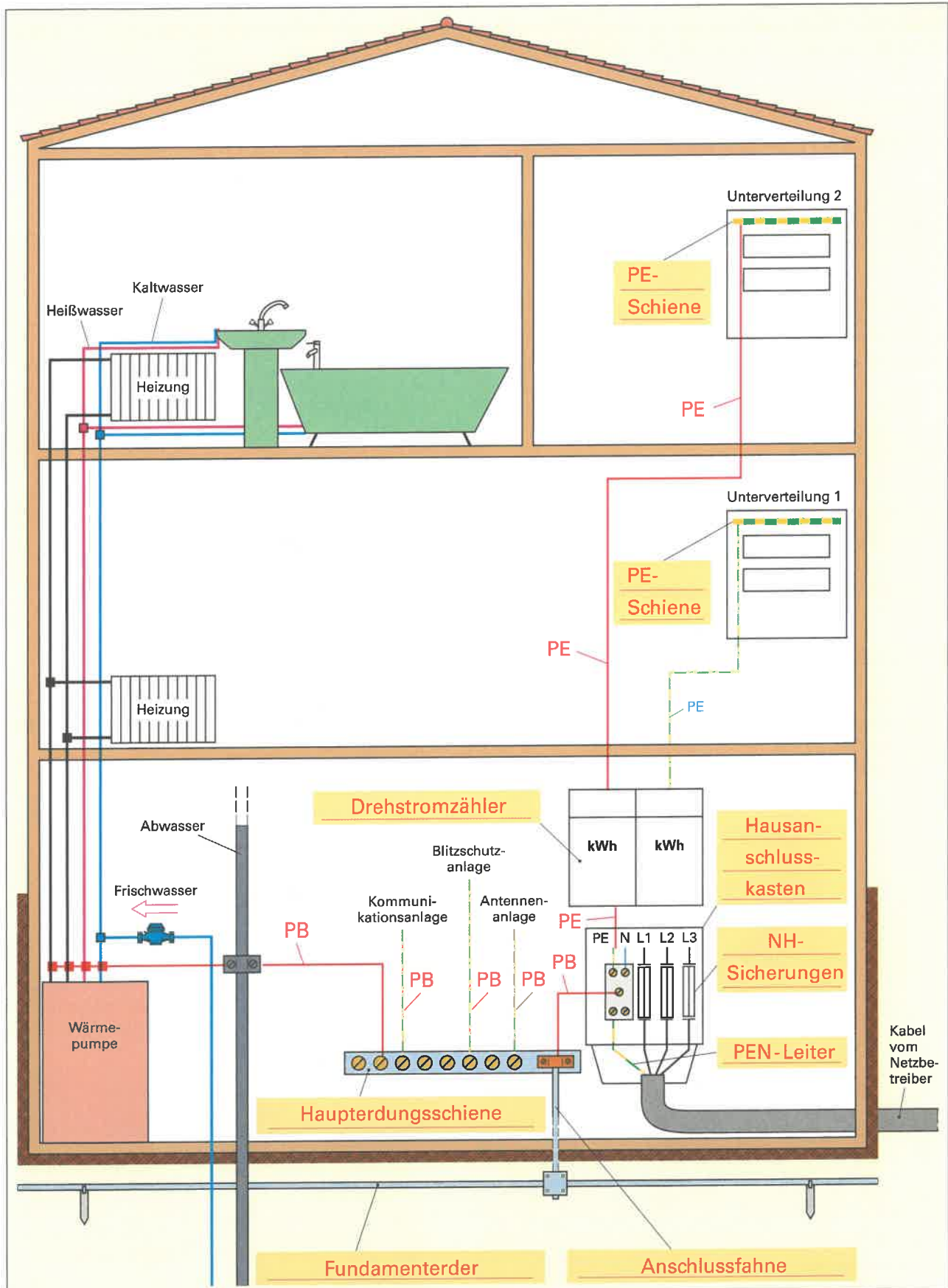


Bild: Schutzleiter (PE) und Schutzpotenzialausgleichsleiter (PB) in einem Wohnhaus mit einem TN-C-S-System



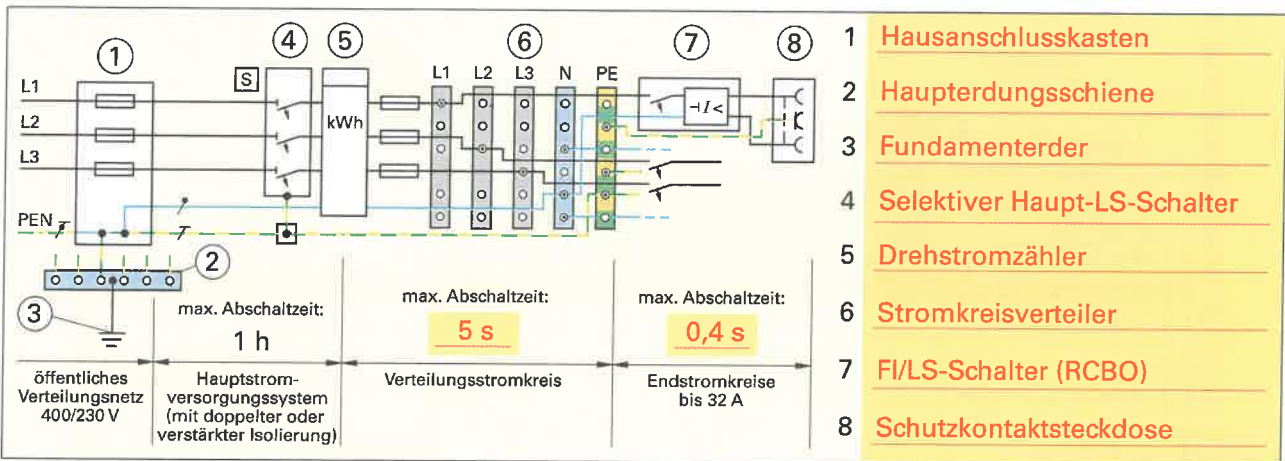
Die Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“ gehört zu den am häufigsten verwendeten Schutzmaßnahmen, die eine Elektrofachkraft planen, installieren und prüfen muss.

- Wie wird das Bestehenbleiben einer gefährlichen Berührungsspannung bei einem Körperschluss verhindert?
- Nennen Sie drei Schutzeinrichtungen im TN-S-System.

Durch automatisches Abschalten des fehlerhaften Anlagenteils.

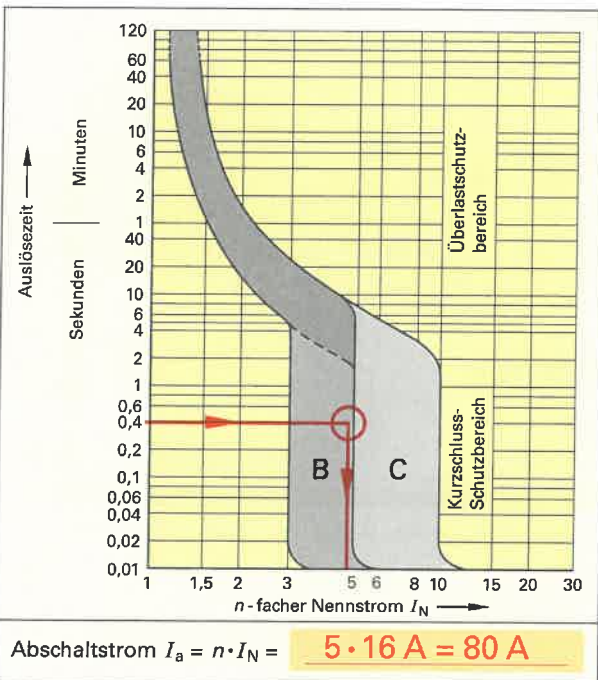
- Schmelzsicherungen
- Leitungsschutzschalter (LS-Schalter)
- Fehlerstrom-Schutzschalter (RCDs)

- Benennen Sie im **Bild 1** die Bauteile 1 bis 8 fachgerecht.
  - Ergänzen Sie nach DIN VDE 0100 Teil 410 im **Bild 1** die maximalen Abschaltzeiten.



**Bild 1: Maximale Abschaltzeiten für Stromkreise im TN-C-S-System**

- Ermitteln Sie aus den Auslösekennlinien (**Bild 2**) für einen LS-Schalter 16 A, Charakteristik B, den Faktor  $n$  für eine sichere Auslösezeit von 0,4 s.
- Ergänzen Sie die **Tabelle**.



**Bild 2: Auslösekennlinien LS-Schalter Typ B und C**

**Tabelle: Abschaltbedingungen für Überstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System nach DIN VDE 0100-410**

<b>Formel</b>	$Z_S \cdot I_a \leq U_0$
$Z_S$	Scheinwiderstand der Fehlerstromschleife
$I_a$	Abschaltstrom
$U_0$	Netzspannung gegen Erde

- Für einen 230-V-Lichtstromkreis beträgt die errechnete Schleifenimpedanz der Leitung 1,7  $\Omega$ . Der Stromkreis soll mit einem LS-Schalter 16 A Typ B geschützt werden. Überprüfen Sie durch Rechnung, ob die Abschaltbedingung erfüllt wird und bewerten Sie das Rechenergebnis in einem Antwortsatz.

Geg.:	$U_0 = 230 \text{ V}, Z_S = 1,7 \Omega, I_N = 16 \text{ A}$
Ges.:	Abschaltbedingung erfüllt?
Lösung:	$Z_S \cdot I_a \leq U_0$ mit $I_a = 5 \cdot I_N$ $\Rightarrow 1,7 \Omega \cdot 5 \cdot 16 \text{ A} = 136 \text{ V} < 230 \text{ V}$
Antwortsatz:	Die Abschaltbedingung ist erfüllt. Sie muss aber durch Messung nachgewiesen werden.



Eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) ist eine Zusatz-Schutzeinrichtung. Sie ist für elektrische Anlagen mit besonders unfallgefährdeten Bereichen, sowie für allgemeine Steckdosenstromkreise vorgeschrieben, um, z. B. bei einem Körperschluss, die Stromversorgung sicher abzuschalten. Gleichzeitig wirkt die FI-Schutz-einrichtung als Brandschutz.

1. Nennen Sie für den Personenschutz in elektrischen Anlagen vorgeschriebene Bereiche, die zusätzlich mithilfe von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen geschützt werden müssen.

Steckdosenstromkreise, die für Laien und zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind.

Endstromkreise mit Steckdosen im Außenbereich für tragbare Betriebsmittel bis 32 A.

Baderäume, Baustellenverteiler, Schwimmbäder, medizinisch genutzte Räume,

Laborräume in Schulen und Ausbildungsstätten, landwirtschaftliche und gartenbauliche

Anlagen, feuergefährliche Betriebsstätten.

2. In welchen TN-Systemen sind FI-Schutzeinrichtungen (RCDs) zugelassen? Tragen Sie die Wörter „zulässig“ und „nicht zulässig“ in die **Tabelle 1** ein.

Tabelle 1: RCD im TN-System	
TN-C-System	TN-S-System
nicht zulässig	zulässig

3. Ergänzen Sie die **Tabelle 2**.

Tabelle 2: Abschaltbedingung für RCD im TN-System	
Formel	$Z_S \cdot I_{\Delta N} \leq U_0$
$Z_S$	Impedanz der Fehlerstromschleife
$I_{\Delta N}$	Bemessungs-Differenzstrom
$U_0$	Netzspannung gegen Erde

4. a) Berechnen Sie den maximal zulässigen Schleifenwiderstand für einen Steckdosenkreis-Stromkreis, bis zu dem die Abschaltbedingung im TN-S-System durch einen RCD mit  $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$  erfüllt wird.  
b) Beurteilen Sie aus praktischer Sicht das Rechenergebnis im Antwortsatz.

a) Geg.: $U_0 = 230 \text{ V}$ , $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$ , Ges.: $Z_S$	Lösung: $Z_S = \frac{U_0}{I_{\Delta N}} = \frac{230 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 7666,67 \Omega$
b) Antwortsatz: Die FI-Schutzeinrichtung schaltet bei einem Schleifenwiderstand von etwa $7,6 \text{ k}\Omega$ noch sicher unter $0,4 \text{ s}$ den Fehlerstromkreis ab.	

5. Zeichnen Sie in den **Bildern 1** und **2** den Verlauf des Fehlerstromkreises rot ein. Tragen Sie unter jedem Bild ein, ob die RCD abschaltet oder nicht abschaltet.

**Hinweis:** Überstrom-Schutzeinrichtungen und Fundamenterder sind nicht eingezeichnet.

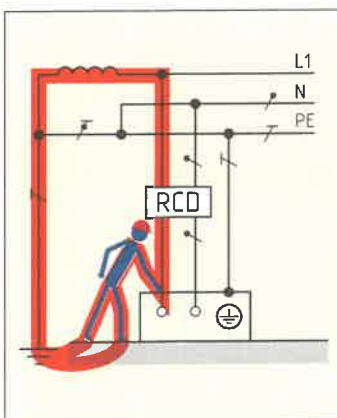


Bild 1: RCD und direktes Berühren

RCD schaltet ab

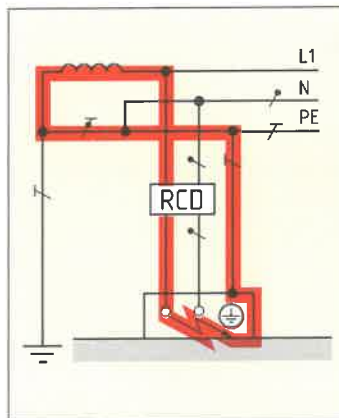


Bild 2: RCD und Körperschluss

RCD schaltet ab

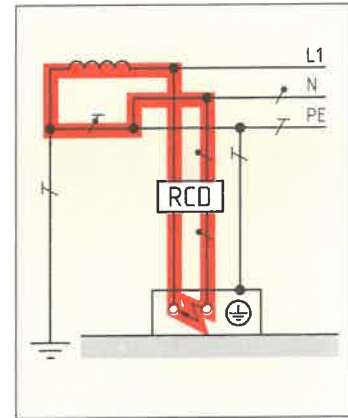


Bild 3: RCD und Kurzschluss

RCD schaltet nicht ab

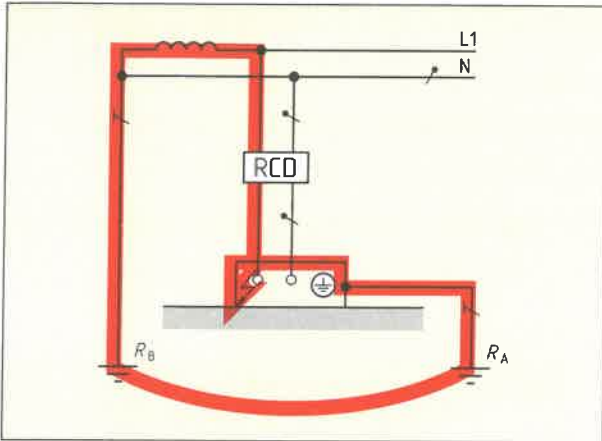
6. Welche Schlussfolgerung ist aus der richtigen Entscheidung von **Bild 3** zu ziehen?

Um die Leitungen und die RCDs gegen Überstrom und Kurzschlussstrom zu schützen, muss zusätzlich zur RCD immer eine Überstrom-Schutzeinrichtung vorgeschaltet werden.



Für TT-Systeme ist der Fehlerschutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung wirtschaftlich meist nur mittels Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen möglich.

1. Tragen Sie im **Bild 1** den Fehlerstromverlauf rot ein.



**Bild 1:** Prinzip des Schutzes im TT-System

2. Wie wirkt sich im TT-System ein Körperschluss aus?

Körperschluss wird zum Erdschluss

3. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Abschaltbedingung für RCD im TT-System	
Formel	$R_A \cdot I_{\Delta N} \leq 50 \text{ V}$
$R_A$	Summe des Erderwiderstandes und des PE-Leiters der Anlage
$I_{\Delta N}$	Bemessungs-Differenzstrom der RCD

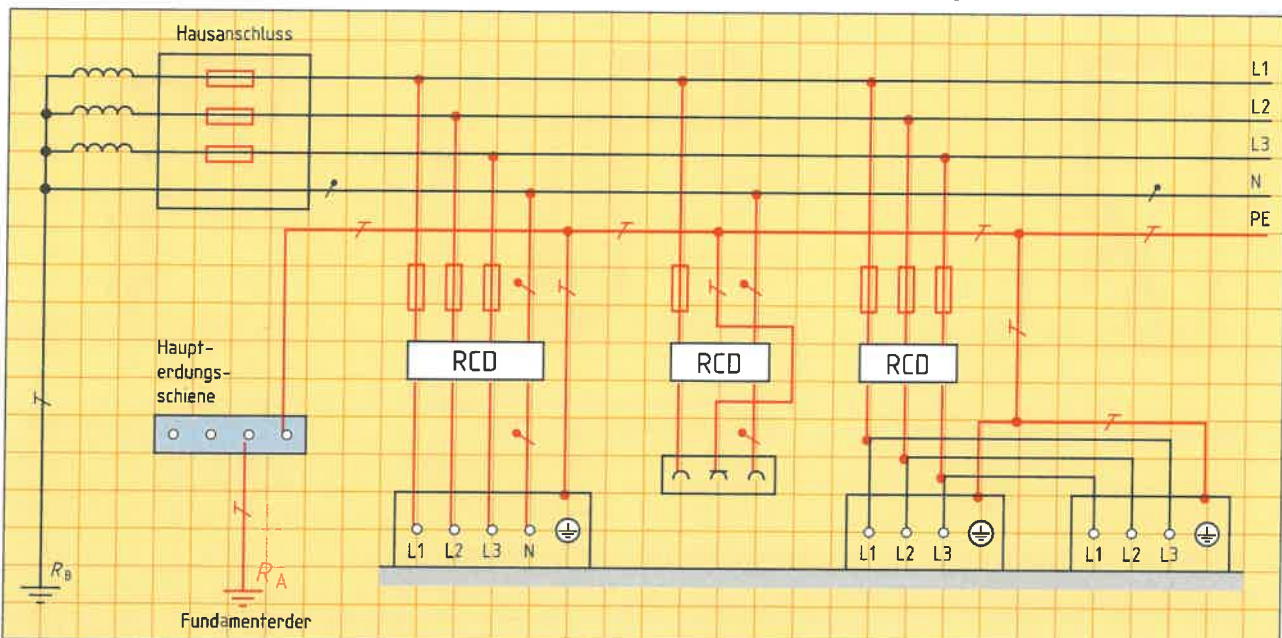
4. Berechnen Sie im TT-System den maximalen Summenwert des Erderwiderstandes  $R_A$  mithilfe der Abschaltbedingung für FI-Schutzeinrichtungen, wenn zum automatischen Abschalten im Fehlerfall eine FI-Schutzeinrichtung mit  $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$  eingesetzt wird.

Geg.: $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$	Ges.: $R_A$
Lösung: $R_A = \frac{50 \text{ V}}{I_{\Delta N}} = \frac{50 \text{ V}}{0,03 \text{ A}} = 1666,67 \Omega$	

5. Begründen Sie, warum es im TT-System vorteilhaft ist, zusätzlich zur Überstrom-Schutzeinrichtung eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung zu verwenden.

Der Erderwiderstand  $R_A$  kann sehr groß sein, z. B. bei einer 30 mA-FI-Schutzeinrichtung bis 1666  $\Omega$ . Dieser Wert ist auch bei ungünstigen Erdungsbedingungen zu erreichen. Würde nur die Überstrom-Schutzeinrichtung eingesetzt werden, müsste  $R_A$  für eine Abschaltzeit  $t_a < 0,2 \text{ s}$  nach  $R_A = U_0 / I_a$  sehr klein sein.

6. Ergänzen Sie im **Bild 2** für ein TT-System die fehlenden Verbindungsleitungen zu den Verbrauchern, die Schutzeinrichtungen gegen Überlastung und Kurzschluss, sowie die notwendigen Schmelzsicherungen im Hausanschlusskasten.



**Bild 2:** TT-System mit Schutzeinrichtungen



Das IT-System wird zur elektrischen Stromversorgung angewendet, wenn eine erhöhte Ausfallsicherheit der Stromversorgung notwendig ist, z. B. in Operationsräumen. Bei einem ersten Isolationsfehler wird die Stromversorgung aufrecht erhalten, der Fehler aber erkannt und gemeldet. Beim Auftreten eines zweiten Fehlers wird die Stromversorgung automatisch abgeschaltet.

1. Wodurch wird im IT-System ein Isolationsfehler erkannt und gemeldet, obwohl die Stromversorgung nicht abgeschaltet wird?
2. Warum muss im IT-System beim Auftreten nur eines Körperschlusses die Stromversorgung nicht automatisch abgeschaltet werden? Welche Bedingung muss dazu eingehalten werden?

Durch eine Isolationsüberwachungseinrichtung wird hörbar und/oder optisch ein Signal gegeben.

Weil keine Berührungsspannung über AC 50 V entstehen kann. Der Erder  $R_A$  muss richtig bemessen und ausgeführt sein.

3. Ergänzen Sie in der Tabelle die Erdungsbedingung im IT-System.
4. Berechnen Sie den maximalen zulässigen Erderwiderstand  $R_A$ , wenn beim 1. Fehler ein Strom von 20 mA fließt. Geben Sie im Antwortsatz an, ob  $R_A$  hoch- oder niedrigohmig ist.

Tabelle: Erdungsbedingung im IT-System	
Formel	$R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{I_d}$
$R_A$	Summe der Widerstände des Erders und des PE-Leiters der Körper
$I_d$	Fehlerstrom im Falle eines ersten Isolationsfehlers

Geg.: $I_d = 20 \text{ mA}$	Ges.: $R_A$
Lösung: $R_A = \frac{50 \text{ V}}{I_d} = \frac{50 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 2500 \Omega = 2,5 \text{ k}\Omega$	
Antwortsatz: $R_A$ ist hochohmig.	

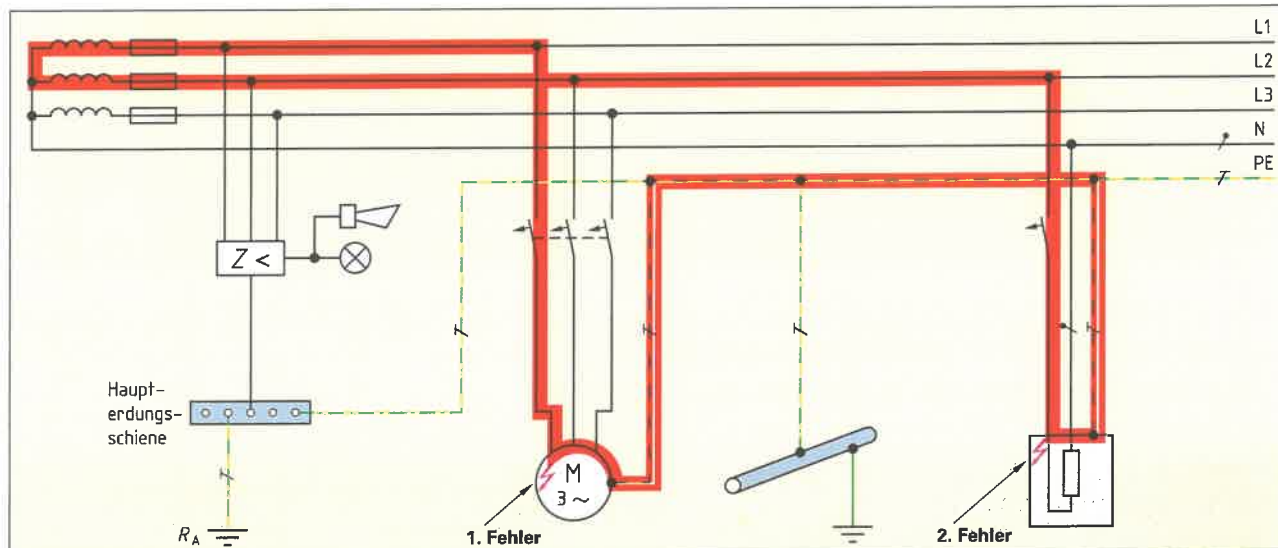


Bild: IT-System mit Überwachungs- und Schutzeinrichtungen

5. Warum ist es beim Auftreten nur eines Fehlers (Bild, 1. Fehler) ungefährlich mit den Verbrauchern weiter zu arbeiten, obwohl eine gefährliche Spannung anliegt?
6. Zeichnen Sie im Bild den Verlauf des Fehlerstromes beim Auftreten des 1. Fehlers und des 2. Fehlers ein.
7. Was geschieht, wenn in einem IT-System ein Doppelfehler auftritt?

Alle berührbaren elektrisch leitenden Teile sind über Schutzpotenzialausgleichsleiter miteinander verbunden und haben somit gleiches Potenzial.

Die Stromversorgung wird sofort durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung abgeschaltet.

8. Geben Sie die maximal zulässige Abschaltzeit  $t_a$  an, wenn die Nennwechselspannung  $U_0 = 230 \text{ V}$  beträgt und ein Doppelfehler eintritt.

$t_a \leq 0,4 \text{ s}$



Bei der Planung von Beleuchtungsanlagen, z. B. einer Beleuchtung für ein Büro oder eine Werkstatt, müssen die Anzahl der Leuchten sowie deren Dimensionierung und Anordnung bestimmt werden. Dazu werden Kenntnisse über Eigenschaften zur Farbwiedergabe, z. B. dem Lichtspektrum (Bild 1), dem Farbwiedergabeindex und lichttechnische Größen, z. B. Lichtstrom, Lichtstärke und Beleuchtungsstärke, benötigt. Weiterhin müssen Kriterien, z. B. Blendung, Tageslichteinflüsse und Lichtrichtung, berücksichtigt werden.

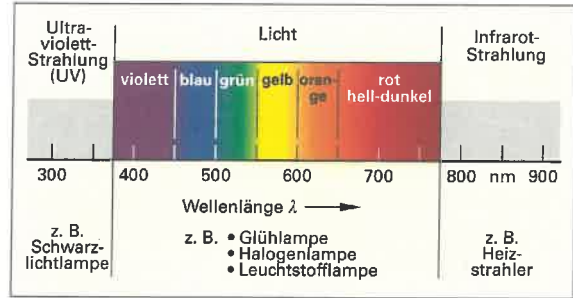


Bild 1: Lichtspektrum

1. Wodurch wird die Farbe des Lichtes (Bild 1) bestimmt?

Von der Wellenlänge des Lichtes

2. Welche Bestandteile enthält das weiße Licht?

Weißes Licht enthält alle Farben des Lichtspektrums

3. a) Wie wird die genaue Farbtönung des Lichtes bei einer Lampe angegeben?  
b) Geben Sie diesen Wert (Bild 2) bei einer Glühlampe an.

a) Farbt Temperatur    b) 3200 K

4. Bei einem beleuchteten Objekt sollen möglichst alle Farben originalgetreu sichtbar werden.

a) Welche Voraussetzung muss die Lichtquelle dazu erfüllen,  
b) welchen Farbwiedergabeindex  $R_a$  (Bild 2) oder  
c) welche Farbwiedergabestufe  $F_w$  sollte diese Lichtquelle dazu haben?

a) Die Lichtquelle muss alle Farben abstrahlen.

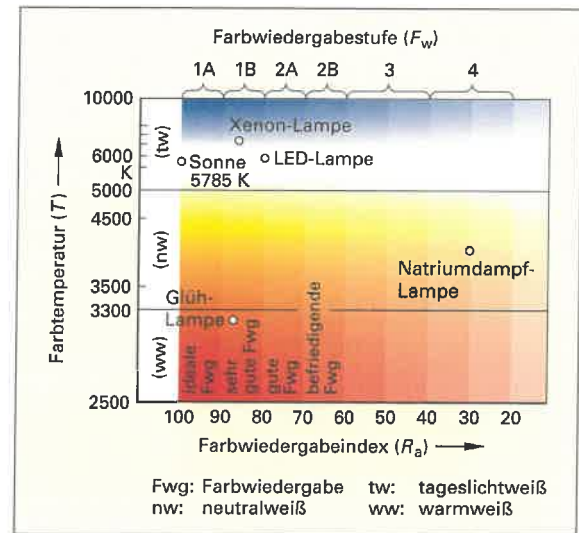


Bild 2: Farbwiedergabe

b)  $R_a \geq 90$     c)  $F_w = 1 A$

5. Bei einer Leuchtstofflampe wird die Lichtfarbe warmweiß (ww) angegeben. Welcher Farbtönung und welchem Farbtemperaturbereich entspricht das?

Die Farbtönung ist rot und der Farbtemperaturbereich erstreckt sich von 2500 K bis 3300 K

6. Bei der Beleuchtung eines Verkehrsschildes mit einer Natriumdampf Lampe erscheinen die roten Bestandteile des Verkehrsschildes schwarz. Welche Ursache hat dieser Effekt?

Die Natriumdampf Lampe strahlt kein rotes Licht aus.

7. Wodurch unterscheiden sich Lichtstrom und Lichtstärke bei einer Lichtquelle?

Lichtstrom ist die gesamte Lichtleistung, die eine Lichtquelle abstrahlt.

Lichtstärke ist der Lichtstrom bezogen auf eine bestimmte Abstrahlrichtung.

8. Anbieter von Leuchten geben in ihren Prospekten Lichtstärkeverteilungskurven (Tabelle) an. Was kann daraus ermittelt werden?

Aus den Lichtstärkeverteilungskurven kann die Lichtverteilung einer Leuchte innerhalb eines Raumes und damit auch die Position für deren Montage ermittelt werden.

Tabelle: Lichtstärkeverteilungskurven

Grundform der Leuchte und Lichtverteilung	Lichtabstrahlung in % nach		Lichtstärkeverteilungskurve für $\Phi_v = 1000 \text{ lm}$
	unten	oben	
 direkte Lichtverteilung	100 bis 90	0 bis 10	
 gleichförmige Lichtverteilung	60 bis 40	40 bis 60	



9. Zur Planung von Beleuchtungsanlagen werden lichttechnische Größen sowie deren Formelzeichen und Einheiten benötigt. Ergänzen Sie dazu die **Tabelle**.

**Tabelle: Lichttechnische Größen und Einheiten**

Benennung Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen	Bedeutung	Formel
Lichtstrom	$\Phi_v$	Lumen	lm	abgestrahlte Lichtleistung	$\Phi_v = E_v \cdot A$ (A beleuchtete Fläche)
Lichtstärke	$I_v$	Candela	cd	Lichtstrom $\Phi_v$ dividiert durch Raumwinkel $\Omega$	$I_v = \frac{\Phi_v}{\Omega}$
Leuchtdichte	$L_v$	$\frac{\text{Candela}}{\text{m}^2}$	$\frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$	Lichtstärke $I_v$ dividiert durch die Fläche A	$L_v = \frac{I_v}{A}$
Beleuchtungsstärke	$E_v$	Lux	lx	Verhältnis des Lichtstromes zur beleuchteten Fläche	$E_v = \frac{\Phi_v}{A}$
Lichtausbeute	$\eta$	$\frac{\text{Lumen}}{\text{W}}$	$\frac{\text{lm}}{\text{W}}$	Verhältnis des Lichtstromes zur aufgenommenen elektrischen Leistung	$\eta = \frac{\Phi_v}{P}$

10. Trifft Licht auf ein Objekt, können in Abhängigkeit des Objektes vier lichttechnische Effekte auftreten. Beschreiben Sie kurz deren Bedeutung.

- Reflexion: Licht wird zurückgeworfen
- Streuung: Licht wird in verschiedenen Richtungen zurückgeworfen
- Transmission: Licht durchdringt durch das Objekt
- Absorption: Licht wird vom Objekt verschluckt

11. Wodurch entsteht bei einer Beleuchtungsanlage Blendung?

Blendung erfolgt, wenn sich Leuchten mit hoher Leuchtdichte im Blickfeld befinden.  
Eine hohe Leuchtdichte entsteht, wenn eine hohe Lichtstärke auf eine kleine Fläche einwirkt.

12. Ergänzen Sie die fehlenden Kriterien für eine gute Beleuchtung.





Zur Erzeugung von Licht werden verschiedene Lampenarten (Bild 1) verwendet. Je nach Anforderungen, z.B. Farbwiedergabe, Lebensdauer oder Lichtausbeute, muss man die richtige Lampe auswählen. Die unterschiedlichen Eigenschaften einer Lampe sind oft nur an bestimmten festgelegten Kennzeichnungen auf der Lampe zu erkennen. Eine Lampe wird meist in einer Leuchte betrieben. Dazu werden verschiedene Steck- oder Schraubsockel für eine Lampe verwendet, die man kennen muss, damit die Lampe in den Sockel passt.

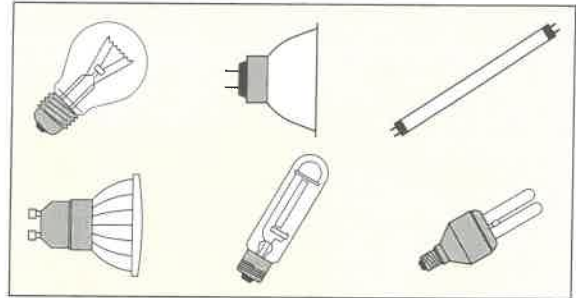
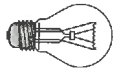



Bild 1: Lampenarten

1. Ergänzen Sie in der Tabelle die fehlenden Merkmale der Glühfadenlampen.

Tabelle: Glühfaden-Lampenarten					
Prinzip	Bezeichnung		a) Lebensdauer in h, b) Lichtausbeute in lm/W	Besondere Merkmale	Anwendungsbereich
Glühfaden	Glühlampe		a) 1000, b) 13	Nur noch für Sonderanwendungen zulässig	z. B. Backofen, Kühlschrank
	Halogen-glühlampe		a) 2000, b) 24	Auch für Kleinspannungsbetrieb, Betrieb mit Transformator	Strahler, Akzentbeleuchtung

2. Erklären Sie die Vorteile von Hochvolt- zu Niedervolt-Halogenlampen.

Hochvolt-Halogenlampen werden an Netzspannung 230 V betrieben.

Es ist kein Transformator notwendig und es fließt ein geringerer Strom.

Dadurch können Leitungen mit geringerem Querschnitt verwendet werden.

3. Benennen Sie in Bild 2

- a) die Hochvolt-Halogenlampen und  
b) die Niedervolt-Halogenlampen mit den richtigen Sockelbezeichnungen.



Bild 2: Sockel für Hochvolt- und Niedervolt-Halogenlampen

4. Welche Angabe steckt in den Zahlenangaben bei den Stiftsockel-Bezeichnungen?

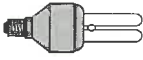


Die Zahl gibt den Stiftabstand in mm an, z.B. 5,3 mm beim Sockel GU 5,3.

5. Welche Gefahr bezüglich des Montageortes besteht bei Halogen-Glühlampen?

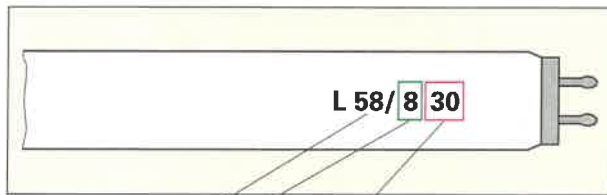
Bei unsachgemäßer Installation besteht durch die hohe Oberflächentemperatur von bis zu 450 °C Brand- und Verbrennungsgefahr.




6. Ergänzen Sie in der **Tabelle 1** die fehlenden Merkmale der folgenden Gasentladungslampen.

Tabelle 1: Gasentladungslampenarten					
Prinzip	Bezeichnung		a) Lebensdauer in h, b) Lichtausbeute in lm/W	Besondere Merkmale	Anwendungsbereich
Gasentladung	Kompaktleuchtstofflampe SL		a) 15000, b) 80	mit E-Gewinde, enthält Quecksilber	Wohnbereich
	Kompaktleuchtstofflampe PL		a) 15000, b) 50	einseitig gesockelt, Betrieb mit Vorschaltgerät, enthält Quecksilber	Wohnbereich, Außenbereich, Sicherheitsbeleuchtung
	Leuchtstofflampe TL		a) 15000, b) 100	häufigst genutzte Lampe, enthält Quecksilber	Schulen, Büro, Verkauf, Industrie

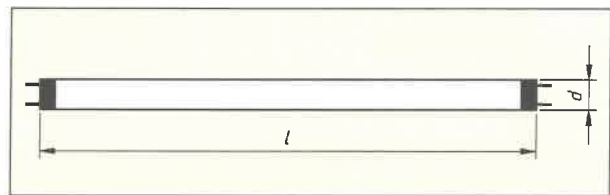
7. Benennen Sie die Bezeichnung einer stabförmigen Leuchtstofflampe T8.



Leistung 58 W  
 Lichtfarbe 30  
 = Farbtemperatur 3000 K  
 = warmweiß (ww)  
 Farbwiedergabestufe 1B  
 Farbwiedergabeindex 80-89




	Lichtfarben		Farbwiedergabe	
	ww	30	7	2A
	nw	40	8	1B
	tw	60	9	1A

8. Ordnen Sie bei einer Leuchtstofflampe den unterschiedlichen Längen die richtige Leistung zu.



Leistung P in W	Länge l in mm
<u>18</u>	590 mm
<u>36</u>	1200 mm
<u>58</u>	1500 mm

9. Ergänzen Sie die **Tabelle 2** der folgenden LED-Lampen.

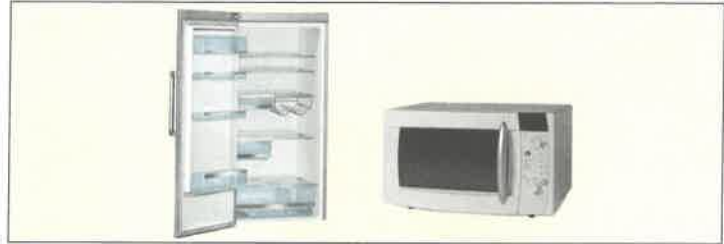
Tabelle 2: LED-Lampenarten					
Prinzip	Bezeichnung		a) Lebensdauer in h, b) Lichtausbeute in lm/W	Besondere Merkmale	Anwendungsbereich
LED	LED-Allgemeinbeleuchtung		a) bis zu 50000, b) 50	Geringe Hitzeentwicklung,	Wohnbereich
	LED-Leisten			Einsatz bei niedrigen Temperaturen möglich, sehr hohe Lebensdauer	Weg- und Konturenbeleuchtung
	LED-Röhren				Ersatz für Leuchtstofflampen

10. Welche Vorteile haben LED-Lampen gegenüber Leuchtstofflampen?

Höhere Lebensdauer, kompaktere Bauweise, niedrigerer Energiebedarf, mechanisch stabiler



Bei der Fehlersuche an einem defekten Elektrogerät, z.B. einem Kühl- oder einem Mikrowellengerät (**Bild 1**), benötigt man genaue Kenntnisse von dessen Aufbau und Funktionsweise. Damit kann man Fehler systematisch eingrenzen. Das ist die Voraussetzung für eine fachgerechte und kostengünstige Reparatur.



**Bild 1:** Kühl- und Mikrowellengerät

**Kühlgerät**

1. Nennen Sie die fehlenden Bezeichnungen für die Bestandteile eines Verdichter-Kühlgerätes (**Bild 2**).

- ① Verdampfer
- ② Kältemittel
- ③ Kühlrippen
- ④ Verflüssiger
- ⑤ Kapillarrohr
- ⑥ Kolbenverdichter

2. Welche Funktion haben die gekennzeichneten elektrischen Betriebsmittel (**Bild 3**) beim Verdichter-Kühlgerät?

- ① Temperaturregler
- ② Türschalter
- ③ Innenleuchte
- ④ Anlaufrelais
- ⑤ Überlastschutz

3. Beschreiben Sie

- a) Bezeichnung und die Aufgabe von B1 (**Bild 3**) und
- b) das Verhalten von B1 bei zu niedriger und zu hoher Temperatur.

a) Temperaturregler regelt die Innenraumtemperatur

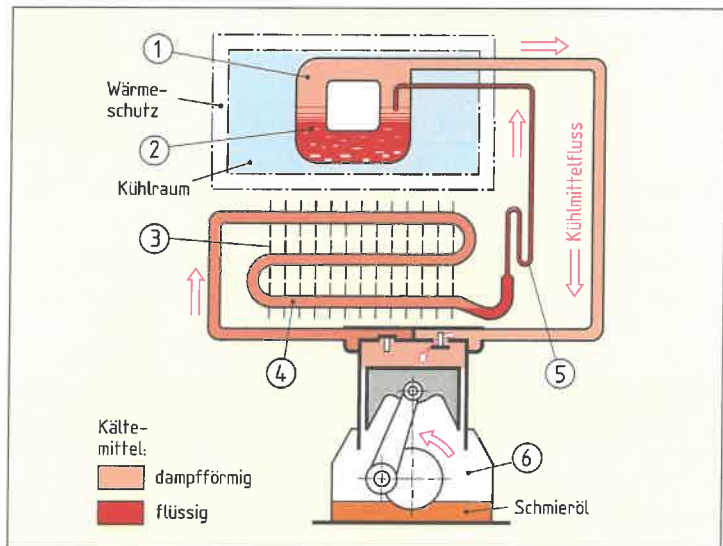
b) Ist die Temperatur zu niedrig, wird der Öffner B 1.3 betätigt und dadurch der Verdichter ausgeschaltet. Steigt die Temperatur, wird der Öffner B 1.3 geschlossen und der Verdichter wieder eingeschaltet.

4. Erklären Sie die Auswirkung, wenn das Anlaufrelais nicht schaltet.

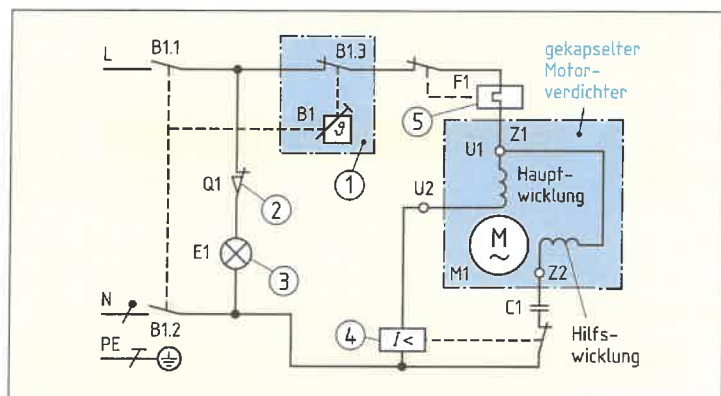
Der Motor des Verdichters versucht anzulaufen. Der Anlauf gelingt jedoch nicht und infolge des dadurch höheren Motorstromes spricht der Überlastschutz an.

5. Welche Folge hat das Verschmutzen der Kühlrippen des Verflüssigers auf der Rückseite des Kühlschranks?

Der Wärmeaustausch wird schlechter. Dadurch muss der Motor des Verdichters länger laufen, um die Temperatur im Innenraum zu halten. Das Kühlgerät benötigt dadurch mehr Energie.



**Bild 2:** Bestandteile Verdichter-Kühlgerät



**Bild 3:** Stromlaufplan Verdichter-Kühlgerät



## Mikrowellenherd

6. Beschreiben Sie die Art der Wärmeerzeugung bei einem Mikrowellenherd.

Die Wassermoleküle (Dipole) des Gargutes werden durch das elektrische Wechselfeld der Mikrowellenstrahlung ständig hin und hergedreht (umpolarisieren). Dadurch entsteht die Wärme direkt im Gargut.

7. Ergänzen Sie die fehlenden Bezeichnungen für die Bestandteile des Mikrowellenherdes (Bild 1).

- ① Garraum
- ② Reflektor
- ③ Hohlleiter
- ④ Magnetron
- ⑤ Kühlgebläse
- ⑥ Sicherheitsschalter

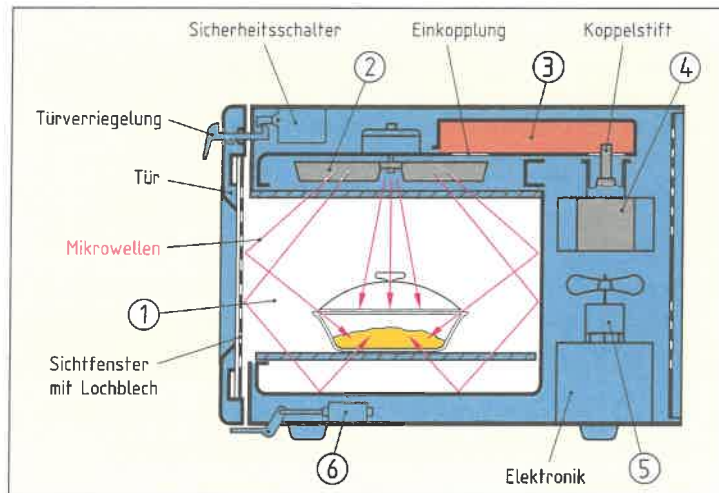


Bild 1: Bestandteile Mikrowellenherd

8. a) Welche Schalter (Bild 2) dienen zur sicheren Abschaltung des Mikrowellenherdes beim Öffnen der Tür und  
b) warum werden dazu mehrere Schalter verwendet?

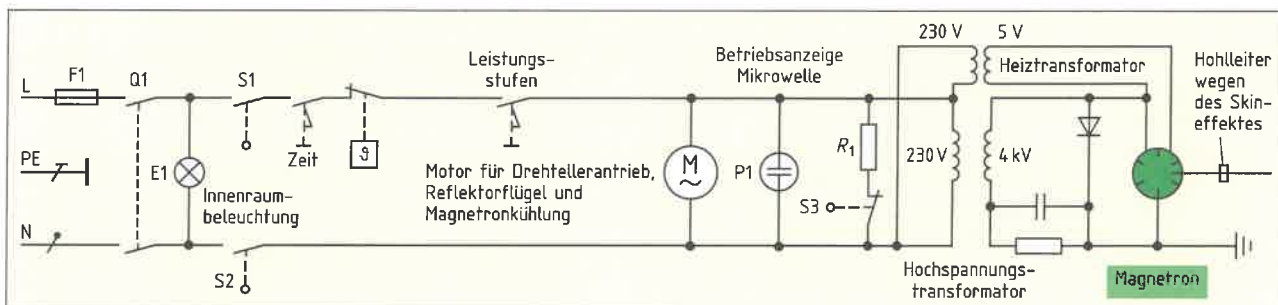


Bild 2: Stromlaufplan Mikrowellenherd

a) S1, S2 und S3

b) Mehrere Schalter garantieren mehr Sicherheit. Die Mikrowellenstrahlung ist für Menschen und Tiere insbesondere für die Augen sehr gefährlich.

9. Nach dem Einschalten des Mikrowellenherdes leuchtet die Innenraumbeleuchtung und der Drehteller rotiert. Es entsteht jedoch keine Wärme. Welche elektrischen Betriebsmittel (Bild 2) kommen für diesen Fehler infrage?

Hochspannungs-/Heiztransformator, Magnetron, der Hochspannungsgleichrichter und die dazugehörigen Leitungsverbindungen

10. a) Welche Frequenz wird bei einem Mikrowellenherd zur Wärmeerzeugung verwendet?

b) Nennen Sie zwei Übertragungsstandards, welche die gleiche Frequenz zur Signalübertragung verwenden.

- a) 2450 MHz
- b) Bluetooth, WLAN

11. Welche Prüfung muss nach Abschluss der Reparatur am Mikrowellenherd durchgeführt werden?

Geräteprüfung nach DIN VDE 0701-0702



Ein Elektrogerät, z.B. ein Heizgerät, muss nach einer Reparatur oder einer Änderung auf seine elektrische Sicherheit geprüft werden, bevor es dem Kunden ausgehändigt wird. Die Vorschrift der Berufsgenossenschaft BGV A3 verlangt, dass diese Prüfung im gewerblichen Bereich, z.B. in einem Handwerksbetrieb, in bestimmten Zeitabständen wiederholt werden muss. Die Prüffristen sind von der Berufsgenossenschaft bestimmt und vom Gewerbe abhängig. Durch die Wiederholungsprüfung sollen vorbeugend eventuelle Sicherheitsmängel erkannt werden. Die Prüfung ist nach DIN VDE 0701-0702 festgelegt. Für die Durchführung der Messungen wird ein spezielles Messgerät (**Bild 1**) benötigt.



**Bild 1:** Messgeräte (Beispiele) zur Prüfung nach DIN VDE 0701-0702

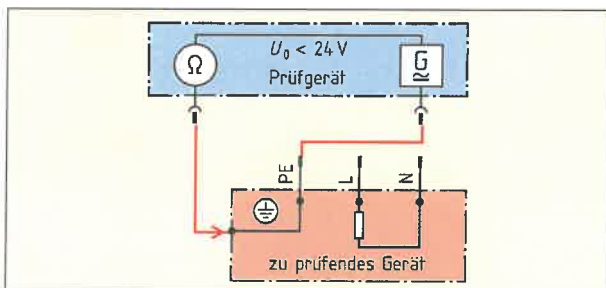
1. Nennen Sie die drei grundlegenden Schritte bei der Prüfung von Elektrogeräten nach DIN VDE 0701-0702.



2. Nach der Reparatur eines Elektrogerätes wird zuerst die Sichtprüfung durchgeführt. Geben Sie wichtige Teile an, die bei der Sichtprüfung berücksichtigt werden müssen.

- Gehäuse
- Schutzabdeckungen
- Anschlussleitungen
- Isolierungen
- Zugentlastungen
- Stecker und Knickschutz
- Kühlluftöffnungen und Luftfilter
- Sicherheits-Kennzeichnungen

3. a) Ergänzen Sie im **Bild 2** den Anschluss der Messleitungen bei der Messung des Schutzleiterwiderstandes.



**Bild 2:** Messung des Schutzleiterwiderstandes

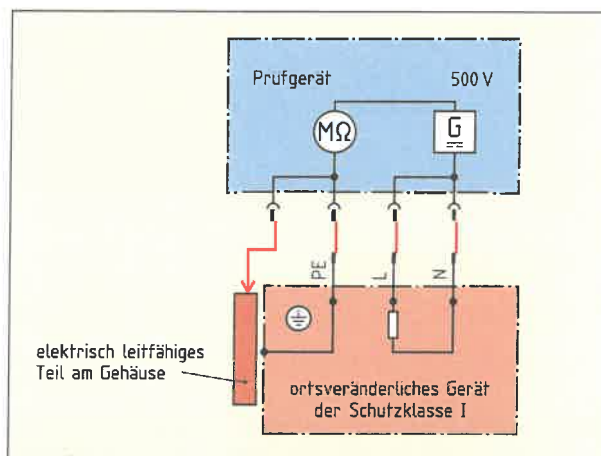
b) Berechnen Sie den maximalen zulässigen Wert für den Schutzleiterwiderstand, wenn die Anschlussleitung für max. 10 A eine Länge von 12 m hat.

Anschlussleitung: $R_{PEmax\ 5\ m} = 0,3\ \Omega$
Verlängerung Anschlussleitung: $R_{PEmax\ 7,5\ m} = 0,1\ \Omega$
$R_{PEmax\ 12\ m} \approx R_{PEmax\ 5\ m} + R_{PEmax\ 7\ m}$
$R_{PEmax\ 12\ m} \approx 0,3\ \Omega + 0,1\ \Omega \approx 0,4\ \Omega$

c) Warum muss die Anschlussleitung bei der Messung bewegt werden?

Dadurch werden Leiterbrüche besser erkannt. Ohne Bewegung könnte der unterbrochene Leiter evtl. kurzzeitig verbunden sein.

4. a) Ergänzen Sie im **Bild 3** den Anschluss der Messleitungen bei der Messung des Isolationswiderstandes.



**Bild 3:** Messung des Isolationswiderstandes

b) Warum führt bei einem Gerät mit einem elektronischen Netzteil die Messung des Isolationswiderstandes zu einem falschen Ergebnis?

Elektronische Netzteile sind bei der Prüfung nicht in Betrieb. Dadurch gelangt die Messspannung nicht in das Innere des Gerätes.

c) Ergänzen Sie die fehlenden Werte für die minimalen Isolationswiderstände bei den verschiedenen Schutzklassen (SK).

SK I ohne Heizelemente: 1 MΩ

SK II: 2 MΩ



5. Bei der Messung des Isolationswiderstandes mit 500-V-Gleichspannung wird der Wechselstromwiderstand der Isolation nicht berücksichtigt. Zum Beispiel bewirkt der Wechselstromwiderstand eines Entstörkondensators in einem Gerät der Schutzklasse I, dass ein Wechselstrom zum Gehäuse über den Schutzleiter zur Erde fließt. Dieser Wechselstrom über den Schutzleiter (Ableitstrom) muss als Ersatz oder zusätzlich zum Isolationswiderstand gemessen werden.
- Benennen Sie die grundlegenden Methoden und
  - beschreiben Sie die Messung des Ableitstromes (Bild 1) und
  - ergänzen Sie den maximalen Wert, der dabei nicht überschritten werden darf.

a) Schutzleiterstrommessung	Differenzstrommessung	Ersatzableitstrommessung
	<p><math>I_{\Delta} = I_L - I_N</math></p>	
b) Es wird direkt der Schutzleiterstrom gemessen.	Es wird der Differenzstrom $I_{\Delta}$ zwischen Neutral- und Außenleiter gemessen.	Es wird eine selbst erzeugte Wechselspannung zwischen L/N und PE angelegt und der Wechselstrom gemessen.

Bild 1: Methoden zur Messung des Schutzleiterstromes (Ableitstrom)

- c) Grenzwert des maximalen Schutzleiterstromes bei Geräten bis 3,5 kW:

3,5 mA

6. Der Berührungsstrom muss an leitfähigen Teilen gemessen werden, die nicht mit dem Schutzleiter verbunden sind.

- a) Nennen Sie den maximalen Wert für den Berührungsstrom nach DIN VDE 0701-0702.

0,5 mA

- b) Ergänzen Sie die Messschaltung (Bild 2)

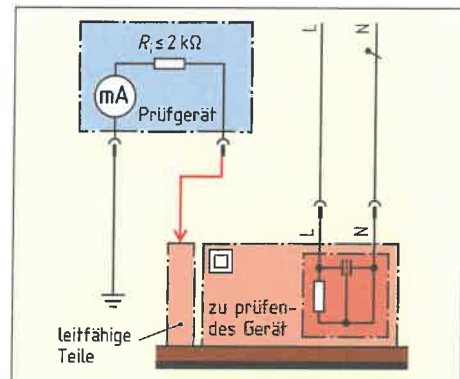


Bild 2: Messung des Berührungsstromes

7. Ergänzen Sie den Prüfungsablauf (Bild 3) für die Prüfung eines Elektrogerätes nach Schutzklasse I und II.

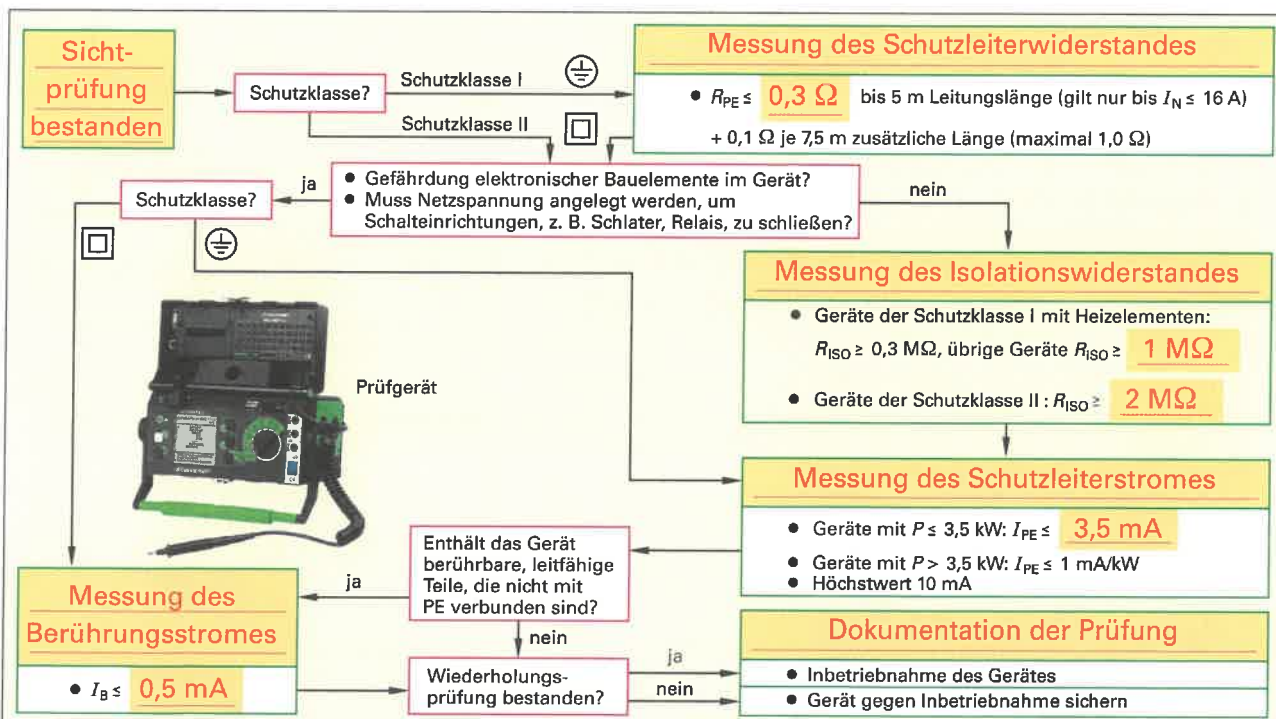


Bild 3: Prüfungsablauf nach VDE 0701-0702



Bei der Planung von Übertragungsstrecken, z.B. in Antennenanlagen, sind Berechnungen zu Dämpfung, Verstärkung und Pegelwerten durchzuführen. Die Übertragungsstrecke besteht aus einzelnen Übertragungsgliedern (Bild 1), z.B. Verstärker, welche die Leistung oder Spannung eines Signals vergrößern bzw. verstärken oder Leitungen und Anschlussdosen, die eine Verkleinerung bzw. Dämpfung des Signals bewirken. Die Angabe von Dämpfung und Verstärkung erfolgen meist in dB (Dezibel).



Bild 1: Übertragungsglied (Prinzip)

1. Ermitteln Sie für die Übertragungsstrecke in Bild 2 ( $U_1 = 8 \text{ mV}$ ,  $U_2 = 2 \text{ mV}$ )

- a) den Spannungs- und Leistungsdämpfungsfaktor sowie  
b) das Spannungs- und Leistungs-Dämpfungsmaß.

a)

$$D_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{8 \text{ mV}}{2 \text{ mV}} = 4$$

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R} = \frac{(8 \text{ mV})^2}{75 \Omega} = 853,3 \text{ nW}$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R} = \frac{(2 \text{ mV})^2}{75 \Omega} = 53,3 \text{ nW}$$

$$D_P = \frac{P_1}{P_2} = \frac{853,3 \text{ nW}}{53,3 \text{ nW}} = 16$$

b)

$$A_U = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2} = 20 \lg \frac{8 \text{ mV}}{2 \text{ mV}} = 12 \text{ dB}$$

$$A_P = 20 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} = 10 \lg \frac{853,3 \text{ nW}}{53,3 \text{ nW}} = 12 \text{ dB}$$

Übersicht: Berechnung von Dämpfung und Verstärkung

$V_u = \frac{U_2}{U_1}$	$V_p = \frac{P_2}{P_1}$	$A_u = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}$	$A_p = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2}$
$D_u = \frac{U_1}{U_2}$	$D_p = \frac{P_1}{P_2}$	$G_u = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1}$	$G_p = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}$
$V_u$ Spannungsverstärkungsfaktor		$A_u$ Spannungsdämpfungsmaß in dB	
$U_1$ Eingangsspannung		$U_2$ Ausgangsspannung	
$V_p$ Leistungsverstärkungsfaktor		$A_p$ Leistungsdämpfungsmaß in dB	
$P_1$ aufgenommene Leistung		$P_2$ abgegebene Leistung	
$D_u$ Spannungsämpfungsfaktor		$G_u$ Spannungsverstärkungsmaß in dB	
$D_p$ Leistungsämpfungsfaktor		$G_p$ Leistungsverstärkungsmaß in dB	

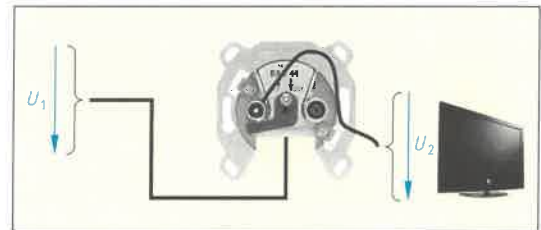


Bild 2: Antennen-Anschlussdose

2. Ermitteln Sie für den Antennenverstärker in Bild 3 das Spannungsverstärkungsmaß ( $U_1 = 1 \text{ mV}$ ,  $U_2 = 20 \text{ mV}$ ).

$$A_U = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1} = 20 \lg \frac{20 \text{ mV}}{1 \text{ mV}} = 26 \text{ dB}$$



Bild 3: Antennenverstärker

3. Ermitteln Sie aus den Angaben in Bild 4 das Spannungsdämpfungsmaß (Bild 4a) und das Spannungsverstärkungsmaß (Bild 4b) für die jeweiligen Übertragungsstrecken.

$$A_{\text{ges}} = A_{\text{Ltg}} + A_{\text{Dose}} = 8 \text{ dB} + 14 \text{ dB} = 22 \text{ dB}$$

$$G_{\text{ges}} = G_{\text{Verst1}} + G_{\text{Verst2}} = 22 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 32 \text{ dB}$$

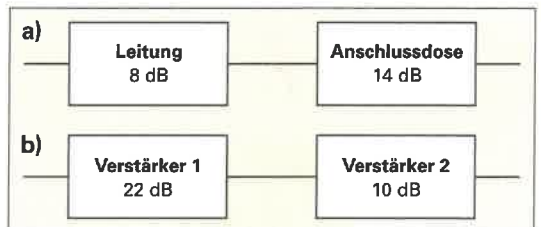


Bild 4: Übertragungsstrecken aus mehreren Übertragungsgliedern

4. Ermitteln Sie aus den Angaben in Bild 4a und dem Beispiel in Bild 5 den Spannungsämpfungsfaktor für die Leitung, die Anschlussdose und den sich aus den beiden Übertragungsgliedern ergebenden Spannungsämpfungsfaktor.

$$D_{U \text{ Ltg}} = 10^{\frac{A_{U \text{ Ltg}}}{20 \text{ dB}}} = 10^{\frac{8 \text{ dB}}{20 \text{ dB}}} = 2,5$$

$$D_{U \text{ Dose}} = 10^{\frac{A_{U \text{ Dose}}}{20 \text{ dB}}} = 10^{\frac{14 \text{ dB}}{20 \text{ dB}}} = 5$$

$$D_{U \text{ ges}} = 10^{\frac{A_{U \text{ ges}}}{20 \text{ dB}}} = 10^{\frac{22 \text{ dB}}{20 \text{ dB}}} = 12,6$$

Geg.:  $A_U = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2}$

Lösung:

1. Schritt:  $\frac{A_U}{20} = \lg \frac{U_1}{U_2}$

↓

2. Schritt:  $\frac{U_1}{U_2} = 10^{\frac{A_U}{20 \text{ dB}}}$

Ges.:  $\frac{U_1}{U_2}$

Bild 5: Umrechnung von dB-Angaben in Faktoren



**i** Bei Antennenanlagen rechnet man mit Pegelangaben, z.B. Spannungspegelangaben mit der Einheit dB $\mu$ V. Dadurch lassen sich Berechnungen, in Verbindung mit Angaben für Dämpfungs- und Verstärkungsmaße einfacher durchführen.

1. Berechnen Sie den Pegel am Eingang und am Ausgang des Verstärkers (Bild 1).

$$L_{U1} = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_0} = 20 \lg \frac{2 \text{ mV}}{1 \mu\text{V}} = 66 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$L_{U2} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_0} = 20 \lg \frac{20 \text{ mV}}{1 \mu\text{V}} = 86 \text{ dB}\mu\text{V}$$

2. Welches Spannungsverstärkungsmaß  $G_u$  hat der Verstärker (Bild 1)?

$$G_u = L_{U2} - L_{U1} = 86 \text{ dB}\mu\text{V} - 66 \text{ dB}\mu\text{V} = 20 \text{ dB}$$

3. Welcher Spannung  $U$  an 75 Ohm entspricht der Pegel 60 dB $\mu$ V?

$$U = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{L}{20 \text{ dB}\mu\text{V}}} = 10^{\frac{60 \text{ dB}\mu\text{V}}{20 \text{ dB}\mu\text{V}}} = 1 \text{ mV}$$

4. Berechnen Sie den Pegel  $L_{\text{Ausgang}}$  am Ausgang der Anschlussdose einer Antennenanlage (Bild 2).

$$\begin{aligned} L_{\text{Ausgang}} &= L_{\text{Eingang}} + G_{\text{Verst}} - (A_{\text{Ltg}} + A_{\text{Dose}}) \\ &= 68 \text{ dB}\mu\text{V} + 22 \text{ dB} - (8 \text{ dB} + 12 \text{ dB}) \\ &= 70 \text{ dB}\mu\text{V} \end{aligned}$$

5. Welche Dämpfung  $A_{\text{Ltg}}$  hat die gesamte Leitung vom Hausanschlussverstärker zur Anschlussdose B (Bild 3).

$$\begin{aligned} A_{\text{Ltg}} &= l \cdot A_{\text{Ltg}}/m \\ &= (5 \text{ m} + 10 \text{ m} + 25 \text{ m}) \cdot 0,14 \text{ dB/m} = 5,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

6. Wie groß ist die Gesamtdämpfung  $A_{\text{Ges}}$  vom Hausanschlussverstärker zur Anschlussdose B (Bild 3).

$$\begin{aligned} A_{\text{Ges}} &= A_{\text{Vert}} + A_{\text{Durchg}} = A_{\text{Anschluss}} + A_{\text{Ltg}} \\ &= 3,8 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 12 \text{ dB} + 5,6 \text{ dB} = 22,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

7. Wie groß muss der Ausgangspegel  $L_{\text{Ausg}}$  am Ausgang des Hausanschlussverstärkers (Bild 3) sein, damit der Pegel an der Anschlussdose B dem Mindestpegel von 60 dB $\mu$ V entspricht?

$$\begin{aligned} L_{\text{Ausg}} &= L_{\text{Min}} + A_{\text{Ges}} = 60 \text{ dB}\mu\text{V} + 22,4 \text{ dB} \\ &= 82,4 \text{ dB}\mu\text{V} \end{aligned}$$

8. Welche Verstärkung (Spannungsverstärkungsmaß)  $G_u$  muss der Verstärker (Bild 3) haben, damit der Pegel an der Anschlussdose B dem Mindestpegel von 60 dB $\mu$ V entspricht?

$$\begin{aligned} G_u &= L_{\text{Ausg}} - L_{\text{Eing}} \\ &= 82,4 \text{ dB}\mu\text{V} - 68 \text{ dB}\mu\text{V} = 14,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

**Übersicht: Pegelberechnung**

$$L_u = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_0}$$

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}$$

$L_u$  Spannungspegel in dB $\mu$ V  
 $U$  Spannung in  $\mu$ V  
 $U_0$  Bezugsspannung 1  $\mu$ V an 75  $\Omega$   
 $L_p$  Leistungspegel in dBmW  
 $P$  Leistung in mW  
 $P_0$  Bezugsleistung 1 mW



Bild 1: Antennenverstärker

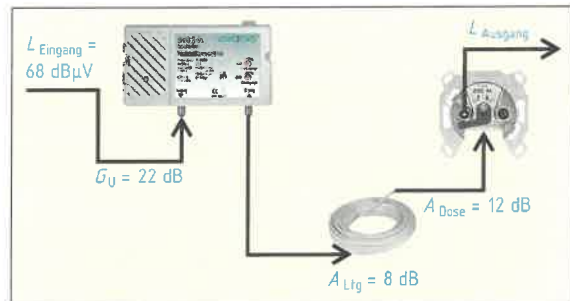


Bild 2: Übertragungsstrecke Antennenanlage

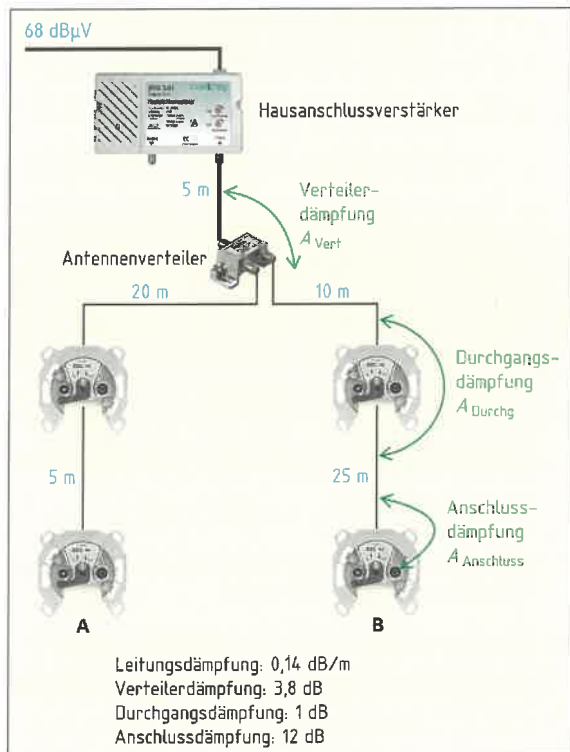


Bild 3: Antennenanlage mit Verstärker



Antennenanlagen (**Bild**) werden zum Empfang von Hörfunk- und Fernsehprogrammen benötigt. Fernsehprogramme können nur noch digital von terrestrischen Sendern (DVB-T) oder Satelliten (DVB-S) empfangen werden. Rundfunkprogramme kann man analog, z.B. UKW-Rundfunk, und in manchen Bereichen auch digital (DAB) empfangen. Bei der Planung und Montage einer Antennenanlage muss neben einer sicheren mechanischen Befestigung der Antenne auch der Mindest- und Maximal-Pegel sowie die Signalqualität an der Antennenanschlussdose beachtet werden.

1. Berechnen Sie die Mindest-Einspannlänge  $l_E$  des Antennenmastes (**Bild**) aus der freien Länge  $l_F$ .

$$l_F = 5/6 \cdot l \rightarrow$$

$$l = l_F \cdot 6/5 = 5 \text{ m} \cdot 6/5 = 6 \text{ m}$$

$$l_E = 1/6 \cdot l = 1/6 \cdot 6 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

2. Wie groß ist der nach DIN EN 50083 angegebene maximale Wert für das Gesamtbiegemoment an der oberen Einspannstelle?

**1650 Nm**

3. Weisen Sie durch eine Berechnung nach, dass das Gesamtbiegemoment an der oberen Einspannstelle (**Bild**) den nach DIN EN 50083 angegebenen Maximalwert nicht überschreitet. Das Eigenbiegemoment  $M_{\text{Rohr}}$  des Antennenstandrohres beträgt 160 Nm.

$$M_G = M_{\text{Rohr}} + M_{\text{SAT}} + M_{\text{DVB}} + M_{\text{UKW}}$$

$$= 160 \text{ Nm} + (350 \text{ Nm} \cdot 1,3 \text{ m}) +$$

$$= (72 \text{ Nm} \cdot 3,1 \text{ m}) + (58 \text{ Nm} \cdot 4,7 \text{ m})$$

$$160 \text{ Nm} + 455 \text{ Nm} + 223,2 \text{ Nm} + 272,6 \text{ Nm}$$

$$= 1110,8 \text{ Nm} < 1650 \text{ Nm}$$

4. Welche Erdungsleitungen sind nach DIN EN 50083 erlaubt?

- **Kupferleitung  $\geq 16 \text{ mm}^2$ , z.B. H07V-U**
- **Aluminiumleitung  $\geq 25 \text{ mm}^2$ , z.B. NAYY**
- **Stahl (verzinkt)  $\geq 50 \text{ mm}^2$**

5. Welche Teile der Antennenanlage sind in den Schutzpotenzialausgleich mit einzubeziehen und welcher Leitungsquerschnitt ist für Schutzpotenzialausgleichsleitung gefordert?

**Das Antennenstandrohr und die Abschirmungen der Koaxialleitungen vor und hinter dem Verstärker/Multischalter. Die Schutzpotenzialausgleichsleitungen müssen einen minimalen Querschnitt von  $4 \text{ mm}^2$  haben.**

6. Ergänzen Sie den fehlenden Text zu Sicherheitsvorkehrungen, die beim Bau einer Antennenanlage auf dem Dach berücksichtigt werden müssen.

Zwischen Antenne und Erde darf keine gefährliche **Berührungsspannung** entstehen. Beim Arbeiten in der Nähe von Starkstromleitungen sind **Sicherheitsmaßnahmen** zu treffen. Vor Betreten des Gebäudedaches hat sich der Antennenerrichter vorschriftsmäßig **anzuseilen**. Bei Gefahr, dass Teile auf den Gehweg fallen, ist der Gehweg durch **Schranken** und **Warnschilder** abzusichern.

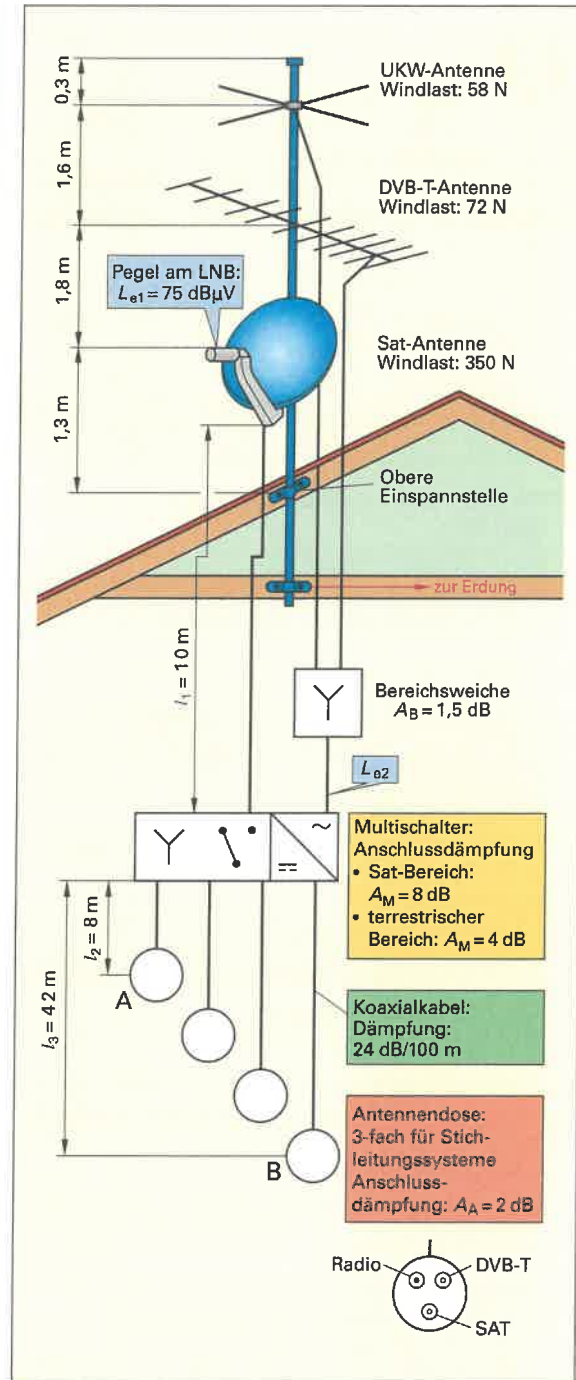


Bild: DVB-T/DVB-S/UKW-Antennenanlage



7. Berechnen Sie die Dämpfungen der verschiedenen Signale vom Multischalter bis einschließlich der Antennendosen A und B für die Antennenanlage (**Bild, Blatt 12.11**).

Antennendose A:

$$A_{\text{Sat}} = A_m + A_{\text{Ltg}} + A_A = 8 \text{ dB} + 8 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ dB/m} + 2 \text{ dB} = 11,92 \text{ dB}$$

$$A_{\text{DVB}} = A_m + A_{\text{Ltg}} + A_A = 4 \text{ dB} + 8 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ dB/m} + 2 \text{ dB} = 7,92 \text{ dB}$$

$$A_{\text{UKW}} = A_m + A_{\text{Ltg}} + A_A = 4 \text{ dB} + 8 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ dB/m} + 2 \text{ dB} = 7,92 \text{ dB}$$

Antennendose B:

$$A_{\text{Sat}} = A_m + A_{\text{Ltg}} + A_A = 8 \text{ dB} + 42 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ dB/m} + 2 \text{ dB} = 20,08 \text{ dB}$$

$$A_{\text{DVB}} = A_m + A_{\text{Ltg}} + A_A = 4 \text{ dB} + 42 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ dB/m} + 2 \text{ dB} = 16,08 \text{ dB}$$

$$A_{\text{UKW}} = A_m + A_{\text{Ltg}} + A_A = 4 \text{ dB} + 42 \text{ m} \cdot 0,24 \text{ dB/m} + 2 \text{ dB} = 16,08 \text{ dB}$$

8. Ergänzen Sie die fehlenden Angaben zu den Mindest- und Höchstpegeln an Antennensteckdosen.

Bereich	Mindestpegel $L_{\text{min}}$ in dB $\mu$ V	Höchstpegel $L_{\text{max}}$ in dB $\mu$ V
UKW	40 bei Mono 50 bei Stereo	70
DVB-T	26–54 in Abhängigkeit von Modulation und Code-Rate	74
SAT-ZF	47	77

9. Berechnen Sie die Pegel  $L_{\text{eing}}$  der einzelnen Antennensignale, die am Eingang des SAT-Multischalters vorhanden sein müssen, damit an den Anschlussdosen der Mindestpegel erreicht wird.

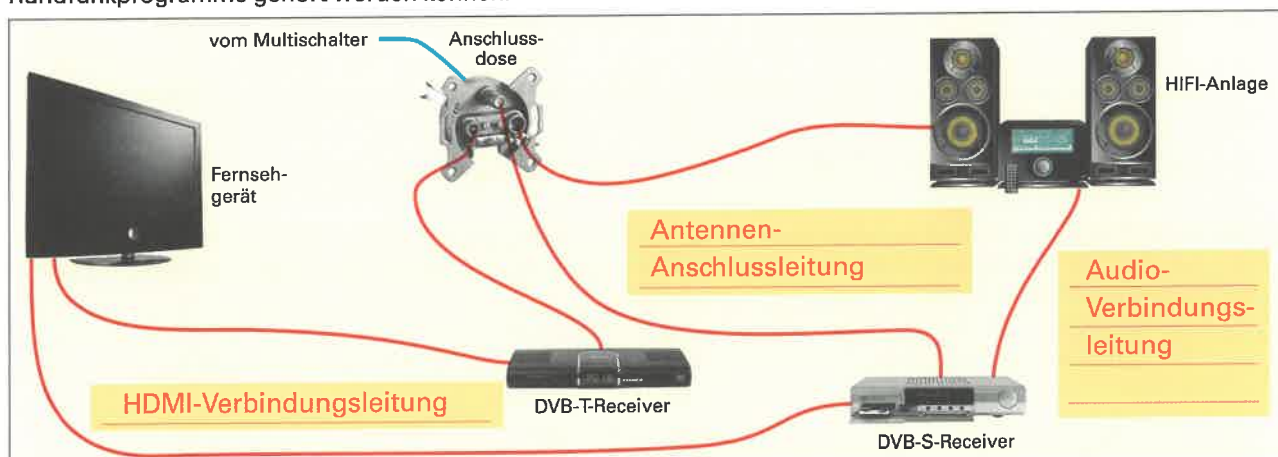
$$L_{\text{eing Sat}} = L_{\text{min Sat}} + A_{\text{max Sat}} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + 20,08 \text{ dB} = 67,08 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$L_{\text{eing DVB-T min}} = L_{\text{min Sat}} + A_{\text{max Sat}} = 26 \text{ dB}\mu\text{V} + 16,08 \text{ dB} = 42,08 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$L_{\text{eing DVB-T max}} = L_{\text{min Sat}} + A_{\text{max Sat}} = 54 \text{ dB}\mu\text{V} + 16,08 \text{ dB} = 70,08 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$L_{\text{eing UKW}} = L_{\text{min UKW}} + A_{\text{max UKW}} = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + 16,08 \text{ dB} = 66,08 \text{ dB}\mu\text{V}$$

10. Zeichnen Sie die fehlenden Verbindungsleitungen für den Anschluss der Geräte im **Bild** ein und beschriften Sie die Leitungen mit der richtigen Bezeichnung. Über die Hifi-Anlage sollen neben den UKW-Sendern auch die digitalen Rundfunkprogramme gehört werden können.



**Bild: Anschluss der Endgeräte**

11. Welche Prüfungen sind nach der Montage der Antennenanlage notwendig?

- **Sichtprüfung auf fachgerechte Montage**
- **Kontrolle der sachgemäßen Erdung**
- **Messen der Pegel mit Messempfänger an jeder Steckdose**
- **Prüfen der Bild- und Tonqualität**
- **Erstellen eines Prüfprotokolls und eines Anlagenplanes bei größeren Anlagen**



BK-Anlagen (Bild 1) übertragen Rundfunk- und Fernsehprogramme über Koaxialkabel bis zu einem Übergabepunkt im Haus. Vom Übergabepunkt aus montiert der Elektroniker die BK-Anlage. Dazu muss er die verschiedenen Möglichkeiten der Signalverteilung sowie die dafür notwendigen Komponenten kennen. Am Teilnehmeranschluss darf ein bestimmter Minimalpegel nicht unterschritten, aber auch ein Maximalwert nicht überschritten werden. Außerdem muss die Signalqualität beachtet werden.

1. Nennen Sie die verschiedenen Fachbegriffe für Netzstrukturen, die bei einer BK-Anlage (Bild) verwendet werden können.

Sternnetz, bzw. Baumnetz und Etagennetz

2. Ergänzen Sie die Leitungen im Bild zu einer Netzstruktur, die das Trennen einzelner Teilnehmer vom Netz ermöglicht. Nennen Sie die Bezeichnung für das Netz:

Sternnetz

3. Benennen Sie die Komponenten A bis D der BK-Anlage im Bild mit der richtigen Bezeichnung.

(A) Haus-Übergabepunkt (HÜP)

(B) BK-Hausanschlussverstärker

(C) 4-fach-Verteiler

(D) Durchgangsdose mit

Abschlusswiderstand (Enddose)

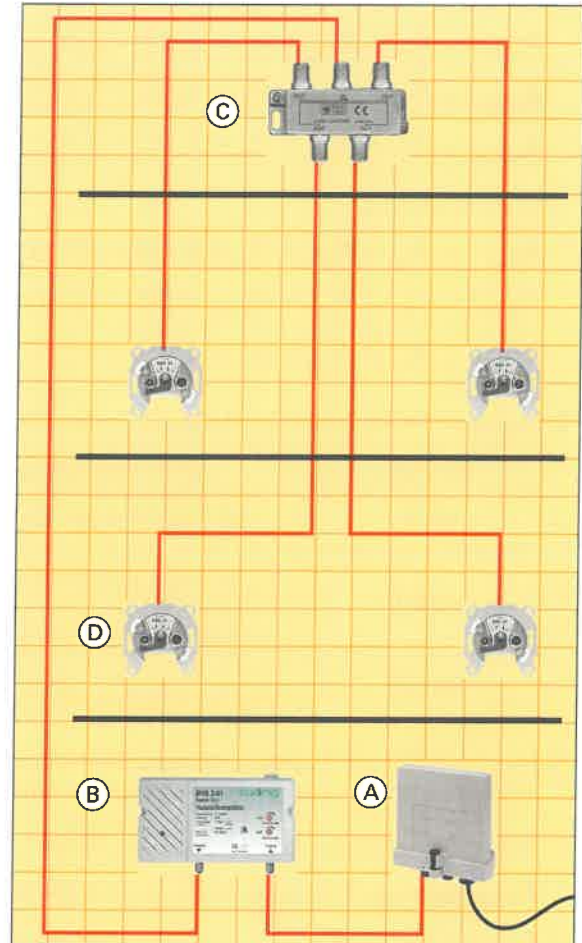


Bild: BK-Anlage

4. In welchem Bereich soll der Mindestpegel für a) analoge Fernsehsignale und b) UKW-Rundfunksignale am ÜP liegen?

a) Fernsehsignale (analog): 66–83 dBµV      b) UKW-Rundfunksignale: 62–76 dBµV

5. Ergänzen Sie die geforderten Mindest- und Maximalpegel an den Anschlussdosen, wenn mehr als 20 Kanäle belegt sind.

a) Fernsehsignale (analog): 60–77 dBµV      b) UKW-Rundfunksignale (stereo): 50–70 dBµV

6. Berechnen Sie die minimal notwendige Verstärkung des BK-Hausanschlussverstärkers für die BK-Anlage (Bild), wenn die ausgewählten Komponenten folgende Werte haben und am HÜP ein Pegel von 69 dBµV bei den analogen Fernsehsignalen gemessen wurde.

Verteilerdämpfung 7 dB, Anschlussdämpfung Antennendose 14 dB, Leitungsdämpfung 14 dB/100 m, Leitungslänge vom BK-Hausanschlussverstärker zum Verteiler 15 m, Leitungslänge vom Verteiler zur weitest entfernten Dose im 1. Stock 8 m

$$A_{\text{Ltg}} = l \cdot A_{\text{Ltg}}/m = (15 \text{ m} + 8 \text{ m}) \cdot 0,14 \text{ dB/m} = 3,2 \text{ dB}$$

$$A_{\text{Ges}} = A_{\text{Vert}} + A_{\text{Anschluss}} + A_{\text{Ltg}} = 7 \text{ dB} + 14 \text{ dB} + 3,2 \text{ dB} = 24,2 \text{ dB}$$

$$L_{\text{Ausg}} = L_{\text{Min}} + A_{\text{Ges}} = 60 \text{ dBµV} + 24,2 \text{ dB} = 84,2 \text{ dBµV}$$

$$G_{\text{Verst}} = L_{\text{Ausg}} - L_{\text{Eing}} = 84,2 \text{ dBµV} - 69 \text{ dBµV} = 15,2 \text{ dB}$$

7. Warum muss die Berechnung in Aufgabe 6 für den UKW-Rundfunkbereich nochmal durchgeführt werden?

Weil für den Rundfunk-Frequenzbereich ein anderer Pegel am ÜP anliegen kann und die Anlagendämpfung von der Frequenz abhängig ist.



**i** Die Anwendung von Multimedia in privaten Haushalten ist weit verbreitet. Darum werden Wohnhäuser zunehmend mit anwendungsneutraler Kommunikationsverkabelung (Bild 1), auch Multimedia-Verkabelung genannt, ausgestattet. Dadurch kann unabhängig von der Anwendung, z.B. Internetzugang oder Telefon, die Kommunikation über ein einziges Verkabelungssystem durchgeführt werden. Dabei wird z.B. eine Wohnung mit Anschlüssen für Antenne, Telefon und Computernetzwerk ausgestattet. Für die Verkabelung wird eine sternförmige Verteilung verwendet mit dem Multimedia-Verteilerschrank (Bild 3) als zentralem Punkt.

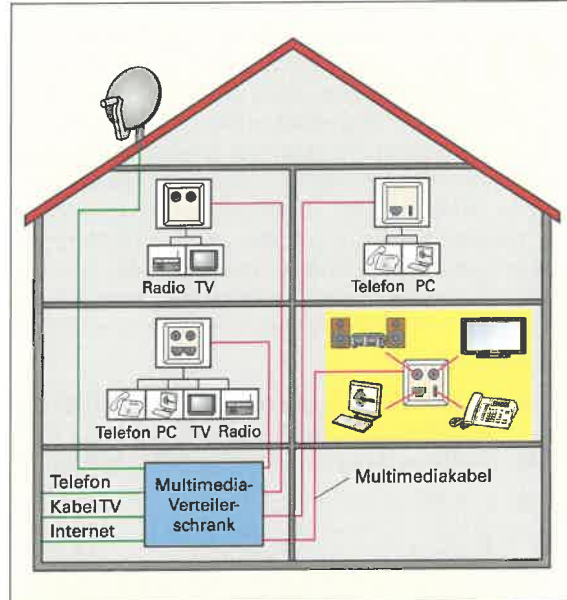


Bild 1: Anwendungsneutrale Kommunikationsverkabelung

1. Nennen Sie die drei Anwendungsgruppen bei der anwendungsneutralen Kommunikationsverkabelung.

- Computer und Telefon
- Audio, Radio und Fernsehen
- Gebäudetechnik

2. Welchen Vorteil hat die Multimedia-Verkabelung?

Mit nur einem Verkabelungssystem werden verschiedene Anwendungen ermöglicht.

3. In welcher Norm ist die anwendungsneutrale Kommunikationsverkabelung festgelegt? DIN EN 50173

4. Für die Multimedia-Verkabelung werden mindestens zwei grundlegende Arten von Leitungen benötigt. Manche Hersteller bieten Spezialleitungen an, die beide Arten von Leitungen beinhalten. Benennen Sie die Bestandteile des Multimediakabels (Bild 2) und geben Sie jeweils Beispiele für die Kommunikations-Anwendungen.

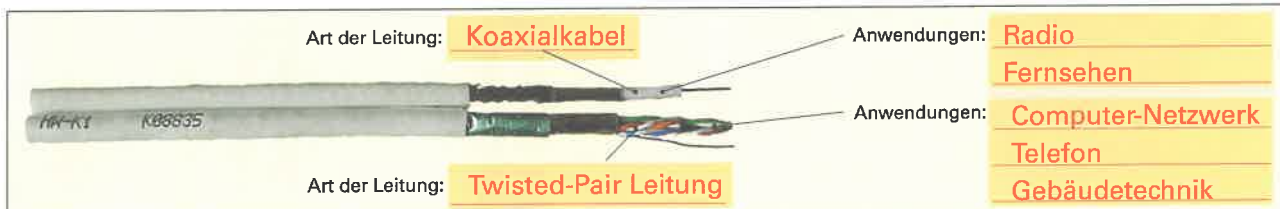


Bild 2: Multimediakabel

5. Ein Multimedia-Verteilerschrank soll für verschiedene Räume insgesamt 3 BK-Anschlüsse, 12 Netzwerkanschlüsse und 3 ISDN-Telefonanschlüsse bereitstellen. Ergänzen Sie die fehlenden Verbindungen im Multimedia-Verteilerschrank (Bild 3).

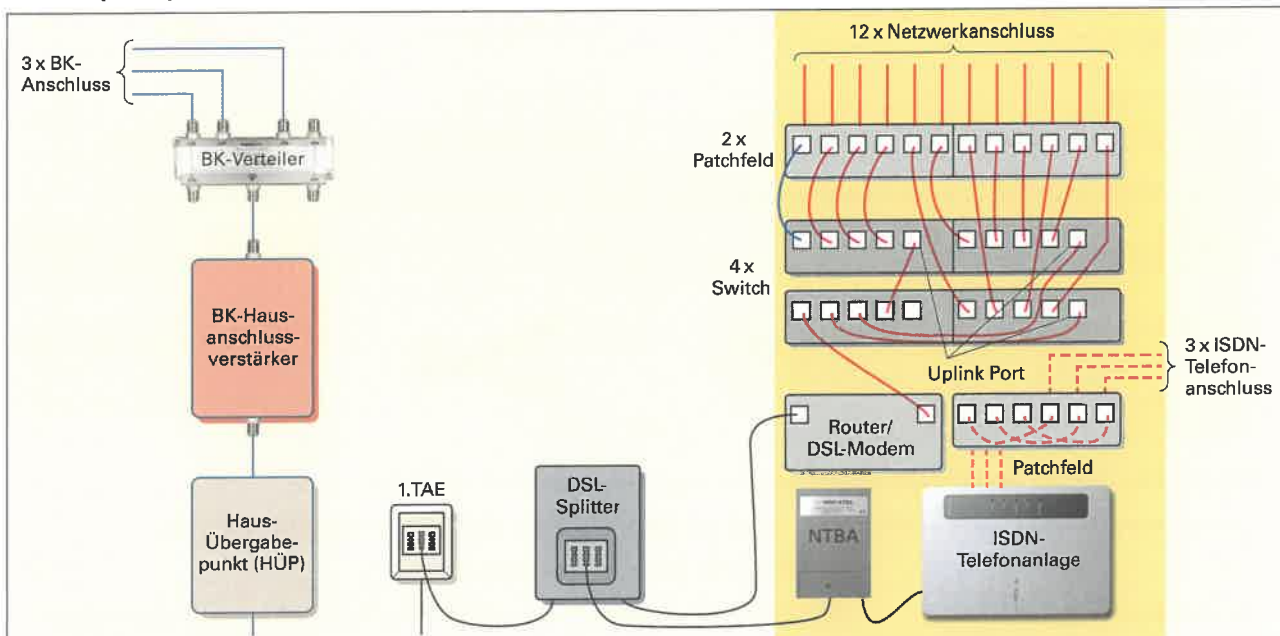


Bild 3: Multimedia-Verteilerschrank



Die Telekommunikation (TK) dient zur Übertragung von Informationen, z. B. Sprache, Bilder und Daten. Dazu werden ein Übertragungsnetzwerk, das Telekommunikationsnetz und Dienste (Bild 1) benötigt. Bei den Teilnehmern am TK-Netz besteht die Möglichkeit von digitaler Übertragung, z. B. über ISDN und DSL, und analoger Übertragung. Zur Anbindung eines Teilnehmers an das TK-Netz benötigt man genaue Kenntnisse über die Belegung und Bezeichnung von Telekommunikations-Anschlüssen.

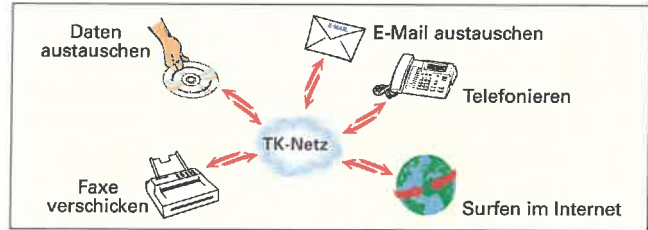


Bild 1: Telekommunikationsnetz und Dienste

- Geben Sie
  - die Anschlussbezeichnungen der TAE-Steckdose (Bild 2) und
  - die Bedeutung von Anschluss 3 und 4 an.
  - 1: La                    3: W                    5: b2
  - 2: Lb                    4: E                    6: a2
  - 3 Anschluss für Signalgeber (Wecker)
  - 4 Anschluss für Erde

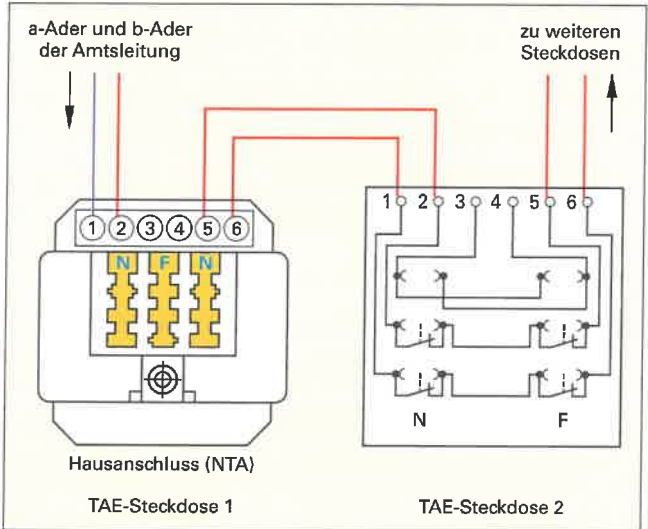


Bild 2: TAE-Steckdose

- Nennen Sie die genaue Bezeichnung für folgende Abkürzungen beim analogen Telefonnetz.  
TAE: Telekommunikations-Anschluss-Einheit  
NTA: Network Termination Analog (engl.) = Netzabschluss

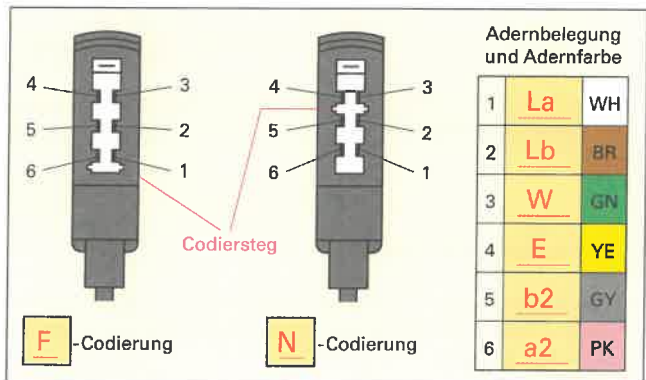


Bild 3: TAE-Stecker

- Ergänzen Sie die fehlenden Anschlussbezeichnungen für TAE-Stecker (Bild 3) und geben Sie die Buchstaben-Kennzeichnung für die beiden Stecker-Codierungen an.
- Geben Sie die Bedeutung für folgende Stecker-Codierungen sowie ein Beispiel für ein damit angeschlossenes Endgerät an.

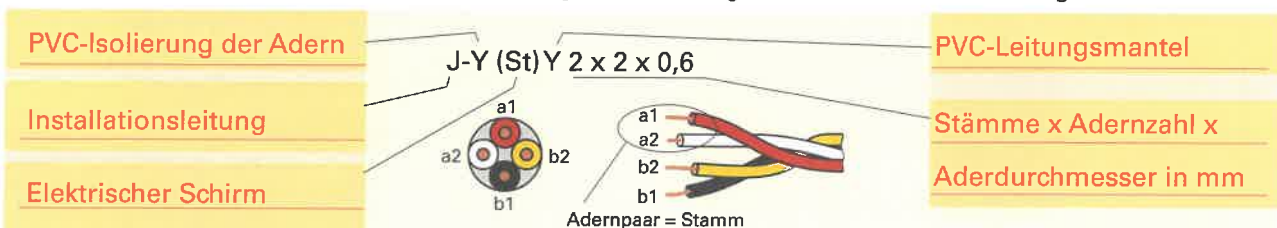
F-Codierung:

Fernsprechgerät, z. B. Telefon

N-Codierung:

Nicht-Fernsprechgerät, z. B. Telefax

- Geben Sie für folgende Telekommunikationsleitung die Bedeutung der einzelnen Kennzeichnungen an.



- Beschreiben Sie die beiden Wahlverfahren beim analogen Telekommunikationssystem.

Mehrfrequenzwahlverfahren (MFV): Für jede gewählte Ziffer werden zwei festgelegte verschiedene Frequenzen erzeugt.

Impulswahlverfahren (IWV): Für jede gewählte Ziffer wird eine festgelegte Impulsfolge erzeugt.



8. Ergänzen Sie die Übersicht mit den Merkmalen von zwei ISDN-Anschlussarten.

Merkmal	Mehrgeräteanschluss	Primär-Multiplexanschluss
B-Kanäle	2 × 64 kbit/s	30 × 64 kbit/s
D-Kanal	16 kbit/s	64 kbit/s
Nettobitrate	144 kbit/s	1984 kbit/s

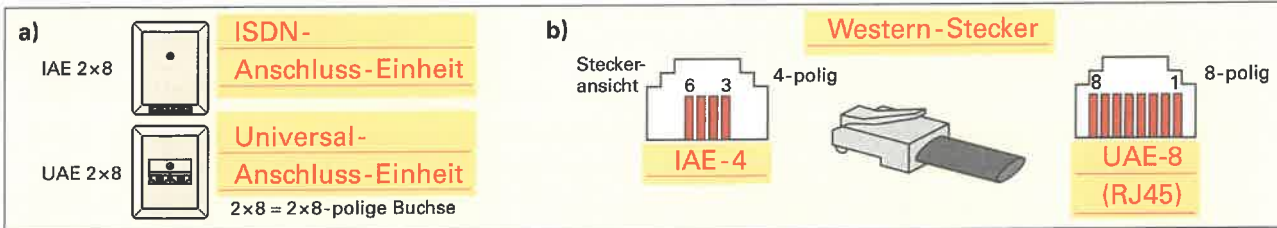


**Nettobitrate**

Gibt die Übertragungsrate der Nutzdaten an. Zeichen, z.B. für Fehlerkorrektur oder Synchronisation, sind darin nicht enthalten.

9. Nennen Sie

- a) die genauen Bezeichnungen für die zwei Anschlussdosen und
- b) bezeichnen Sie die Steckerarten für einen ISDN-Endgeräte-Anschluss.



10. Bei einem ISDN-Mehrgeräteanschluss (Bild 1) werden mehrere Endgeräte, z. B. ISDN-Telefon und PC, an einem ISDN-S<sub>0</sub>-Bus betrieben. Ergänzen Sie

- a) im Übersichtsschaltplan (Bild 1 a) die fehlenden Bezeichnungen 1 bis 4 und
- b) im Stromlaufplan (Bild 1 b) die fehlenden Verbindungen und die Bus-Bezeichnung.

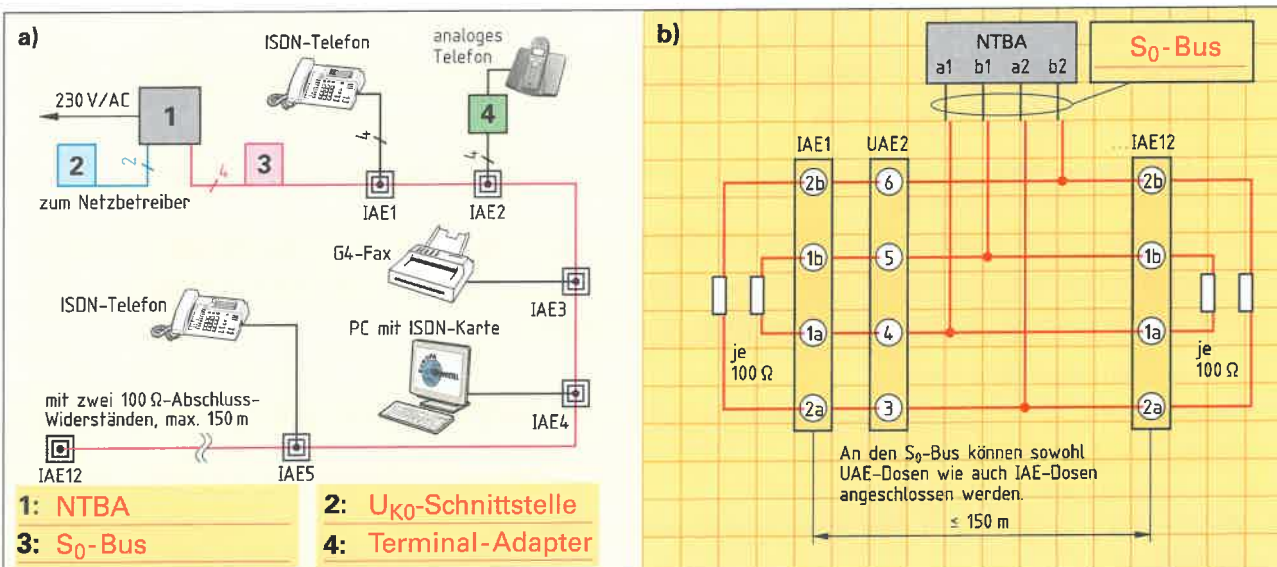


Bild 1: ISDN-Mehrgeräteanschluss

11. Ergänzen Sie die fehlenden Verbindungen für einen ISDN/DSL-Anschluss (Bild 2).

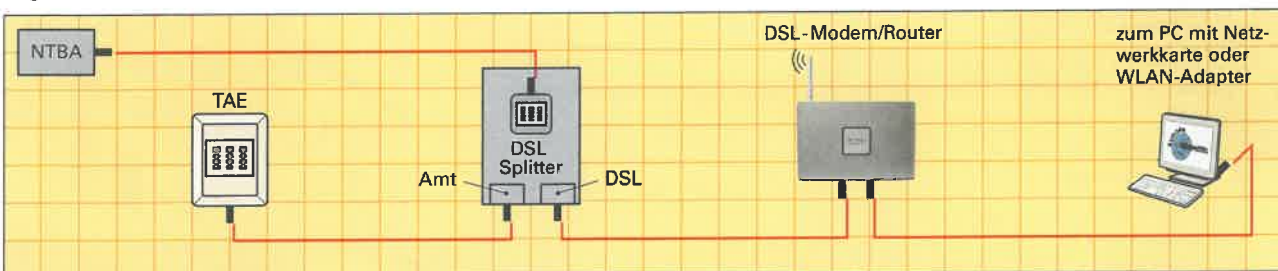


Bild 2: ISDN/DSL-Anschluss

12. Von einem Webserver soll eine Datei mit einer Größe von 1,2 MB heruntergeladen werden. Berechnen Sie die Zeit für den Download

- a) bei einem Analoganschluss mit 56 kbit/s,
- b) bei einem ISDN-Anschluss und
- c) bei einem DSL-Anschluss mit 16 Mbit/s.



1 Byte (B) = 8 Bit

a)	$t = \frac{1,2 \cdot 2^{20} \text{ B} \cdot 8 \text{ bit/B}}{56000 \text{ bit/s}} = 179,8 \text{ s}$
b)	$t = \frac{1,2 \cdot 2^{20} \text{ B} \cdot 8 \text{ bit/B}}{64000 \text{ bit/s}} = 157,3 \text{ s}$
c)	$t = \frac{1,2 \cdot 2^{20} \text{ B} \cdot 8 \text{ bit/B}}{16 \cdot 10^6 \text{ bit/s}} = 0,6 \text{ s}$



Blitzschutz ist notwendig, um bauliche Anlagen, z.B. Wohngebäude, vor den Folgen von Blitzeinwirkungen zu schützen. Blitze entstehen durch Ladungen in Gewitterzellen (Bild 1). Das sind Wolkengebilde mit unterschiedlichen elektrischen Ladungen. Bei ausreichend großen Ladungen entsteht eine Entladung über die Luft in Form eines Blitzes. Durch einen Blitzeinschlag besteht die Gefahr von Brand und mechanischer Zerstörung. Außerdem können durch die magnetischen und elektrischen Auswirkungen eines Blitzschlages auch innerhalb eines Gebäudes, Schäden an elektrischen Anlagen und Geräten entstehen.

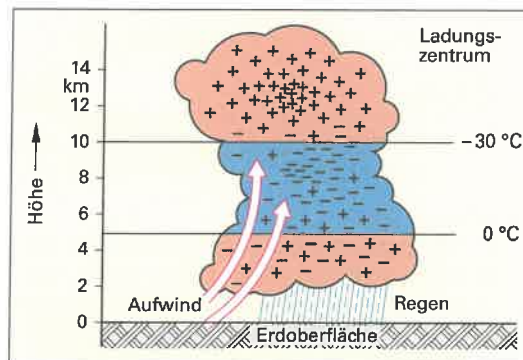


Bild 1: Ladungsverteilung in einer Gewitterzelle

1. Berechnen Sie die mindestens notwendige Spannung, damit eine Blitzentladung über eine Strecke von 100 m über die Luft entstehen kann. **Hinweis:** inhomogenes Feld, Durchschlagsfestigkeit  $E_{D, Luft} = 0,5 \text{ kV/mm}$ .

Geg.: $E_{D, Luft} = 0,5 \text{ kV/mm}$ ; $l = 100 \text{ m}$	Ges.: $U$
Lösung: $E_D = \frac{U}{l} \rightarrow U = E_{D, Luft} \cdot l = 0,5 \text{ kV/mm} \cdot 100 \cdot 10^3 \text{ mm} = 50 \text{ MV}$	

2. Für welche Gebäude ist ein Blitzschutzsystem nach der Landesbauordnung vorgeschrieben? Geben Sie Beispiele für solche Gebäude an.

Auf baulichen Anlagen für Versammlungsstätten, z.B. Schulen, Krankenhäuser, Hochhäuser oder Kindergärten.

3. Welche Aufgaben hat a) der äußere und b) der innere Blitzschutz? Nennen Sie dafür auch Beispiele.

a) Aufgaben äußerer Blitzschutz

Schützt bauliche Anlagen vor direktem Blitzschlag oder seitlichen Einschlägen durch Ableitung der Blitzenergie in die Erde. Dabei sollen an der Anlage keine Schäden, z.B. mechanische Zerstörung oder Brand, entstehen.

b) Aufgaben innerer Blitzschutz

Begrenzung von magnetischen und elektrischen Einwirkungen innerhalb einer geschützten Anlage auf ungefährliche Werte.

4. Welche drei grundsätzlichen Teile gehören zum äußeren Blitzschutz?

1. Fangeinrichtungen

2. Ableitung

3. Erdungsanlage

5. Tragen Sie in Bild 2 die Ziffern für die Teile einer Blitzschutzanlage ein.

- 1 Ableitung
- 2 Regenfallrohre
- 3 Fangleitung
- 4 Fangstange
- 5 Trennstelle
- 6 Fangspitze
- 7 Erdungsanlage, z.B. Fundamenterder
- 8 Dachrinne

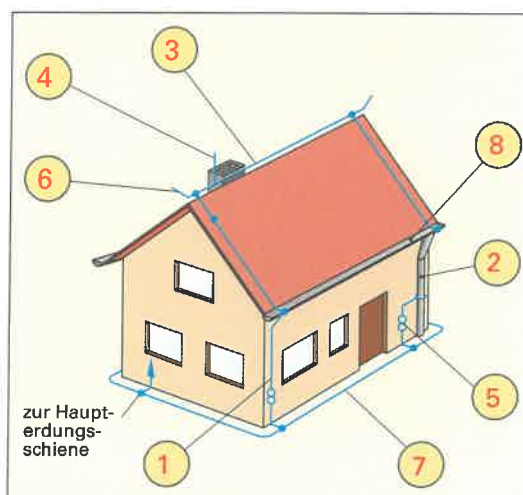


Bild 2: Blitzschutzanlage

6. Durch welche Maßnahmen kann der innere Blitzschutz prinzipiell erreicht werden?

Einbau von Überspannungs-Schutzgeräten,

Montage eines Blitzschutz-Potenzialausgleichs,

Einhaltung der Trennungsabstände zwischen Teilen des äußeren Blitzschutzes und den elektrischen Anlagenteilen und anderen leitfähigen Teilen.



7. Ergänzen Sie die Beschreibungen für drei gängige Verfahren (Bild 1), die zur Planung und Umsetzung von Fangeinrichtungen angewendet werden.

**a) Blitzkugelverfahren**

Blitzkugel wird virtuell über das Gebäude gerollt. Alle von der Blitzkugel berührten Gebäudeteile sind durch direkten Blitzschlag gefährdet. Nicht berührte Teile sind Bereiche, die durch das Gebäude geschützt werden.

**b) Fangstangenverfahren**

Fangstange muss so befestigt sein, dass sich alle Teile der zu schützenden baulichen Anlage im Schutzbereich der Fangstange befinden.

**c) Maschenverfahren**

Alle Gebäudeteile, die vom direkten Blitzschlag bedroht sind, werden durch eine maschenförmige Fangeinrichtung geschützt.

8. Der Radius der Blitzkugel, der Schutzwinkel der Fangstange und die Größe der Maschen sind von der Schutzklasse des Blitzschutzsystems abhängig. Ergänzen Sie die **Tabelle** mit Anwendungsbeispielen für die jeweilige Schutzklasse eines Blitzschutzsystems.

**Tabelle: Schutzklassen für Blitzschutzsysteme (nach DIN VDE 185-305-3, Beiblatt 2)**

Schutzklasse	Anwendungsbeispiele
I	<u>Explosivstoffgefährdete Bereiche</u>
II	<u>Krankenhäuser, Schulen, explosionsgefährdete Bereiche</u>
III	<u>Wohngebäude, Bürogebäude</u>
IV	<u>Lagerstätten</u>

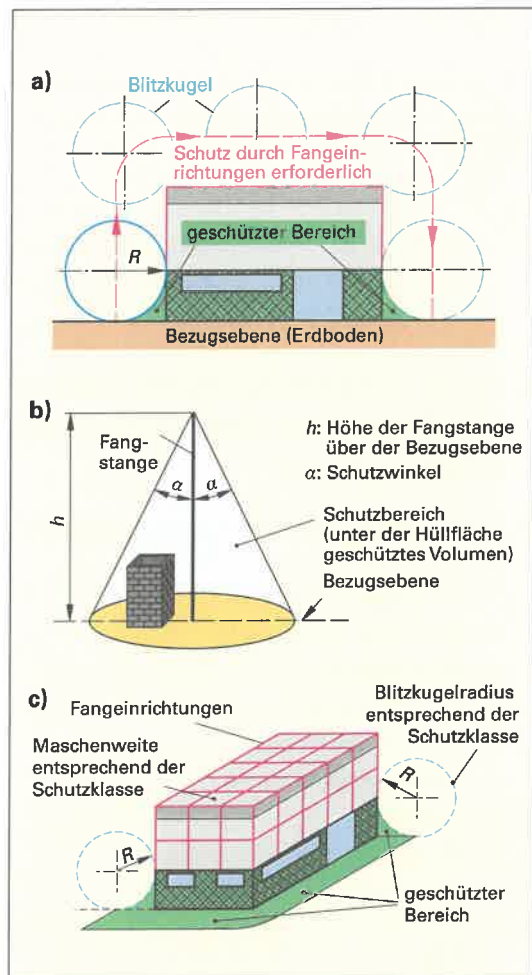
9. Wodurch schützt man Verbraucher vor Überspannungen, z. B. durch Blitzeinschläge?

Durch Einbau von Überspannungsableiter (Typ 1, 2, und 3).

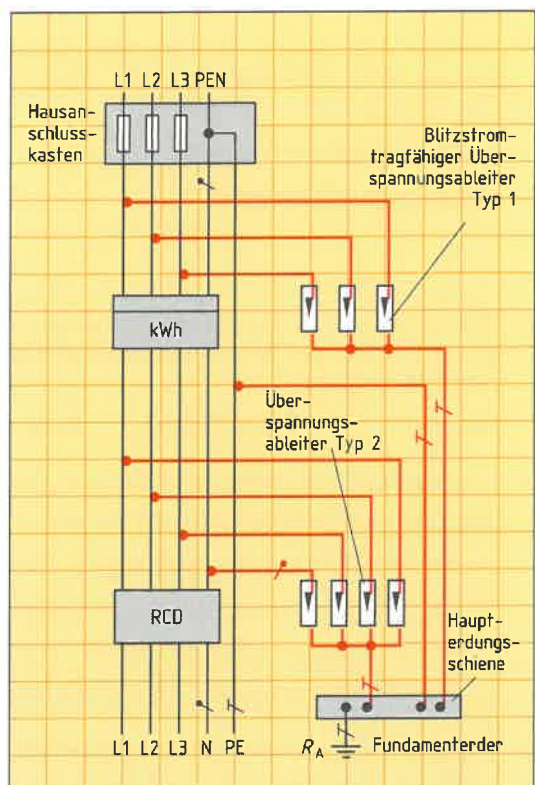
10. Welches elektronische Bauteil als Bestandteil von Überspannungsableitern wird meistens verwendet?

Varistor (spannungsabhängiger Widerstand).

11. Tragen Sie in **Bild 2** (Anlage im TN-System) die fehlenden Verbindungen ein und stellen Sie die Verbindungen zur Haupterdungschiene (Schutzpotenzialausgleichsleiter) her.



**Bild 1: Verfahren zur Planung von Fangeinrichtungen**



**Bild 2: Überspannungsschutz in einer Anlage im TN-System**



Transformatoren gehören zu den elektrischen Maschinen. Sie bilden die Gruppe der ruhenden elektrischen Maschinen und werden in Wechselstrom-, Drehstrom- und Sondertransformatoren sowie Messwandler unterteilt.

1. Nennen Sie die Aufgabe, die ein Transformator zu erfüllen hat.

Transformatoren wandeln elektrische Energie einer bestimmten Wechselspannung in elektrische Energie einer anderen Wechselspannung bei gleicher Frequenz um.

2. Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau des Einphasentransformators.

Der Einphasentransformator besteht aus zwei Spulen, die auf einem Eisenkern angebracht sind.

3. Tragen Sie im Bild 1 die Zahlen für die folgenden Bezeichnungen ein:

- 1: Eingangsspannung  $U_1$
- 2: Ausgangsspannung  $U_2$
- 3: Eingangsstrom  $I_1$
- 4: Ausgangsstrom  $I_2$
- 5: Eingangswicklung  $N_1$
- 6: Ausgangswicklung  $N_2$
- 7: Eisenkern
- 8: Magnetischer Wechselfluss  $\Phi$

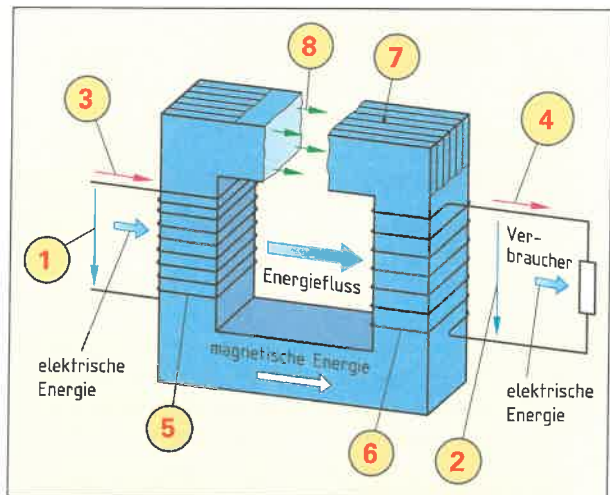


Bild 1: Aufbau des Einphasentransformators

4. Die Eisenkerne der Transformatoren werden aus voneinander isolierten Blechen geschichtet. Welcher Zweck wird damit erreicht?

Im Eisenkern treten dann nur geringe Wirbelstromverluste auf.

5. Der Eisenkern kann in verschiedenen Bauarten gefertigt werden. Wie nennt man die beiden Bauarten (Bild 2) von Transformatoren?

a) Manteltransformator

b) Kerntransformator

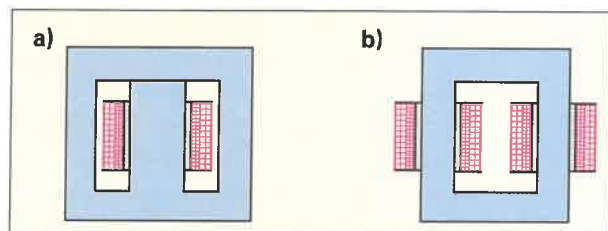


Bild 2: Bauarten eines Wechselstromtransformators

6. Wie verhalten sich die Ein- und Ausgangsgrößen eines Transformators zueinander bei unterschiedlichen Windungszahlen von Ein- und Ausgangswicklung? Ergänzen Sie die folgenden elektrischen Größen durch „unverändert“ oder „wird verändert“.

Spannung: wird verändert    Stromstärke: wird verändert    Frequenz: unverändert

7. Ergänzen Sie stichpunktartig die Wirkungsweise eines Einphasentransformators.

An die Eingangswicklung  $N_1$  wird die Eingangswchselspannung  $U_1$  angelegt.

→ In der Eingangswicklung  $N_1$  fließt der Eingangswchselstrom  $I_1$ .

→ Im Eisenkern entsteht der magnetische Wechselfluss  $\Phi$ .

→ In der Ausgangswicklung  $N_2$  wird die Ausgangsspannung  $U_2$  induziert.

→ Durch den angeschlossenen Verbraucher fließt der Ausgangsstrom  $I_2$ .

8. Begründen Sie, warum Transformatoren nicht mit Gleichstrom funktionieren.

In der Ausgangswicklung kann nur eine Spannungsinduktion stattfinden, wenn sich der Magnetfluss zeitlich ändert. Gleichstrom erzeugt aber nur einen gleichbleibenden Magnetfluss.



Das Betriebsverhalten des Transformators beschreibt die Abhängigkeit der Eingangs- und Ausgangsgrößen. Es werden die Betriebszustände Leerlauf, Belastung und Kurzschluss unterschieden. Die Betriebszustände Leerlauf und Kurzschluss sind für die Ermittlung der Verluste eines Transformators bedeutsam.

1. Nennen Sie die Bedingungen, bei denen sich der Transformator im Leerlauf befindet.

Eingangswicklung: Bemessungsspannung  $U_{1N}$  liegt an.

Ausgangswicklung: Es liegt keine Last an ( $Z_2 \rightarrow \infty$ ), die Ausgangswicklung ist stromlos ( $I_2 = 0$  A).

2. In der Eingangswicklung fließt der Leerlaufstrom  $I_0$ .

a) Nennen Sie die beiden Stromanteile, aus denen sich der Leerlaufstrom  $I_0$  zusammensetzt.

b) Welche Wirkungen haben diese beiden Stromanteile?

a) Magnetisierungsstrom  $I_m$  und Verluststrom  $I_v$ .

b) Der Magnetisierungsstrom  $I_m$  erzeugt den magnetischen Fluss  $\Phi$ .

Der Verluststrom  $I_v$  deckt die Verluste im Eisenkern des Transformators.

3. Nennen Sie die Verluste, die im Eisenkern eines Transformators entstehen.

Ummagnetisierungs- und Wirbelstromverluste.

4. Beschreiben Sie mithilfe von **Bild 1**, wie die Eisenverluste (Kernverluste)  $P_{VFe}$  eines Transformators ermittelt werden.

Eisenverluste werden mit dem Leerlaufversuch ermittelt.

Bei offenen Klemmen auf der Ausgangsseite wird an der Eingangsseite die Eingangsbemessungsspannung  $U_{1N}$  angelegt. Mit einem Leistungsmesser wird eingangsseitig die Wirkleistung gemessen. Diese Leistung entspricht dem Wert der Eisenverluste.

5. Nennen Sie die Bedingungen, bei denen sich der Transformator im Kurzschluss befindet.

Eingangswicklung: Bemessungsspannung  $U_{1N}$  liegt an.

Ausgangswicklung: Die Ausgangswicklung ist kurzgeschlossen ( $Z_2 = 0 \Omega$ ).

6. Welche Auswirkungen hätte ein solcher Kurzschluss im Transformator?

In beiden Wicklungen fließen sehr große Ströme. Dadurch entstehen starke Magnetfelder und die entstehenden großen Kräfte könnten den Transformator evtl. mechanisch zerstören.

7. Beschreiben Sie mithilfe von **Bild 2** den Vorgang zur Ermittlung der Kurzschlussspannung  $U_k$ .

Bei kurzgeschlossener Ausgangswicklung wird die Eingangsspannung  $U_1$ , beginnend von 0 V, erhöht bis eingangsseitig der Bemessungsstrom  $I_{1N}$  fließt.

8. Berechnen Sie die relative Kurzschlussspannung  $u_k$  eines Klingeltransformators 230 V/8 V, wenn seine Kurzschlussspannung  $U_k = 81$  V beträgt.

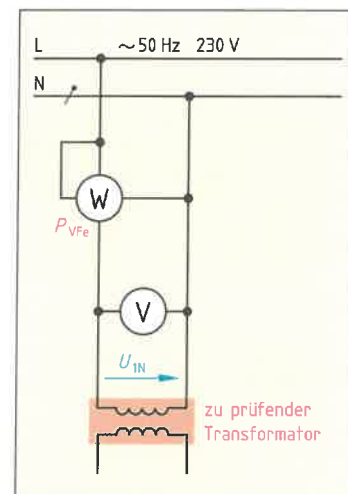


Bild 1: Ermittlung der Eisenverluste

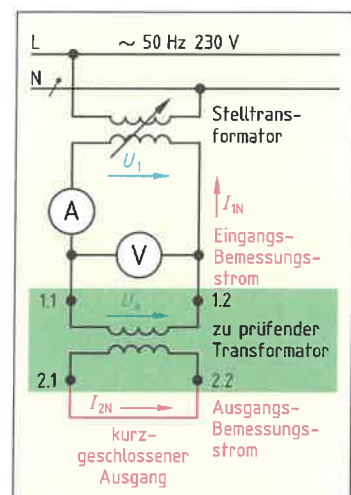


Bild 2: Messen der Kurzschlussspannung  $U_k$

Geg.:  $U_k = 81$  V,  $U_{1N} = 230$  V

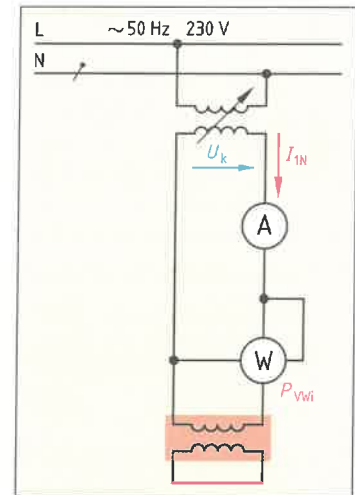
Ges.:  $u_k$

Lösung:  $u_k = \frac{U_k}{U_{1N}} \cdot 100\% = \frac{81 \text{ V}}{230 \text{ V}} \cdot 100\% = 35,2\%$



9. Beschreiben Sie mithilfe des **Bildes**, wie die Wicklungsverluste (Kurzschlussverluste)  $P_{V_{Wi}}$  eines Transformators ermittelt werden.

Wicklungsverluste werden mit dem Kurzschlussversuch ermittelt. Bei kurzgeschlossenen Klemmen auf der Ausgangsseite wird an der Eingangsseite die Kurzschlussspannung  $U_k$  angelegt. Mit einem Leistungsmesser wird eingangsseitig die Wirkleistung gemessen. Diese Leistung entspricht dem Wert der Wicklungsverluste.



**Bild: Messen der Kurzschlussverluste**

10. Ein Transformator 400 VA mit einem Wirkfaktor  $\cos \varphi = 0,8$  wird mit seiner Bemessungsleistung belastet. Die gemessenen Eisenverluste betragen 17 W, die Wicklungsverluste 23 W. Berechnen Sie

- a) die abgegebene Wirkleistung und  
b) den Wirkungsgrad des Transformators.

Geg.:  $S = 400 \text{ VA}$ ,  $P_{V_{Fe}} = 17 \text{ W}$ ,  $P_{V_{Wi}} = 23 \text{ W}$ ,  $\cos \varphi = 0,8$

Ges.:  $\eta$

Lösung:

a)  $P_{ab} = S \cdot \cos \varphi = 400 \text{ VA} \cdot 0,8 = 320 \text{ W}$

b)  $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_{V_{Fe}} + P_{V_{Wi}}} = \frac{320 \text{ W}}{320 \text{ W} + 17 \text{ W} + 23 \text{ W}} = 0,889 \approx 88,9\%$



Die Wicklungsverluste nehmen quadratisch mit der Belastung zu. Die gemessenen Wicklungsverluste treten nur bei Erreichen des Bemessungsstromes auf. Wird der Transformator z. B. nur mit 80% ( $n = 0,8$ ) seiner Bemessungsleistung belastet, so betragen die Wicklungsverluste nur  $0,8^2 = 0,64 \approx 64\%$  der im Kurzschlussversuch gemessenen Wicklungsverluste.

11. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Transformators aus **Aufgabe 10**, wenn er nur mit 50% seiner Bemessungsleistung belastet wird.

Geg.:  $S = 400 \text{ VA}$ ,  $P_{V_{Fe}} = 17 \text{ W}$ ,  $P_{V_{Wi}} = 23 \text{ W}$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ ,  $n = 0,5$

Ges.:  $\eta$

Lösung:

a)  $P_{ab} = n \cdot S \cdot \cos \varphi = 0,5 \cdot 400 \text{ VA} \cdot 0,8 = 160 \text{ W}$

b)  $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{ab} + P_{V_{Fe}} + n^2 \cdot P_{V_{Wi}}} = \frac{160 \text{ W}}{160 \text{ W} + 17 \text{ W} + 0,5^2 \cdot 23 \text{ W}} = 0,876 \approx 87,6\%$

12. a) Welchen Wert kann der Einschaltstromstoß eines Transformators beim Einschalten annehmen, auch wenn der Transformator ausgangsseitig nicht belastet wird?

- b) Welche Auslösecharakteristik sollten deshalb LS-Schalter haben, die in Transformatorstromkreisen eingesetzt werden?

a) Der Eingangsstromstoß kann mehr als das 10-fache des Eingangs Bemessungsstromes  $I_{1N}$  betragen.

b) Je nach Höhe des Einschaltstromes LS-Schalter mit Auslösecharakteristik C, D oder K.



Um Transformatoren (Bild 1) an ein vorhandenes Netz richtig anzuschließen, sind Kenntnisse über ihre technischen Daten notwendig. Diese Daten erhält man vom Leistungsschild, das auf dem Gehäuse des Transformators angebracht ist.

1. Übernehmen Sie alle für den Betrieb des Einphasentransformators erforderlichen Kenngrößen mithilfe seines Leistungsschildes (Bild 2) in folgende Tabelle.

Kenngröße	Formelzeichen	Wert
Bemessungsleistung	$S_N$	20 kVA
Bemessungs-Eingangsspannung	$U_{1N}$	20 000 V
Bemessungs-Ausgangsspannung	$U_{2N}$	400 V
Bemessungs-Eingangsstrom	$I_{1N}$	1,03 A
Bemessungs-Ausgangsstrom	$I_{2N}$	50 A
Bemessungsfrequenz	$f_N$	50 Hz
Betriebsart	-	S1
Thermische Klasse	-	155
Kurzschlussspannung	$U_k$	5%

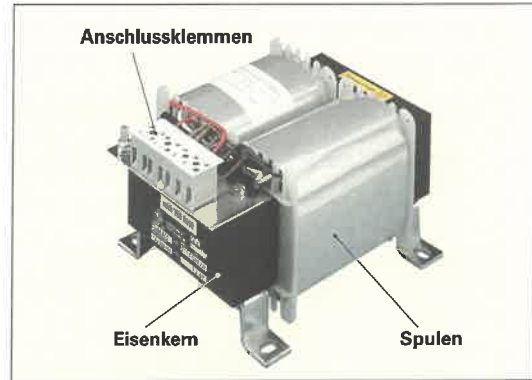


Bild 1: Einphasentransformator

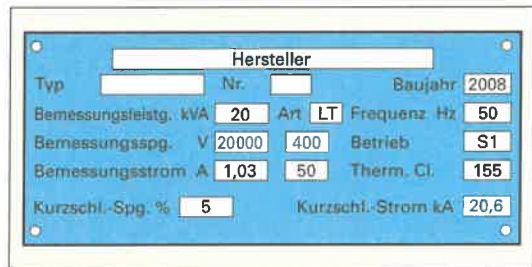


Bild 2: Leistungsschild

2. Welche Eigenschaften dieses Transformators können Sie aus den Angaben a) für Betriebsart und b) Thermische Klasse ermitteln?

- a) S1 bedeutet: Der Transformator kann im Dauerbetrieb eingesetzt werden.  
 b) 155 bedeutet: Die höchstens zulässige Gebrauchstemperatur beträgt 155 °C.

3. Geben Sie die Formeln für das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  des Transformators (Bild 2) mithilfe a) der Spannungen und b) der Ströme an und berechnen Sie es jeweils für diesen Transformator.

a)

$$\ddot{u} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}}$$

Geg.: $U_{1N} = 20\,000\text{ V}, U_{2N} = 400\text{ V}$	Ges.: $\ddot{u}$
Lösung: $\ddot{u} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{20\,000\text{ V}}{400\text{ V}} = 50:1$	

b)

$$\ddot{u} = \frac{I_{2N}}{I_{1N}}$$

Geg.: $I_{1N} = 1,03\text{ A}, I_{2N} = 50\text{ A}$	Ges.: $\ddot{u}$
Lösung: $\ddot{u} = \frac{I_{2N}}{I_{1N}} = \frac{50\text{ A}}{1,03\text{ A}} = 48,5:1$	

**Hinweis:** Die unterschiedlichen Ergebnisse resultieren daher, dass die Gleichungen für das Übersetzungsverhältnis nur für den idealen Transformator gelten, d. h. ohne Verluste.

4. Berechnen Sie mithilfe des Leistungsschildes (Bild 2) den Dauerkurzschlussstrom des Transformators.

Geg.: $u_k = 5\%, I_N = 1,03\text{ A}$	Ges.: $I_{kd}$
Lösung: $I_{kd} = \frac{I_N}{u_k} \cdot 100\% = \frac{1,03\text{ A}}{5\%} \cdot 100\% = 20,6\text{ A}$	



5. Ein Einphasentransformator mit einer Bemessungsleistung von 500 VA soll eine Eingangsspannung von 230 V auf eine Ausgangsspannung von 24 V herabtransformieren. Die Eingangswindungszahl beträgt 470. Berechnen Sie a) das Übersetzungsverhältnis des Transformators, b) seinen Eingangsstrom, c) seinen Ausgangsstrom und d) die Ausgangswindungszahl. **Hinweis:** Die Verluste des Transformators sind zu vernachlässigen.

Geg.:  $S = 500 \text{ VA}$ ,  $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  $U_2 = 24 \text{ V}$ ,  $N_1 = 470$

Ges.: a)  $\ddot{u}$ , b)  $I_{1N}$ , c)  $I_{2N}$ , d)  $N_2$

Lösung:

a)  $\ddot{u} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{230 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 9,58:1$

c)  $I_{2N} = \ddot{u} \cdot I_1 = 9,58 \cdot 2,17 \text{ A} = 20,8 \text{ A}$

b)  $I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}} = \frac{500 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 2,17 \text{ A}$

d)  $N_2 = \frac{N_1}{\ddot{u}} = \frac{470}{9,58} = 49$

6. Einphasentransformatoren werden auch als Spartransformatoren (**Bild**) hergestellt. Nennen Sie je einen Vorteil und Nachteil von Spartransformatoren.

Vorteil: Beim Spartransformator werden Leiterwerkstoff und Kerneisen gespart.

Nachteil: Spartransformatoren haben keine galvanische Trennung zwischen Eingangs- und Ausgangswicklung.

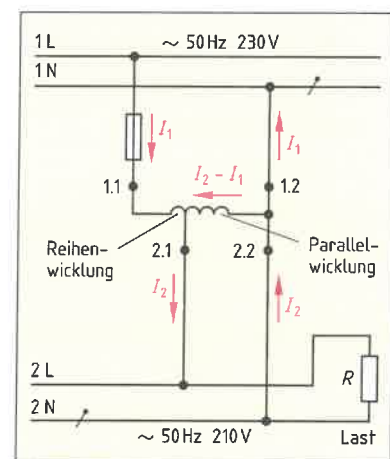


Bild: Spartransformator

7. Nennen Sie je ein Beispiel, wo a) Spartransformatoren eingesetzt werden und b) keine Spartransformatoren verwendet werden dürfen.

a) Vorschaltgerät für Natrium-Dampflampen

b) Spielzeugtransformatoren, Sicherheitstransformatoren

8. Bei Spartransformatoren unterscheidet man a) die Durchgangsleistung  $S_D$  und b) die Bauleistung  $S_B$ . Was versteht man unter diesen beiden Leistungen?

a) Die gesamte mögliche Leistungsabgabe des Spartransformators.

b) Die durch Induktion übertragene Leistung.

9. Ein Spartransformator 400/230 V hat eine Durchgangsleistung von 480 VA bei einem Wirkungsgrad von 0,9. Berechnen Sie a) die Bauleistung, b) den Eingangsstrom und c) den Ausgangsstrom.

Geg.:  $S_D = 480 \text{ VA}$ ,  $U_1 = 400 \text{ V}$ ,  $U_2 = 230 \text{ V}$ ,  $\eta = 0,9$

Ges.: a)  $S_B$ , b)  $I_1$ , c)  $I_2$

Lösung:

a)  $S_B = S_D \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_1} = 480 \text{ VA} \cdot \frac{400 \text{ V} - 230 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 204 \text{ VA}$

b)  $S_1 = \frac{S_D}{\eta} = \frac{480 \text{ VA}}{0,9} = 533 \text{ VA}$

c)  $I_2 = \frac{S_D}{U_2} = \frac{480 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 2,09 \text{ A}$

$I_1 = \frac{S_1}{U_1} = \frac{533 \text{ VA}}{400 \text{ V}} = 1,33 \text{ A}$



Mithilfe eines Transformators kann man die verschiedensten Spannungen erzeugen, die sich mit der Formel zur Spannungsübersetzung auch berechnen lassen. Infolge der Spannungsübersetzung ändern sich dann auch die Ströme in den Wicklungen.

Berechnen Sie aus den angegebenen Werten der Transformatoren Nr. 1 bis Nr. 8 den Wert der jeweils gesuchten Größe. **Hinweis:** Die Verluste des Transformators sind zu vernachlässigen.

**Nr.: 1**

$N_1 = 1000$      $N_2 = 435$

$U_1 = 230 \text{ V}$      $U_2 = ?$

**Lösung:**

$$U_2 = \frac{N_2 \cdot U_1}{N_1}$$

$$= \frac{435 \cdot 230 \text{ V}}{1000}$$

$$= 100,05 \text{ V}$$

**Nr.: 2**

$N_1 = 880$      $N_2 = 500$

$U_1 = ?$      $U_2 = 24 \text{ V}$

**Lösung:**

$$U_1 = \frac{N_1 \cdot U_2}{N_2}$$

$$= \frac{880 \cdot 24 \text{ V}}{500}$$

$$= 42,24 \text{ V}$$

**Nr.: 3**

$I_1 = ?$      $I_2 = 1 \text{ A}$

$U_1 = 230 \text{ V}$      $U_2 = 12 \text{ V}$

**Lösung:**

$$I_1 = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1}$$

$$= \frac{12 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}}{230 \text{ V}}$$

$$= 0,052 \text{ A}$$

$$= 52 \text{ mA}$$

**Nr.: 4**

$I_1 = 10 \text{ A}$      $I_2 = ?$

$U_1 = 20 \text{ kV}$      $U_2 = 230 \text{ V}$

**Lösung:**

$$I_2 = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_2}$$

$$= \frac{20 \text{ kV} \cdot 10 \text{ A}}{230 \text{ V}}$$

$$= 869,57 \text{ A}$$

**Nr.: 5**

$N_1 = 2300$      $N_2 = 80$   
 $I_1 = 1 \text{ A}$      $I_2 = ?$

**Lösung:**

$$I_2 = \frac{N_1 \cdot I_1}{N_2}$$

$$= \frac{2300 \cdot 1 \text{ A}}{80}$$

$$= 28,75 \text{ A}$$

**Nr.: 6**

$N_1 = ?$      $N_2 = 800$   
 $I_1 = 10 \text{ A}$      $I_2 = 500 \text{ mA}$

**Lösung:**

$$N_1 = \frac{N_2 \cdot I_2}{I_1}$$

$$= \frac{800 \cdot 0,5 \text{ A}}{10 \text{ A}}$$

$$= 40$$

**Nr.: 7**

$N_1 = 700$      $N_2 = ?$

$U_1 = 230 \text{ V}$      $U_2 = 46 \text{ V}$

**Lösung:**

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot U_2}{U_1}$$

$$= \frac{700 \cdot 46 \text{ V}}{230 \text{ V}}$$

$$= 140$$

**Nr.: 8**

$N_1 = 750$      $N_2 = 100$   
 $I_1 = ?$      $I_2 = 5 \text{ A}$

**Lösung:**

$$I_1 = \frac{N_2 \cdot I_2}{N_1}$$

$$= \frac{100 \cdot 5 \text{ A}}{750}$$

$$= 0,67 \text{ A}$$

$$= 670 \text{ mA}$$



Das Drehfeld ist ein rotierendes magnetisches Feld. Es ist die Grundlage für die Funktion der Drehstrommotoren, die zu den am meisten eingesetzten Motoren gehören. Aus dem Wort Drehfeld leitet sich die Bezeichnung für den Drehstrom ab.

- Was versteht man unter einem Drehfeld?
  - Geben Sie an, wie man das Drehfeld mithilfe einer Magnetnadel im Ständer eines Drehstrommotors nachweisen kann.

a) Ein umlaufendes, d.h. ein sich um einen Mittelpunkt drehendes Magnetfeld.

b) Mit einer drehbar gelagerten Magnetnadel, die man in den Ständer eines Drehstrommotors einbringt.

- Um wieviel Grad sind bei einem Dreiphasenwechselstromgenerator und -motor die drei Spulen versetzt?

Um je 120°

- Wie kommt ein Drehfeld beim Dreiphasenwechselstrommotor zustande?

Die drei Wechselströme erzeugen wegen der Phasenverschiebung von 120° in den Spulen ein Magnetfeld, dessen Höchstwert von Spule zu Spule wandert.

- Tragen Sie im Bild mit roter Farbe die Stromrichtungen für die Augenblickswerte 120°, 240° und 360° für die drei um 120° versetzten Spulen ein. Geben Sie die jeweilige Lage des Nordpols durch N und des Südpoles durch S an.

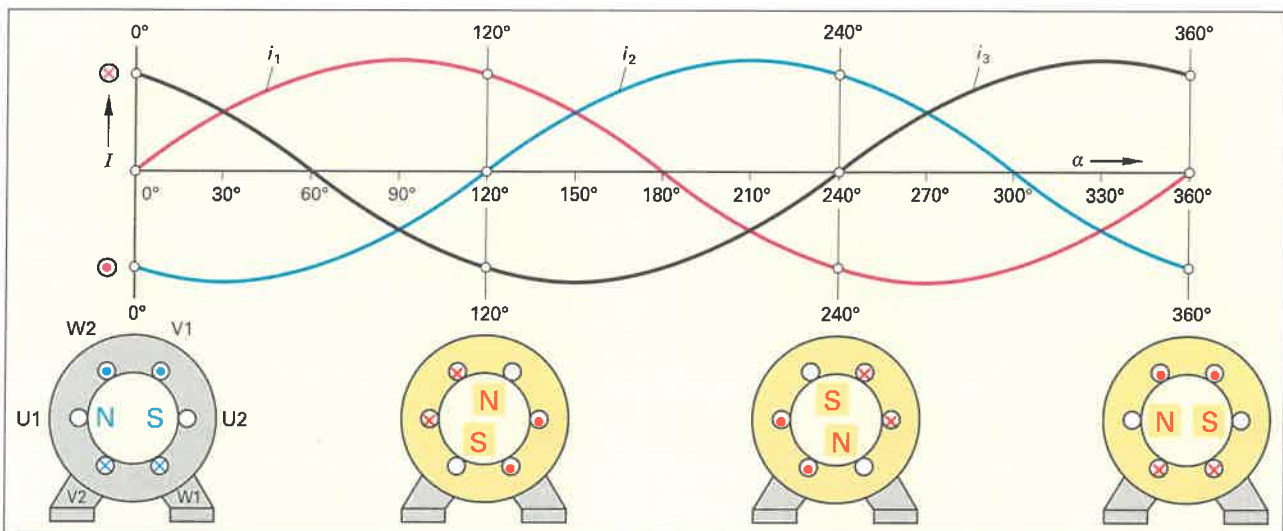


Bild: Entstehung des Drehfeldes beim Drehstrommotor

- Wie kann man die Umlaufrichtung eines Drehfeldes ändern, um damit die Drehrichtung eines Drehstrommotors umzukehren?
  - Wo findet diese Änderung statt?

a) Durch Vertauschen von zwei Außenleitern

b) Am Klemmbrett des Motors

- Berechnen Sie für eine zweipolige Maschine die Drehfeldzahl in Umdrehungen je Minute.

Geg.: $f = 50 \text{ Hz}$ , $p = 1$	Ges.: $n_s$
Lösung:	
$n_s = \frac{f}{p} = \frac{50 \frac{1}{s} \cdot 60 \frac{s}{\text{min}}}{1} = 3000 \frac{1}{\text{min}}$	

- Geben Sie die Formel zur Berechnung der Drehfeldzahl an und ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Drehfeldzahl (Umrechnungsfrequenz), Polpaarzahl und Netzfrequenz	
Formel	$n_s = \frac{f}{p}$
$n_s$	Drehfeldzahl
$f$	Netzfrequenz
$p$	Polpaarzahl

- Erklären Sie am Beispiel einer vierpoligen Maschine den Zusammenhang zwischen Anzahl der Magnetpole und Polpaarzahl.

Eine vierpolige Maschine hat vier Magnetpole (zwei Nordpole und zwei Südpole) und das sind zwei Polpaare.



Drehstrom-Asynchronmotoren (DSAM) sind die wichtigsten Elektromotoren. Als Energiespartmotoren werden sie in den Leistungsklassen von 60 W bis über 100 MW eingesetzt.

1. Benennen Sie im **Bild 1** die Teile eines DSAM mit Kurzschlussläufer.

- 1: Ständerwicklung
- 2: Ständerblechpaket
- 3: Läuferblechpaket mit Läuferstäben
- 4: Kurzschlussring
- 5: Wälzlager
- 6: Welle
- 7: Lüfter
- 8: Klemmbrett
- 9: Klemmenkasten

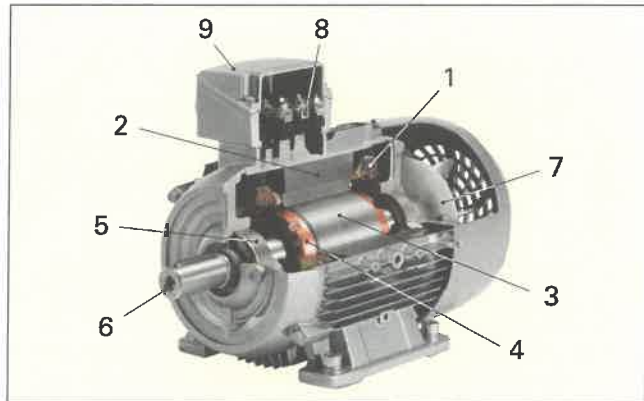


Bild 1: DSAM mit Kurzschlussläufer

2. Weshalb werden Elektromotoren am häufigsten verwendet? Nennen Sie fünf Gründe.

- einfacher Aufbau,
- preiswert,
- Läufer liegt nicht an Netzspannung,
- wartungsarm,
- funktörfrei.

3. a) Nennen Sie die Bedingung, bei der im Kurzschlussläufer des DSAM (Induktionsmotor) eine Spannung induziert wird.

b) Nennen Sie den Fachbegriff, mit dem man diese Bedingung beschreiben und berechnen kann.

a) Wenn der Läufer sich langsamer dreht als das Drehfeld.

b) Schlupf

4. Erklären Sie kurz die Funktionsweise des DSAM mit Kurzschlussläufer. Verwenden Sie die Fachbegriffe in folgender Reihenfolge: Drehfeld, Ständerwicklung, Läuferstäbe, Induktionsspannung, Läuferdrehzahl, Drehfelddrehzahl, Kurzschlussring, Leiterstäbe, Läuferstrom, Magnetfeld und Drehmoment.

Das Drehfeld der Ständerwicklung induziert in den Läuferstäben immer dann eine Induktionsspannung, wenn die Läuferdrehzahl kleiner ist als die Drehfelddrehzahl.

In den durch Kurzschlussringe verbundenen Leiterstäben fließt dann ein Läuferstrom, der ein Magnetfeld aufbaut. Es entsteht ein Drehmoment, das den Läufer in Drehung bringt.

5. Benennen Sie nach **Bild 2 a** und **2 b** die wichtigen Kennwerte 1 bis 8 für des Betriebsverhalten eines Drehstrom-Asynchronmotors.

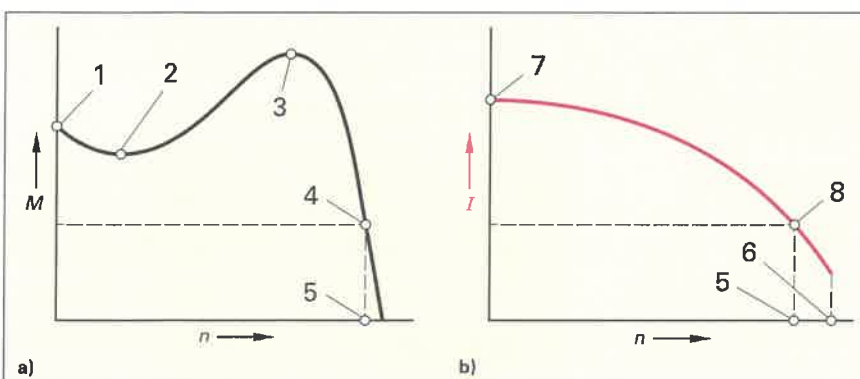


Bild 2: a) Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie und b) Strom-Drehzahl-Kennlinie eines Drehstrom-Asynchronmotors

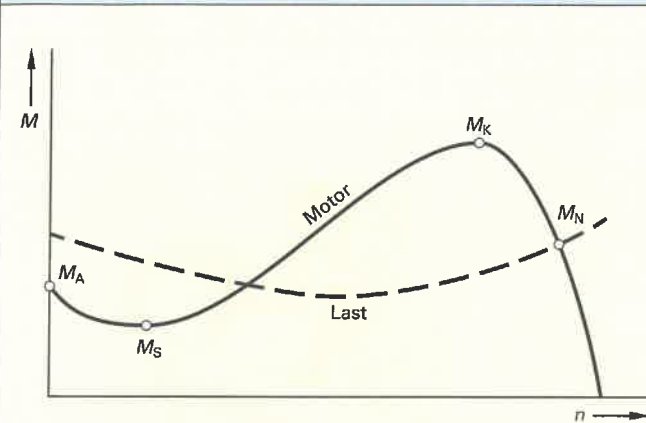
- 1: Anlaufmoment  $M_A$
- 2: Sattelmoment  $M_S$
- 3: Kippmoment  $M_K$
- 4: Bemessungsmoment  $M_N$
- 5: Bemessungsdrehzahl  $n_N$
- 6: Leerlaufdrehzahl  $n_0$
- 7: Anlaufstrom  $I_A$
- 8: Bemessungsstrom  $I_N$



6. Die Kennlinien in der **Tabelle** zeigen die Motorbelastung durch vier verschiedene Arbeitsmaschinen. Beschreiben Sie das Verhalten des Motors und beurteilen Sie seine Eignung für die Arbeitsmaschine.

**Tabelle: Kurzschlussläufermotor mit verschiedenen Arbeitsmaschinen (Lasten)**

**Motordrehmoment und Belastungsmoment**

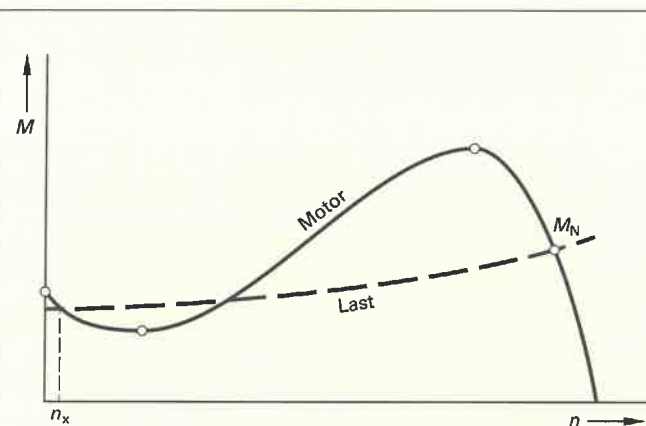


**Beurteilungen**

Beim Einschalten des Motors ist das Anlaufmoment des Motors kleiner als das Lastmoment (Widerstandsmoment) der Arbeitsmaschine.

**Motorverhalten und -eignung:**

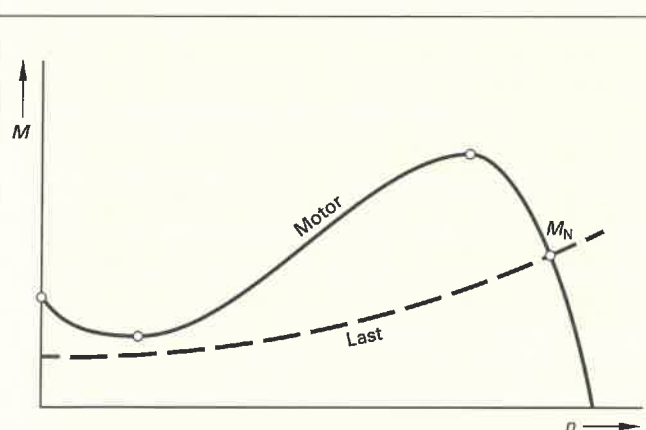
Der Motor kann nicht anlaufen.  
Er ist für den Antrieb der Arbeitsmaschine (Last) zu schwach. Deshalb ist ein Motor mit höherem Anlaufmoment zu wählen.



Nach Anlauf des Motors ist das Sattelmoment des Motors kleiner als das Lastmoment der Arbeitsmaschine.

**Motorverhalten und -eignung:**

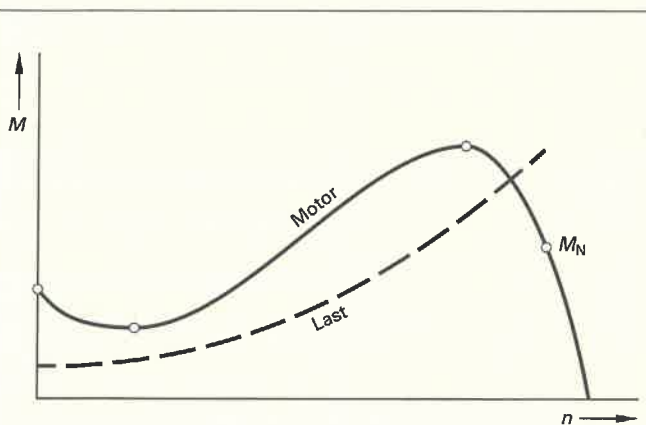
Der Motor erreicht nur die Drehzahl  $n_x$ . Er ist für diese Arbeitsmaschine nicht geeignet.



Das Lastmoment der Arbeitsmaschine bleibt immer kleiner als das Motormoment.

**Motorverhalten und -eignung:**

Der Motor läuft bis zu seiner Bemessungsdrehzahl hoch und arbeitet mit Bemessungsmoment. Er ist für die Arbeitsmaschine richtig ausgewählt.



Das Lastmoment der Arbeitsmaschine wird vor Erreichen der Bemessungsdrehzahl des Motors größer als das Bemessungsmoment des Motors.

**Motorverhalten und -eignung:**

Der Motor kann hochlaufen. Er wird jedoch überlastet und ist für die Arbeitsmaschine bei Dauerbetrieb ungeeignet.



Die Drehrichtungsänderung von Drehstrommotoren wird durch Vertauschen zweier Außenleiter des Drehstromnetzes erreicht. Drehstrommotoren kleiner Leistung können auch mithilfe eines Kondensators am Einphasen-Wechselstromnetz betrieben werden.

1. Zeichnen Sie in die Klemmbretter von **Bild 1** die Brücken für die geforderte Schaltung der Ständerwicklungen ein. Ergänzen Sie die Anschlussleitungen zum Drehstromnetz für die geforderte Drehrichtung.



**Bild 1:** Klemmbretter von Drehstrommotoren mit Kurzschlussläufer

2. Tragen Sie in die **Tabelle** die Schaltungsart der Ständerwicklungen des Motors mit den Symbolen Y oder  $\Delta$  ein. Darf der Motor nicht an dem Netz betrieben werden, schreiben Sie einen Strich.
3. Ein Drehstrommotor für 230 V  $\Delta$  soll an Einphasen-Wechselspannung AC 230 V mithilfe eines Betriebskondensators  $C_B$  betrieben werden. Ergänzen Sie im **Bild 2** die Brücken und die Anschlüsse.

**Tabelle: Ständerschaltungen von Drehstrommotoren für direktes Einschalten**

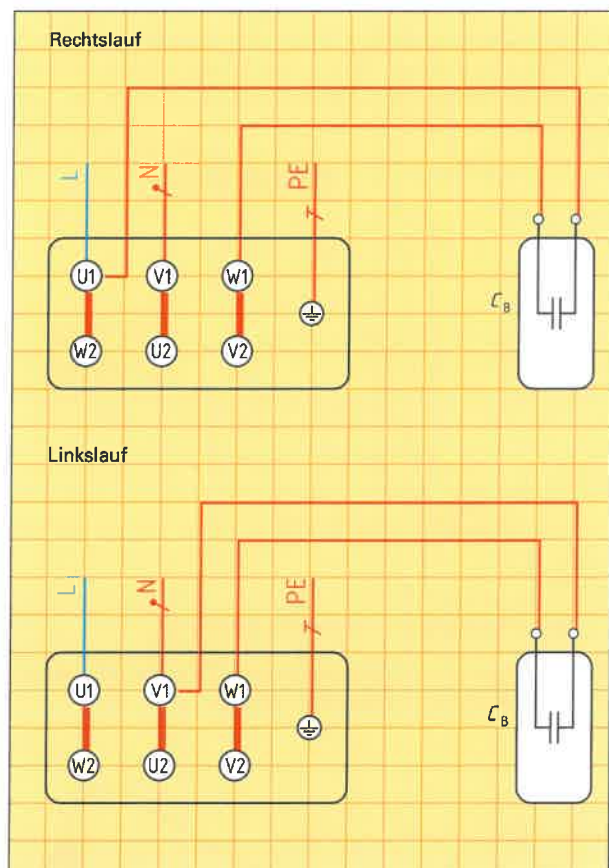
Angabe auf dem Leistungsschild des Motors	Drehstromnetz (Leiterspannung)	
	400 V	690 V
Y 400 V	Y	—
230/400 V	Y	—
400 V $\Delta$ /690 V Y	$\Delta$	Y
230 V $\Delta$ /400 V Y	Y	—
690 V Y	$\Delta$	Y
400/690 V	$\Delta$	Y

4. Warum ist für den Anschluss von Drehstrommotoren kleiner Leistung an Einphasen-Wechselspannung ein Betriebskondensator  $C_B$  erforderlich?

Einphasen-Wechselstrom erzeugt  
kein Drehfeld.  
Der Drehstrommotor kann deshalb  
nicht anlaufen.  
Mit dem Kondensator wird ein  
elliptisches Drehfeld erzeugt.

5. Mit welcher Leistung kann ein Drehstrommotor mit Kondensator am Einphasen-Wechselstromnetz dauernd betrieben werden?

Mit etwa 70 bis 80 % seiner Bemessungsleistung.



**Bild 2:** Klemmbrett mit Kondensator für Drehstrom-Asynchronmotoren am Wechselstromnetz



Die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) schreiben für den Betrieb von Motoren am öffentlichen Netz (400/230 V) Grenzwerte für Leistung und Anzugsstrom vor.

1. Ergänzen Sie die geforderten Grenzwerte nach TAB in **Tabelle 1**.

Tabelle 1: Grenzwerte für direktes Einschalten von Motoren nach TAB		
Einphasen- Wechselstrom- motoren	maximale Scheinleistung	
	1,7 kVA	
Drehstrom- motoren	maximaler Anzugsstrom $I_A$	maximale Scheinleistung
	60 A	5,2 kVA

2. Berechnen und beurteilen Sie, ob ein Drehstrommotor mit einem Bemessungsstrom  $I_N = 8,5 \text{ A}$ , aber unbekanntem Anlaufstrom  $I_A$ , am öffentlichen Netz 400/230 V direkt eingeschaltet werden darf. **Hinweis:** Bei unbekanntem Anlaufstrom nimmt man das 8-fache des Bemessungsstromes für diesen Strom an.

$$I_A = 8 \cdot I_N = 8 \cdot 8,5 \text{ A} = 68 \text{ A}$$

$68 \text{ A} > 60 \text{ A}; \Rightarrow$  Der Motor darf am Drehstromnetz nicht direkt eingeschaltet werden.

3. Warum ist direktes Einschalten von Motoren mit großer Bemessungsleistung nach TAB nicht zulässig?

In den Leitungen entstehen hohe Anlaufströme, hohe Spannungsfälle und dadurch unerwünschte Spannungsschwankungen im Versorgungsnetz.

4. Benennen Sie im **Bild 1** die Schütze entsprechend ihrer Aufgabe für eine Y- $\Delta$ -Schütz-Schaltung. Ergänzen Sie die Leitungsverbindungen.

5. Ergänzen Sie **Tabelle 2** unter Beachtung von **Bild 1**.

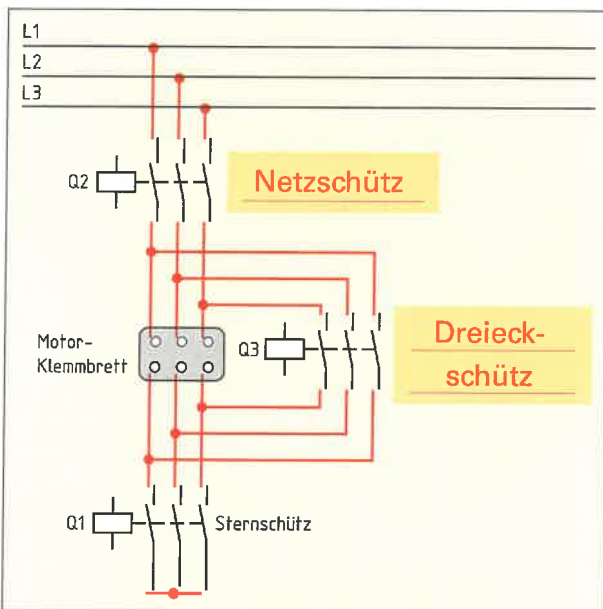


Bild 1: Prinzip einer Y- $\Delta$ -Schütz-Schaltung

Tabelle 2: Ablaufschritte beim Anlassen mit einer Y- $\Delta$ -Schütz-Schaltung (400/230 V)		
Schaltfolge ein/aus	Wirkung	
1. Q1 ein	Ständerwicklungen werden in Stern geschaltet	
2. Q2 ein	Wicklungen erhalten nur 230 V und der Motor läuft mit geringerem Strom hoch.	
3. Q1 aus	Die Sternschaltung wird aufgehoben.	
4. Q3 ein	Die Wicklungen werden in Dreieck geschaltet und erhalten 400 V.	

6. Zeichnen Sie in **Bild 2** den Verlauf der gemeinsamen Kennlinie des Motors beim Stern-Dreieck-Anlauf ein. Kennzeichnen Sie die Umschaltdrehzahl  $n_U$ .

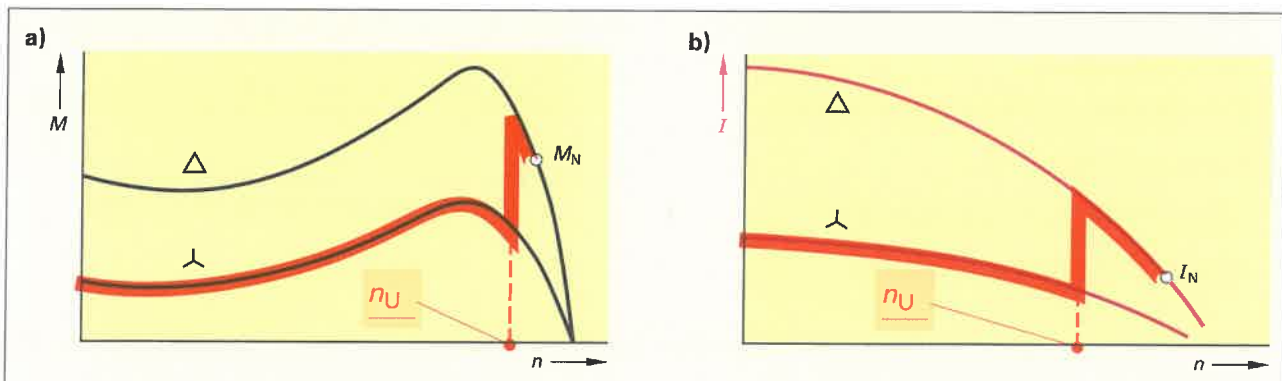


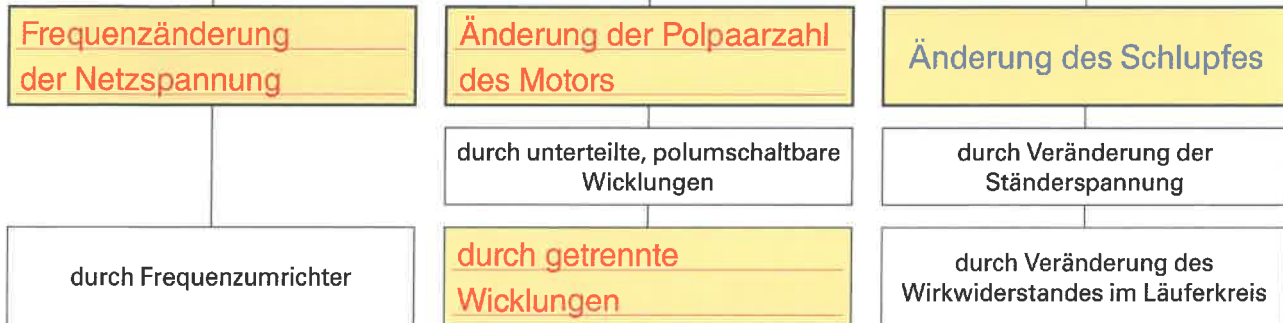
Bild 2: a) Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie, b) Strom-Drehzahl-Kennlinie beim Stern-Dreieck-Anlauf eines Drehstrom-Asynchronmotors mit Kurzschlussläufer



Die Drehzahl (Umdrehungsfrequenz) von Elektromotoren muss bei vielen Anwendungen elektrisch gesteuert werden können. Die elektrische Drehzahländerung von Drehstrom-Asynchronmotoren kann dabei unterschiedlich umgesetzt werden.

1. Ergänzen Sie in der Übersicht die Möglichkeiten zur elektrischen Drehzahländerung von Drehstrom-Asynchronmotoren.

**Übersicht: Elektrische Drehzahländerung von Drehstrom-Asynchronmotoren (DSAM)**



2. Die **Tabelle** zeigt das Prinzip der Dahlander-Schaltung für DSAM mit Kurzschlussläufer. Ergänzen Sie in der Tabelle die Polpaarzahl, die Drehzahl (hoch/niedrig) und die Schaltverbindungen.

**Tabelle: Prinzip der Dreieck-Doppelstern-Schaltung ( $\Delta/YY$ ) nach Dahlander**

Schaltung der Ständerwicklung	Polpaarzahl	Drehzahl	Anschluss
<p>Dreieckschaltung: <math>\Delta</math></p>	2	niedrig	
<p>Doppelsternschaltung: <math>YY</math></p>	1	hoch	

3. Vergleichen Sie zwei drehzahlstellbare DSAM mit Kurzschlussläufer gleicher Bemessungsleistung. Motor 1 hat zwei getrennte Ständerwicklungen und Motor 2 hat unterteilte, umschaltbare Ständerwicklungen.

Motor	Ständerwicklung mit	Aufbau des Klemmbrettes	Baugröße bei gleicher Leistung
1	2 getrennten Wicklungen	wie Motor 2	größer als Motor 2
2	$\Delta/YY$ -Schaltung	wie Motor 1	kleiner als Motor 1



Der Kondensatormotor ist ein Einphasenmotor. Das bedeutet, er wird mit Wechselstrom betrieben. Wechselstrommotoren entwickeln jedoch kein Drehfeld und können somit nicht von allein anlaufen. Beim Kondensatormotor wird das Anlaufproblem dadurch gelöst, dass sich im Ständer zwei Wicklungen, die Hauptwicklung U1-U2 und die Hilfwicklung Z1-Z2, befinden. Zur Hilfwicklung wird ein Kondensator in Reihe geschaltet, sodass sie ein phasenverschobenes Magnetfeld zur Hauptwicklung erzeugt.

1. Welcher Unterschied besteht im Betrieb des Kondensatormotors (Bild 1) zwischen Anlaufkondensator und Betriebskondensator?

Der Anlaufkondensator wird nach dem Anlauf des Motors abgeschaltet.

2. Wie müssen die Motorwicklungen angeschlossen werden, um a) Rechtslauf und b) Linkslauf zu erzielen?

a) Der Strom muss von U1 nach U2 und von Z1 nach Z2 fließen.

b) Der Strom in der Hilfwicklung muss umgekehrt, von Z2 nach Z1 fließen.

3. Ergänzen Sie a) die Stromlaufpläne und b) die Anschlüsse am Klemmbrett, um Rechtslauf (Bild 2) und Linkslauf (Bild 3) zu erzielen.

4. Begründen Sie, warum Anlaufkondensatoren nach erfolgtem Anlauf abgeschaltet werden müssen.

Die Hilfwicklung würde sich aufgrund des großen Stromes überhitzen.

5. Nennen Sie Bauteile, um den Anlaufkondensator  $C_B$  nach erfolgtem Anlauf abzuschalten.

- Fliehkraftschalter
- Thermisches Relais
- Stromabhängiges Relais

6. Geben Sie Beispiele für die Anwendung von Kondensatormotoren an.

- Umwälzpumpen
- Kühlschrankkompressoren
- Antrieb für Betonmischer
- Antrieb für Rasenmäher

7. Wodurch unterscheiden sich der Anlaufkondensator  $C_A$  und der Betriebskondensator  $C_B$  hinsichtlich der Einsatzzeit, der Kapazität und der Auswirkung auf den Motorbetrieb? Ergänzen Sie die Tabelle.

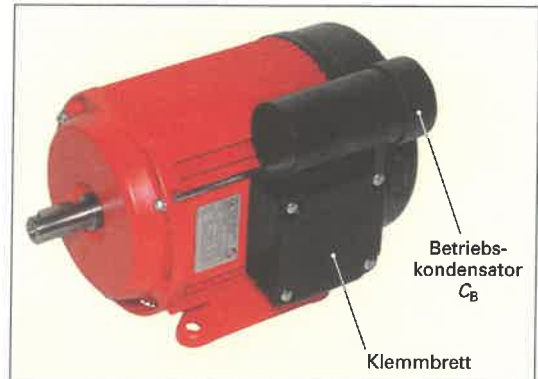


Bild 1: Kondensatormotor

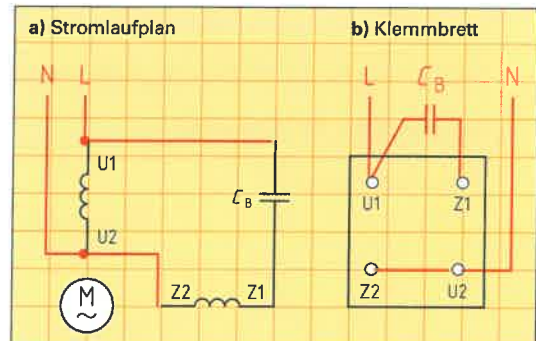


Bild 2: Kondensatormotor im Rechtslauf

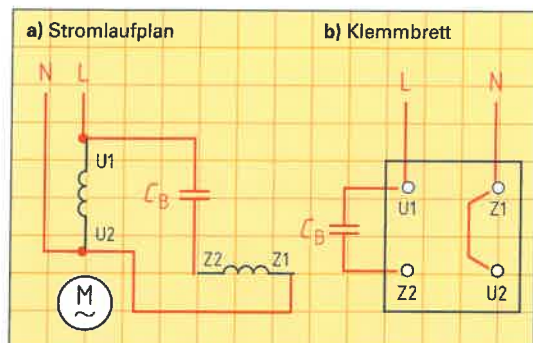


Bild 3: Kondensatormotor im Linkslauf

Tabelle: Merkmale Anlauf- und Betriebskondensator

	Betriebskondensator $C_B$	Anlaufkondensator $C_A$
Einsatzzeit	Während der gesamten Betriebszeit des Motors	Nur während des Motoranlaufs
Kondensatorblindleistung pro kW-Motorleistung bzw. Kapazität	Ca. 1,3 kVar	$2 \dots 3 \cdot C_B$
Auswirkung auf den Motorbetrieb	Während des Betriebes kompensiert $C_B$ die Motorblindleistung	Anlaufmoment $M_A$ wächst proportional mit $C_A$



Gleichstrommotoren werden häufig in Werkzeugmaschinen mit großem Drehzahlsteuerbereich und als Antriebsmotoren in Elektrofahrzeugen verwendet.

1. Gleichstrommaschinen können als Generator oder als Motor betrieben werden. Entscheidend für die Betriebsweise ist die Art der Energieaufnahme und -abgabe. Geben Sie im **Bild 1** jeweils die Art der aufgenommenen und der abgegebenen Energie für **a) Generatorbetrieb** und **b) Motorbetrieb** an.

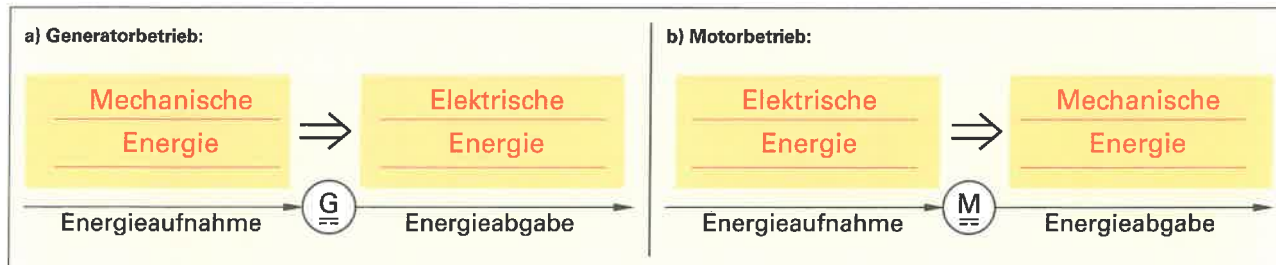


Bild 1: Energieaufnahme und -abgabe bei Generator- und Motorbetrieb

2. Nennen Sie Vorteile von Gleichstrommotoren.

- Gleichstrommotoren haben ein großes Anzugsmoment.
- Die Drehzahl ist sehr gut regelbar.
- Die Drehzahl kann weit über der von Drehstrommotoren liegen.

3. Ordnen Sie im **Bild 2** die Ziffern der nachfolgend genannten Hauptbestandteile der Gleichstrommaschine zu.

- 1: Ständer (Joch)
- 2: Läufer (Anker)
- 3: Erregerwicklung
- 4: Ankerwicklung
- 5: Kommutator (Stromwender)
- 6: Kohlebürste
- 7: Welle

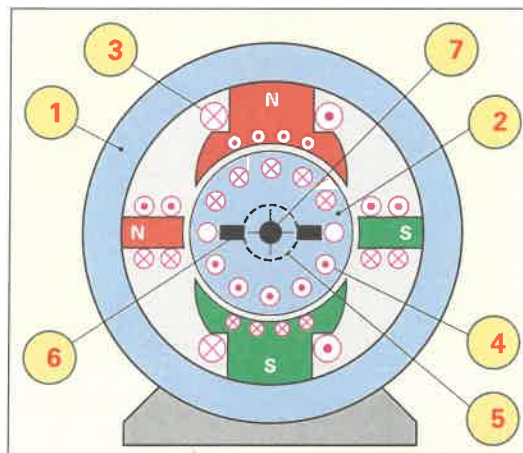


Bild 2: Hauptbestandteile der Gleichstrommaschine

4. Zählen Sie alle Arten von Gleichstrommotoren hinsichtlich ihrer Erregungsart auf?

- Nebenschlussmotor
- Reihenschlussmotor
- Fremderregter Gleichstrommotor
- Permanenterregter Gleichstrommotor

5. Die Wicklungen eines Gleichstrommotors werden mit jeweils einem Buchstaben und der Ziffer 1 für den Wicklungsanfang und der Ziffer 2 für das Wicklungsende bezeichnet. Geben Sie für jede Bezeichnung in der **Tabelle** die entsprechende Wicklung an.

Tabelle: Wicklungsbezeichnungen bei Gleichstrommotoren	
A1-A2	Ankerwicklung
B1-B2	Wendepolwicklung
C1-C2	Kompensationswicklung
D1-D2	Reihenschlusswicklung
E1-E2	Nebenschlusswicklung
F1-F2	Fremderregte Wicklung

6. Nennen Sie die Stromrichtungen in Anker- und Erregerwicklung für Rechts- und Linkslauf eines Gleichstrommotors

Rechtslauf eines Gleichstrommotors:	Der Ankerstrom fließt von A1 nach A2 und der Erregerstrom, z.B. von E1 nach E2.
Linkslauf eines Gleichstrommotors:	Der Ankerstrom fließt von A2 nach A1 und der Erregerstrom, z.B. von E1 nach E2.



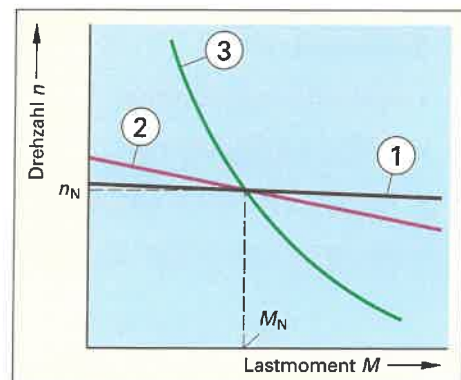
Das Erregerfeld eines Gleichstrommotors kann durch unterschiedliche Schaltungen erzeugt werden. Das setzt ein richtiges Anschließen der jeweiligen Motorart voraus.

1. Ergänzen Sie in der **Tabelle** die vorgegebenen Schaltungen a) bis f). Achten Sie auf den geforderten Drehsinn und benennen Sie die Schaltungen d) bis f).

Tabelle: Schaltungen von Gleichstrommotoren		
a) Nebenschluss-Motor	b) Reihenschluss-Motor	c) Fremderregter Motor
Rechtslauf	Linkslauf	Linkslauf
d) Reihenschluss-Motor	e) Fremderregter Motor	f) Nebenschluss-Motor
Rechtslauf	Rechtslauf	Linkslauf

2. Ordnen Sie den mit Ziffern versehenen Kennlinien (**Bild**) die entsprechende Art des Gleichstrommotors zu.

- 1: Fremderregter Motor
- 2: Nebenschlussmotor
- 3: Reihenschlussmotor



**Bild: Gleichstrommotor-Kennlinien**



Nach DIN VDE 0650 darf der Anlassspitzenstrom  $I_A$  von Gleichstrommotoren mit  $P_N \geq 1,5 \text{ kW}$  das 1,5-fache des Ankerbemessungsstromes  $I_N$  nicht überschreiten.

3. Berechnen Sie den zulässigen Anlassspitzenstrom  $I_{A \max}$  eines Gleichstrommotors, wenn sein Bemessungsstrom 12,9 A beträgt.

$$I_{A \max} = 1,5 \cdot I_N = 1,5 \cdot 12,9 \text{ A} = 19,35 \text{ A}$$

4. Nennen Sie drei schaltungstechnische Möglichkeiten zur Begrenzung des Anlassspitzenstromes.

- Elektronischer Anlasser
- Anlasswiderstand
- Feldstell-Anlasser

5. Nennen Sie zwei Möglichkeiten zur Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren.

- Ändern des Erregerstromes
- Ändern der Ankerspannung mithilfe von Stromrichtern



Spaltpolmotoren sind Wechselstrommotoren mit Kurzschlussläufer. Der Aufbau ist einfach (**Bild 1**). Damit sie selbstständig anlaufen können, ist ein Drehfeld erforderlich. Deshalb besitzen sie im Ständer neben den Hauptpolen Spaltpole, um die sich jeweils eine Kurzschlusswicklung befindet (**Bild 2**). In dieser Kurzschlusswicklung tritt im Vergleich zum Magnetfeld der Hauptwicklung eine Phasenverschiebung auf. Beide Magnetfelder bilden dadurch zusammen ein Drehfeld, sodass der Motor anlaufen kann.

1. Benennen Sie die im **Bild 1** und **2** mit den Ziffern 1 bis 6 gekennzeichneten Bestandteile eines Spaltpolmotors.

- 1: Ständerwicklung                      4: Kurzschlusswicklung  
 2: Hauptpole                              5: Spaltpole  
 3: Ständerblechpaket                6: Welle

2. Welche Schutzart hat der Spaltpolmotor im **Bild 1**?

IP 00

3. Nennen Sie Vorteile von Spaltpolmotoren.

- einfacher Aufbau                      • sehr leise
- robust                                      • wartungslos
- kostengünstig                          • lange Lebensdauer

4. Wodurch wird die Drehrichtung eines Spaltpolmotors festgelegt?

Die Drehrichtung wird durch Anordnung der Hauptpole und der Spaltpole bestimmt.

5. Bestimmen Sie die Drehrichtung des Motors im **Bild 2**.

Linkslauf

6. Kann man die Drehrichtung eines Spaltpolmotors umkehren? Begründen Sie Ihre Antwort.

Nein, weil die Drehrichtung durch die Anordnung der Pole festgelegt ist, die sich nicht ändern lässt.

7. Wie viele Polpaare und welche Wirkleistungen haben  
 a) schnelllaufende und b) langsamlaufende Spaltpolmotoren?

- a) 1 Polpaar, 5 bis 300 W  
 b) 10 oder 16 Polpaare, 1 bis 3 W

8. Geben Sie Anwendungsbeispiele von Spaltpolmotoren a) für schnelllaufende, b) für langsamlaufende Motoren an.

a) schnelllaufende Spaltpolmotoren:

- Lüfter für Haushalts- und Büroräume, Lüfter für Projektoren
- Laugenpumpen für Waschmaschinen
- Pumpen in Wäschetrocknern
- Plattenspielerantrieb

b) langsamlaufende Spaltpolmotoren:

- elektrische Uhren
- schreibende Messgeräte
- Programmschaltwerke
- Betriebsstundenzähler

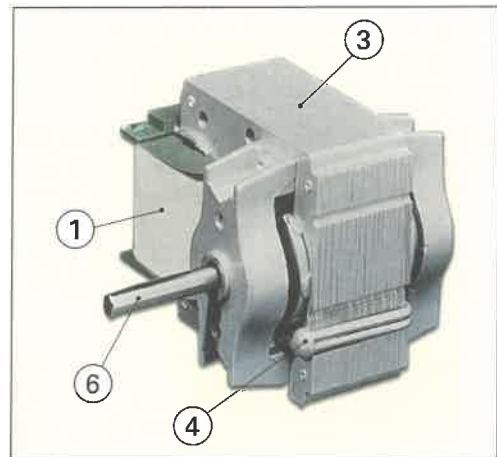


Bild 1: Spaltpolmotor

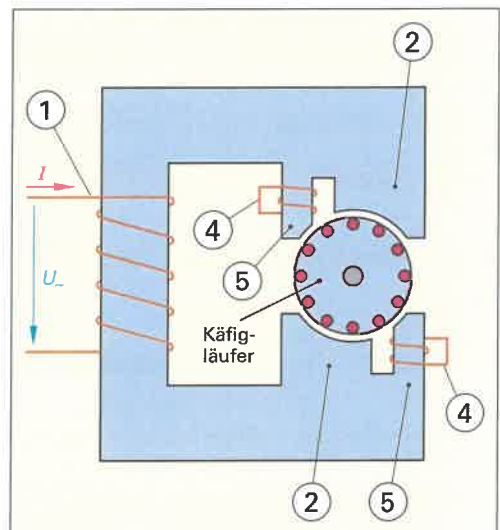


Bild 2: 2-poliger Spaltpolmotor (Beispiel)



Rotierende elektrische Maschinen werden in allen Bereichen von Industrie, Handwerk und Haushalt eingesetzt. Unabhängig von ihrer Bauart arbeiten alle rotierenden elektrischen Maschinen nach dem gleichen Prinzip.

1. In welche beiden Gruppen werden rotierende elektrische Maschinen hinsichtlich ihrer Arbeitsweise eingeteilt?

Motoren und Generatoren

2. Eine rotierende elektrische Maschine (**Bild 1**) kann als Motor oder Generator verwendet werden. Motoren und Generatoren haben deshalb den gleichen Aufbau. Die Arbeitsweise Motor- oder Generatorbetrieb wird nur durch die Richtung der Energieumwandlung festgelegt. Ergänzen Sie das folgende Blockschaltbild eines Motors mit den Angaben „mechanische Energie“ bzw. „elektrische Energie“.

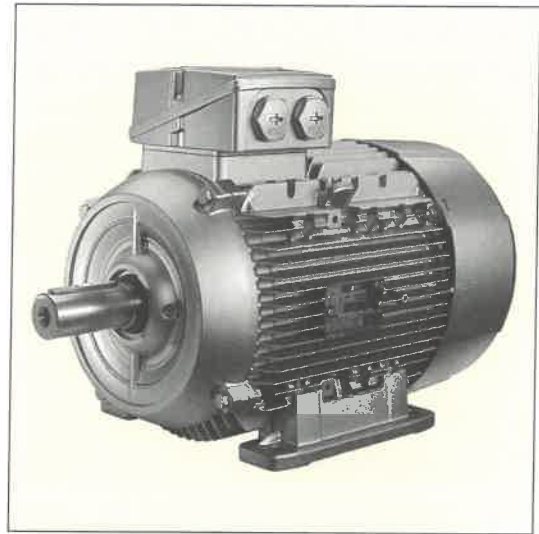
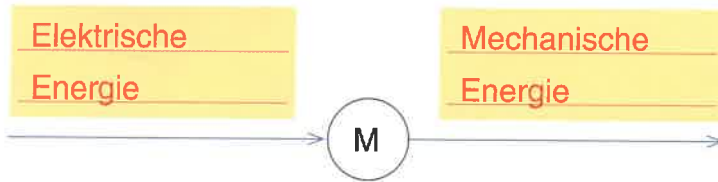


Bild 1: Elektrische Maschine (Beispiel)

3. Welche Wirkung des elektrischen Stromes wird bei den rotierenden elektrischen Maschinen ausgenutzt?

Die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes.

4. Unter welchen Bedingungen wird durch den Magnetismus eine Kraftwirkung hervorgerufen?

Es müssen zwei Magnetfelder vorhanden sein, die sich gegenseitig beeinflussen.

5. Wo befinden sich die beiden Magnetfelder in einer rotierenden elektrischen Maschine?

Ein Magnetfeld befindet sich im feststehenden Teil (Ständer) der Maschine.

Das zweite Magnetfeld befindet sich im drehbaren Teil (Läufer) der Maschine.

6. Bestimmen Sie mithilfe der Motorregel (**Bild 2**) die Bewegungsrichtungen des Läufers im Motorbetrieb und ergänzen Sie den Drehsinn in der Tabelle.

Tabelle: Drehrichtung von Motoren

<u>Rechtslauf</u>	<u>Rechtslauf</u>	<u>Linkslauf</u>

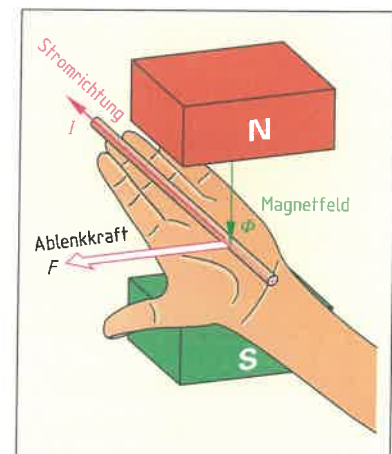


Bild 2: Motorregel (linke Hand)

7. Welche Arten von elektrischen Motoren unterscheidet man?

Asynchronmotoren, Synchronmotoren, Gleichstrommotoren, Universalmotoren und Sondermotoren

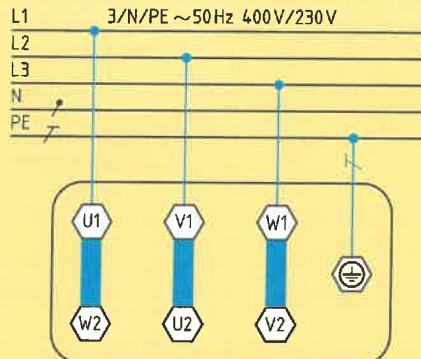


Mithilfe des Motor-Leistungsschildes und des Klemmbrettes eines Elektromotors kann man den Motortyp bestimmen und z. B. Spannungsangaben entnehmen, um den Motor an das vorhandene Verteilungsnetz anzuschließen.

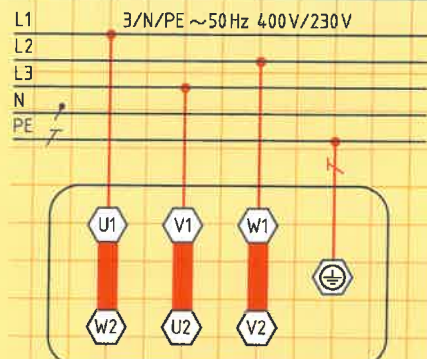
Bestimmen Sie mithilfe des Motor-Leistungsschildes den Motortyp und schließen Sie den Motor an das vorgegebene Verteilnetz an. Beachten Sie die Drehrichtung (Schutzeinrichtungen sind zu vernachlässigen).

Hersteller	
3 ~ Motor	Nr.
$\Delta$ 400 V	10,7 A
5,5 kW S1	$\cos \varphi = 0,88$
1450/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 55
DIN VDE 0530 EN 60034	

Drehstrom Asynchronmotor  
mit Kurzschlussläufer



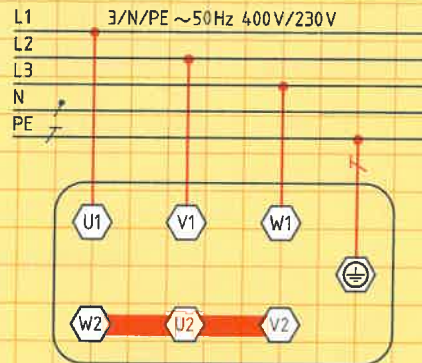
Motor-Netzanschluss für Rechtslauf



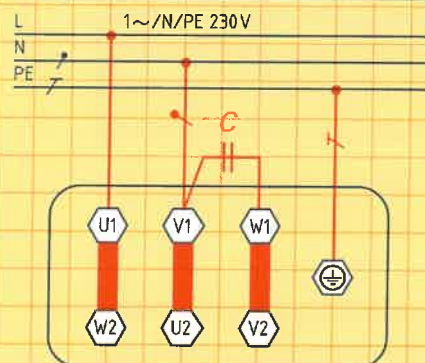
Motor-Netzanschluss für Linkslauf (Beispiel)

Hersteller	
3 ~ Motor	Nr.
230/400 V	1,9 A
0,75 kW S1	$\cos \varphi = 0,8$
1440/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 55
DIN VDE 0530 EN 60034	

Drehstrom Asynchronmotor  
mit Kurzschlussläufer



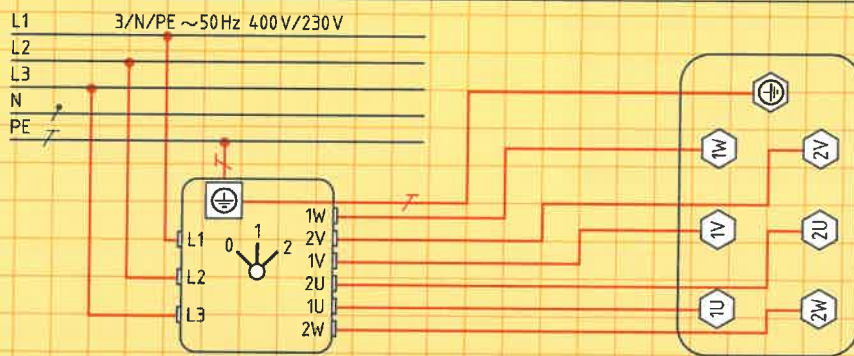
Motor-Netzanschluss für Rechtslauf



Motor-Netzanschluss für Linkslauf (Beispiel)

Hersteller	
3 ~ Motor	
$\Delta$ /YY 400 V	4,3/5,6 A
2/2,8 kW S1	$\cos \varphi = 0,8$
1460/2850/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 64
DIN VDE 0530 EN 60034	

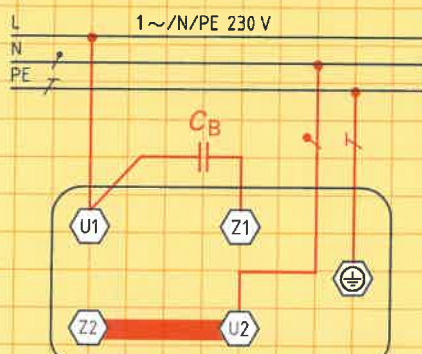
Drehstrom-  
Asynchronmotor,  
Dahlanderschaltung



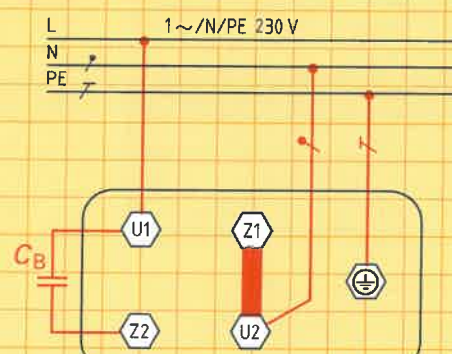
Motor-Netzanschluss für Rechtslauf

Hersteller	
1 ~ Motor	KM 2140-2
230 V	8,1 A
1,25 kW S1	$\cos \varphi = 0,95$
1380/min	50 Hz
$C_B$ 40 $\mu$ F/400 V	IP 55
Th. Cl. 130 (B)	
DIN VDE 0530 EN 60034	

AC-Asynchronmotor,  
Kondensatormotor



Motor-Netzanschluss für Rechtslauf



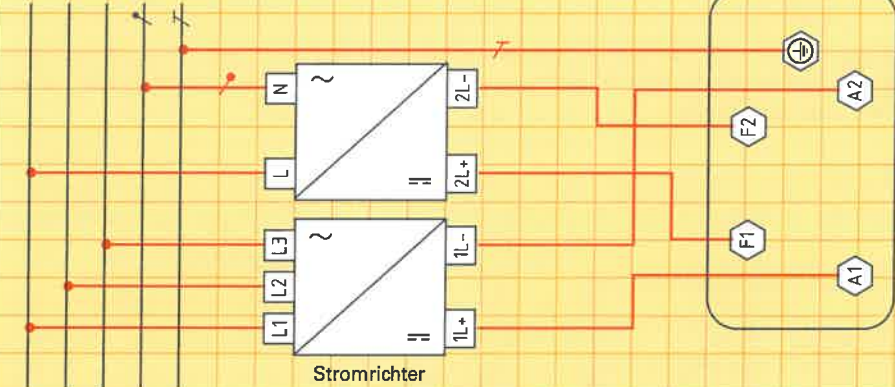
Motor-Netzanschluss für Linkslauf



Hersteller	
Typ	MG FKB 478.32
Mot	DC
Nr.	0.248756
220 V	30 A
5,5 kW	S1
2980/min	
Erreger	220 V
Th. Cl. 155	IP 54
	0,3 t
VDE 0530	

Fremderregter Gleichstrommotor

3/N/PE ~50 Hz 400 V/230 V  
L1 L2 L3 N PE

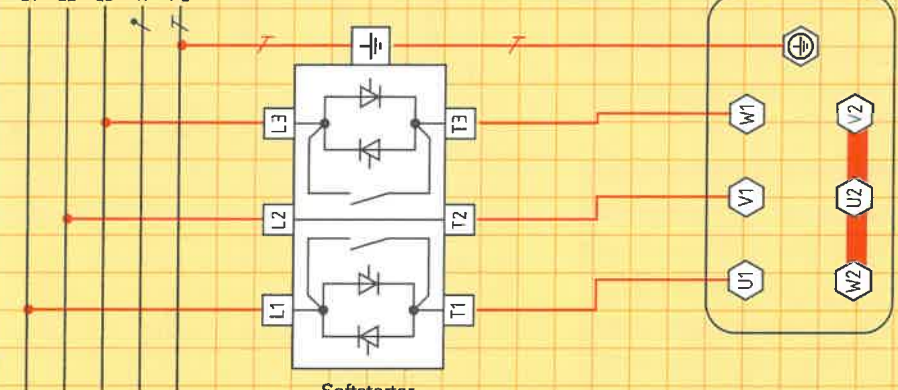


Motor-Netzanschluss für Rechtslauf

Hersteller	
3 ~ Motor	Nr.
Δ 400 V	8,3 A
4 kW	cos φ = 0,83
1440/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 55
DIN VDE 0530 EN 60034	

Drehstrom Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer

3/N/PE ~50 Hz 690 V/400 V  
L1 L2 L3 N PE

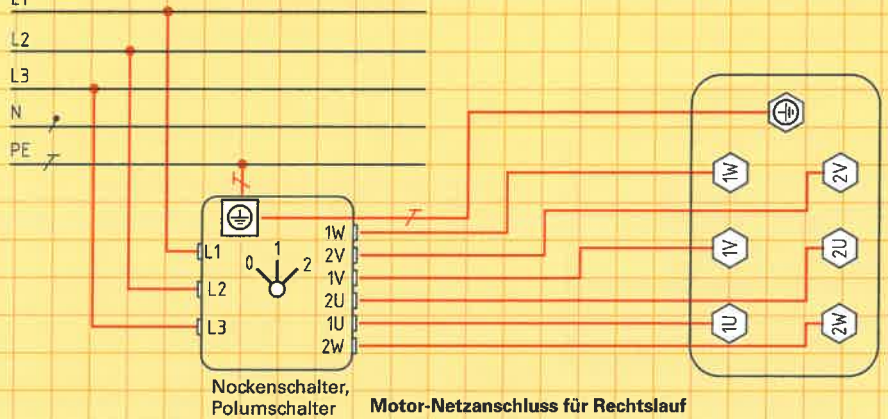


Motor-Netzanschluss für Rechtslauf

Hersteller	
3 ~ Motor	0.2 66 55 43
Y/Y 400 V	0,28 A
0,09 kW	cos φ = 0,68
1300/791 /min	S1 50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 54
DIN VDE 0530 EN 60034	

Drehstrom-Asynchronmotor mit getrennten Wicklungen

3/N/PE ~50 Hz 400 V/230 V

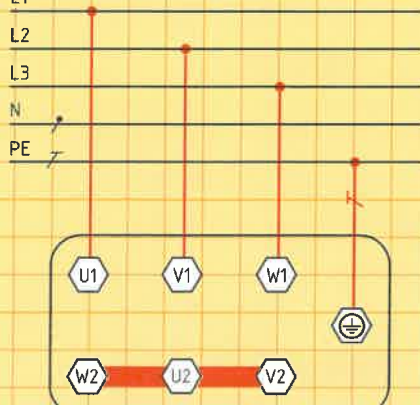


Motor-Netzanschluss für Rechtslauf

Hersteller	
3 ~ Motor	Nr. 5789.2013
400 V/690 V	10,7 A/... A
5,5 kW	S1
cos φ = 0,88	
1450/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 54
DIN VDE 0530 EN 60034	

Drehstrom Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer

3/N/PE ~50 Hz 690 V/400 V



Motor-Netzanschluss für Rechtslauf

Berechnen Sie den Einstellwert für den Motorschutzschalter.

Lösung:

$$P_{zu} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 10,7 \text{ A} \cdot 0,88$$

$$= 6,52 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P_{zu}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

$$= \frac{6520 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 690 \text{ V} \cdot 0,88} = 6,2 \text{ A}$$



Die Kombination von Computer, Peripherie und Software bezeichnet man als Computersystem. Je nach Anwendung, z. B. ein Computer-Arbeitsplatz für Büroverwaltung (Bild 1) oder computergestützte Konstruktion (CAD), werden unterschiedliche Anforderungen an ein Computersystem gestellt. Dabei sind eine Vielzahl von Peripheriegeräten, z. B. Monitore und Drucker, zu unterscheiden. Zum Anschluss von Peripherie muss der Computer mit den benötigten Anschlüssen, z. B. USB, Firewire, ausgestattet sein. Für spezielle Anwendungen muss ein Computer erweitert oder umgerüstet werden, z. B. durch die Montage einer neuen Grafikkarte oder die Vergrößerung des Arbeitsspeichers.



Bild 1: Computer-Arbeitsplatz für Büroverwaltung

1. Bezeichnen Sie in Bild 2 die noch nicht benannten Bestandteile eines Computersystems.

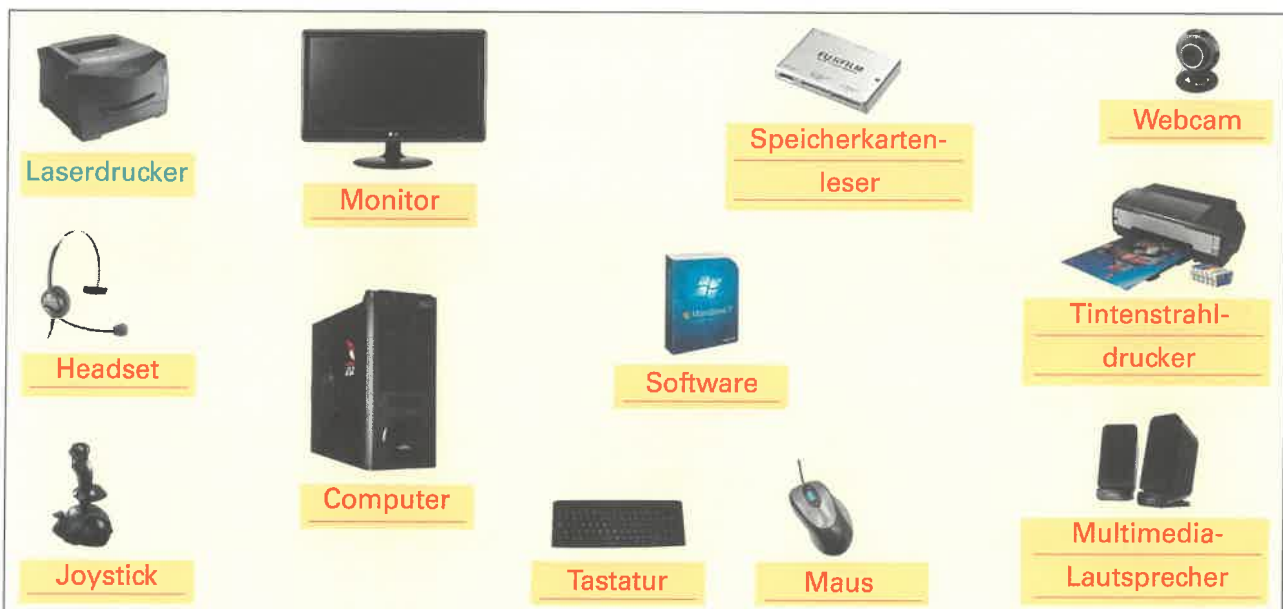


Bild 2: Bestandteile eines Computersystems

2. Ergänzen Sie in Bild 3 die Komponenten eines PCs.

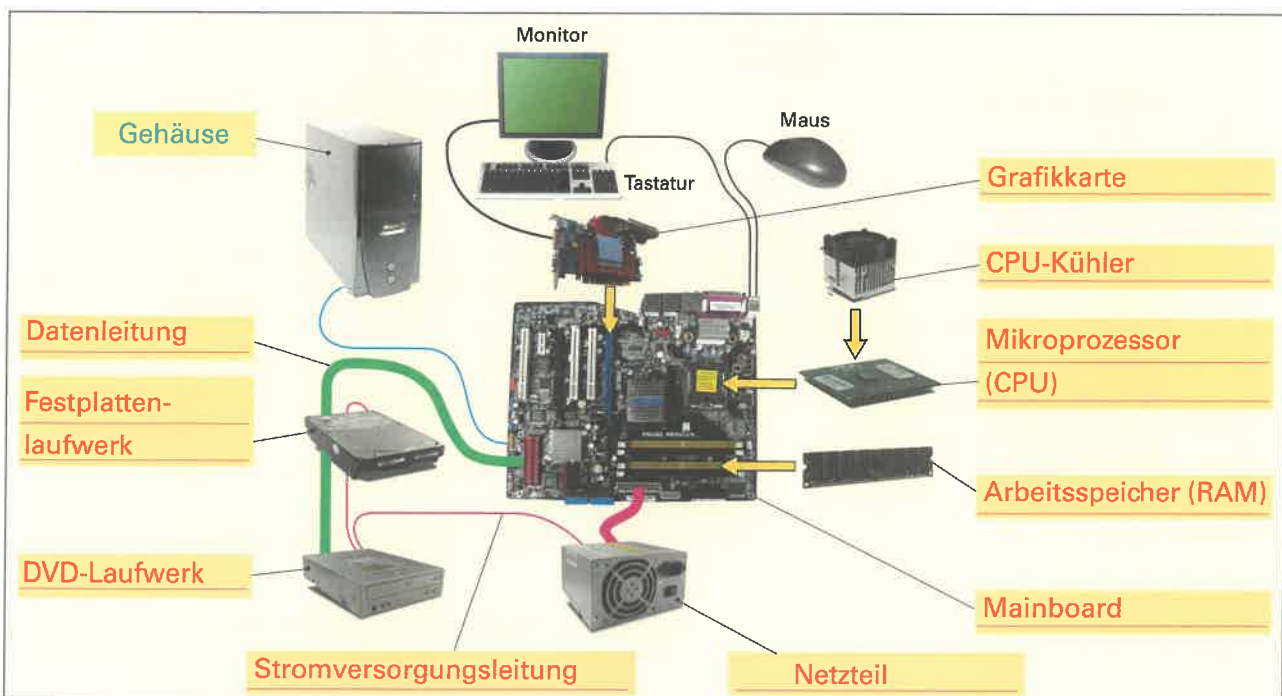
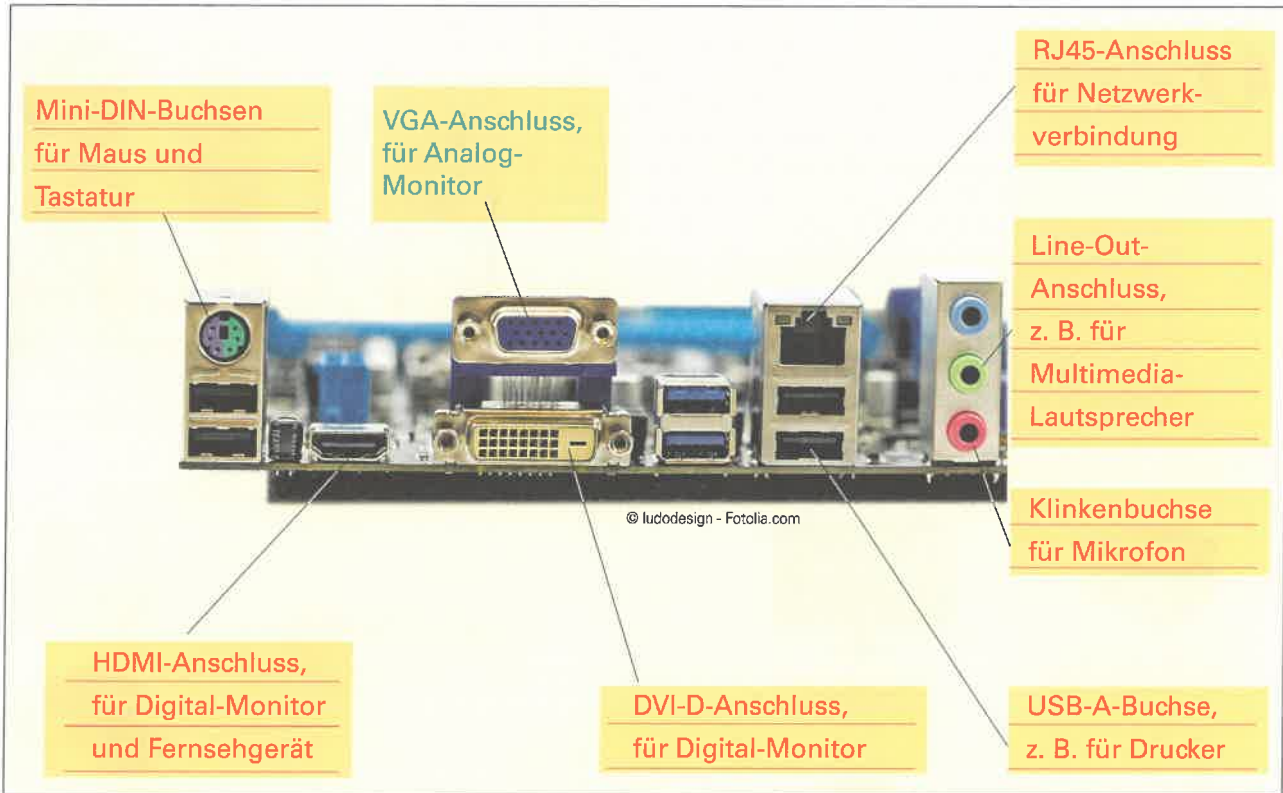


Bild 3: Komponenten eines PCs

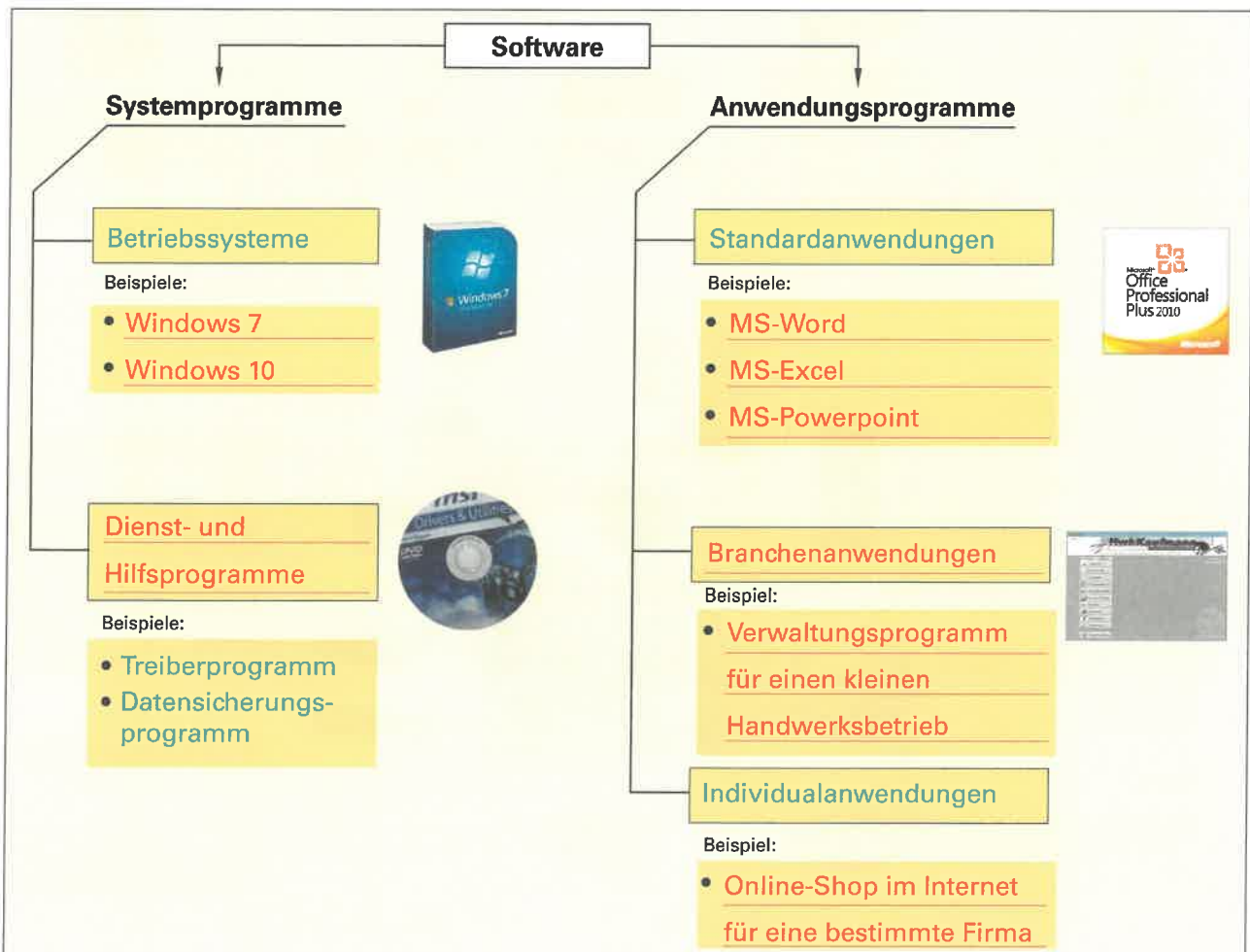


3. Bezeichnen Sie in **Bild 1** die Schnittstellen-Anschlüsse und geben Sie jeweils ein Beispiel für eine Anschlussmöglichkeit an.



**Bild 1:** Schnittstellen-Anschlüsse

4. Ergänzen Sie in **Bild 2** die Übersicht zur Einteilung von Software.



**Bild 2:** Einteilung der Software



Das PC-Mainboard (**Bild**) ist der zentrale Bestandteil eines PCs. Es enthält die wichtigsten Einheiten für einen Computer. Bei der Montage eines PCs muss das Mainboard mit Komponenten, z. B. der CPU, bestückt und mit anderen Komponenten, z. B. Netzteil oder Festplatte, verbunden werden.

1. Bezeichnen Sie im **Bild** die Komponenten eines Mainboards.

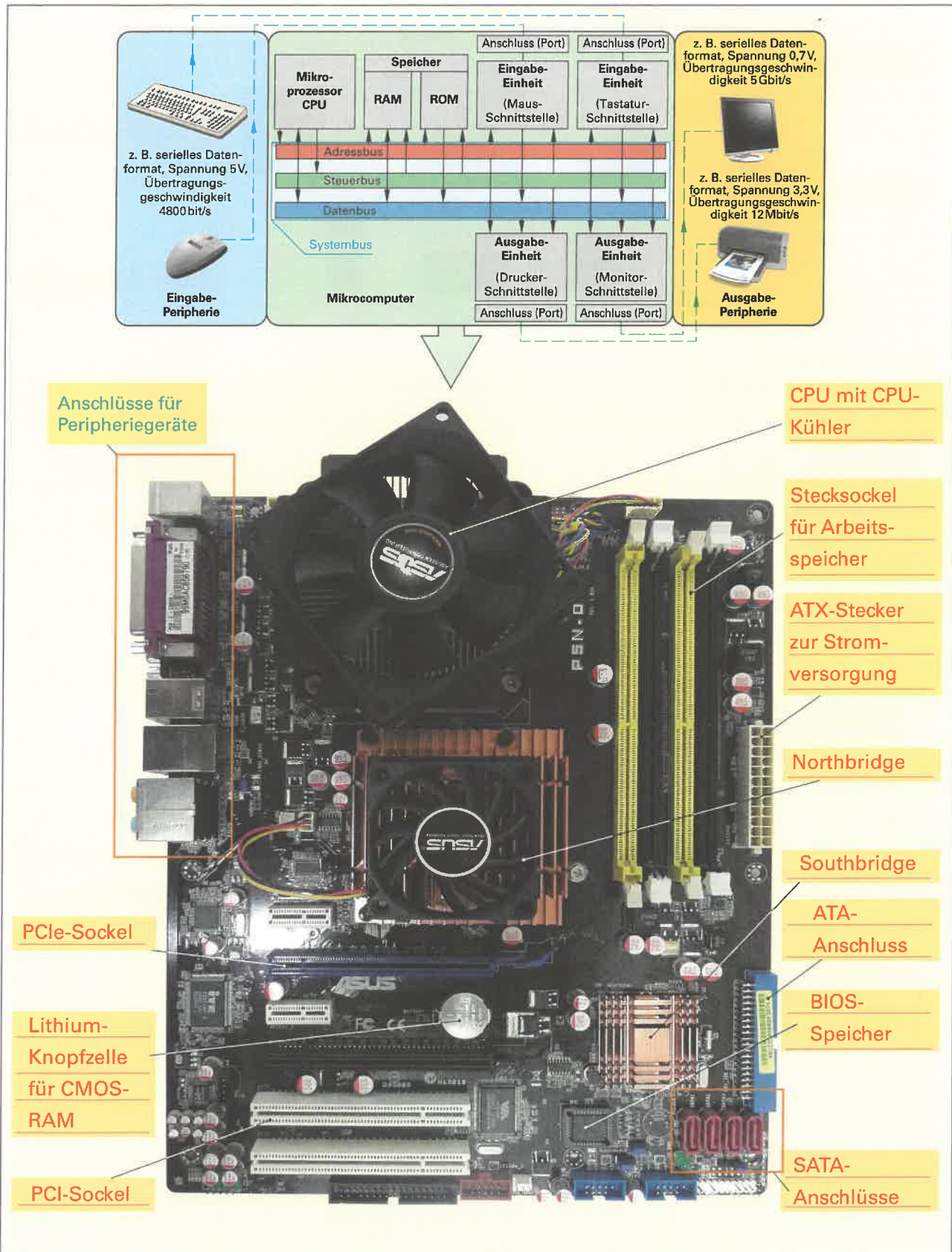


Bild: Mainboard



2. Benennen Sie im Bild die am Chipsatz für ein Mainboard angeschlossenen Komponenten.

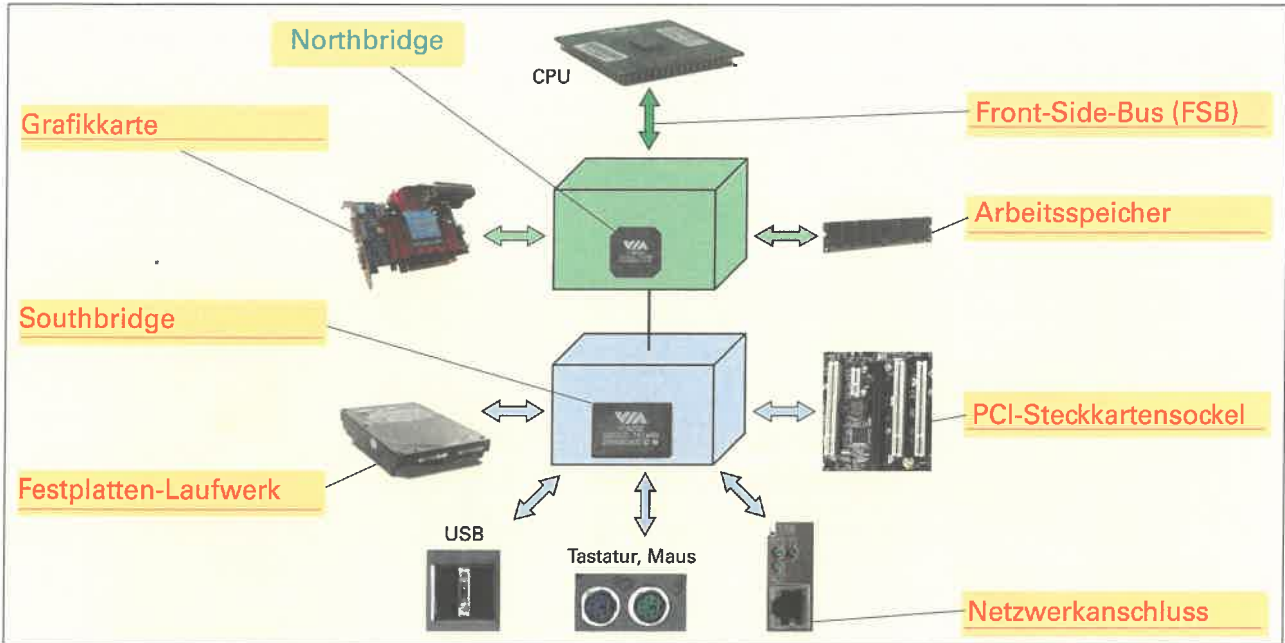


Bild: Chipsatz für Mainboard

3. Bei einem Mikroprozessor sind in einem Prospekt folgende Werte angegeben:  
*Intel Pentium Prozessor D820 775 Dual Core, 2,8 GHz, FSB 800 MHz, Cache 2 x 1024 KB, LGA 775*

Ordnen Sie die Wertangaben aus dem Prospekt den folgenden Merkmalen des Mikroprozessors Intel Pentium D820 775 zu.

Architektur: Dual Core

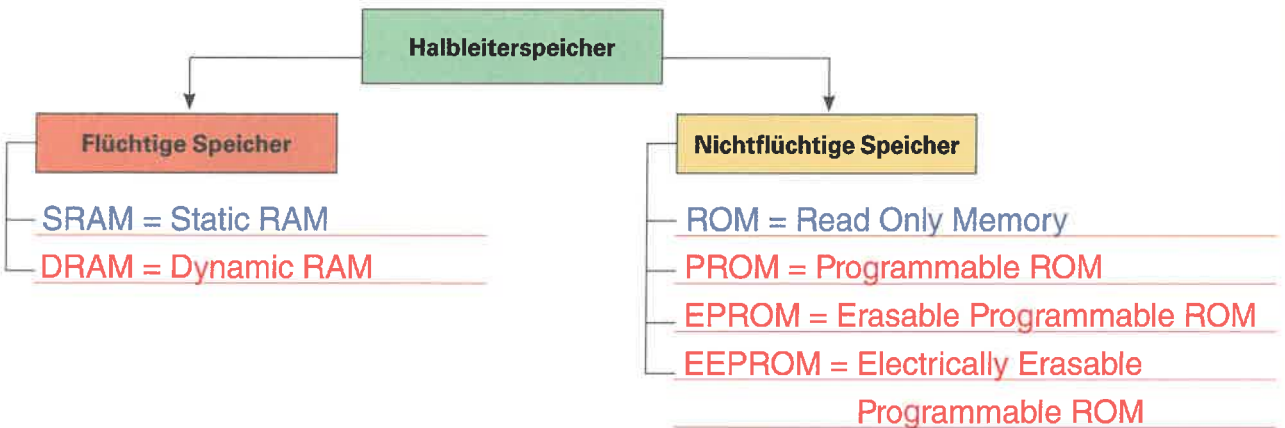
FSB-Bandbreite: 800 MHz

CPU-Takt: 2,8 GHz

Cache-Speichergröße: 2 x 1024 KB

Socket: LGA 775

4. Vervollständigen Sie die Übersicht der Halbleiterspeicher.



5. Bei einem Arbeitsspeicher sind in einem Prospekt folgende Werte angegeben.  
*Kingston DDR3-SDRAM, 2 GB, 2700 MB/s*

Ordnen Sie die Wertangaben aus dem Prospekt den folgenden Merkmalen des Arbeitsspeichers zu.

Speicherkapazität: 2 GB

Speichertechnologie: DDR3-SDRAM

Bandbreite: 2700 MB/s

Hersteller: Kingston

6. Bei einem DDR3-Arbeitsspeicher werden pro Taktzyklus 8 mal 64 Bit transportiert. Welcher maximalen Datenübertragungsrate (Bandbreite) in GB/s entspricht das bei einer Taktfrequenz von 166 MHz?

$\text{Bandbreite} = 8 \cdot 8 \text{ B} \cdot 166 \cdot 10^6 \text{ 1/s} = 10.624 \cdot 10^9 \text{ B/s} = 10.624 \text{ GB/s}$
--



Peripheriegeräte für einen Computer sind Geräte, die den Computer umgeben und für den Betrieb des Computers notwendig sind. Zu den Peripheriegeräten gehören Geräte zur Eingabe, z.B. Tastatur, Maus und Scanner, Geräte zur Ausgabe, z.B. Drucker und Monitore, und Geräte zur Speicherung von großen Datenmengen, z.B. externe Festplatten. Computer und Peripheriegeräte ergeben miteinander ein Computersystem. Ein Computersystem, z.B. ein CAD-Arbeitsplatz (**Bild**), muss so geplant sein, dass es die Anforderungen der jeweiligen Anwendung erfüllt. Dazu sind Kenntnisse zu verschiedenen Peripheriegeräten erforderlich.



Bild: CAD-Arbeitsplatz

1. Neben Maus und Tastatur gibt es für einen PC weitere Möglichkeiten für Eingabegeräte. Ergänzen Sie in **Tabelle 1** Eingabegeräte und Anwendungsbeispiele.

Tabelle 1: Eingabegeräte und Anwendungsbeispiele	
Eingabegerät	Anwendungsbeispiele
Touchpad	Bewegen eines Zeigers auf dem Bildschirm und Betätigung von grafischen Tasten mithilfe der Finger.
Grafiktablett	Eingabe von Texten und Grafiken mit einem elektronischen Stift.
Scanner	Digitalisierung von Vorlagen, z.B. Textseiten auf Papier, Bilder oder Dias
Web-Cam	Erzeugung von Videosequenzen, z.B. Videofilme oder Videostreams für Bildtelefonie.
Mikrofon	Umwandeln von Schallwellen in elektrische Signale, z.B. zur Spracheingabe.

2. Ordnen Sie den angegebenen Eingabegeräten die folgenden Beispiele für Wertangaben richtig zu:  
*optisch, 48 Bit, 1000 dpi, 640 x 480 Pixel, 15 Bilder/s, 1200 x 1200 dpi*

Maus	Webcam	Scanner
Abtastart: <u>optisch</u>	Framerate: <u>15 Bilder/s</u>	Farbtiefe: <u>48 Bit</u>
Auflösung: <u>1000 dpi</u>	Auflösung: <u>640 x 480 Pixel</u>	Auflösung: <u>1200 x 1200 dpi</u>

3. Wie groß ist der kleinste erkennbare Bildpunkt bei einer Auflösung von 1200 x 1200 dpi?

**i** dpi = dot per inch = Punkte pro Zoll  
1 Zoll = 25,4 mm

Kleinste erkennbare Punktgröße: 1 Zoll/1200 = 25,4 mm/1200 = 21,2 µm

Es werden Bildpunkte bis zu einer Länge und Breite von je 21,2 µm erkannt.

4. Ordnen Sie in **Tabelle 2** den Merkmalen für LCD-Monitore die folgenden Beispiele für Wertangaben richtig zu:  
*300 cd/m<sup>2</sup>, 16 : 10, hor. 160°, 2000 : 1, 1920 x 1200, 2 ms, DVI-I*

Tabelle 2: Merkmale für LCD-Monitore (Beispiele)		
Merkmal	Bedeutung	Beispiel
Leuchtstärke	Bildhelligkeit	<u>300 cd/m<sup>2</sup></u>
Reaktionszeit	Zeit des Bildschirmes, um auf Änderungen zu reagieren	<u>2 ms</u>
Kontrastverhältnis	Verhältnis von größter zu kleinster darstellbaren Bildhelligkeit	<u>2000 : 1</u>
Betrachtungswinkel	Bereich in dem der Monitor betrachtet werden kann	<u>hor. 160°</u>
Anschlussstandard	Anschluss an die Grafikkarte des PCs	<u>DVI-I</u>
Format (B:H)	Verhältnis von Breite zu Höhe	<u>16 : 10</u>
Auflösung	Anzahl der darstellbaren Bildpunkte (Pixel)	<u>1920 x 1200</u>



5. Nennen Sie periphere Geräte zur Datenspeicherung.

Festplatten-Laufwerk, DAT-Streamer, Memory-Stick

6. Ordnen Sie in der **Tabelle** folgende Beispiele für Wertangaben den Merkmalen für Festplatten-Laufwerke richtig zu:  
 8 MB, 500 GB, 3,5 Zoll, 8 ms, 3 Gbit/s, SATA, 7200 rpm

Tabelle: Merkmale für Festplatten-Laufwerke (Beispiele)		
Merkmal	Bedeutung	Beispiel
Speicherkapazität	Maximale Datenmenge, die gespeichert werden kann	500 GB
Mittlere Zugriffszeit	Durchschnittliche Verzögerung beim Zugriff auf Daten	8 ms
Schnittstelle	Standard für die Schnittstelle zum Mainboard	SATA
Cache-Größe	Zwischenspeichergöße für Festplatte	8 MB
Drehzahl	Anzahl der Umdrehungen der Festplattenzylinder	7200 rpm
Bandbreite	Datenübertragungsgeschwindigkeit Festplatte/Mainboard	3 Gbit/s
Baugröße	Größe für den Einbau des Festplattenlaufwerkes in den PC	3,5 Zoll

7. Bezeichnen Sie Schnittstellenstandards der im **Bild 1** dargestellten Anschlüsse für Festplatten-Laufwerke.

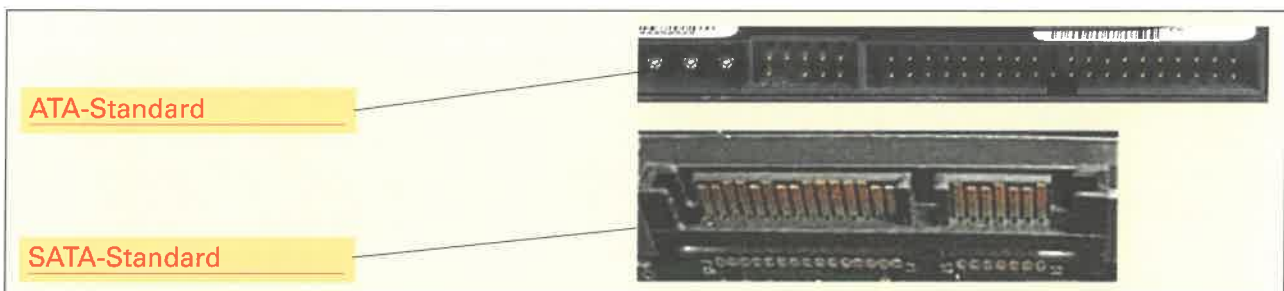


Bild 1: Anschlüsse für Festplatten-Laufwerke

8. Nennen Sie die Speicherkapazitäten zu folgenden Datenträgern.

CD-ROM: ~ 700–800 MB

CD-R, CD-RW: ~ 700–800 MB

DVD-ROM: 4,7 GB

DVD-+R: 4,7 GB

DVD-+R DL: 8,5 GB

BD-R DL: 50 GB

9. Bezeichnen Sie in **Bild 2** die Standards für Speicherkarten.

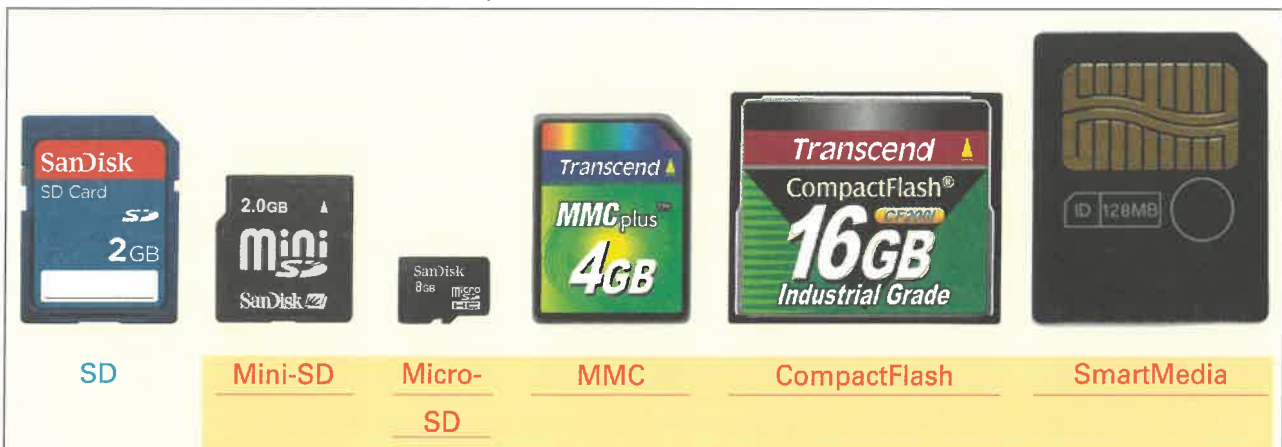


Bild 2: Speicherkarten, Standards

10. Nennen Sie vier wichtige technische Merkmale einer Speicherkarte und geben Sie jeweils ein Beispiel für einen Wert an.

1. Speicherkapazität, z. B. 8 GB

3. Lesegeschwindigkeit, z. B. 28 MB/s

2. Schreibgeschwindigkeit, z. B. 25 MB/s

4. Speicherkartenstandard, z. B. SD



Netzwerke ermöglichen den Informationsaustausch zwischen Computern sowie die Nutzung von Diensten, die im Netzwerk angeboten werden. Für die Planung eines Netzwerkes, z. B. eines lokalen Netzwerkes (**Bild 1**), sind Kenntnisse zu den benötigten Komponenten sowie deren elektrischen Eigenschaften notwendig. Weiterhin muss ein Netzwerk geplant werden, z. B. Festlegung der Struktur. Dazu müssen Normen, z. B. die EN 50173, beachtet werden. Für die Umsetzung müssen z. B. Verbindungen fachgerecht hergestellt werden. Am Schluss muss durch ein Prüfprotokoll die einwandfreie Funktion des Netzwerkes nachgewiesen werden.

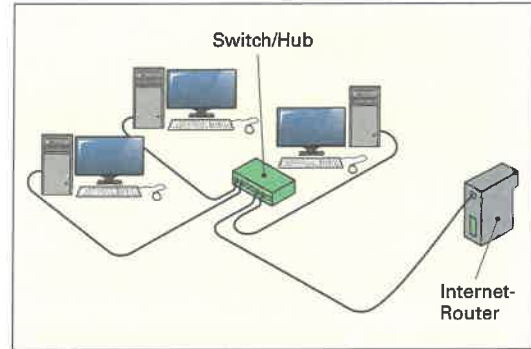


Bild 1: Lokales Netzwerk (LAN)

1. Ergänzen und bezeichnen Sie die grundlegenden Topologien in **Bild 2** für ein lokales Netzwerk (LAN).

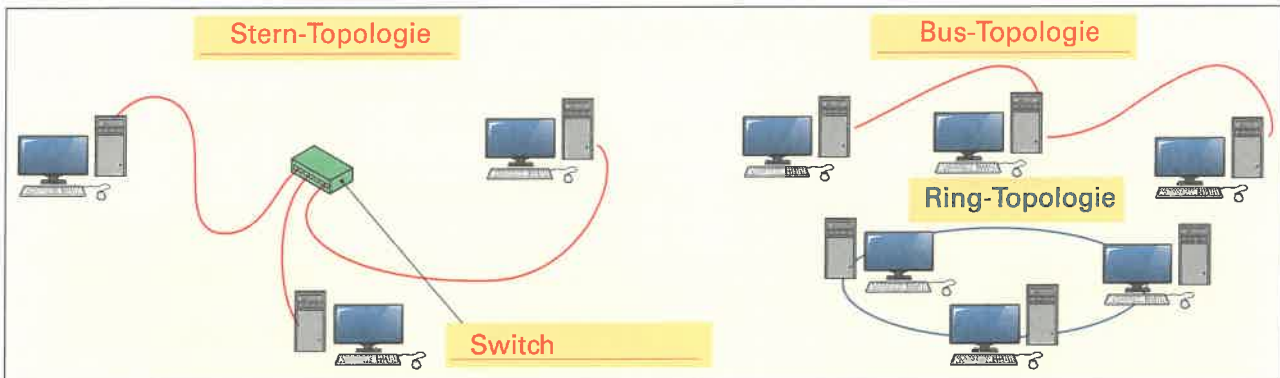


Bild 2: Topologien im lokalen Netzwerk (LAN)

2. Zeichnen Sie in **Bild 3** die fehlenden Verbindungen ein und beschriften Sie die Bestandteile für das LAN.

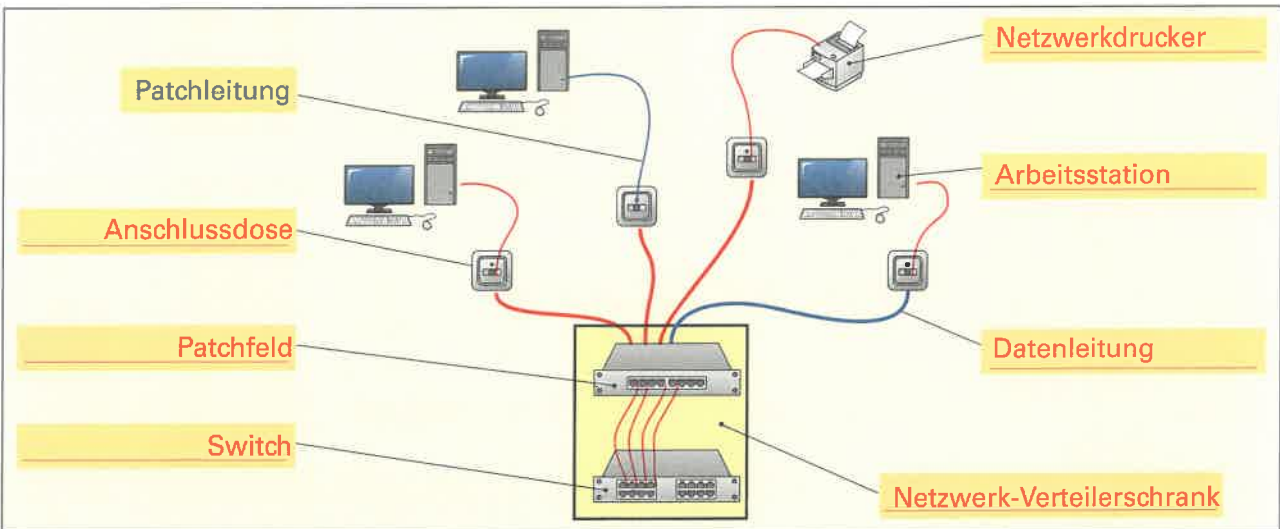


Bild 3: Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN)

3. Die Datenleitungen werden mit einem LSA-Werkzeug (**Bild 4**) auf das Patchfeld und die Anschlussdose aufgelegt.

a) Ordnen Sie den Anschlüssen des Patchfeldes die folgenden Farben zu.

*br/w (braun/weiß), br (braun), bl/w (blau/weiß), bl (blau), gr/w (grün/weiß), gr (grün), or/w (orange/weiß), or (orange)*

b) Nennen Sie die dafür geltende Norm und c) die Ausschreibung für die Abkürzung LSA.

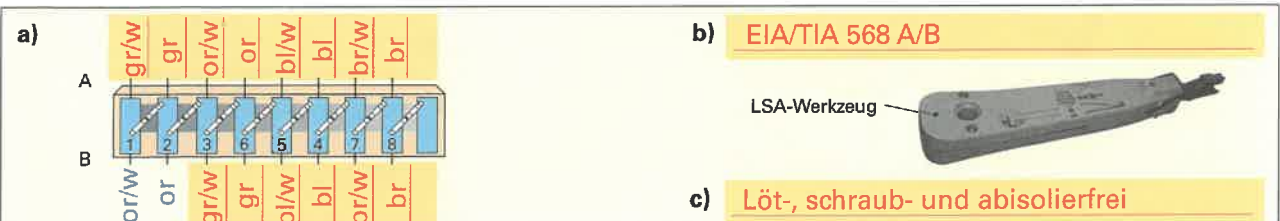
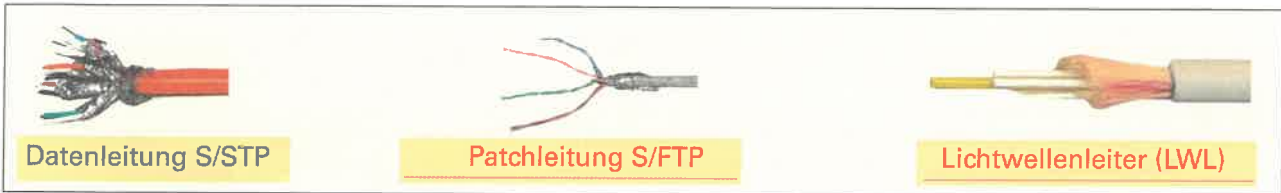


Bild 4: Patchfeld auflegen mit LSA-Werkzeug



4. Bezeichnen Sie in **Bild 1** die Datenleitungen für ein Netzwerk und deren Abkürzung.



**Bild 1: Datenleitungen**

5. Erklären Sie die Bedeutung **a)** der Kategorie und **b)** der Link-Klasse bei einem Netzwerk.  
**c)** Welche Kategorie müssen die Komponenten in **Bild 3, Blatt 14.7**, mindestens haben, damit die Strecke für eine Datenübertragungsrate von 100 Mbit/s verwendet werden kann und **d)** welcher Link-Klasse entspricht das?

**a)** Kategorie: Eigenschaften einzelner Komponenten einer Übertragungsstrecke, z.B. eine Anschlussdose.

**b)** Link-Klasse: Eigenschaften einer Übertragungsstrecke, z.B. der Permanent-Link oder Channel-Link.

**c)** Minimale Kategorie für 100 Mbit/s Kategorie (Cat) 5

**d)** Minimale Link-Klasse für 100 Mbit/s: Link-Klasse D

6. Für die Kommunikation über ein Netzwerk, das TCP/IP als Protokoll zur Datenübertragung verwendet, sind am PC Protokolleinstellungen notwendig. Ein PC soll die IP-Adresse 192.168.12.10 in einem Klasse-C-Netz erhalten. Die Adresse des LAN-Routers ist 192.168.12.1 und der Name-Server wurde vom Internet-Provider mit der Adresse 194.25.2.129 angegeben. Tragen Sie in die Eingabemaske (**Bild 2**) die notwendigen Werte ein, die dem PC nicht nur Verbindung zum LAN, sondern auch eine Verbindung über das Internet ermöglicht.

Folgende IP-Adresse verwenden:

IP-Adresse:

Subnetzmaske:

Standardgateway:

DNS-Serveradresse automatisch beziehen

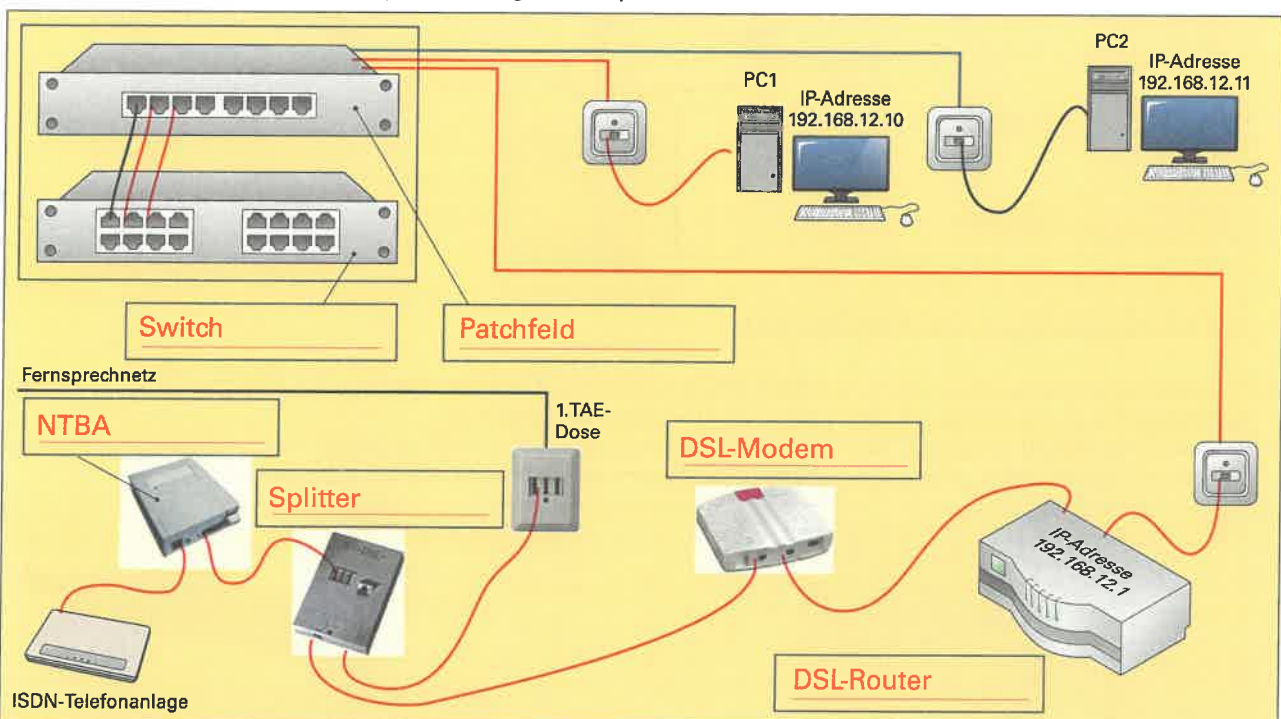
Folgende DNS-Serveradressen verwenden:

Bevorzugter DNS-Server:

Alternativer DNS-Server:

**Bild 2: Eingabemaske für TCP/IP-Protokolleinstellungen**

7. Ergänzen Sie in **Bild 3** die notwendigen Leitungen zur Verbindung eines PCs über das LAN mit dem Internet über einen DSL-Anschluss und die Benennung der beteiligten Komponenten.

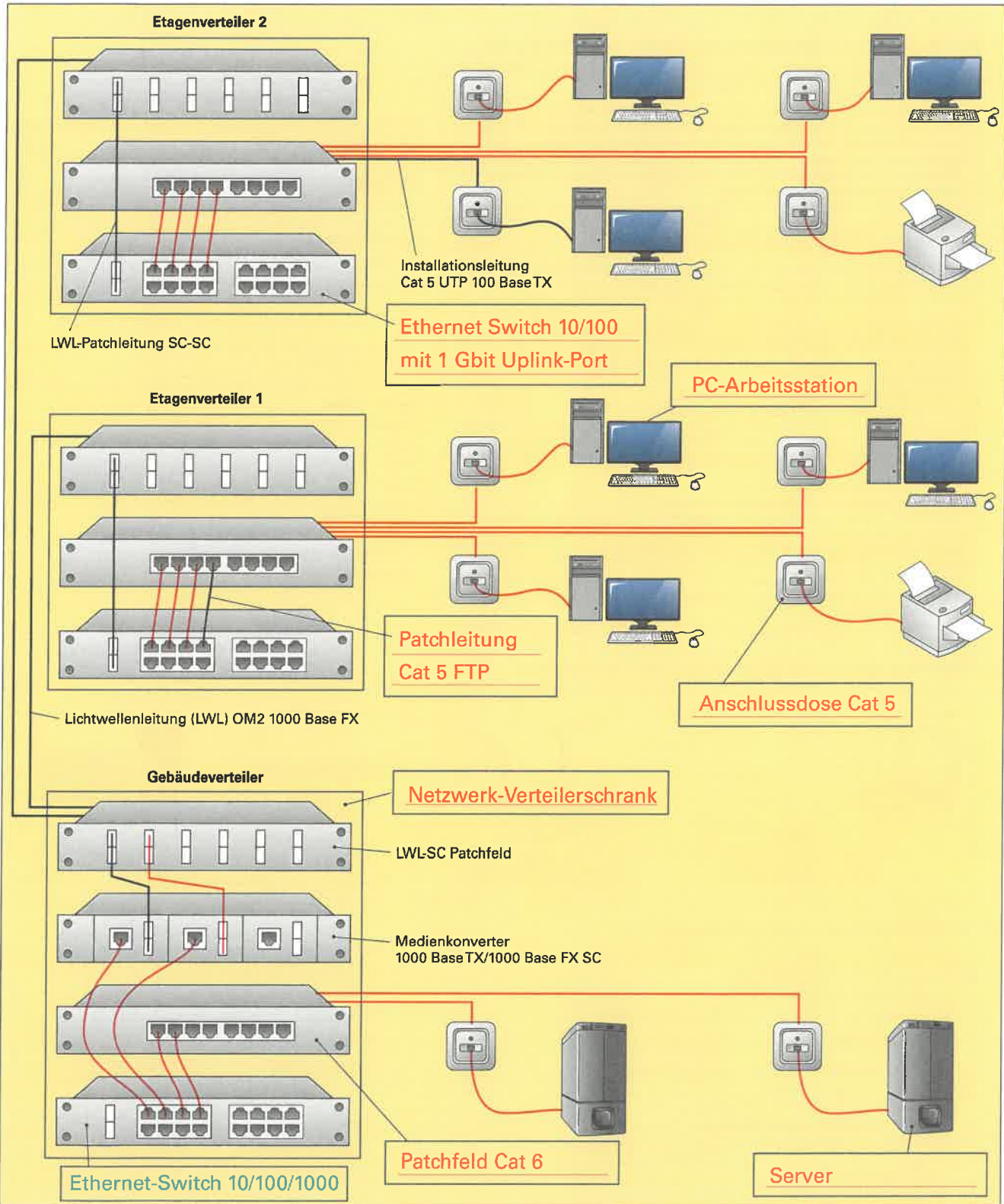


**Bild 3: Verbindung eines LAN mit dem Internet**



In einem Unternehmen sollen PC-Arbeitsstationen und Netzwerkdrucker in zwei Etagen mit den Servern im Erdgeschoss über ein Netzwerk nach dem Fast Ethernet-Standard verbunden werden. Sie erhalten den Auftrag das Netzwerk zu planen. Die Netzwerk-Verkabelung soll nach DIN EN 50173 erfolgen. Während im Tertiärbereich die maximale Datenübertragungsrate 100 Mbit/s betragen soll, ist der Sekundärbereich mit LWL-Verbindungen für 1 Gbit/s zu realisieren. Die Verbindung der LWL-Uplink-Leitungen an den Etagen-Switch mit 16 Ports nach 100 Base TX soll jeweils mit einem Medienkonverter erfolgen.

- Ergänzen Sie die fehlenden Verbindungen.
- Beschriften Sie die verwendeten Komponenten. Nennen Sie auch die mindestens benötigte Kategorie oder den verwendeten Leitungsstandard, wenn diese Angaben zur Auswahl der Komponenten benötigt werden.





Mehrere PCs in einem Büro sollen über einen WLAN-Router per DSL mit dem Internet verbunden werden. Der dazu benötigte DSL-Anschluss mit DSL-Modem ist bereits vorhanden. Der verwendete WLAN-Router enthält einen Switch. Dadurch können auch Computer mit einer Netzwerkleitung an den WLAN-Router angeschlossen werden. Der Internet-Zugangprovider gibt seine DNS-Adresse mit 194.25.2.129 an. Die IP-Adressen sollen statisch vergeben, also nicht automatisch bezogen werden.

- Nennen Sie die Arbeitsschritte zur Herstellung der WLAN-Verbindung vom PC zum WLAN-Router.
- Ergänzen Sie die fehlenden Bezeichnungen bei den benötigten Komponenten.
- Zeichnen Sie die fehlenden Verbindungen ein.
- Tragen Sie für den PC1 und den PC2 die notwendigen Einstellungen für das TCP/IP-Protokoll in den entsprechenden Eingabemasken ein. Verwenden Sie bei den PCs die aus dem Adressbereich nächstmögliche IP-Adresse.

a) Arbeitsschritte zur Herstellung der Verbindung über WLAN

**Verbindung mit WLAN-Router herstellen**  
WLAN-Router über Netzwerkleitung mit PC verbinden. Mit Web-Browser, z. B. Firefox, mit dem Webserver des WLAN-Routers verbinden, z. B. mit Adresse http://192.168.0.1. Dazu die Werkseinstellung für IP-Adresse, Benutzername und Kennwort des WLAN-Routers aus der Bedienungsanleitung entnehmen. Die IP-Adresse des PCs muss im gleichen Netzwerkadressbereich wie der WLAN-Router liegen.

**IP-Adresse des WLAN-Routers anpassen**  
Die IP-Adresse des WLAN-Routers für den Netzwerkadressbereich des eigenen LAN einstellen, wenn diese nicht zufällig der Werkseinstellung entspricht.

**WLAN-Grundeinstellungen durchführen**  
SSID eingeben → Name für das WLAN-Netzwerk, z. B. mein\_wlan  
Region wählen → Europa  
Kanal einstellen → z. B. 13  
Standard wählen → z. B. IEEE 802.11 g und b

**WLAN-Sicherheitseinstellungen auswählen**  
Verschlüsselungsstandard, z. B. WPA.  
Sicherheitsschlüssel eingeben und notieren.

**WLAN-Adapter beim Client einrichten**  
Software für WLAN-Adapter installieren. SSID des WLANs sowie Sicherheitsschlüssel wie bei WLAN-Router einstellen und Übertragungsqualität prüfen, Protokolleinstellungen durchführen.

**Anzeigen des Web-Browsers nach Verbindung mit dem WLAN-Router**

Benutzername:

Kennwort:

**LAN-TCP/IP-Konfiguration**

IP-Adresse:

IP-Subnetzmaske:

**Wireless Settings**

**Wireless-Netzwerk**

Netzwerkname (SSID):

Region:

Kanal:

Modus:

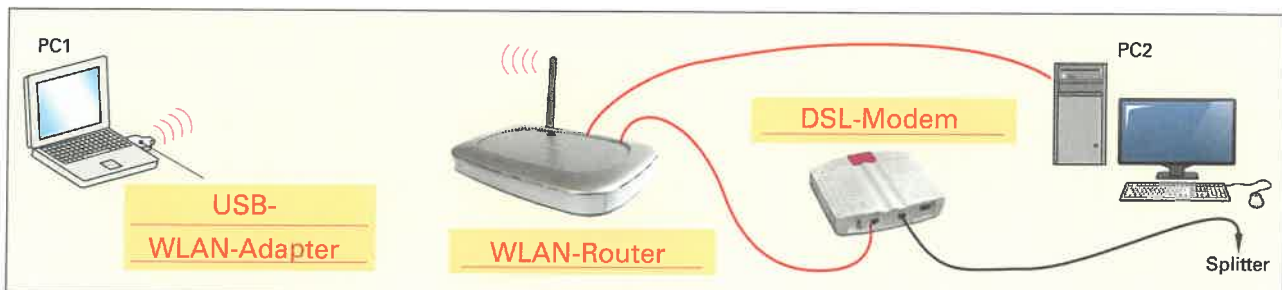
**Sicherheitsoptionen**

Deaktivieren

WEP (Wired Equivalent Privacy)

WPA-PSK (Wi-Fi Protected Access Pre-Shared Key)

b) Bezeichnungen und c) Verbindungen der Komponenten



c) TCP/IP-Protokolleinstellungen an den PCs

**PC1**

IP-Adresse automatisch beziehen

Folgende IP-Adresse verwenden:

IP-Adresse:

Subnetzmaske:

Standardgateway:

DNS-Serveradresse automatisch beziehen

Folgende DNS-Serveradressen verwenden:

Bevorzugter DNS-Server:

Alternativer DNS-Server:

**PC2**

IP-Adresse automatisch beziehen

Folgende IP-Adresse verwenden:

IP-Adresse:

Subnetzmaske:

Standardgateway:

DNS-Serveradresse automatisch beziehen

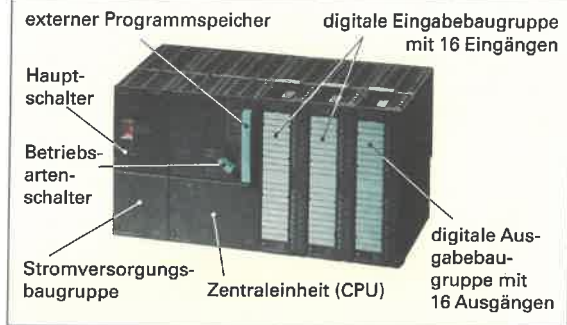
Folgende DNS-Serveradressen verwenden:

Bevorzugter DNS-Server:

Alternativer DNS-Server:

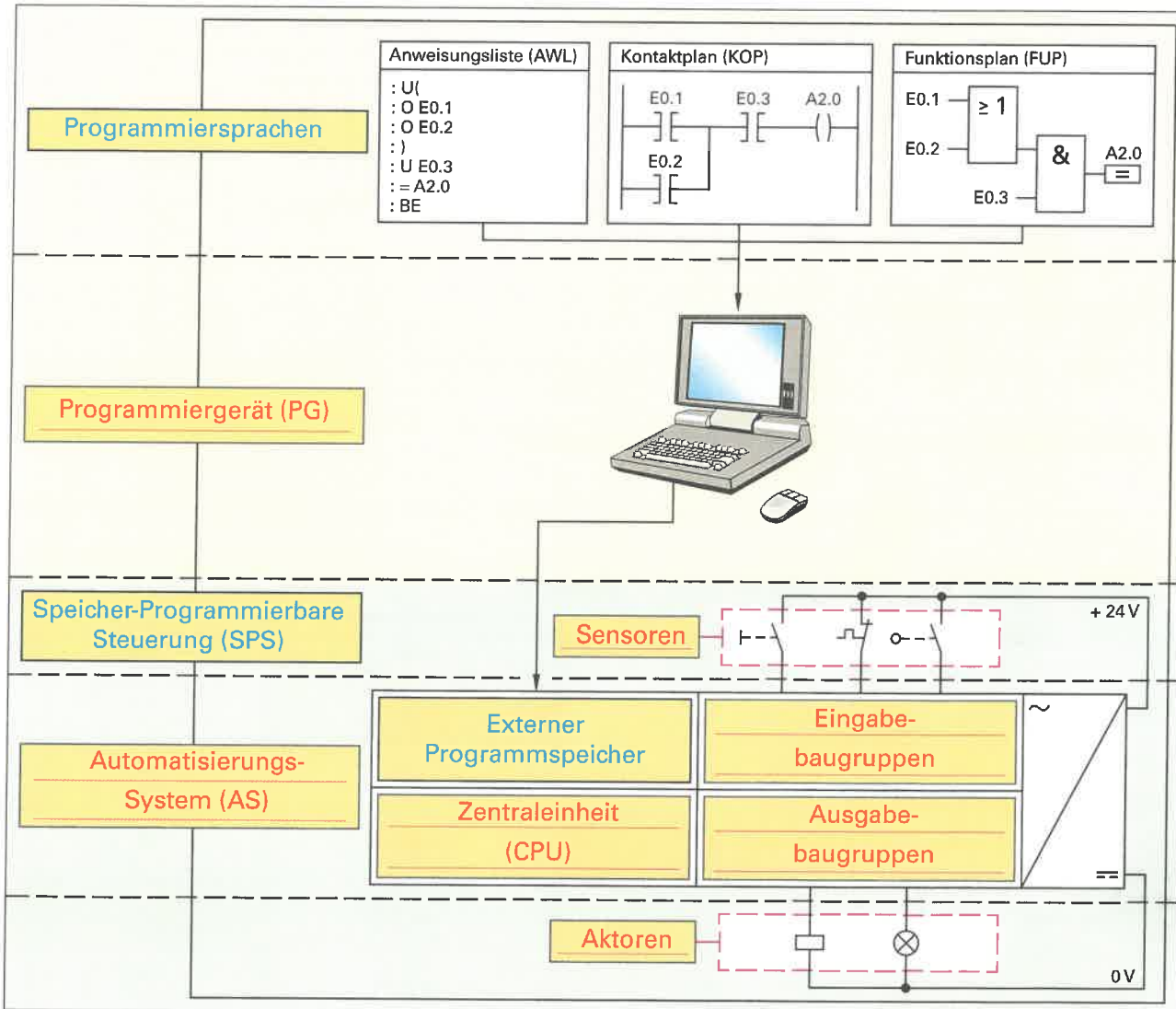


Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) ersetzen zunehmend verdrahtete Steuerungen, auch Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS) genannt. Der zentrale Bestandteil einer SPS ist das Automatisierungs-System (AS). Das Automatisierungssystem (**Bild 1**) besteht aus Zentraleinheit (CPU), den Ein- und Ausgabebaugruppen und der Stromversorgung. Die Zentraleinheit benötigt ein Programm, welches auf einem Programmiergerät (PG) erstellt wird. Dazu werden verschiedene Programmiersprachen zur Auswahl gestellt.



**Bild 1: Automatisierungssystem**

1. Ergänzen Sie die Übersicht zur Programmierung einer Speicherprogrammierbaren Steuerung (**Bild 2**).



**Bild 2: Programmierung einer SPS**

2. Nennen Sie Anwendungsbeispiele für Speicherprogrammierbare Steuerungen.

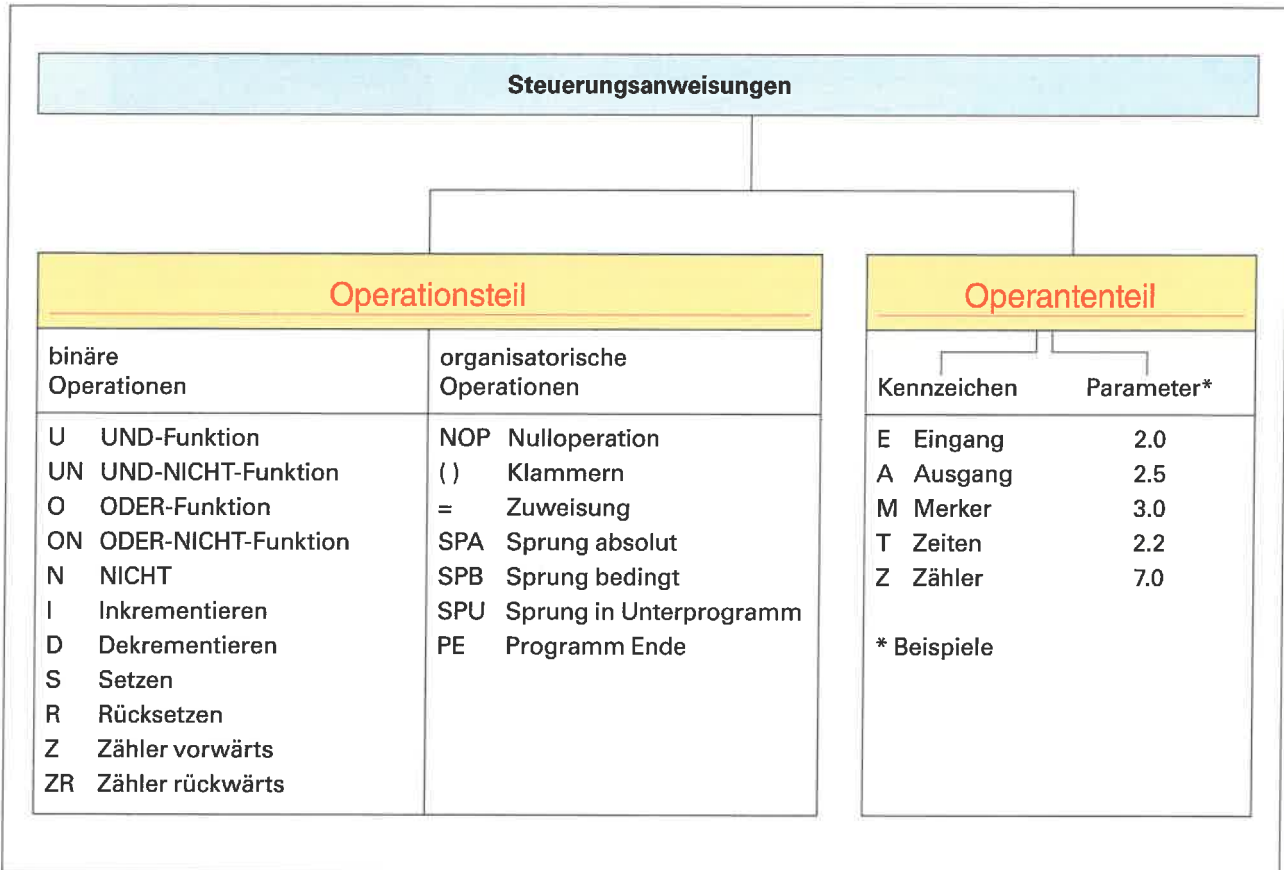
Autowaschanlagen, Werkzeug- und Textilmaschinen,  
Aufzugsteuerungen.

3. Welchen besonderen Vorteil hat eine SPS gegenüber einer Verbindungsprogrammierten Steuerung (VPS)?

Einfache Anpassung an verschiedene Aufgabenstellungen durch Änderung der  
Programmierung.



4. Eine Steuerungsanweisung, z. B. U A4.0, für ein Automatisierungsgerät besteht aus zwei Teilen. Ergänzen Sie die Übersicht der Steuerungsanweisungen (**Bild**) für die Programmiersprache AWL am Beispiel der Programmiersoftware STEP 7.



**Bild: Steuerungsanweisungen der Programmiersprache AWL (Beispiele)**

5. Ergänzen Sie die Gegenüberstellung der verschiedenen Programmiersprachen (**Tabelle**) bei der Programmiersoftware STEP 7.

Tabelle: Programmiersprachen AWL, KOP und FUP (Beispiele)			
Operation	Darstellung		
	AWL	KOP	FUP
UND	U		
ODER	O		
NICHT	<u>N</u>		
Zuweisung	=		
Setzen	S		
Rücksetzen	R		
Einschaltverzögert	<u>SE</u>		
Impulszeit	SI		
Vorwärtszählen	ZV		
Rückwärtszählen	<u>ZR</u>		



Kleinststeuergeräte (**Bild 1**) gehören zur Gruppe der speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Sie eignen sich für kleinere Steuerungsaufgaben, z. B. die Beleuchtungssteuerung für ein Wohnhaus. Die Programmierung ist einfach und kann entweder direkt am Kleinststeuergerät oder mit einem PC durchgeführt werden. Es gibt verschiedene Hersteller mit jeweils eigenen Typen von Kleinststeuergeräten, z. B. Easy, LOGO oder Pharao, für die jeweils eine eigene Programmiersoftware benötigt wird.



Bild 1: Kleinststeuergeräte

1. Nennen Sie jeweils zwei Beispiele für den Einsatz eines Kleinststeuergerätes a) in einem Wohnhaus und b) in einem Kleinbetrieb.

- a) Beleuchtungssteuerung, Rollläden- und Torsteuerung
- b) Maschinensteuerung, Lüftungssteuerung

2. In einem Kleinststeuergerät sind viele Funktionen enthalten. Damit können universelle Steuerungen programmiert werden. Ergänzen Sie die **Tabelle** für mögliche Funktionen einer Kleinststeuerung.

Tabelle: Funktionen in Kleinststeuergeräten (Beispiele)	
Logische Grundfunktionen:	<u>UND, ODER, NAND, NOR, XOR, NOT</u>
Sonderfunktionen:	<u>Ansprech- und Rückfallverzögerung, Vor- und Rückwärtszähler, Stromstoßrelais, Zeitschaltuhr, Taktgeber, Wischrelais</u>
Analogsignale-Verarbeitung:	<u>Vergleicher, Schwellwertschalter</u>

3. Beschriften Sie die Anschlüsse und Bedienelemente des Kleinststeuergerätes (**Bild 2**).

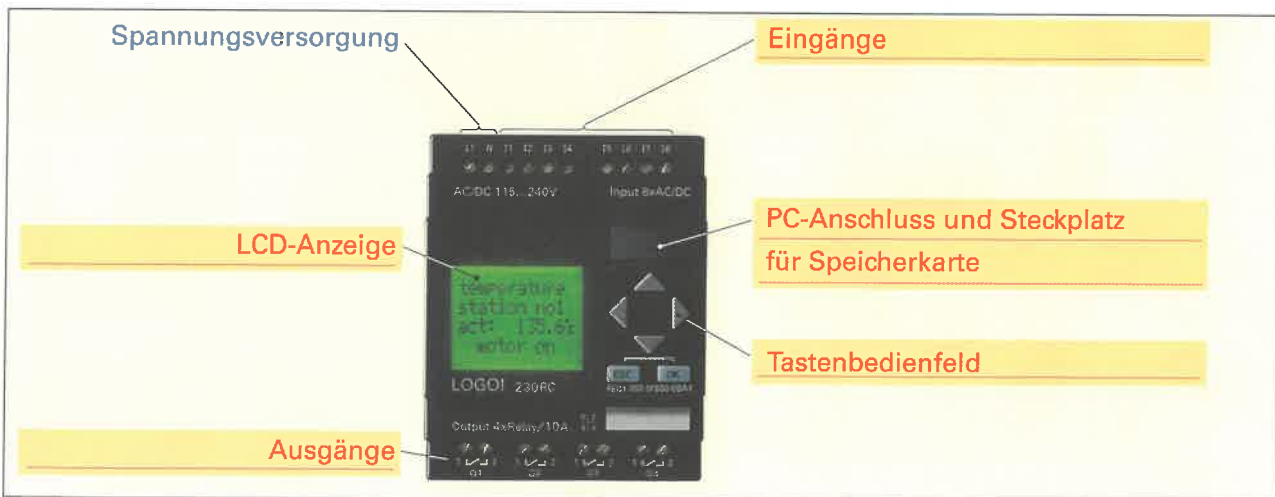


Bild 2: Anschlüsse und Bedienelemente eines Kleinststeuergerätes

4. Nennen Sie wichtige Merkmale für ein Kleinststeuergerät und geben Sie jeweils eine Wertangabe als Beispiel (**Bild 2**) dazu an.

Betriebsspannung, z. B. 230 V

Anzahl der Schalteingänge, z. B. 8

Anzahl der Ausgänge, z. B. 4

Art der Ausgänge, z. B. Relaiskontakte

Schaltleistung der Ausgänge, z. B. 10 A



5. Mit einer Kleinststeuerung soll eine Beleuchtung gesteuert werden.

**Analyse der Aufgabenstellung**

a) Die Beleuchtung eines Flurs soll von drei Tastern jeweils ein- und ausgeschaltet werden. Welche elektrische Installationsschaltung wird für die Beleuchtungssteuerung benötigt?

Stromstoßschaltung



**Planen der Steuerung**

b) Ergänzen Sie die Zuordnungsliste (Tabelle).

Tabelle: Zuordnungsliste		
Operand	Symbol	Kommentar
I1	S1	Taster Licht
I2	S2	Taster Licht
I3	S3	Taster Licht
Q1	E1	Beleuchtung

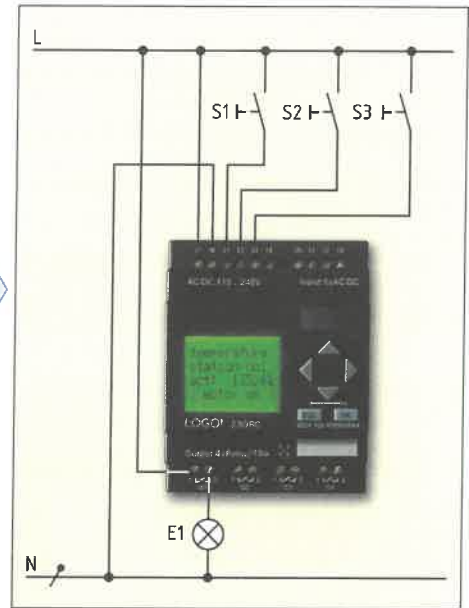


Bild 1: Anschlussplan



**Programmieren des Steuerungsprogramms**

c) Ergänzen Sie den Funktionsplan (Bild 2).

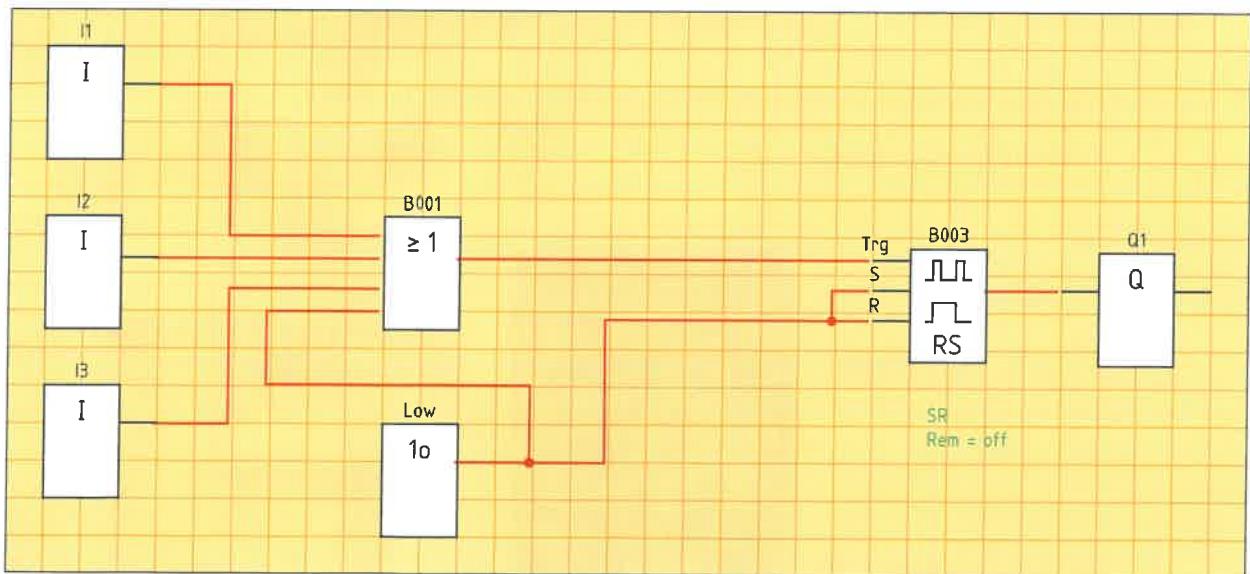


Bild 2: Funktionsplan



**Test der Steuerung**

d) Nennen Sie zwei Möglichkeiten zum Test der Steuerung.

- Test im Simulator
- Laden des Programms vom PC in das Kleinststeuergerät und anschließender Test der Funktionen an der Steuerung



Eine Motorsteuerung, für die bereits ein Stromlaufplan vorhanden ist (Bild 1), soll als SPS umgesetzt werden. Dabei wird ein Motor durch jeweils einen Taster ein- und ausgeschaltet. Der jeweilige Schaltzustand wird mit zwei Kontrollleuchten angezeigt. Ein Überlastrelais F2 schützt den Motor vor Überhitzung. Bei der Planung der SPS soll berücksichtigt werden, dass der Überlastschutz hardwaremäßig verdrahtet und nicht durch das Programm gesteuert wird. Die Programmierung soll mit der Programmiersoftware STEP 7 erfolgen. Das Programm für die SPS kann in unterschiedlichen Programmiersprachen, z.B. AWL, FUP oder KOP, erstellt werden.

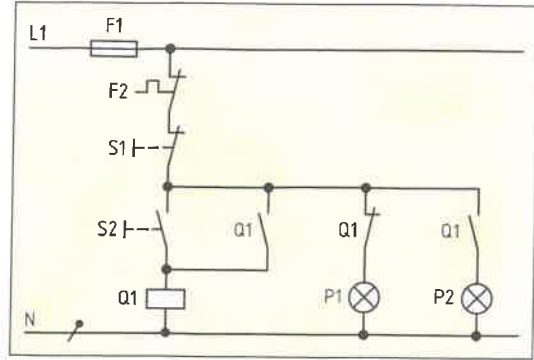


Bild 1: Stromlaufplan für eine Motorsteuerung

1. Ergänzen Sie die Zuordnungsliste (Tabelle 1) und den Anschlussplan (Bild 2) für die SPS.

Tabelle 1: Zuordnungsliste für Motorsteuerung

Operand	Symbol	Kommentar
E0.1	S1	Taster „Motor Aus“
E0.2	S2	Taster „Motor Ein“
A2.0	Q1	Schütz Motor
A2.1	P1	Kontrollleuchte „Aus“
A2.2	P2	Kontrollleuchte „Ein“

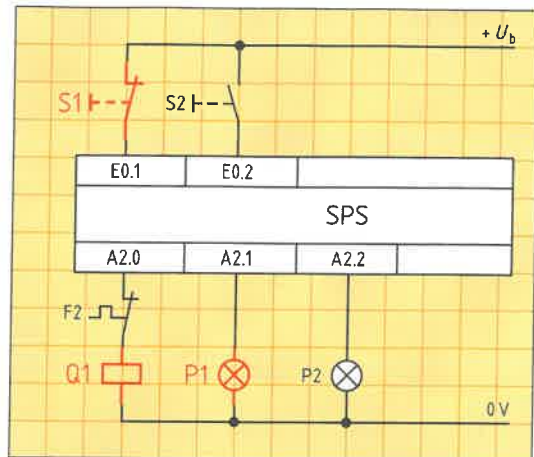


Bild 2: Anschlussplan für Motorsteuerung

2. Erstellen Sie das Programm für die Motorsteuerung als Anweisungsliste (AWL) in drei verschiedenen Varianten (Tabelle 2). Verwenden Sie AWL a) mithilfe von Klammern, b) mit einem Merker und c) mit einem RS-Speicher.

Tabelle 2: Anweisungsliste (AWL) für Motorsteuerung

a) AWL mit Klammern		b) AWL mit Merker		c) AWL mit RS-Speicher	
Adresse	Anweisung	Adresse	Anweisung	Adresse	Anweisung
000	U E0.1	000	U E0.1	000	U E0.2
001	U (	001	= M0.0	001	S A2.0
002	O E0.2	002	O E0.2	002	ON E0.2
003	O A2.0	003	O A2.0	003	R A2.0
004	)	004	U M0.0	004	UN A2.0
005	= A2.0	005	= A2.0	005	= A2.1
006	UN A2.0	006	UN A2.0	006	U A2.0
007	= A2.1	007	= A2.1	007	= A2.2
008	U A2.0	008	U A2.0	008	BE
009	= A2.2	009	= A2.2	-	-
010	BE	010	BE	-	-

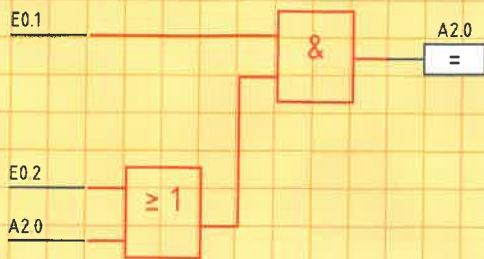


3. Die Programme in AWL zur Motorsteuerung aus **Aufgabe 2 Blatt 15.5** sollen als Funktionsplan (FUP) erstellt werden. Ergänzen Sie dazu die **Tabelle**.

**Tabelle: Funktionspläne (FUP) für Motorsteuerung**

**FUP aus AWL mit Klammern**

Netzwerk 1: Motorschütz



Netzwerk 2: Kontrollleuchte „Aus“

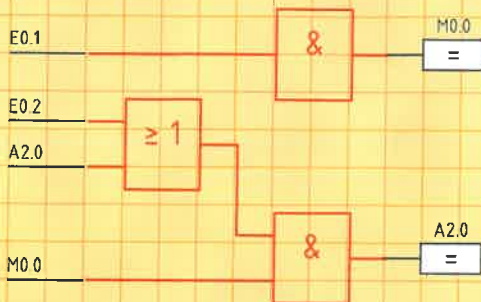


Netzwerk 3: Kontrollleuchte „Ein“



**FUP aus AWL mit Merker**

Netzwerk 1: Motorschütz



Netzwerk 2: Kontrollleuchte „Aus“

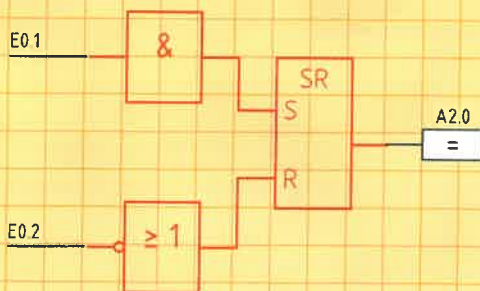


Netzwerk 3: Kontrollleuchte „Ein“

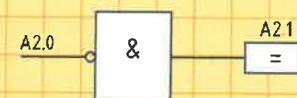


**FUP aus AWL mit RS-Speicher**

Netzwerk 1: Motorschütz



Netzwerk 2: Kontrollleuchte „Aus“

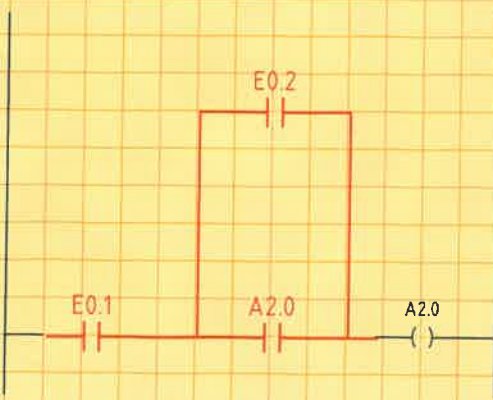


Netzwerk 3: Kontrollleuchte „Ein“



4. Erstellen Sie aus dem Funktionsplan von **Aufgabe 3** (FUP aus AWL mit Klammern) einen Kontaktplan (**Bild**) für die Motorsteuerung.

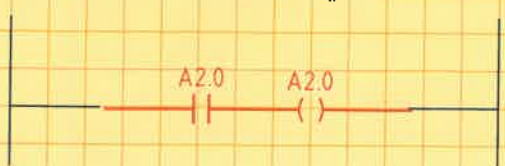
Netzwerk 1: Motorschütz



Netzwerk 2: Kontrollleuchte „Aus“



Netzwerk 3: Kontrollleuchte „Ein“



**Bild: Kontaktplan für Motorsteuerung**



**Steuerung zur Füllung eines Wasserbehälters**

Die Steuerung zur Füllung eines Wasserbehälters (Bild) soll mit einem Kleinsteuergerät umgesetzt werden. Dem Wasserbehälter wird mit einem Ventil manuell Wasser entnommen. Wenn der untere Füllstand erreicht ist, soll über eine Pumpe, die über den Schütz Q1 geschaltet wird, der Wasserbehälter bis zum oberen Füllstand gefüllt werden. Das Ein- und Ausschalten der Steuerung erfolgt mit den Tastern EIN und AUS. Beim Einschalten der Steuerung soll der Wassertank stets gefüllt werden. Der Betriebszustand EIN/AUS soll mit einer Kontrollleuchte P1 angezeigt werden. Planen Sie die Steuerung für ein Kleinsteuergerät, z.B. LOGO!

- a) Erstellen Sie die Zuordnungstabelle.
- b) Zeichnen Sie den Anschlussplan für die Steuerung.
- c) Schreiben Sie das Programm, z.B. in FUP, und testen Sie das Programm mit dem Simulator.

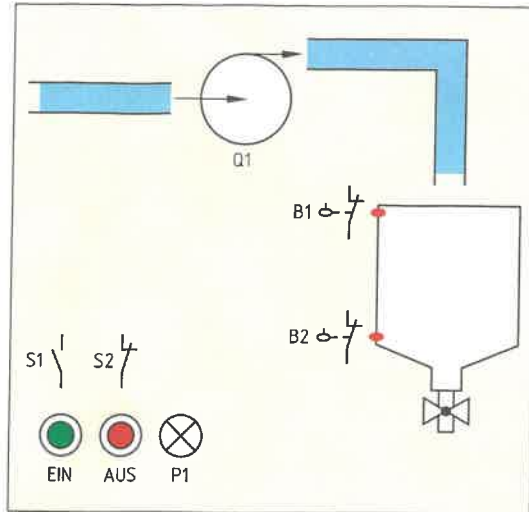
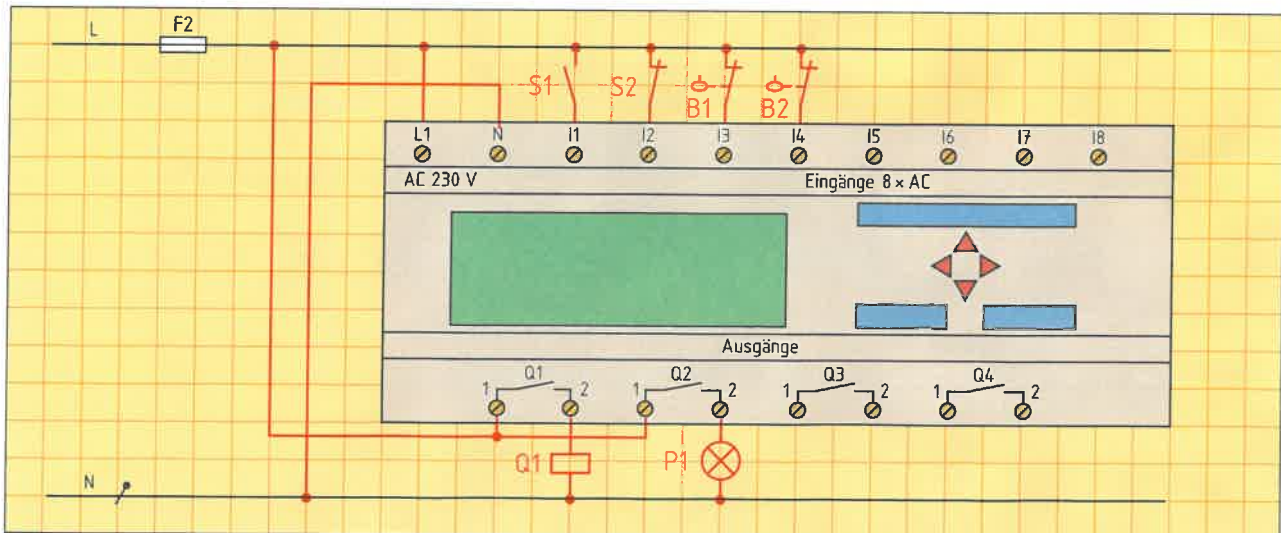


Bild: Technologieschema Füllsteuerung

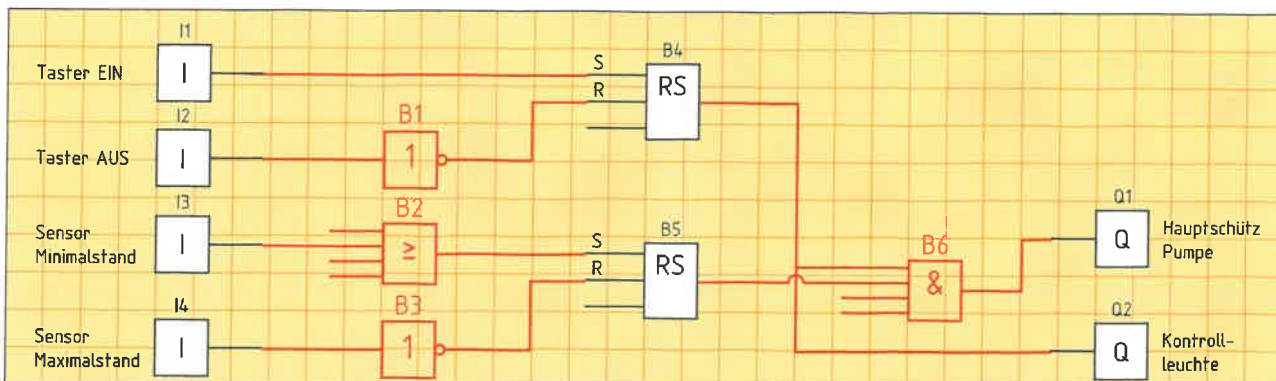
a) Zuordnungstabelle

Operand	Symbol	Kommentar	Operand	Symbol	Kommentar
I1	S1	Taster EIN	I4	B2	Sensor Minimalstand
I2	S2	Taster AUS	Q1	Q1	Hauptschütz Pumpe
I3	B1	Sensor Maximalstand	Q2	P1	Kontrollleuchte

b) Anschlussplan



c) Funktionsplan

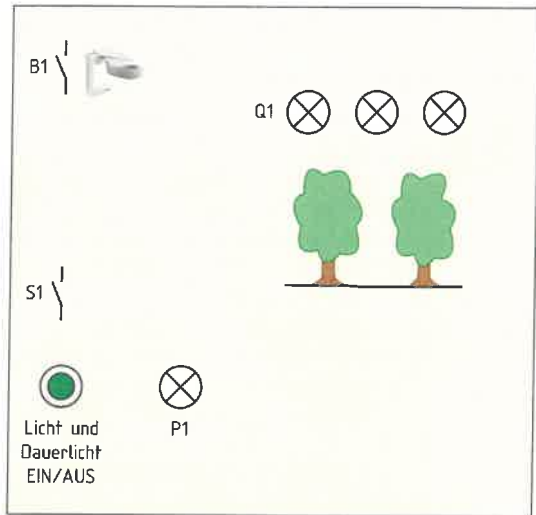




**Steuerung für eine Außenbeleuchtung**

Für die Steuerung einer Außenbeleuchtung (Bild) mit mehreren Leuchten soll ein Kleinsteuergerät verwendet werden. Das Außenlicht soll von einem Bewegungsmelder als auch von einem Taster gesteuert werden. Beim Erkennen einer Bewegung oder bei einem kurzzeitigen Tastendruck soll die Beleuchtung nach der Betätigung noch für 60 s eingeschaltet bleiben. Die Umschaltung auf Dauerlicht und wieder zurück soll jeweils durch Drücken des Tasters für mehr als 5 s erfolgen. Damit der Dauerlichtbetrieb erkannt wird soll er durch eine Kontrollleuchte angezeigt werden. Planen Sie die Steuerung für ein Kleinsteuergerät, z.B. LOGO!

- a) Erstellen Sie die Zuordnungstabelle.
- b) Zeichnen Sie den Anschlussplan für die Steuerung.
- c) Schreiben Sie das Programm, z.B. in FUP oder KOP und testen Sie das Programm mit dem Simulator.

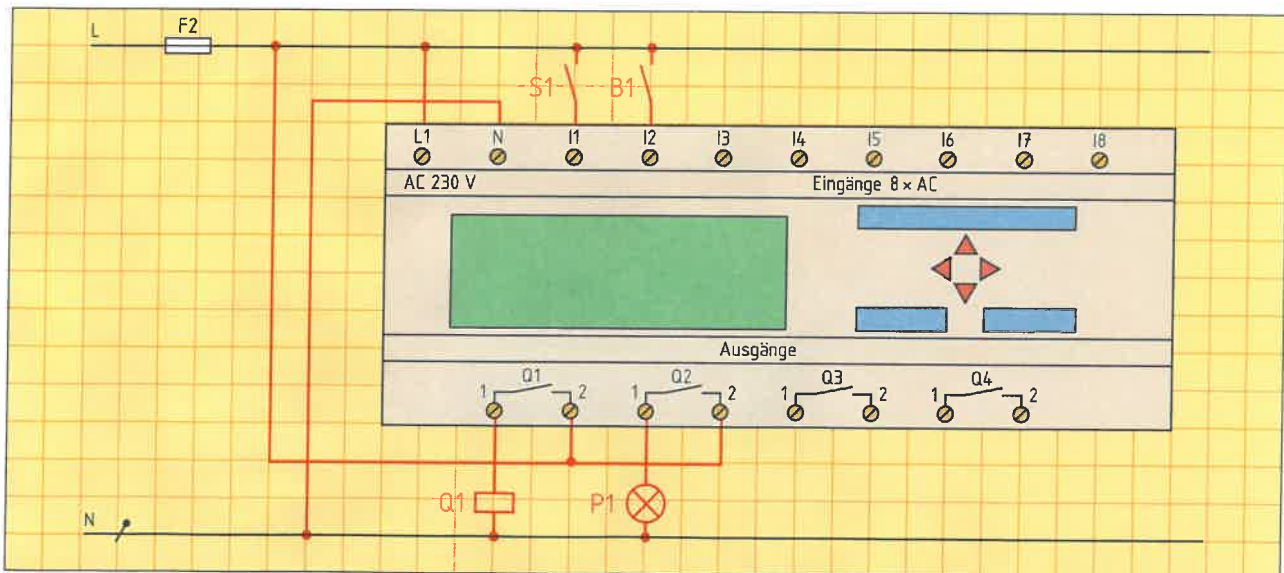


**Bild: Technologieschema Beleuchtungssteuerung**

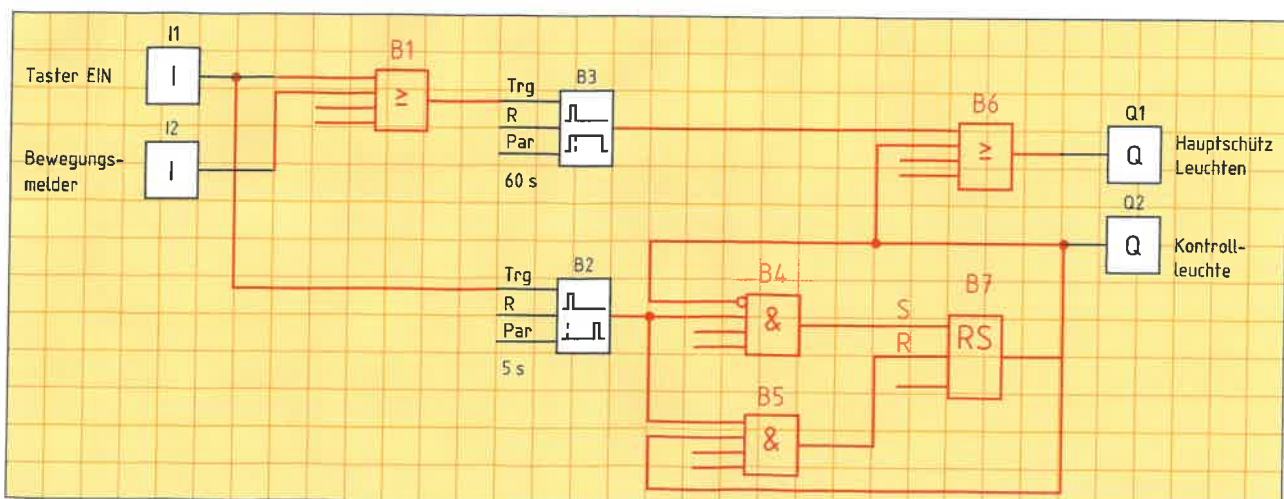
**a) Zuordnungstabelle**

Operand	Symbol	Kommentar	Operand	Symbol	Kommentar
I1	S1	Taster EIN	Q1	Q1	Hauptschütz Leuchten
I2	B1	Bewegungsmelder	Q2	P1	Kontrollleuchte

**b) Anschlussplan**



**c) Funktionsplan**





Aufgabe einer Regelung ist es, eine physikalische Größe, z.B. die Ausgangsspannung eines Generators (**Bild 1**), auch bei Störeinflüssen, z.B. unterschiedlicher Antrieb oder veränderte Belastung, möglichst genau auf einem festgelegten Wert zu halten. Dabei muss die Regelung genau auf die Bedingungen einer vorhandenen Regelstrecke, z.B. einen bestimmten Generator oder einer bestimmten Laständerung, angepasst werden. Zur Beschreibung einer Regelung gibt es in der Regelungstechnik festgelegte Fachbegriffe, z.B. Regelstrecke oder Stellglied, sowie wichtige regelungstechnische Größen, z.B. Regelgröße oder Führungsgröße, die ein Elektroniker kennen muss, wenn er Regelungen planen oder einstellen muss.

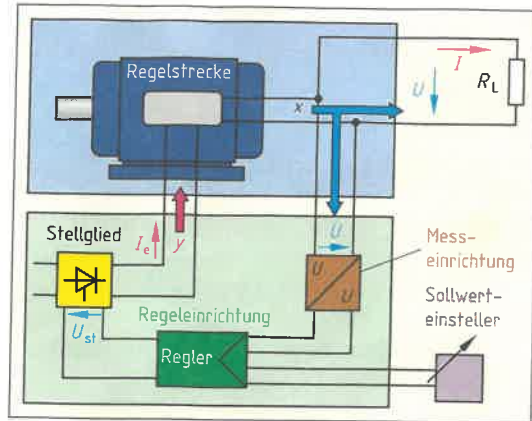


Bild 1: Regelung einer Generatorspannung

1. Wie setzt sich ein Regelkreis zusammen?

Der Regelkreis besteht aus der Regeleinrichtung, der Regelstrecke, der Messeinrichtung und Rückführung.

2. Ergänzen Sie die fehlenden Größen und Formelzeichen (**Tabelle**) aus der Regelungstechnik.

Tabelle: Formelzeichen der Regelungstechnik (Beispiele)

Formelzeichen	Größe	Formelzeichen	Größe
e	<u>Regeldifferenz</u>	y	<u>Stellgröße</u>
<u>r</u>	Rückführgröße	<u>m</u>	Reglerausgangsgröße
<u>w</u>	Führungsgröße	z	<u>Störgröße</u>
x	<u>Regelgröße</u>		

3. Beschriften Sie die fehlenden Bezeichnungen der Darstellung eines Regelkreises (**Bild 2**).

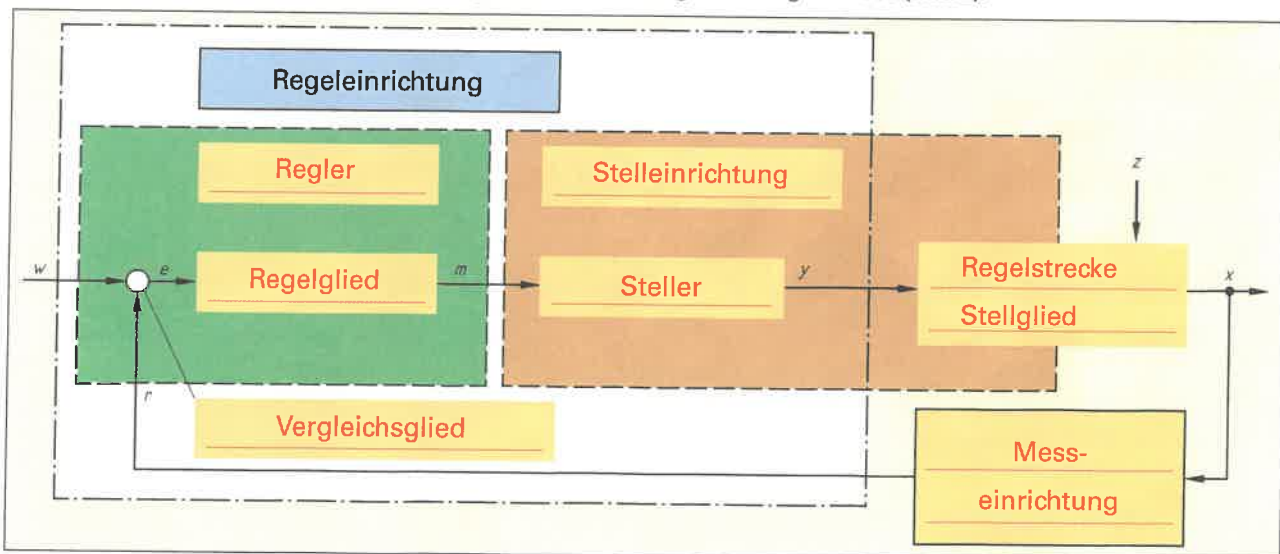


Bild 2: Regelkreis

4. Welche Aufgabe hat eine Regelstrecke?

In ihr wird eine Größe, z.B. Spannung oder Temperatur, durch eine Regeleinrichtung konstant gehalten.

5. Nennen Sie Beispiele für Regelstrecken.

Generator, Netzgerät, Motor, Dampfkessel, Heizwiderstand.



6. Ein Raum soll gleichmäßig warm gehalten werden. Nennen Sie a) die Regelgröße und b) mögliche Störgrößen.

a) Temperatur

b) Sonneneinstrahlung, Öffnen von Fenstern

7. Welche Aufgaben hat der Regler?

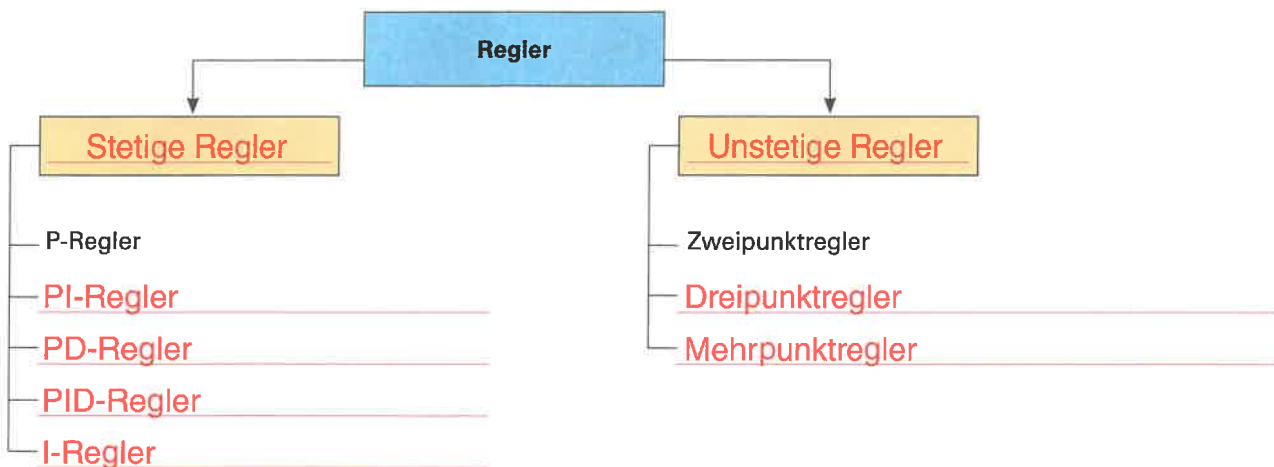
Der Regler muss das Mess-Signal der Messeinrichtung erfassen, mit dem Sollwert vergleichen und hieraus die Reglerausgangsgröße bilden.

8. Bei einer Raumtemperaturregelung beträgt die Führungsgröße 22 °C und die Regelgröße 19 °C. Berechnen Sie die Regeldifferenz.

Geg.: $w = 22 \text{ °C}; x = 19 \text{ °C}$	Ges.: $e$	Lösung: $e = w - x = 22 \text{ °C} - 19 \text{ °C} = 3 \text{ K}$
--	-----------	---

**Hinweis:** Da die Raumtemperatur niedriger ist als die eingestellte Führungsgröße, muss das Ventil weiter geöffnet werden. Das Ventil bleibt solange geöffnet, bis die Regeldifferenz null wird.

9. Ergänzen Sie die Übersicht der verschiedenen Arten von Regler.



10. Worin besteht der Unterschied zwischen einem a) stetigen und b) unstetigen Regler?

a) Beim stetigen Regler kann die Stellgröße jeden beliebigen Wert innerhalb des Stellbereiches annehmen.

b) Bei einem unstetigen Regler, z.B. bei einem Zweipunktregler, hat die Stellgröße nur zwei bestimmte Werte.

11. Das Verhalten eines Reglers wird, z.B. grafisch mit der Sprungantwort  $\Delta y$  (Bild) dargestellt.

Wie wird die Sprungantwort ermittelt?

Man gibt eine sprungartige Änderung der Regeldifferenz  $e$  an den Eingang des Reglers und veranschaulicht mit einem Diagramm die Änderung der Stellgröße  $\Delta y$  (Sprungantwort) am Ausgang des Reglers.

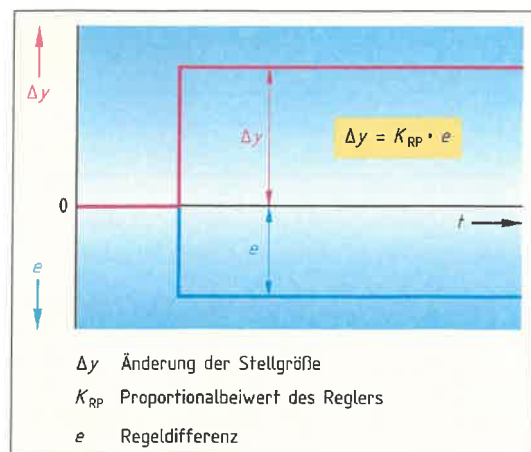


Bild: Sprungantwort-Regler