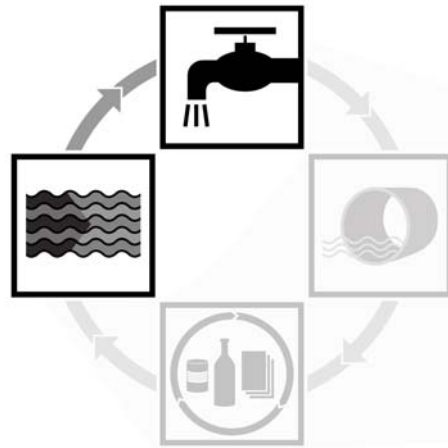


Handbuch für die Ausbildung im Bereich "Elektrische Anlagen"



**in den Berufen
Fachkraft für Abwassertechnik
und
Fachkraft für Wasserversorgungstechnik**



Das vorliegende Handbuch für die Ausbildung im Bereich "Elektrische Anlagen" in den Berufen Fachkraft für Abwassertechnik und Fachkraft für Wasserversorgungstechnik wurde von Fachleuten aus diesen Bereichen der Wasserwirtschaft erarbeitet und vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW) als Zuständige Stelle für die Ausbildung in den umwelttechnischen Berufen im öffentlichen Dienst in NRW herausgegeben.

Impressum

- Herausgeber:** **Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)**
Postfach 10 23 63 • 45023 Essen
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen (Lieferanschrift)
Telefon (0201) 79 95-0 • Telefax (0201) 79 95-14 46
E-mail: poststelle@lua.nrw.de
Essen 2003
- Bearbeitung:** Hermann Beyermann, Stadtwerke Paderborn
Sebastian Daszkowski, Emschergenossenschaft, Essen
Günter Gathmann, Landesumweltamt NRW, Essen
Bernhard Horst, Stadtentwässerungsbetrieb, Paderborn
Rainer Kemp, Lippeverband, Essen
Walter Oelert, Bergisch-Rheinischer Wasserverband, Haan
Thomas Ruhe, Stadtwerke Rheine
- Projektleitung und
Gesamtredaktion:** Dipl.-Ing. Günter Gathmann
- Layout:** Harald Zander
- Bildnachweis:** Der Abdruck von Abbildungen und Darstellungen wurde freundlicherweise von folgenden Firmen / Institutionen genehmigt:
- ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, Heidelberg
 - ATV-DVWK, Hennef
 - CEAG Sicherheitstechnik GmbH, Soest
 - Dätwyler Kabel+Systeme GmbH, Hattersheim
 - Moeller GmbH, Bonn
 - KNIPEX, Wuppertal
 - Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft, Düsseldorf
 - OSRAM GmbH, München
 - RAG AG, Essen

Nachdruck 2006

- Hinweis:** Das Landesumweltamt NRW hat bei der Übernahme und Zusammenstellung der Autorenbeiträge größtmögliche Sorgfalt walten lassen. Eine Haftung des LUA für die Richtigkeit und Brauchbarkeit von hier aufgeführten Schaltungen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen, für die Richtigkeit des technischen Inhalts sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter ist ausgeschlossen. Die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften sowie die technischen Regeln in ihren jeweils geltenden Fassungen sind unbedingt zu beachten.

Vorwort

Im August 2002 wurde die Verordnung über die Berufsausbildung zur Ver- und Entsorgerin/ zum Ver- und Entsorger durch die neue Ausbildungsordnung für Umwelttechnische Berufe (UT-Berufe) ersetzt. Durch die Neuordnung wurden vier Einzelberufe geschaffen:

- Fachkraft für Wasserversorgungstechnik,
- Fachkraft für Abwassertechnik,
- Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft,
- Fachkraft für Rohr-, Kanal- und Industrieservice.

Die neuen Berufe unterscheiden sich vom bisherigen Berufsbild des Ver- und Entsorgers/der Ver- und Entsorgerin insbesondere durch eine frühere und stärkere Differenzierung bei der jeweiligen berufsspezifischen Ausbildung. Völlig neu ist die Qualifizierung im Bereich „Elektrische Anlagen in der Wasserversorgungs-/Abwassertechnik“ in den Berufen Fachkraft für Wasserversorgungstechnik und Fachkraft für Abwassertechnik. Das vorliegende Buch soll den Ausbilderinnen und Ausbildern für die Vermittlung der neuen Ausbildungsinhalte Hilfestellung geben und sie bei der Ausbildung unterstützen.

Mein besonderer Dank gilt allen an der Erstellung des Handbuches Beteiligten: den Autoren für Bereitschaft, ihre umfangreichen praktischen Erfahrungen in diesem Handbuch für Ausbildungszwecke bereitzustellen, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für die engagierte und sachkundige Zusammenarbeit bei der redaktionellen Bearbeitung und der Gestaltung des Handbuches. Ich meine, dass dieses neue Werk fachlich betrachtet „sehr gut gelungen ist“. Ferner glaube ich, dass das Lehrbuch von Lehrenden und Auszubildenden gut angenommen werden sowie eine große Verbreitung finden wird und somit dazu beiträgt, einen hohen Ausbildungsstand in den neuen Fachberufen sicherzustellen.



Essen, im November 2003

Dr.-Ing. Harald Irmer
Präsident des
Landesumweltamtes
Nordrhein-Westfalen

Vorbemerkungen

Eine wesentliche Neuerung bei der Ausbildung in den Umwelttechnischen Berufen (UT-Berufe) **Fachkraft für Wasserversorgungstechnik** und **Fachkraft für Abwassertechnik** ist die Qualifizierung im Bereich „Elektrische Anlagen in der Wasserversorgungs-/Abwassertechnik“. Diese Qualifizierung soll es den Anlagenbetreibern ermöglichen, den Einsatz ihrer Fachkräfte, insbesondere bei Bereitschafts- und Notfalldiensten, zu erweitern.

Die auszubildenden Fachkräfte sollen in diesem neuen Einsatzfeld weder elektrische Anlagen konstruieren noch sollen sie Neuanlagen errichten. Wesentliche Aufgaben sind die Überwachung von elektrischen Anlagen und die Störungsbeseitigung in diesen Anlagen zur Aufrechterhaltung des Betriebes, z. B. durch den Austausch baugleicher Teile. Zielsetzung ist es, eine Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten heranzubilden. Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten ist, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung in Theorie und Praxis, seiner Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der bei diesen Tätigkeiten zu beachtenden Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann. Festgelegte Tätigkeiten sind gleichartige, sich wiederholende elektrotechnische Arbeiten an Betriebsmitteln, die vom Unternehmer in einer Arbeitsanweisung festzulegen sind.

Dieses Handbuch orientiert sich an den Vorgaben des Ausbildungsrahmenplanes unter der laufenden Nummer 20, für deren Vermittlung ein zeitlicher Richtwert von 16 Wochen vorgesehen ist. Das Buch soll den Ausbilderinnen und Ausbildern als Leitfaden und Nachschlagewerk dienen. Hierfür sind einige Themen zum besseren Verständnis und zur umfassenden Übersicht vertiefend behandelt. Die elektrotechnischen Arbeiten gemäß den Vorgaben des Ausbildungsrahmenplanes sind Bestandteil sowohl der schriftlichen als auch der praktischen Prüfung. Grundlage für die Aufgaben in der Prüfung bilden insbesondere die im Handbuch enthaltenen Übungen.

Der Herausgeber regt dazu an, begründete Änderungshinweise zu inhaltlichen Belangen mitzuteilen. Die Redaktion ist zudem dankbar für Anregungen, die bei einer nächsten Überarbeitung die Übersichtlichkeit und Handhabungsfreundlichkeit dieses Handbuches verbessern helfen.

Die Redaktion

Inhaltsverzeichnis

1. Gefahrenhinweise, Schutzmaßnahmen	
1.1 Arbeitsschutzrecht und Arbeitssicherheit	13
Hierarchie der Gesetze und Verordnungen	13
1.2 Gesetzliche Grundlagen	14
Grundgesetz	14
Handelsgesetzbuch / Bürgerliches Gesetzbuch	14
Berufsgenossenschaft	14
1.3 Wirkung des elektrischen Stroms auf Menschen	16
Körperwiderstand	16
Wirkungsbereiche von Wechselstrom und Abschaltkennlinien	18
Gefahren des elektrischen Stromes an festen und wechselnden Arbeitsplätzen	19
1.4 Unfälle durch den elektrischen Strom	19
Ermittlung der Ursachen von Arbeitsunfällen	20
1.5 Die fünf Sicherheitsregeln	21
Freischalten	21
Gegen Wiedereinschalten sichern	22
Spannungsfreiheit feststellen	22
Erden und Kurzschließen	22
Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken	22
1.6 Prüfungen in elektrischen Anlagen	25
Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel	25
Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel	26
Schutz- und Hilfsmittel	26
Erkennen und Beurteilen einer nicht ordnungsgemäß durchgeführten Installation	27
Verantwortungsbereiche beim Arbeiten unter Spannung	29
Organisatorische Maßnahmen beim Arbeiten unter Spannung	30
1.7 Prinzip der dreifachen Sicherheit	40
1.8 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 1	41
Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach DIN 40050	44
1.9 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 2	45
Netzformen	45
Das TN – System	47
Das TT-System	49
Schutzisolierte Betriebsmittel	52
Schutzklassen	56
Betriebsmittel der Schutzklasse 1	56
Betriebsmittel der Schutzklasse 2	57
Betriebsmittel der Schutzklasse 3	60
Schutzkleinspannung	61
1.10 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 3	62
Zusatzschutz	62
Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln	66
1.11 Testfragen	67

2. Spezielle Elektrowerkzeuge

2.1 Spannungsprüfer / Werkzeuge	69
Allgemeine Hinweise zum Kauf von Werkzeug	72
2.2 Abmanteln von Kabeln	72
2.3 Abisolieren elektrischer Leiter	73
2.4 Quetschen von Aderendhülsen	74
2.5 Biegen von Ösen	75
2.6 Quetschen von Kabelschuhen	75
2.7 Lötfreie Kabelschuhe und Verbinder	77
2.8 Handhabung der Grip-Quetschzange	77
2.9 Verbindungstechniken	78
2.10 Testfragen	79
2.11 Übungen:	
1.: Absetzen von Kunststoffaderleitungen und Anbringen von Aderendhülsen	80
2.: Biegen von Ösen und Quetschen von Kabelschuhen	82
3.: Schraubverbindungen	84

3. Kabel und Leitungen

3.1 Allgemeines	85
3.2 Kennzeichnung von harmonisierten / nicht harmonisierten Leitungen	86
3.3 Kabel- und Leitungsarten	88
3.4 Farbkennzeichnung	92
3.5 Verlegearten von Kabel und Leitungen	93
3.6 Leitungsverbindungen, Anschluss- und Verbindungsklemmen	95
3.7 Testfragen	97
3.8 Übung: Herstellung einer Verlängerungsleitung	98

4. Motoren- und Umrichtertechnik

4.1 Drehfeld	101
4.2 Grundprinzipien der Asynchronmaschine	102
Kurzschlussläufermotor	102
4.3 Stern – Dreieckschaltung / Sanftanlauf	105
4.4 Anschlussbezeichnungen elektrischer Motoren	112
4.5 Leistungsschilder	113
4.6 IM-Code für Bauform und Aufstellung elektrischer Maschinen	114
4.7 Betriebsarten	116
4.8 Motoren für Einphasen-Wechselstrom	117
4.9 Pulsumrichter in der Antriebstechnik	118
4.10 Fehlersuche an Motoren	121
4.11 Testfragen	124
4.12 Übung: Überprüfung eines Stern-Dreieck-Motors	125

5. Überstrom-Schutzeinrichtungen

5.1 Allgemeines	127
5.2 Schmelzsicherungen	127
5.3 NH-Sicherungen (NH-System)	129
5.4 Geräteschutzsicherungen bzw. Glassicherungen oder Feinsicherungen	131
5.5 Leitungsschutzschalter (LS – Schalter)	133
5.6 Motorschutzschalter	134

5.7 Anordnung der Motorschutzschalter	137
5.8 Testfragen	140
5.9 Übungen	
1.: Wechsel von NH-Sicherungen mit Aufsteckgriff (400 V~/ 63 A)	141
2.: Auswechseln eines Motorschutzschalters	142
6. Messtechnik	
6.1 Einführung in die Messtechnik	145
Messeinrichtung, Messkette	145
Messverfahren	146
Analoge Messwertübertragung	146
Digitale Messwertübertragung	147
Fehlerquellen	149
6.2 Zeigermessinstrumente	150
6.3 Spannungs- und Strommessung	151
6.4 Hinweise zur Messung elektrischer Größen	153
Messen elektrischer Größen	153
Spannungsmessung	154
Strommessung	154
Widerstandsmessung	157
6.5 Isolationsmessung	158
Allgemeines zum Isolationswiderstand	158
Prüffristen	158
Anforderungen an die Isolationsmessgeräte	159
Widerstandswerte und Messungen in Anlagen	160
Isolationsüberwachungsgeräte	161
Hinweise zur praktischen Durchführung von Isolationsmessungen	163
6.6 Testfragen	165
6.7 Übungen	
1. Überprüfung eines reparierten Verlängerungskabels	166
2. Spannungsmessung an der Klemmleiste eines Drehstrommotors	166
3. Strom- und Spannungsmessung am Beispiel einer Sauerstoffregelung	167
7. Dokumentation	
7.1 Betriebsspezifische Schaltpläne	169
7.2 Schaltzeichen nach DIN 40 713, 40 703, 40 717, 40 719	170
Kennbuchstaben der Gerätearten nach DIN 40719 (Alte Norm)	174
Beschriftung nach DIN 40719	175
7.3 Ordnung auf einer Zeichnung	176
7.4 Stromlaufpläne in der Elektrotechnik	177
7.5 Der Klemmenplan	180
7.6 Blockschaltpläne und ihre Besonderheiten	182
7.7 Testfragen	185
7.8 Übung: Lesen und Erläutern von Zeichnungen, die vor Ort verfügbar sind	186
8. Schaltgeräte und Transformatoren	
8.1 Schütze	187
8.2 Relais	189
8.3 Stromstoßschalter	191
8.4 Stromstoßrelais	191

8.5 Befehls- und Meldegeräte	192
8.6 Transformatoren	195
8.7 Kleintransformatoren	199
Kurzschlussverhalten	199
Spezielle Kleintransformatoren	200
8.8 Streufeldtransformatoren	202
8.9 Leistungsschild eines Transformators	203
8.10 Weitere elektronische Bauteile in Schaltschränken	204
8.11 Testfragen	207
8.12 Übungen	
1. Einfache Motorschutzschaltung mit Selbsthaltung und Signalanzeige	208
2. Wendeschützschtaltung für Räumerantrieb	212
3. Austausch eines defekten Steuertransformators	216

9. Batterieanlagen, Ersatzstromerzeuger

9.1 Primärelemente	219
Galvanische Zelle	219
Galvanisches Element	219
Nass – und Trockenelemente	220
Lebensdauer, Kapazität und Energie	220
Bauformen von Trockenelementen	221
Temperaturverhalten, Lagerung und Betrieb	222
9.2 Sekundärelemente	222
Bleiakkumulator	223
Bauformen des Bleiakkumulators	224
Wartung des Bleiakkumulators	225
Lagerung des Bleiakkumulators	226
Bauformen des Stahllakkumulators	226
Lagerung des Stahllakkumulators	226
Silber-Zink-Akkumulator	227
9.3 USV-Anlage	227
9.4 Notstromaggregat	228
9.5 Testfragen	230
9.6 Übung: Überprüfen eines Bleiakkumulators	231

10. Beleuchtungsmittel

10.1 Leuchten	233
10.2 Notleuchten	233
10.3 Lampen	233
10.4 Glühlampen	234
10.5 Leuchtstofflampen	234
10.6 Sockel	236
10.7 Natriumdampf-Niederdrucklampe	236
10.8 Hochdruck-Entladungslampen	237
10.9 Natriumdampf-Hochdrucklampe	237
10.10 Quecksilberdampf-Hochdrucklampe (HQL)	237
10.11 Halogen-Metalllampen	238
10.12 Sicherheit beim Hochdruck-Entladungslampenbetrieb	238
10.13 Bestimmungen für Leuchten und Beleuchtungsanlagen	239
10.14 Leuchtdioden	239

10.15 Testfragen	241
10.16 Übung: Anfertigen einer Leuchtstofflampenschaltung	242
11. WHG, Ex-Zonen	
11.1 Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	245
11.2 Grundlagen des Explosionsschutzes	246
Zündquellen	246
Flammpunkt	247
Primärer und sekundärer Explosionsschutz	247
Explosionsgefährdete Bereiche	249
EG EX-Richtlinien	252
Auszug aus den Explosionsschutzregeln - BGR 104	253
„Abwassertechnische Anlagen“	253
Erläuterungen zu Abkürzungen in der BGR 104	260
11.3 Testfragen	263
12. Begriffe	265
13. Stichwortverzeichnis	275
14. Literatur	285
15. Anhang	287

1. Gefahrenhinweise, Schutzmaßnahmen

1.1 Arbeitsschutzrecht und Arbeitssicherheit

Im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland ist das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit verankert.

Diese staatliche Garantie muss jedoch immer im Zusammenhang mit dem Lebensraum und den Lebensbedingungen gesehen werden. Insofern ist das Ziel, den Menschen, insbesondere am Arbeitsplatz, zu schützen nur ein Teil des größeren Zieles, das gesamte Leben zu erhalten. Hierzu gehört ebenso der Schutz der Umwelt vor Belastungen. Diese sind zwangsläufig mit der Industrialisierung der letzten 200 Jahre verbunden und steigen mit der Erhöhung der Güterproduktion proportional an. Je höher der Lebensstandard eines Volkes ist, um so mehr schädliche Nebenprodukte und –wirkungen treten auf, die die Umwelt belasten. Deshalb können und müssen entsprechende Problemstellungen sowohl für den

Arbeitsschutz, Nachbarschaftsschutz und Umweltschutz

Bedeutung haben.

Arbeitsschutz ist dann vollkommen, wenn die Sicherheit am Arbeitsplatz einen Stand erreicht hat, bei dem eine Gefährdung für den Menschen nicht gegeben und die Gestaltung der Arbeitsabläufe, der Arbeitsplätze, usw. dem Menschen gerecht werden.

Unter **Arbeitssicherheit** versteht man nicht nur den bereits erreichten Sicherheitsstandard am Arbeitsplatz, sondern auch das ständige Anpassen der Sicherheitsmaßnahmen an den jeweiligen Stand der Erkenntnisse.

Mängel in der **Arbeitssicherheit** bedeuten Sicherheitsdefizite, die zur Gefährdung des Menschen am Arbeitsplatz führen.

Zur Erreichung dieser Ziele wurden zahlreiche Rechtsnormen geschaffen. Sie legen fest, was als Recht gilt und woraus Recht abgeleitet wird. Rechtsnormen unterscheiden sich in Art und Rang. Als solche gelten z. B. das Grundgesetz, alle übrigen Gesetze, Rechtsverordnungen sowie das autonome Recht (Satzungsrecht), wie es von den Rechtsträgern des öffentlichen Rechts (z. B. Berufsgenossenschaften) im Rahmen ihrer Autonomie angewendet wird.

Der Aufbau von Arbeitsschutzvorschriften und Regeln folgt dem Grundsatz „Vom Allgemeinen zum Speziellen“.

Hierarchie der Gesetze und Verordnungen

Allgemeine Festlegungen:

Gesetze
Verordnungen
Unfallverhütungsvorschriften
Allgemeine Verwaltungsvorschriften
Durchführungsanweisungen

Spezielle Festlegungen:

Allgemeine Regeln der Technik
Hygiene und Arbeitsmedizin
Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse
(z.B. DIN Normen, VDE Vorschriften, Richtlinien)

1.2 Gesetzliche Grundlagen

Grundgesetz

Bereits aus dem Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland lassen sich für den Arbeitsschutz eindeutige Verpflichtungen ableiten. Nach Artikel 20 ist der Gesetzgeber unseres sozialen Rechtsstaates aufgefordert, Gesetze mit sozialem Inhalt zu erlassen.

Artikel 20: „Die Bundesrepublik ist ein demokratischer und sozialer Bundesstaat.“

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der Artikel 2 des Grundgesetzes, der ausdrücklich das Recht auf körperliche Unversehrtheit aufführt.

Artikel 2:

- „1. Jeder Mensch hat das Recht auf die freie Entfaltung seiner Persönlichkeit, soweit er nicht die Rechte anderer verletzt und nicht gegen die verfassungsmäßige Ordnung oder das Sittenrecht verstößt.
2. Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Die Freiheit der Person ist unverletzlich. In diese Rechte darf nur aufgrund eines Gesetzes eingegriffen werden.“

Zur freien Entfaltung der Persönlichkeit gehört auch die selbstgewählte Arbeitsleistung des Menschen.

Handelsgesetzbuch / Bürgerliches Gesetzbuch

Auf dem Gebiet des Zivilrechts enthalten der § 618 des BGB bzw. der § 62 HGB vergleichbare Grundsatzanforderungen, nach denen Schutz für Leben und Gesundheit gefordert wird.

§ 618 BGB (Schutz gegen Gefahren):

1. Der Dienstberechtigte hat Räume, Vorrichtungen oder Gerätschaften, die er zur Verrichtung seiner Dienste zu beschaffen hat, so einzurichten und zu unterhalten und Dienstleistungen, die unter seiner Anordnung oder seiner Leitung vorzunehmen sind, so zu regeln, dass der Verpflichtete gegen Gefahr für Leben und Gesundheit so weit geschützt ist, als die Natur der Dienstleistung es gestattet.

Eine sinngemäß gleichlautende Verpflichtung enthält auch der § 62 HGB.

Der Dienstberechtigte ist nach dem heutigen Sprachgebrauch der Unternehmer, der Dienstverpflichtete ist der Mitarbeiter.

Berufsgenossenschaft

Die Berufsgenossenschaften (BGen) sind die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung. Sie sind eine Körperschaft des öffentlichen Rechts entsprechend dem Selbstverwaltungsgesetz aufgebaut und führen die vom Gesetzgeber in der Reichsversicherungsordnung (RVO) und im Sozialgesetzbuch (SGB) festgelegten Aufgaben in eigener Verantwortung durch.

Die BGen nehmen hoheitliche Aufgaben wahr, indem sie im Auftrage des Staates die Versorgung der bei einem Arbeitsunfall Verletzten sowie die Kontrolle der Arbeitssicherheit in den Betrieben übernehmen. Ihre Tätigkeiten werden überwacht durch:

1. das Bundesversicherungsamt daraufhin, ob die Gesetze und die von der BG beschlossene Satzung beachtet werden und
2. vom Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung daraufhin, ob die hinsichtlich der Unfallverhütung und Ersten Hilfe getroffenen Maßnahmen den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen und zweckmäßig sind.

Die BGen sind fachlich gegliedert nach Gewerbebezügen und teilweise noch gebietsweise aufgeteilt.

Die meisten Betriebe der Abwassertechnik und der Wasserversorgungstechnik sind Mitglied in einer Berufsgenossenschaft, z. B. in der

Berufsgenossenschaft der
Gas, Fernwärme und Wasserwirtschaft
Auf 'm Hennekamp 74
40225 Düsseldorf

Die Anschrift der zuständigen BG muss in jeden Betrieb öffentlich ausgehängt werden.

Versichert sind Kraft Gesetzes alle Personen, die mit dem Mitgliedsbetrieb in einem Arbeits-, Ausbildungs-, Dienst- oder Lehrverhältnis stehen.

Den Beitrag zu dieser Sozialversicherung trägt der Unternehmer alleine. Die Beitragshöhe richtet sich nach Anzahl der Belegschaft und dem Gefährdungsgrad.

Die Hauptaufgaben der BGen sind

- Unfallverhütung und Erste Hilfe,
- Heilung von Verletzungsfolgen,
- Berufshilfe,
- Gewährung von Entschädigungsleistungen.

Unfallverhütung

Die BGen haben insbesondere

- UVVen zu erlassen,
- Sicherheitsbestimmungen, z. B. Richtlinien, Sicherheitsregeln, Merkblätter, usw. zu erarbeiten,
- Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten zur Ermittlung der Ursachen und Festlegung von Maßnahmen zur Vermeidung von Wiederholungsunfällen zu untersuchen,
- die Mitgliedsbetriebe durch technische Aufsichtsbeamte auf Einhaltung der UVVen und der sonstigen Sicherheitsbestimmungen zu überwachen,
- die Betriebe in allen Fragen der Arbeitssicherheit und des Arbeitsschutzes zu beraten,
- Vorsorge und Überwachungsuntersuchungen besonders gefährdeter Arbeitnehmer durch Aufstellen von Grundsätzen zu regeln,
- sicherheitstechnische Überprüfungen von technischen Arbeitsmitteln durchzuführen,
- die Unternehmer zur Sicherstellung einer wirksamen Ersten Hilfe bei Arbeitsunfällen anzuhalten,
- Sicherheitsfachkräfte, Sicherheitsbeauftragte und sonstige Mitarbeiter des Unternehmens in Fragen der Arbeitssicherheit auszubilden,
- die Arbeitssicherheit durch Werbung und Öffentlichkeitsarbeit zu fördern.

Die eigentliche Unfallverhütung im Betrieb muss an Ort und Stelle durch den Unternehmer bzw. dessen Beauftragten durchgeführt werden. Die BG kann nur Steuerungsfunktion ausüben.

Die Unfallverhütungsvorschriften (UVVen)

Die gesamte Elektrotechnik wird in der BGV A 2 abgehandelt, früher war das die VBG 4.

Diese UVV gilt auch für nichtelektrische Arbeiten in der Nähe elektrischer Teile und Betriebsmittel.

Die speziellen Festlegungen werden über die DIN – VDE Vorschriften abgehandelt.

1.3 Wirkung des elektrischen Stroms auf Menschen

Durch den hohen Stand der Sicherheitstechnik sind die von elektrischen Betriebsmitteln oder elektrischen Anlagen ausgehenden Gefährdungen vergleichsweise gering. Gefahren können jedoch auftreten bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln (Erweiterung, Änderung, Wartung, Instandsetzung), wenn technische Schutzmaßnahmen außer Funktion gesetzt werden und die vorgeschriebenen Verhaltensregeln nach den VDE – Bestimmungen und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BG- Vorschriften) nicht eingehalten werden. Auch durch mangelhafte Pflege und unsachgemäßen Gebrauch durch den Betreiber von elektrischen Betriebsmitteln können Gefahren entstehen. Hauptsächliche Ursache von Elektrounfällen und Schäden ist, dass die anerkannten Regeln der Technik bewusst oder unbewusst nicht beachtet werden. Dadurch können Errichter, unbeteiligte Personen und Benutzer gefährdet werden.

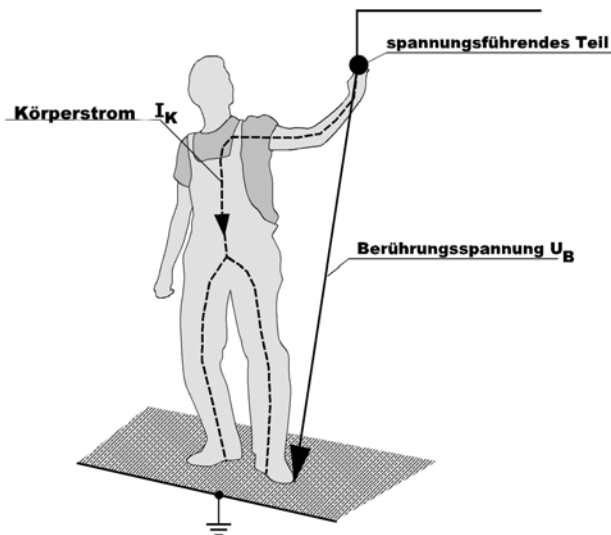
Mögliche Gefahren durch elektrischen Strom:

- Gefährlicher Körperstrom;
- Verbrennungen des menschlichen Körpers (Ursache z. B. Lichtbogen);
- Brandgefahr (Ursache z. B. Lichtbogen, Kurzschluss, Verlustwärme);
- Explosionsgefahr (Ursache z. B. Schaltfunke)
- Elektrodynamische Wirkung (Ursache z. B. Kurzschluss);
- Elektrochemische Korrosion (Ursache z. B. vagabundierender Gleichstrom).

VDE 0100 Teil 410 (Schutzmaßnahmen; Schutz gegen gefährliche Körperströme) ist für die Elektrofachkraft eine besonders wichtige VDE- Bestimmung. Werden spannungsführende Teile durch einen Menschen berührt, fließt ein Körperstrom. Die Höhe des Körperstromes hängt von der Spannungshöhe und vom Körperwiderstand (Körperimpedanz) ab.

Allgemein gilt:

Je höher die Spannung, desto höher der Körperstrom.



$$I_K = \frac{U_B}{R_K}$$

Abb. 1.1:
Körperstrom und Berührungsspannung

Körperwiderstand

Der Körperwiderstand des Menschen besteht aus dem Hautwiderstand (ca. 10000 Ohm bei trockener, ca. 100 Ohm bei feuchter Haut) und dem Widerstand des übrigen Körpers (ca. 700 bis 1000 Ohm). Bei höheren Spannungen bricht der Hautwiderstand zusammen, es kommt zum Durchschlag. Je höher die Berührungsspannung ist, desto niedriger wird der Körperwider-

stand. Zwischen Körperstrom und Berührungsspannung besteht deshalb kein linearer Zusammenhang. Auch verändert sich dieser bei verschiedenen Stromwegen. Unter extremen Bedingungen ist mit Körperwiderständen unter 300 Ohm zu rechnen.

Beispiel:

Welche Stromstärken ergeben sich beim Stromdurchgang durch den menschlichen Körper, wenn von einem Mindestwert von 1000 Ohm und der Netzspannung 230 V bzw. 400 V ausgegangen wird?

Gegeben: $R = 1000 \text{ Ohm}$ $U = 230 \text{ V}$ oder 400 V

Lösung: $I = U / R = 230 \text{ V} / 1000 \text{ Ohm} = 230 \text{ mA}$

$400 \text{ Volt} / 1000 \text{ Ohm} = 400 \text{ mA}$

Wie aus den Berechnungen zu ersehen ist, können diese Ströme bei entsprechenden Einwirkungsdauer schon zum Tode führen.

Wirkung des Körperstromes

Die biologische Wirkung hängt maßgeblich von der Stromart ab. Wechselstrom ist bedeutend gefährlicher als Gleichstrom.

- Wirkung auf Muskeln:
Ein durch den Körper fließender Strom kann je nach Stromstärke zu Verkrampfungen der Muskulatur führen. Bei Verkrampfung der Hand oder auch der gesamten Armmuskulatur kann der Griff um spannungsführende Teile nicht mehr gelöst werden (Festkleben). Die Verkrampfung der Atemmuskulatur führt zum Atemstillstand (Ersticken).
- Wirkung auf das Herz:
Je nach Stromstärke und Stromflussdauer kann der natürliche Herzschlagrhythmus gestört werden. Es kommt zu dem besonders gefährlichen Herzkammerflimmern, bei dem das Herz seine Pumpfunktion nicht mehr erfüllen kann. Bereits nach drei bis fünf Minuten stirbt der Mensch, oder es treten bleibende Gehirnschäden auf. Durch den Stromimpuls eines Defibrillators kann das Herz wieder zum normalen Schlagen angeregt werden. Ein besonders hohes Risiko für das Auftreten von Herzkammerflimmern ist bei den Stromwegen vom Brustkorb zur linken Hand, vom Brustkorb zur rechten Hand und von den Händen zu den Füßen gegeben.
- Wirkung auf das Körpergewebe:
Bei Hochspannungsunfällen führt die hohe Stromstärke zum Verkochen bis zur Verkohlung des Gewebes. Aufgrund der Gewebeerstörungen und den damit verbundenen giftigen Abbauprodukten tritt oft nach mehreren Tagen der Tod ein. Durch die Einwirkung von Lichtbögen kommt es zu schweren äußeren Verbrennungen.

Lebensgefährliche Verbrennungen sind nur im Mittelspannungs- und Hochspannungsbereich zu erwarten. Im Niederspannungsbereich muss mit der Gefahr des Herzkammerflimmerns sowie mit sogenannten Sekundärunfällen gerechnet werden. Sekundärunfälle sind durch Schreckreaktionen verursachte Unfälle (z. B. Berühren spannungsführender Teile und dadurch Sturz von der Leiter).

Wesentlich für die Betrachtung der Gefährdung des Menschen ist nicht nur die Stromstärke, sondern auch die Einwirkdauer des Stromes. Aus der folgenden Abbildung wird deutlich, dass sich eine genaue Abgrenzung zwischen gefährlicher Berührungsspannung und ungefährlicher Berührungsspannung nicht ergibt.

Wirkungsbereiche von Wechselstrom und Abschaltkennlinien

Wirkungsbereiche von Wechselstrom 50/60 Hz und Abschaltkennlinien für FI – Schutzschalter mit 10 mA und 30 mA Abschaltstrom

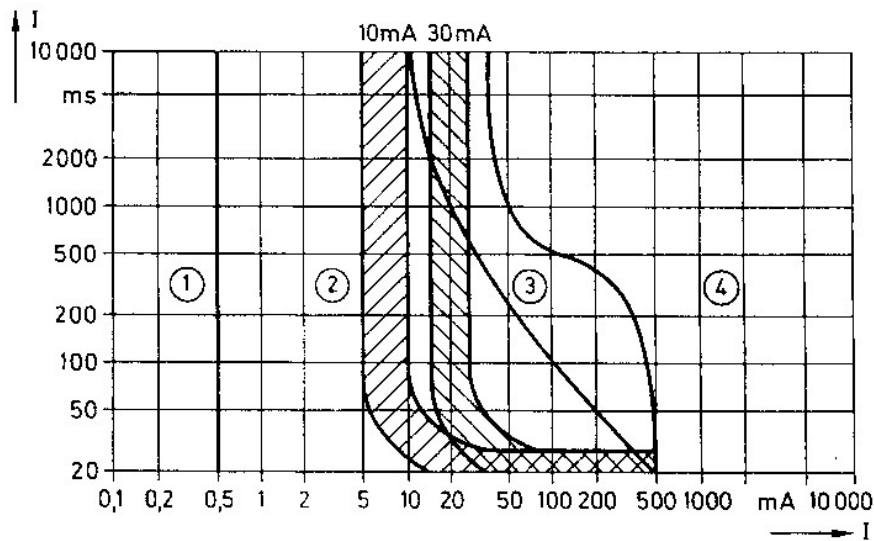


Abb. 1.2: Wirkungsbereich von Wechselstrom

Typische Auswirkungen beim Durchströmen des menschlichen Körpers mit Wechselstrom lassen sich vereinfacht in vier Bereiche zusammenfassen:

- Bereich 1:** (Strom 0 bis 25 mA, Zeitdauer beliebig)
Sinneserregung und Muskelkontraktion möglich, ab ca. 15 mA wird die Loslassgrenze überschritten, kein Einfluss auf Herzfunktion;
- Bereich 2:** (Strom 25 bis 40 mA, Zeitdauer beliebig)
Herzrhythmusstörungen möglich, Blutdrucksteigerung, Schmerzgefühl, Muskelkontraktion, noch kein Herzkammerflimmern;
- Bereich 3:** (Strom 40 bis 500 mA)
bei einer Zeitdauer bis 0,5 s noch kein Herzkammerflimmern; bei einer Zeitdauer über 0,5 s Herzkammerflimmern (unregelmäßiger Herzschlag) und damit Tod möglich, Blutdrucksteigerung, Bewusstlosigkeit;
- Bereich 4:** (Strom 500 bis 3000 mA)
bei einer Zeitdauer bis ca. 0,1 s keine Wirkung oder Herzkammerflimmern; bei einer Zeitdauer ab ca. 0,1 s Herzkammerflimmern, Bewusstlosigkeit, Verbrennungen möglich.

Für die Elektrofachkraft gilt:

Ab ca. 50 Volt Wechselspannung kann das Berühren von spannungsführenden Teilen bei ungünstigen Bedingungen gefährlich sein.

Bei Durchströmungsdauern kürzer als 0,2 s ist ein tödlicher Niederspannungsunfall unwahrscheinlich.

Hochempfindliche FI- Schutzeinrichtungen bieten einen hervorragenden Schutz – auch bei direktem Berühren.

Wie aus der Zusammenstellung der Auswirkungen beim Durchströmen des menschlichen Körpers zu ersehen ist, kann der Mensch kurzzeitig Wechselströme bis etwa 50 mA ohne Schaden ertragen. Die entsprechende Spannung, ab der eine Gefährdung möglich ist, ergibt sich bei einem Gesamtkörperwiderstand von 1000 Ohm mit

$$U = I \cdot R = 0,050 \text{ A} \cdot 1000 \text{ Ohm} = 50 \text{ Volt}$$

Wie aus genaueren Untersuchungen hervorgeht, können auch Spannungen unter 50 Volt bei längerer Einwirkungszeit gefährlich werden.

Erst Wechselspannungen von 25 Volt und darunter (60 Volt Gleichspannungen) sind ungefährlich. Bei Stromunfällen ist jede Sekunde kostbar. Der Helfer darf sich dabei jedoch nicht selbst gefährden. Bei Herzstillstand oder Herzkammerflimmern kann bis zum Eintreffen des Arztes durch Atemspende und Herzmassage ein Notkreislauf aufrechterhalten werden.

Gefahren des elektrischen Stromes an festen und wechselnden Arbeitsplätzen

Allgemeines zur elektrischen Sicherheit

Die elektrische Energie ist umweltfreundlich und leicht zu handhaben, kann jedoch bei unsachgemäßer Verwendung auch gefährlich sein. In den Statistiken spielen die Unfälle durch elektrischen Strom zwar nur eine geringe Rolle, trotzdem sind aber entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, um Gefährdungen von vornherein auszuschließen. Aufgaben der Elektrofachkräfte ist es, bei der Errichtung von elektrischen Anlagen und bei der Reparatur von Geräten die nötige Sorgfalt walten zu lassen und damit der elektrischen Sicherheit Geltung zu verschaffen.

Grundsätzlich zu den Gefahren

Fehlerhafte elektrische Anlagen und Geräte können die Gesundheit und das Leben von Menschen und Tieren gefährden sowie Sachwerte beschädigen und zerstören. Die Aufgabe der Schutzmaßnahmen d. h. des Schutzes gegen den elektrischen Schlag und des Schutzes gegen sonstige unerwünschte Wirkungen der Elektrizität ist es, derartige Gefährdungen zu vermeiden. In den entsprechenden Normen wird über die richtige Ausführung des Schutzes gegen elektrischen Schlag detailliert informiert wobei nicht für jeden Einzelfall eine genaue Anleitung gegeben werden kann. Vielmehr ist es Aufgabe der Elektrofachkräfte, die Normen richtig zu interpretieren und die Arbeit dann fachgerecht auszuführen.

Grundsätzlich ist festzuhalten:

Die Errichter der elektrischen Anlagen, also die Elektrofachkräfte, sind dafür verantwortlich, dass die Schutzmaßnahmen bei der Übergabe der Anlagen an den Betreiber einwandfrei funktionieren. Es ist sinnvoll, ein Prüfprotokoll über den Zustand der Anlage anzufertigen.

Die Hersteller der Elektrogeräte und der elektrischen Betriebsmittel sind für den fachgerechten Zustand bei deren Auslieferung zuständig. Die Einhaltung der Festlegung in der Normung garantiert die sicherheitstechnische Unbedenklichkeit der Produkte. Die Abbildung, z. B. das VDE – Zeichen auf dem Produkt, deutet auf die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen hin.

Nach der Inbetriebnahme der Anlage oder des Gerätes muss der Betreiber dafür sorgen, dass keine Schäden auftreten, welche die elektrische Sicherheit gefährden. Elektrische Anlagen sind in gewissen Zeitabständen zu überprüfen (siehe UVV). Bei Geräten ist auf sichtbare Schäden zu achten. Die Erhaltung der einwandfreien Beschaffenheit kann z. B. zu den Aufgaben des Sicherheitsingenieurs eines Industriebetriebes gehören; aber auch die Hausfrau ist gefordert, die ein elektrisches Küchengerät betreibt. Der Betreiber muss eine Elektrofachkraft beauftragen, aufgetretene Schäden zu beseitigen und den ordnungsgemäßen Zustand wieder herzustellen.

1.4 Unfälle durch den elektrischen Strom

Häufigkeit elektrischer Unfälle

Bei 30 Millionen Versicherten kommt es zu 1,5 Millionen Arbeitsunfällen im Jahr davon sind 1900 Stromunfälle. Von diesen Unfällen durch elektrischen Strom verläuft jeder 42. tödlich.

Tätigkeiten der Verletzten

Die meisten Unfälle geschehen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln, an zweiter Stelle steht das Handhaben und Bedienen von Elektrogeräten.

Spannung, bei welcher der Unfall eintritt

Die meisten Unfälle und tödlichen Unfälle geschehen im Niederspannungsbereich (230/400 V).

Berufliche Qualifikation der Verletzten

Es sind Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen sowie Facharbeiter, die keine Elektrofachkräfte sind.

Berufliche Erfahrung

Die meisten Unfälle geschehen in den ersten fünf Berufsjahren.

Ermittlung der Ursachen von Arbeitsunfällen

Was ist ein Unfall? Definition:

„Ein Unfall ist ein plötzliches zeitlich begrenztes und nicht geplantes Ereignis.“
Versicherungsrechtlich ist ein Unfall ein unvorhersehbares Ereignis, bei einer versicherten Tätigkeit mit körperlicher Beeinträchtigung und Arbeitsunfähigkeit. Betriebswirtschaftlich ist ein Unfall ein unvorhersehbares Ereignis, das den regulären Betriebsablauf unterbricht und bei den Sachen und / oder Personen be- bzw. geschädigt werden.

Unfallereignisse zeigen das Wirksamwerden einer Gefahr und sind die Folgen von Missständen.

Ein Unfallereignis kann mit geeigneten Mitteln verhindert werden.

Wie entsteht ein Unfall?

Ein Unfall ist das letzte Glied einer kausalen Kette. Die Entstehung erfolgt nach gewissen Gesetzmäßigkeiten, die ursächlich zusammenhängen. In einem (menschlich beeinflussten) Umfeld führen menschliche Mängel (etwas nicht wissen, nicht können oder nicht wollen) und Unfallursachen (sicherheitswidrige Handlungen und / oder sicherheitswidrige Zustände) zu einem Unfallereignis (mit Personen- und / oder Sachschäden).

Unfälle haben immer eine Ursache

Die Ursachen eines Unfalles sind nachprüfbar und nachvollziehbare Tatsachen, Fakten und Umstände, die gezielt erkannt und beeinflusst werden können.

Die Unfallursachenermittlung ist eine der Hauptaufgaben, um das Unfallgeschehen positiv zu ändern – also Unfälle zu verhindern. Unfälle haben häufig mehrere Ursachen. Meist reicht die Beseitigung einer Ursache aus, um einen Unfall zu verhindern. Nachfolgend soll noch näher auf die Unfallursachen eingegangen werden.

Unfallursachen

Die Unfallursachen lassen sich grob in zwei Oberbegriffe einteilen:

- a) sicherheitswidriges Verhalten (persönliche Mängel / Ursachen)
- b) sicherheitswidrige Zustände (technische oder organisatorische Mängel / Ursachen)

Beispiele für persönliche Unfallursachen sind:

- mangelnde körperliche Eignung, Überforderung durch die psychische Belastung, geminderte Aufmerksamkeit (Müdigkeit, Sorgen)
- Unzufriedenheit, Unkenntnis der Gefahren, falsche Einstellung zum Unfallrisiko (Leichtsinn oder Mutproben)
- Unwirksammachen der Schutzeinrichtung, Nichtbenutzen der persönlichen Schutzmittel.

Beispiele für technische Unfallursachen sind:

- Konstruktions- oder Materialmängel an den Maschinen,
- fehlende oder mangelhafte Schutzeinrichtungen, Mängel der Steuerungs- und Signaltechnik,
- mangelnde Tragfähigkeit und Standsicherheit von Leitern, fehlende Abdeckung,
- mangelnde Bewegungsfreiheit, mangelhafte Beleuchtung oder Belüftung.

Beispiele für organisatorische Unfallursachen sind:

- mangelnde Aufklärung der Beschäftigten über die Gefahren,
- mangelnde Überwachung durch die aufsichtsführende Person,
- Personen sind mit Aufgaben betraut worden, die sie überfordern,
- Behinderung der Verständigung (Unkenntnis der deutschen Sprache, Lärm),
- Mängel in der Planung der Arbeitsabläufe, nicht angepasstes Arbeitstempo, unzumutbares Arbeiten,
- Fehlende Körperschuttmittel.

Unfallursache ist häufig das sicherheitswidrige Verhalten von Menschen. Durch Gleichgültigkeit, die Unfähigkeit, Gefahren richtig einzuschätzen oder durch Überschätzung der eigenen Person entstehen oft nicht nur Gefahren für den Einzelnen, sondern vielfach ebenso für die Kollegen.

Die sicherheitswidrigen Zustände müssen erkannt und dann beseitigt werden.

1.5 Die fünf Sicherheitsregeln

Nur in Ausnahmefällen darf an unter Spannung stehenden Teilen gearbeitet werden. In der Regel darf nur an freigeschalteten elektrischen Anlagen gearbeitet werden. Vor Beginn der Arbeiten werden die fünf Sicherheitsregeln, die jede Elektrofachkraft kennen muss, durchgeführt.

Vor Beginn der Arbeiten:

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile, abdecken oder abschranken.

Freischalten

Vor Beginn der Arbeiten sind alle Leitungen, die Spannung an die Arbeitsstätte heranführen, abzuschalten. Besondere Vorsicht ist bei vermaschten Netzen und Ringleitungen geboten. Hier kann von mehreren Seiten Spannung anstehen. Auch bei Beleuchtungsanlagen reicht es nicht aus, nur den betreffenden Schalter zu betätigen. Bei ausgeschalteter Beleuchtung kann bei Wechselschaltungen Netzspannung anstehen. Dann sind Leitungsschutzschalter abzuschalten bzw. Sicherungseinsätze zu entfernen.

Wenn der Arbeitende nicht selbst freigeschaltet hat, muss er vor Beginn der Arbeiten die Bestätigung der Freischaltung abwarten. Bei mündlicher oder fernmündlicher Meldung der Freischaltung sind Verständigungsfehler möglich. Die Meldung ist von der aufnehmenden Stelle zu wiederholen und die Gegenbestätigung abzuwarten. Keinesfalls darf ein Zeitpunkt vereinbart werden, ab dem die Anlage als freigeschaltet angesehen werden kann.

Vorsicht, wenn Leistungskondensatoren freigeschaltet werden. Es muss auf die vollständige Entladung geachtet werden. Bei längeren Kabelstrecken wirken auch diese Kabel wie ein Kondensator und müssen entladen werden.

Gegen Wiedereinschalten sichern

Die Gefahr, dass irrtümlich eine Wiedereinschaltung erfolgt, ist immer vorhanden. Um diese Gefahr auszuschalten, muss die Ausschaltstelle gesichert werden. Die beste Sicherung ist das Abschließen der Trenn- und Betätigungseinrichtung. Jede Elektrofachkraft sollte dazu ein eigenes Vorhängeschloss mit sich führen. Eine andere Möglichkeit ist die Mitnahme der herausgedrehten Sicherungen bzw. der Einsatz von Sperrelementen. Leitungsschalter sind durch Aufkleber (Nicht Einschalten) oder wenigstens durch Klebefolie zu sichern. Zusätzlich ist ein Verbotsschild, welches auf die Arbeiten und den Schaltzustand hinweist, zuverlässig und gut sichtbar anzubringen. Die Anbringung des Verbotsschildes wird ohne Einschränkungen gefordert. Bei Herausnahme von NH-Sicherungen in offenen Verteilern muss Gesichtsschutz und der NH-Sicherungsaufsteckgriff mit Stulpe benutzt werden.

Spannungsfreiheit feststellen

Zahlreiche Elektrounfälle ereignen sich durch Unterlassung der dritten Sicherheitsregel. Gerade bei Beschriftungsfehlern ist die Gefahr groß, dass Schaltfelder verwechselt werden. Bei Reparaturarbeiten werden Schaltelemente oftmals ein- und ausgeschaltet, um die Fehler zu orten. Dabei kommt es in der Praxis auch vor, dass die Elektrofachkraft den Schaltzustand verwechselt. Auch über Messleitungen, Steuerleitungen, Notstromaggregate oder Rücktransformation kann Spannung an die Arbeitsstätte gelangen. Daher ist es lebenswichtig, die Spannungsfreiheit allpolig durch geeignete und zugelassene Spannungsprüfer festzustellen. Nur eine Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person darf die Spannungsfreiheit feststellen. Vor Feststellung der Spannungsfreiheit muss der benutzte Spannungsprüfer selbst überprüft werden. Es muss sicher sein, dass er ordnungsgemäß anzeigt. Dies kann bei Spannungsprüfern ohne Eigenprüfvorrichtung durch Anlegen an ein unter Spannung stehendes Anlagenteil erfolgen. Gewarnt werden muss vor den kleinen preiswerten einpoligen Spannungsprüfern, die bis 250 Volt gegen Erde zugelassen sind. Bei isolierenden Fußbodenbelägen und an hellen Orten kann die Anzeige beeinträchtigt werden. Die zweipoligen Spannungsprüfer dürfen nicht in Anlagen mit Nennspannung über 1 kV verwendet werden.

Erden und Kurzschließen

Als zusätzlicher Schutz bei versehentlicher Wiedereinschaltung und bei Beeinflussungsspannungen werden Erdungs- und Kurzschluss garnituren mit geeigneten Querschnitten verwendet. Es muss zuerst geerdet und dann kurzgeschlossen werden.

Erdung und Kurzschließen müssen von der Arbeitsstelle aus sichtbar sein. Wenn an Unterbrechungsstellen gearbeitet wird, muss an beiden Seiten geerdet und kurzgeschlossen werden. In Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt kann auf das Erden und Kurzschließen verzichtet werden. Bei Arbeiten an Freileitungen (ausgenommen schutzisolierte Freileitungen) darf jedoch unabhängig von der Spannungshöhe nicht auf die 4. Sicherheitsregel verzichtet werden. In Industrieanlagen, zumal wenn Ausschalt- und Arbeitsstelle weit voneinander entfernt sind, empfiehlt sich das Erden und Kurzschließen aus Sicherheitsgründen auch in Anlagen unter 1000 Volt.

Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Alle unter Spannung stehende Anlagenteile, die den Arbeitenden gefährden könnten, müssen abgedeckt oder abgeschränkt werden. Wenn dies nicht möglich ist, muss auch der benachbarte Anlagenteil freigeschaltet werden. Die Abdeckungen müssen ausreichend isolierend, stabil und sicher befestigt sein. Dabei ist zu beachten, dass das Anbringen von Abdeckungen auf unter Spannung stehender Teile Arbeiten unter Spannung sind. Daher muss entsprechender Körperschutz getragen werden.

Erst nach Durchführung aller fünf Sicherheitsregeln darf die verantwortliche Aufsichtsperson die Arbeit freigeben.

Wiedereinschalten

Nach dem Entfernen der Arbeitsgeräte, Putzlappen, Hilfsstoffe, usw. müssen alle nicht mehr benötigten Personen den Gefahrenbereich verlassen, bevor die Sicherheitsmaßnahmen aufgehoben werden. Die Kurzschlussverbindung muss immer vor der Erdverbindung entfernt werden.

Hinweis:

Die fünf Sicherheitsregeln sind in umgekehrter Reihenfolge aufzuheben, bevor wieder eingeschaltet werden darf.

Arbeiten in der Nähe aktiver Teile

In der Nähe von aktiven Teilen, die nicht freigeschaltet oder abgedeckt bzw. abgeschränkt sind, darf nur gearbeitet werden, wenn bestimmte Mindestabstände eingehalten werden. Bei Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt wird in den Durchführungsanweisungen zur BGV A 2 als Richtwert ein Mindestabstand von 25 cm im Umkreis von der Arbeitsstelle genannt. Dabei müssen unbewusste Bewegungen des Arbeitenden und die Größe der benutzten Werkzeuge beachtet werden. Es sind deshalb gegebenenfalls Zuschläge bei der Bemessung des Abstandes zu machen.

Besondere Vorsicht ist bei Arbeiten mit Leitern, sperrigen Materialien in elektrischen Anlagen und bei Arbeiten im Bereich von Freileitungen über 1 kV geboten.

Bei nichtelektrotechnischen Arbeiten (Hoch- und Tiefbauarbeiten, Gerüstbau, usw.) ist zu aktiven Teilen bis 1000 Volt der Mindestabstand 1,00 m und zu aktiven Teilen über 1000 Volt von 3,00 m einzuhalten.

Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen

Die BGV A 2 verbietet bis auf wenige Ausnahmen das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen. Das bewusste oder unbewusste Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen oder in der Nähe solcher Teile ist besonders unfallträchtig. Diese Elektrounfälle geschehen durch das Berühren unter Spannung stehender Teile und durch Auslösung von Lichtbögen durch Kurzschluss. An unter Spannung stehenden Teilen darf gearbeitet werden, wenn durch die Höhe der Spannung oder des Kurzschlussstromes keine Gefahr besteht, beispielsweise bei eigensicheren Stromkreisen.

Gründe für das Arbeiten unter Spannung können sein:

- Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen,
- Brand- oder Explosionsgefahr,
- größere wirtschaftliche Schäden im Betrieb,
- Störungen in Verkehrsanlagen, wenn dadurch eine erhebliche Gefahr für Verkehrsteilnehmer besteht,
- Arbeiten in der öffentlichen Stromversorgung.

In feuergefährdeten Betriebsstätten darf grundsätzlich nicht an unter Spannung stehenden Teilen gearbeitet werden.

Da das Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen besonders gefährlich ist, dürfen diese Arbeiten nur von besonders geeigneten Elektrofachkräften ausgeführt werden.

Während der Arbeiten unter Spannung sollte ein Mitarbeiter anwesend sein, der in Herz – Lungen – Wiederbelebung ausgebildet ist.

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- 24 -

1.6 Prüfungen in elektrischen Anlagen

In § 5 der BGV A 2 „Elektrische Anlagen“ ist festgelegt, dass der Unternehmer dafür zu sorgen hat, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden,

1. vor der ersten Inbetriebnahme und nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme durch eine Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft und
2. in bestimmten Zeitabständen.

Die Fristen sind so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden. Bei der Prüfung sind die sich hierauf beziehenden elektrotechnischen Regeln zu beachten. Auf Verlangen der Berufsgenossenschaft ist ein Prüfbuch mit bestimmten Eintragungen zu führen. Die Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme nach Absatz 1 ist nicht erforderlich, wenn dem Unternehmer vom Hersteller oder Errichter bestätigt wird, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel den Bestimmungen dieser Unfallverhütungsvorschrift entsprechend beschaffen sind.

Die Verantwortung für die ordnungsgemäße Durchführung der Prüfungen obliegt der Elektrofachkraft. Stehen für die Mess- und Prüfaufgaben geeignete Mess- und Prüfgeräte zur Verfügung, dürfen auch elektrotechnisch unterwiesene Personen unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft prüfen.

Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel

Für ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel sind die Forderungen hinsichtlich Prüffrist und Prüfer erfüllt, wenn die in Abbildung 1.4 genannten Festlegungen eingehalten werden. Die Forderungen sind für ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel auch erfüllt, wenn diese von einer Elektrofachkraft ständig überwacht werden. Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel gelten als ständig überwacht, wenn sie kontinuierlich

- von Elektrofachkräften instandgehalten und
- durch messtechnische Maßnahmen im Rahmen des Betriebes (z. B. Überwachen des Isolationswiderstandes) geprüft werden.

Die ständige Überwachung als Ersatz für die Wiederholungsprüfung gilt nicht für die elektrischen Betriebsmittel der Abbildungen 1.5 und 1.6.

Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel in „Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art“ (DIN VDE 0100 Gruppe 700)	1 Jahr		
Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nichtstationären Anlagen	1 Monat	auf Wirksamkeit	Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte
Fehlerstrom-, Differenzstrom und Fehlerspannungs-Schutzschalter	6 Monate arbeitstäglich	auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer
- in stationären Anlagen			
- in nichtstationären Anlagen			

Abb. 1.4: Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel

Die Abbildung 1.5 enthält Richtwerte für Prüffristen. Als Maß, ob die Prüffristen ausreichend bemessen werden, gilt die bei den Prüfungen in bestimmten Betriebsbereichen festgestellte Quote von Betriebsmitteln, die Abweichungen von den Grenzwerten aufweisen (Fehlerquote). Beträgt die Fehlerquote höchstens 2 % kann die Prüffrist als ausreichend angesehen werden.

Die Verantwortung für die ordnungsgemäße Durchführung der Prüfung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel darf auch eine elektrotechnisch unterwiesene Person übernehmen, wenn geeignete Mess- und Prüfgeräte verwendet werden.

Wiederholungsprüfungen ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist Richt- und Maximal-Werte	Art der Prüfung	Prüfer
Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (soweit benutzt) Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen Anschlussleitungen mit Stecker bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss	Richtwert 6 Monate, auf Baustellen 3 Monate*). Wird bei den Prüfungen eine Fehlerquote < 2 % erreicht, kann die Prüffrist entsprechend verlängert werden. Maximalwerte: Auf Baustellen , in Fertigungsstätten und Werkstätten oder unter ähnlichen Bedingungen ein Jahr, in Büros oder unter ähnlichen Bedingungen zwei Jahre.	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft, bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte auch elektrotechnisch unterwiesene Person.

Abb. 1.5: Wiederholungsprüfungen ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel

*) Konkretisierung siehe „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz – Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Baustellen“

Schutz- und Hilfsmittel

Die Prüffristen für Schutz- und Hilfsmittel zum sicheren Arbeiten in elektrischen Anlagen und persönliche Schutzausrüstung sind in Abbildung 1.6 angegeben.

Prüfungen für Schutz- und Hilfsmittel

Prüfobjekt	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Isolierende Schutzbekleidung (soweit benutzt)	vor jeder Benutzung	auf augenfällige Mängel	Benutzer
	12 Monate	auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte	Elektrofachkraft
	6 Monate für isolierende Handschuhe		
Isolierende Werkzeuge, Kabelschneidergeräte isolierende Schutzvorrichtungen sowie Betätigungs- und Erdungsstangen	vor jeder Benutzung	auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel	Benutzer
Spannungsprüfer, Phasenvergleich		auf einwandfreie Funktion	
Spannungsprüfer, Phasenvergleich und Spannungsprüfsysteme (kapazitive Anzeigensysteme) für Nennspannungen über 1 kV	6 Jahre	auf Einhaltung der in den elektrotechnischen Regeln vorgegebenen Grenzwerte	Elektrofachkraft

Abb. 1.6: Prüfungen für Schutz- und Hilfsmittel

Erkennen und Beurteilen einer nicht ordnungsgemäß durchgeführten Installation

An der folgenden, nicht vollständigen Checkliste, soll eine nicht ordnungsgemäß durchgeführte Installation erkannt werden:

- Sind alle aktiven Teile durch Isolierung oder Abdeckung gegen direktes Berühren geschützt?
- Weisen Isolierungen oder Abdeckungen z. B. von Steckdosen oder Schalter Beschädigungen auf?
- Sind die Abdeckungen, z. B. von Steckdosen, Schalter oder Abzweigdosen ordnungsgemäß befestigt?
- Sind die Betriebsmittel fachgerecht befestigt?
- Weisen Isolierungen von Leitungen, Kabel und Drähte Beschädigungen auf?
- Sind die Betriebsmittel ausreichend gegen mögliche Einwirkungen von Feuchte und Staub geschützt?
- Sind die Überstrom- und Kurzschlussschutzeinrichtungen den Leiterquerschnitten und der Strombelastbarkeit richtig zugeordnet?
- Ist die Motorschutzeinrichtung, bezogen auf den Motor, richtig eingestellt?
- Ist die Leitung für den verwendeten Zweck geeignet?
- Weist die Leitung Beschädigungen oder Zeichen thermischer Überbeanspruchung an ihrer Isolierung auf?
- Ist die Leitung ordnungsgemäß verlegt, führt sie über scharfe Kanten, ist sie geknickt, ist sie richtig befestigt, ist sie zugentlastet?
- Sind die Abstände von Wärme erzeugenden Betriebsmitteln gegenüber entzündlichen Stoffen ausreichend?
- Sind die Betriebsmittel für die Betriebsstätten geeignet und zulässig?
- Sind Leitungs- und Kabeldurchführungen fachgerecht abgedichtet?
- Sind nicht benutzte Leitungseinführungen (z. B. von Abzweigdosen) verschlossen?
- Sind die für unterschiedliche Spannungen verwendeten Steckvorrichtungen unverwechselbar?
- Sind die Leiter (Drähte) in den Verteilern einzeln auf Klemmen angeschlossen?
- Sind die Anschluss- und Verbindungsstellen gegen Selbstlockern gesichert?
- Sind die Schutzkontakte der Steckvorrichtungen nicht verbogen oder verschmutzt?
- Sind die Leitungen ordnungsgemäß abgesichert?
- Sind Schutzleiter und PEN- Leiter für sich allein nicht schaltbar?
- Sind die Leiter nicht verwechselt?
- Ist der Hauptpotenzialausgleich wirksam hergestellt?
- Stimmen Schaltpläne mit dem tatsächlichen Anlagenaufbau und der Stromkreiskennzeichnung überein?
- Sind die erforderlichen Einrichtungen zum Stillsetzen und Ausschalten (Not-Aus-Einrichtungen), Verriegelungen, Schutzeinrichtungen, Melde- und Anzeigeeinrichtungen richtig eingebaut und vollständig?
- Sind für Anlagen und Räume, für die besondere Schutzmaßnahmen gelten, diese auch eingehalten worden?
- Schaltet der RCD ab, wenn die Prüftaste betätigt wird?

Erkennen und Beurteilen eines schadhaften Elektrogerätes

An der folgenden, nicht vollständigen Checkliste, soll ein schadhaftes Elektrogerät erkannt werden:

- Sind alle aktiven Teile durch Isolierung oder Abdeckung gegen direktes Berühren geschützt?
- Weisen Isolierungen oder Abdeckungen des Gerätes Beschädigungen auf?
- Sind die Abdeckungen ordnungsgemäß befestigt?
- Weisen Isolierungen von Leitungen Beschädigungen auf?

- Ist die Geräteleitung für den verwendeten Zweck geeignet?
- Weist die Leitung Beschädigungen oder Zeichen thermischer Überbeanspruchung an ihrer Isolierung auf?
- Ist die Leitung richtig befestigt, ist sie zugentlastet?
- Ist die Leitung, wenn erforderlich (z. B. bei Tauchpumpen) fachgerecht abgedichtet?
- Ist das Gerät ausreichend gegen mögliche Einwirkungen von Feuchte und Staub geschützt?
- Ist das Gerät stark verschmutzt oder verrostet?
- Sind nicht benutzte Leitungseinführungen verschlossen?
- Erfüllt das Gerät die Bedingungen des Schutzes gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren), z. B. für Schutzklasse II (Schutzisolierung), SELV (Schutzkleinspannung), Schutztrennung?
- Sind die für unterschiedliche Spannungen verwendeten Steckvorrichtungen unverwechselbar?
- Sind die Anschluss- und Verbindungsstellen gegen Selbstlockern gesichert?
- Ist der Schutzleiter an die dafür besonders gekennzeichnete Klemme angeschlossen?
- Sind die Schutzkontakte des Steckers nicht verbogen oder verschmutzt?
- Sind die Leiter nicht verwechselt?

Prüfungen der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren

Vor der Inbetriebnahme ist vom Errichter festzustellen, ob die geforderten Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren richtig angewendet worden sind.

Die dazu notwendigen Prüfungen umfassen:

- Besichtigung
- Erprobung
- Messung

Im Einzelfall sind besondere Festlegungen – auch in VDE 0100 – sowie z. B. in VDE 0107, 0108, 0113 zu berücksichtigen.

EINE FUNKTIONSKONTROLLE DARF IN JEDEM FALL ERST NACH DEM PRÜFEN DER SCHUTZMAßNAHMEN Vorgenommen werden!

Besichtigung

Die Besichtigung genießt Vorrang vor allen anderen Prüfungen und kann nicht erst genug genommen werden.

Schon bei der Errichtung einer elektrischen Anlage muss laufend in gewissen Arbeitsabschnitten eine Besichtigung erfolgen. Dies gilt insbesondere für das richtige Anschließen des Schutzleiters und das Kennzeichnen der Anschlussstelle und die richtige Auswahl der Schutzeinrichtungen.

Wenn die elektrische Anlage fertig errichtet ist, ist eine Besichtigung nur noch bedingt möglich und würde zu einer teilweisen Demontage führen, was Anlass für zusätzliche Fehlerquellen sein kann.

Erprobung

Die Erprobung besteht in der Bestätigung der Prüfeinrichtungen von

- FI-Schutzschaltern,
- FU-Schutzschaltern,
- Isolationsüberwachungsgeräten.

DURCH DIE ERPROBUNG WIRD NUR DIE FUNKTION DER SCHUTZEINRICHTUNG ÜBERPRÜFT! NIEMALS DIE SCHUTZMAßNAHME!

Messung

Durch Messungen müssen die Werte ermittelt werden, die eine Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ermöglichen. Beim Messen dürfen keine Unfall- oder Brandgefahren entstehen.

Es müssen Messgeräte verwendet werden

- deren Ausgangsspannung bei 10 mA Belastung die zulässige Berührungsspannung von 50 V bzw. 25 V nicht überschreiten oder
- die bei Überschreiten der zulässigen Berührungsspannung nach höchstens 0,2 s selbsttätig abschalten oder
- bei denen die Messung mit einem so hochohmigen Messkreis begonnen werden kann, dass der Messstrom höchstens 10 mA beträgt. Erst wenn festgestellt worden ist, dass die zulässige Berührungsspannung nicht überschritten wird, darf die Prüfung mit niedrigen Prüf Widerständen fortgesetzt werden.

Messgeräte nach VDE 0413 erfüllen diese Forderungen.

Wiederholungsprüfungen

Elektrische Anlagen sind in angemessenen Zeiträumen erneut zu prüfen. Der Umfang der Prüfungen darf je nach Bedarf und nach den örtlichen Verhältnissen dann auf Stichproben beschränkt werden, wenn dadurch eine Beurteilung des ordnungsgemäßen Zustandes möglich ist (siehe auch VDE 0105, BGV A 2).

Im Allgemeinen werden durch eine Besichtigung, vor allem der kritischen Anlagenteile, Mängel gefunden. Besondere Aufmerksamkeit ist erforderlich für:

- Provisorische Leitungen (Unfall-, Brandgefahr)
- Steckdosen (verschmort?)
- Defekte oder fehlende Abdeckungen (Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile)
- Sicherungen (geflickt? Brandgefahr)
- LS-Schalter und FI-Schalter (überbrückt? Unfall-, Brandgefahr)
- lose Klemmverbindungen (PE-Leiterunterbrechung)
- die Zuordnung der Überstromschutzorgane zu den Leiterquerschnitten (Änderung vorgenommen?)
- die Änderung der Raumart (Ist die vorhandene Installation noch zulässig?).

Messungen der angewendeten Schutzmaßnahmen brauchen unter Umständen nicht wiederholt zu werden, wenn sich die bei der Errichtung vorhandenen Voraussetzungen nicht wesentlich geändert haben.

Bei der Messung des Isolationswiderstandes ist oft die Messung Leiter gegen Leiter kaum oder gar nicht möglich. Hier kann es genügen, alle Leiter parallel zu schalten und gemeinsam gegen Erde bzw. PE-Leiter zu messen. Dabei können auch die Verbrauchsmittel angeschlossen bleiben. Nur wenn der Messwert nicht ausreichend ist, muss die Anlage aufgetrennt und durch Einzelmessungen das fehlerhafte Teil ermittelt werden.

Verantwortungsbereiche beim Arbeiten unter Spannung

Der Unternehmer

- trifft die Grundentscheidung für das Arbeiten unter Spannung,
- klärt die zwingenden Gründe,
- erstellt die Betriebsanweisung für das Arbeiten unter Spannung,
- ernennt Anlagenverantwortliche,
- lässt Elektrofachkräfte ausbilden,
- stellt die Ausrüstung zur Verfügung.

Der Anlagenverantwortliche

- entscheidet im Einzelfall, ob ein zwingender Grund zutrifft,
- erteilt die Anweisung zum Arbeiten unter Spannung,
- wählt geeignete Elektrofachkräfte aus,
- überwacht die Arbeiten.

Der Arbeitsverantwortliche

- entscheidet vor Ort, ob Arbeiten unter Spannung durchführbar sind,
- nimmt die Prüfung der Ausrüstung vor,
- führt die Arbeiten sicher und fachgerecht aus.

Organisatorische Maßnahmen beim Arbeiten unter Spannung

1. Arbeitsvorbereitung

Es sind alle elektrischen und anderen Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen. Für komplexe Arbeiten ist eine rechtzeitige schriftliche Vorbereitung erforderlich.

2. Maßnahmen des Anlagenverantwortlichen

Er ist verantwortlich, dass der sichere Zustand an der Arbeitsstelle hergestellt wird. Er schafft geeignete Kommunikationsverbindungen zwischen Arbeitsstelle und Leitstelle.

3. Maßnahmen des Arbeitsverantwortlichen

Er informiert den Anlagenverantwortlichen über Art und Ort der Arbeit. Er unterweist das Personal über Art und Umfang der Arbeiten, Sicherheitsmaßnahmen sowie den Umgang mit Werkzeug und Hilfsmitteln. Er hat die Umgebungsbedingungen an der Arbeitsstelle zu berücksichtigen und erteilt die Freigabe zur Arbeit. Nach Abschluss der Arbeiten und auch bei Unterbrechung der Arbeiten treffen aller Sicherheitsmaßnahmen und Information an den Anlagenverantwortlichen.

Prüfprotokoll für instandgesetzte elektrische Geräte

(1)

Auftrag Nr.

Auftraggeber (Kunde) (2) Herr/Frau/Firma		Elektrohandwerksbetrieb (Auftragnehmer)	
Geräteart : Bohrmaschine	Ident-Nr : 7636	Hersteller : Metabo	
Typenbezeichnung : 172,2		Schutzklasse : II	Nennstrom :
Fabr.-Nr :	Baujahr : 0	Nennspannung : 230,0 V	Nennleistung :
Annahme/ Anlieferung am : 17.10.2000	Reparatur am : 16.10.2000	Rückgabe/ Abholung am : 17.10.2000	
Kundenangaben (Fehler) :			
Durchgeführte Reparaturarbeiten :			
Prüfung (3) nach Instandsetzung gemäß DIN VDE 0701 Teil 1		Besondere Bestimmung DIN VDE 0701 Teil (4) :	
Besichtigung (5) Gehäuse i.O. ☒ sonstige mechanische Teile i.O. (6) : ☒ Geräte-Anschlußleitungen einschl. Steckvorrichtungen mängelfrei ☒			
Messung	Schutzleiter (7) (Ohm)	Isolationswiderstand (8) (M. Ohm)	Ersatz-Ableitstrom (9) mA
		>310.0	00.15
Funktions- und Sicherheitsprüfung mängelfrei ☒ Aufschriften vorhanden bzw. vervollständigt ☒ Nächster Prüfungstermin gemäß Unfallverhütungsvorschrift VBG 4 (10) 16.10.2001		☒ Das Gerät kann nicht mehr instandgesetzt werden ☒ Das Gerät hat erhebliche sicherheitstechnische Mängel, es besteht - Brandgefahr - Gefahr durch elektrischen Schlag - mechanische Gefahr	
Nenndaten des Gerätes stimmen mit den Hersteller-Kennwerten überein ☒			
Verwendete Meßgeräte (11)			
Fabrikat : GOSSEN-METRAWATT		Typ : SECUTEST 0701S	
Fabrikat : GOSSEN-METRAWATT		Typ : SECUTEST PSI	
Unterschriften Prüfer (12)			
Verantwortlicher Unternehmer (13)			
Wasserwerk 16.10.2000		Unterschrift	Unterschrift

Abb. 1.7: Prüfprotokoll für instandgesetzte Geräte

Prüfprotokoll für elektrische Anlagen

		Auftrag-Nr: 200107	Blatt-Nr.: 2
		Protokoll-Nr: 8	Gesamte Blatt-Zahl:
Bezeichnung:		Gebäude-Nr: HBSCH	
Ort/Firma:			
Grund der Überprüfung: Neuanlage		letzte Prüfung: 31.7.2001	nächste Prüfung: 31.7.2002
Prüfer 1:		Prüfer 2:	Anwesende:
Netz: TN-C-S		Schutzmaßnahme: FI	Zust. EVU:

Verteiler/Schaltschränke

Nr.	Bezeichnung/Ort	Verteilerart	Zahl der Stromkreise	Zuleitung A	Zuleitung mm²	Sonderbereiche	ZST [Ohm]	bes. Schutzmaßnahmen	1	2	3
001			0	0,00	0,00						

Stromkreise**Messungen** nach DIN VDE0100 Teil 610

Verteiler	FI Stromkreis	Bezeichnung	Stromart	Schutzorgan [A]	Riso L Riso N [Ohm]	R Lo Ri [Ohm]	RE [Ohm]	Rschl [Ohm] Ik [A]	FI-Art IdN[A] UL [V]	Id [A] Uld [V]	tA:[s] UldN [V]	Sonderbereiche	Bes. Schutzmaßnahmen	1	2	3
001	01/101				99.9M		0.08	0.25 920		18.9m 0.0	31.0m 0.1					
001	01/102									18.6m 0.0	27.0m 0.0					
001	02/101						0.1			316.m 0.0	28.0m 0.1					

Mängel erledigt ☐ ja ☐ nein Unterschrift: _____

Auftrags-Nummer: _____ _____ Prüfer1

Datum: _____ _____ Prüfer2

(1=Besichtigungsmängel, 2=Brandgefahr, 3=Lebensgefahr)

Abb. 1.8: Prüfprotokoll für elektrische Anlagen

Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 1 Drehrichtung

Bauherr		Projekt	

Angaben zum Antrieb	Herstellerdaten gemäß Typenschild
Kenn - Nr.	Seriennummer
Klartextbezeichnung	Nennstrom
Anlagenbereich	Sonstiges

Aggregateschutz (Messungen)	eingestellt / vorgegeben	gemessen bei starrer Drehzahl	gemessen bei Min - Drehzahl	gemessen bei Max - Drehzahl
Motorstrom (in A)				
PT 100 - Motortemperatur (in °C)				
Motorfrequenz (in Hz)				

Funktionsprüfung (Signalisierung / Abschaltung)	NSHV / NSUV ja nein	Mosaikwarte ja nein	PLS ja nein	FW ja nein
Drehrichtung	☐ ☐			
allgemeine Störung elektrisch	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	
Sammelstörung	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐
Temperaturabschaltung Temp. Max	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	
PT100-Motortemperatur Grenzwert	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	
Dichtigkeitsüberwachung	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	
Motorstromanzeige (A)	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	
Frequenzanzeige (Hz)	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	

Funktionsprüfung (Handbetrieb)	NSHV / NSUV ja nein	Mosaikwarte ja nein	PLS ja nein	örtl. Bedienung ja nein
Fahrbehl Ein / Aus	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐
Drehzahlverstellung langsamer / schneller	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐

Bemerkungen	

Firma		Prüfer		Datum	

Abb. 1.10: Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 1 Drehrichtung

Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 2 Drehrichtungen

Bauherr		Projekt	

Angaben zum Antrieb		Herstellerdaten gemäß Typenschild	
Kenn - Nr.		Seriennummer	
Klartextbezeichnung		Nennstrom	
Anlagenbereich		Sonstiges	

Aggregateschutz (Messungen)	eingestellt / vorgegeben	gemessen in Drehrichtung Auf	gemessen in Drehrichtung Zu
Motorstrom (in A)			
Laufzeitüberwachung (in sec.)			

Funktionsprüfung (Signalisierung / Abschaltung)	NSHV / NSUV		Mosaikwarte		PLS		FW	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Drehrichtung Auf / Zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
allgemeine Störung elektrisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
Sammelstörung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Endlagensignalisierung Auf / Zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Drehmomentabschaltung Auf / Zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
Thermistorschutz Temp. Max	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
Laufmeldung Auf / Zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐		
Stellungsgeber (4 - 20 mA)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Funktionsprüfung (Handbetrieb)	NSHV / NSUV		Mosaikwarte		PLS		örtl. Bedienung	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Fahrbefehl Auf / Halt / Zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Bemerkungen	

Firma		Prüfer		Datum	

Abb. 1.11: Prüfprotokoll zur Funktionsprüfung von Drehstromantrieben mit 2 Drehrichtungen

STADTWERKE**- Wasseranlagen**

Wiederkehrende Überprüfungen der

Wasserspeichereinrichtung

HB:

Ort:

Datum:

Pos: Bezeichnung

1.	Schalt & Steueranlage	in Ordnung	☐	
	Prüfprotokoll im Ordner abgeheftet	* Mängel festgestellt	☐	☐
2.	Beleuchtungsanlage	in Ordnung	☐	
		* Mängel festgestellt	☐	☐
3.	Armaturen	in Ordnung	☐	
		* Mängel festgestellt	☐	☐
4.	Messeinrichtungen	in Ordnung	☐	
	Wst.	in Ordnung	☐	
	Durchfluß	* Mängel festgestellt		☐
5.	Alarmanlage	in Ordnung	☐	
		* Mängel festgestellt	☐	☐
6.	Überflutungsmeldung	in Ordnung	☐	
		* Mängel festgestellt	☐	☐
7.	24 V Anlage	in Ordnung	☐	
		* Mängel festgestellt	☐	☐
8.	Gerätetest	in Ordnung	☐	
	Prüfprotokoll im Ordner abgeheftet	* Mängel festgestellt	☐	☐

Bemerkungen:

Prüfer 1:

Prüfer 2:

Abb. 1.12: Prüfprotokoll für wiederkehrende Überprüfungen der Wasserspeichereinrichtung

Betriebsstellenübersicht				
Verantwortungsbereich: Sachgebiet Labor				
Baugruppe: Nachklärung	Betriebsstellennummer: 0543			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Bauwerk (ggf. lfd. Nr.) : Probenahmestation Bauteil : Betriebspunkt : Wartungspunkt : Probenahme </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> Detailunterlagen Aktenschrank : Labor Aktenbezeichnung : Wartungsbuch Probenahme </td> </tr> </table>		Bauwerk (ggf. lfd. Nr.) : Probenahmestation Bauteil : Betriebspunkt : Wartungspunkt : Probenahme	Detailunterlagen Aktenschrank : Labor Aktenbezeichnung : Wartungsbuch Probenahme	
Bauwerk (ggf. lfd. Nr.) : Probenahmestation Bauteil : Betriebspunkt : Wartungspunkt : Probenahme	Detailunterlagen Aktenschrank : Labor Aktenbezeichnung : Wartungsbuch Probenahme			
Bemerkung : Kostenstelle : Bezeichnung :				
lfd. Nr.	Wartung, Inspektion, gepl. Instandsetzung, Betriebsweise	Häufigkeit	Bezeichnung	Bemerkung
1.1	Probenahmegerät Wetzler ASP9465(E&H), Probenahme 0:00 - 0:00, 24h-Mischprobe	①		mengenproportional
1.2	Gerät und Schrank	⑩		Reinigen und Warten
1.3	Abwasserbeschaffenheit	①		ungewöhnliches Aussehen(ROT-Färbung) oder Trübung (ST < 50 cm) ➔ Betriebsleitung einschalten, Stichprobe ziehen

*) Symbol-Erläuterung: ① = 2 x tägl. ① = tägl. ② = jeden 2. Tag ③ = wöchentl. ④ = monatl.				
⑤ = ¼ jährl. ⑥ = ½ jährl. ⑦ = jährl. ⑧ = alle 2 Jahre ⑨ = alle 5 Jahre				
⑩ = bei Bedarf				
A = 100 h B = 200 h C = 500 h D = 1000 h E = 2000 h				
F = 3000 h G = 5000 h H = 8000 h I = Prüfung durch Externe J = Wartung durch Externe				
K = außergewöhnliche Akte				

Datum	Zusammengestellt von	Genehmigt von	Blatt Nr	Betriebsstelle

Abb. 1.13: Prüfprotokoll Abwasserbetrieb - Labor

Betriebsstellenübersicht

Verantwortungsbereich: Sachgebiet Klärtechnik

Baugruppe: Flockungsfiltration

Betriebsstellennummer: 1234

Bauwerk (ggf. lfd. Nr.)

Bauteil : Messung

Betriebspunkt :

Wartungspunkte : PO4-Messung; Trübungsmessung

Detailunterlagen

Aktenschrank : Laborbüro:

Aktenbezeichnung :

Bemerkung: UVV beachten, Vorsicht Infektionsgefahr,

Kostenstelle : 54321

Bezeichnung : Flockenfilter

lfd. Nr.	Wartung, Inspektion, gepl. Instandsetzung	Interv.	Erled.	Name	Bemerkung
1.1	Phosphat – ONLINE -Messung ADI 2015, Reinigen und Warten	10			ungewöhnlicher Geruch, Farbe (ROT -Färbung), Absatz der Probe > 0,1 ml/l
	Auffüllen der Standard-Lösung	3			PO4-P-ONLINE-Messung > 0,5 mg/l P
	Auffüllen der Natronlauge	3			→ Stichprobe ziehen, Betriebsleitung einschalten
	Auffüllen der Ascorbinsäure-Lösung (Lsg. A)	3			
	Auffüllen der Schwefelsäure/ Molybdat- Lsg. (Lsg. B)	3			
1.2	Umwälzleitung reinigen	2			Algenbildung
1.3	Trübungsmessung MONITEK Mod.160/131, Warten und Eineichen	10			
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					

Abb. 1.14: Prüfprotokoll Abwasserbetrieb - Filtration

Betriebsstellenübersicht					
Verantwortungsbereich: Sachgebiet Elektrotechnik					
Baugruppe: Einlaufgruppe			Betriebsstellennummer: 0304		
Bauwerk (ggf. lfd. Nr.): Rechen Bauteil : Betriebspunkt : Wartungspunkt :			<u>Detailunterlagen</u> Aktenschrank : Elektrowerkstatt Aktenbezeichnung : Technische Doku A-Z Schaltpläne : Ordner 1-NBL-1 Meisterbüro		
Bemerkung : Bei allen Arbeiten sind die UVV- und VDE-Vorschriften zu beachten! Achtung! Vorsicht EX-Bereich					
Kostenstelle :			Bezeichnung :		

lfd. Nr.	Wartung, Inspektion, gepl. Instandsetzung	Interv:	Zeit: KW	Erledigt: Name	Bemerkung
3	Berührungslose Endschalter Rechen 1-4	⑤			Schalter im Magneten prüfen; Rechen 1, 2, 3 und 4 (2 Mann)
3	Mechanische Endschalter	⑤			Container 1+2 Funktionskontrolle
3	Mechanische Endschalter; Reißleinen	⑤			Transportbänder 1+2; Funktionskontrolle (2 Mann)
3	Not-Aus prüfen	④			Rechen 1, 2, 3, 4, Funktionskontrolle
3	Antriebsmotoren				
3	- Rechen 1-4	⑥			Sichtkontrolle; Lüftungsgitter
3	- Förderbänder 1+2	⑥			Sichtkontrolle
3	- Container 1+2	⑥			Sichtkontrolle
3	Motorbremsen				
3	- Rechen 1-4	⑥			Sicht- und Funktionskontrolle (2 Mann)
3	- Förderbänder 1+2	⑥			Sicht- und Funktionskontrolle (2 Mann)
3	- Container 1+2	⑥			Sicht- und Funktionskontrolle (2 Mann)
3	Beleuchtungsanlage, Rechengebäude, EX Bereich	⑦			Sicht- und Funktionskontrolle, bei Bedarf austauschen (Achtung! Einstiftleuchten)
3	Schalt- und Steuerungsanlage Rücklauf	⑥			Funktionskontrolle in 1-NBL-1 Feld 6 (2 Mann)
3	Staumessung; Wasserspiegel Differenz	④			Funktionskontrolle durch abdrücken der Leitungen
3	Rolltore (Antriebe)	④			Prüfung durch Sachverständigen
3	Zustand Schaltschränke	⑦			Sichtkontrolle, äußerer und innerer Zustand bei Bedarf reinigen (Spray, Druckluft, Staubsauger.)
3	Schützkontakte	⑦			Schaltschrank 1-NBL-1, Feld 1-3 Kontaktkontrolle, bei zu hohem Verschleiß wechseln, sonst Kontaktspray Lexite oder NC 123
3	Vor Ort Steuerstellen aller Antriebe	⑥			Sicht- und Funktionskontrolle (Schalter und Taster) Gummidichtungen (48Volt DC)

Abb. 1.15: Prüfprotokoll Abwasserbetrieb - Einlaufgruppe

1.7 Prinzip der dreifachen Sicherheit

Wenn man rückblickend die Geschichte der Elektrotechnik betrachtet, so war die erste Sicherheitsmaßnahme gegen den Elektrounfall die Verhinderung der Gefahren, die durch die direkte Berührung unter Spannung stehender Teile (aktive Teile) gegenüber der Erde oder von aktiven Teilen mit verschiedenen Potentialen entstehen.

Dieser Schutz gegen direktes Berühren wird erreicht durch Basisisolierung, Abdeckungen oder Umhüllungen sowie Hindernisse oder Abstand.

Aber dieser Basisschutz alleine konnte – wie man bald erkannte - Elektrounfälle nicht verhindern. Alterungserscheinungen sowie mechanische, thermische oder chemische Beanspruchungen führen zum Versagen des Basisschutzes. Dadurch können einerseits durch Beschädigung äußerer Isolierungen oder bei fehlenden Abdeckungen aktive Teile direkt berührbar werden oder andererseits durch Isolationsfehler der Basisisolierung im Innern des Gerätes äußere leitfähige Teile Fehlerspannungen annehmen. Die beiden Fälle sollten streng von einander unterschieden werden.

Fall 1

Direkt berührbare aktive Teile, wie blanke Klemmen oder Leitungen mit beschädigter Isolierhülle, sind sichtbar und die Gefahr ist damit erkennbar.

Fall 2

Tritt dagegen im Innern des Gerätes ein Fehler der Basisisolierung auf, z. B. ein Durchschlag oder eine Kriechwegbildung, so ist nicht erkennbar, dass berührbare Teile unter Spannung stehen. Im ersten Fall kann man sich vor dem Fehler schützen, indem man den sichtbaren Schaden behebt, also das Gerät repariert. Im zweiten Fall müssen Maßnahmen getroffen werden, dass entweder bei einem Fehler der Basisisolierung äußere leitfähige Teile keine gefährlichen Fehlerspannungen annehmen (kleinere Spannung, Schutzisolierung, oder Schutztrennung) oder dass eine automatische Abschaltung des fehlerhaften Gerätes erfolgt.

Der Fehlerschutz im weitesten Sinne besteht also in der Sorgfalt beim Umgang mit elektrischen Geräten und der Reparatur sichtbarer Schäden sowie in den Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren, um auch gegen die nicht erkennbaren Gefahren zu schützen.

Wenn man also den Basisschutz als erste und wichtigste Maßnahme gegen gefährliche Berührungsströme ansieht, dann bildet der Fehlerschutz die zweite Barriere gegen den Tod durch Elektrizität. Als Fehlerschutz im engeren Sinne sind dann die klassischen Schutzmaßnahmen bei indirekten Berühren anzusehen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass auch der Fehlerschutz versagen kann. Schutzleiter können brechen oder verwechselt werden. Abdeckungen fehlen, aktive Teile sind zugänglich.

Auch die Schutzisolierung kann versagen, oder Geräte fallen in die Badewanne. Es handelt sich häufig um Fehlerereignisse, bei denen der Fehlerschutz nicht wirksam werden kann, z. B. wenn der gefährliche Berührungsstrom nicht ausreicht, den fehlerhaften Stromkreis rechtzeitig zu unterbrechen. In solchen Fällen kann eine dritte Schutzebene wirksam werden, die Fehlerströme unterbricht oder auf ungefährliche Werte begrenzen.

Die Fehlerstromschutzschaltertechnik (RCD) ermöglicht es, auch dann noch zu schützen, wenn die zweite Barriere gegen Elektrounfälle zusammengebrochen ist. Durch den Zusatzschutz mit dem Fehlerstrom Schalter kleiner als 30 mA kann eine dritte Ebene gegen den Stromtod aufgebaut werden. Damit entsteht ein kaskadenförmiges System der dreifachen Sicherheit mit höchstem Schutzwert. Man kann den Begriff des Zusatzschutzes erweitern, wenn man ihn ganz allgemein als eine Maßnahme ansieht, die den Schutz gegen gefährliche Berührungsströme erhöht und Gefahren verringert, die entstehen können, wenn der Fehlerschutz und /oder der Basisschutz versagen. Auch der Potentialausgleich setzt die Berührungsgefahr herab und zwar auch dann, wenn der

Fehlerschutz versagt. Dies gilt auch bei isolierenden Böden und Wänden, nicht Wasser-, Heizungs-, oder Ablaufrohren.

Hinweis zum Blitzschutz und Potentialausgleich:

Aufgrund des Umfangs wird dieses Thema hier nicht weiter behandelt. In der Regel werden entsprechende Arbeiten von Fachfirmen ausgeführt.

Definitionen

Schutz gegen direktes Berühren / Basisschutz

Schutz von Personen und Tieren vor Gefahren durch den elektrischen Strom, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel ergeben. Es kann sich um einen vollständigen Schutz oder teilweisen Schutz handeln.

Der vollständige Schutz ist für elektrische Betriebsmittel und Anlagen, die von elektrotechnischen Laien benutzt bzw. betrieben werden, zwingend vorgeschrieben. Bei teilweisem Schutz besteht nur ein Schutz gegen zufälliges Berühren, z. B. in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten. Bei einem kaskadenförmigen Aufbau des Schutzes gegen gefährliche Berührungsströme kann der Basisschutz auch als erste Schutzmaßnahme bezeichnet werden.

Schutz bei indirektem Berühren / Fehlerschutz

Schutz von Personen und Tieren vor Gefahren, die sich im Fehlerfall (Versagen der Basisisolierung) aus einer Berührung mit Körpern oder fremden leitfähigen Teilen ergeben können (zweite Schutzebene bei kaskadenförmigem Aufbau der Schutzmaßnahmen).

Zusatzschutz

Ergänzende Maßnahmen zum Schutz gegen gefährliche Berührungsströme, wenn der Basisschutz und/oder der Fehlerschutz versagen oder aufgrund der Fehlersituation nicht schützen können. (dritte Schutzebene).

1.8 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 1

(DIN VDE 0100-410)

Bezeichnung		Anlagenschutz	Geräteschutz
1. Stufe	Basisschutz	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	Schutzart Für den Berührungs- und Fremdkörperschutz
2. Stufe	Fehlerschutz	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	Schutzklasse
3. Stufe	Zusatzschutz	Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$	

Abb. 1.16: Stufe 1 des Elektroschutzes

Schutz gegen direktes Berühren

Anlagenschutz

- Basisisolierung
- Abdeckungen
- Umhüllungen
- Hindernisse
- Abstand (Größe des Abstands ist abhängig von der Spannung)

Geräteschutz

- Schutzarten für den Berührungs- und Fremdkörperschutz

Die Basisisolierung

Bei der Basisisolierung sind die aktiven Teile vollständig von einer Isolierung umgeben, die nur durch Zerstörung oder mit einem Werkzeug entfernt werden kann. Neben der Basisisolierung gibt es noch die Betriebsisolierung. Sie sorgt für den ordnungsgemäßen Schutz eines elektrischen Betriebsmittels und muss nicht identisch mit der Basisisolierung sein.

Die Basisisolierung muss bei fabrikfertigen Betriebsmitteln den jeweiligen gültigen Normen entsprechen. Bei der Errichtung elektrischer Anlagen muss die Basisisolierung zum Schutz gegen direktes Berühren den auftretenden elektrischen, mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen gewachsen sein. Anstriche, Farbaufträge oder Beschichtungen sind in der Regel kein ausreichender Schutz. Möglich sind aber den Normen entsprechende Kriech- und Luftstrecken zwischen aktiven und äußeren leitfähigen Teilen als Basisisolierung.

Die Abdeckung und Umhüllung

Auch mit der Abdeckung oder Umhüllung kann das Berühren aktiver Teile verhindert werden. Dabei sind einige Voraussetzungen zu beachten. Die Abdeckung oder Umhüllung muss der Schutzart IP 2X gegen das Eindringen von Fremdkörpern entsprechen. Bei leicht zugänglichen horizontalen oberen Flächen der Abdeckung oder Umhüllung ist mindestens die Schutzart IP 4X vorzuschreiben. Die Abdeckungen müssen sicher befestigt sein. Das Entfernen der Abdeckung oder Umhüllung darf nur möglich sein

- mit Schlüsseln oder Werkzeugen
- nach dem Ausschalten der Stromversorgung.

Das erneute Einschalten darf erst nach Wiederanbringung der Abdeckung oder Umhüllung möglich sein.

Teilweiser Schutz - Schutz durch Hindernisse und durch Abstand

Es handelt sich nur um einen teilweisen Schutz, der das unbeabsichtigte Berühren aktiver Teile verhindern soll. Ein bewusstes Umgehen der Hindernisse kann nicht verhindert werden. Hindernisse können, z. B. Geländer oder Absperrgitter sein. Im Handbereich dürfen keine gleichzeitig berührbaren Teile (Abstand 2,5 m) mit unterschiedlichem Potential vorhanden sein. Die Grenzen des Handbereichs liegen bei 1,25 m ab Hindernis und in 2,5 m Höhe. Der Schutz durch Hindernis und Abstand ist in Deutschland nur in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten erlaubt.

Schutzarten

Außer dem nach VDE geforderten „Schutz beim indirekten Berühren“ wird auch ein Schutz gegen direktes Berühren gefordert, das heißt, es muss sichergestellt sein, dass der Mensch z. B. spannungsführende Teile in einer Steckdose nicht mit der Hand berühren kann. Teilweise muss auch ein Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Wasser gewährleistet sein. Um diese Forderungen zu erfüllen, sind Schutzarten entwickelt worden. Nach VDE wird die Schutzart durch ein Bildzeichen angegeben. Nach DIN 40050 wird die Schutzart durch die Buchstaben IP und eine

Kennziffer ausgedrückt, wobei die erste Zahl den Berührungsschutz und die zweite Zahl den Wasserschutz kennzeichnet.

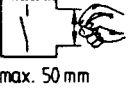
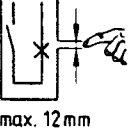
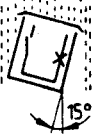
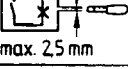
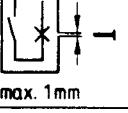
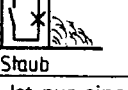
1. Ziffer: Berührungs- und Fremdkörperschutz				2. Ziffer: Wasserschutz			
Schutzgrad*	Bildzeichen	Schutz gegen	Anwendung	Schutzgrad*	Bildzeichen	Schutz gegen	Anwendung
IP 0X 	ohne	Kein Schutz	Geschlossene, staubfreie Räume ohne Personenverkehr, z.B. Trafostationen.	IP X0 	ohne	Kein Schutz	Trockene Räume, in denen sich kein Kondenswasser bildet.
IP 1X  max. 50 mm	ohne	Große Fremdkörper $\varnothing > 50 \text{ mm}$	Staubfreie Innenräume, in denen Elektrofachkräfte arbeiten, z.B. Schaltwarten.	IP X1 		Senkrecht fallendes Tropfwasser	In Räumen mit nur senkrecht fallenden Wassertropfen.
IP 2X  max. 12 mm	ohne	Mittelgroße Fremdkörper $\varnothing > 12 \text{ mm}$	Staubfreie Außen- und Innenräume mit nur groben Fremdkörpern, z.B. für Motoren, die abgedeckt in Maschinen eingebaut sind.	IP X2  15°		Schräg fallendes Tropfwasser	Räume, in denen die Betriebsmittel keinem vom Boden aufspritzenden Wasser ausgesetzt sind.
IP 3X  max. 2.5 mm	ohne	Kleine Fremdkörper $\varnothing > 2,5 \text{ mm}$	Staubfreie Außen- und Innenräume mit nur kleinen Fremdkörpern.	IP X3  60°		Sprühwasser	Geschützte Aufstellung im Freien ohne direkte Witterungseinflüsse
IP 4X  max. 1 mm	ohne	Kornförmige Fremdkörper $\varnothing > 1 \text{ mm}$	Außen- und Innenräume ohne Feinstaub, z.B. mechanische Werkstätten, landwirtschaftliche Betriebsstätten.	IP X4  30°		Spritzwasser	Aufstellung im Freien bei geringen Witterungseinflüssen oder bei dauernd feuchter Umgebung.
IP 5X  Staub		Staubablagerung	Für Klemmenkästen bei leitendem Staub, auch für Maschinen der Schutzart IP 4X (Räume mit nicht-brennbarem Staub).	IP X5  60°		Strahlwasser	Ungeschützte Aufstellung (Sturmregen) oder Tropenklima mit dauernd 80 % relativer Luftfeuchte.
IP 6X  Staub		Staub-eintritt	Völlig staubdichte Betriebsmittel (Räume mit brennbarem Staub).	IP X6  150 mm		Überfluten	Betriebsmittel, die kurzzeitig Schwallwasser ausgesetzt sind.
* Ist nur eine Kennziffer für den Fremdkörper- und Berührungsschutz oder für den Wasserschutz angegeben, so steht anstelle der fehlenden Kennziffer der Buchstabe X, z.B. IP X5 oder IP 2X.				IP X7  150 mm		Ein-tauchen	Transportable Pumpen für kurzzeitigen Tauchbetrieb.
				IP X8  150 mm		Unter-tauchen	Für dauernden Tauchbetrieb (unter Druck).

Abb. 1.17: Schutzarten

Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach DIN 40050

Erste Ziffer	Schutzgrad: Berührungs- und Fremdkörperschutz	Zweite Ziffer	Schutzgrad: Wasserschutz
0	Kein besonderer Schutz	①	Kein besonderer Schutz
1	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 50$ mm	①	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser.
2	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 12$ mm	②	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser, Betriebsmittel bis 15° gekippt.
		③	Schutz gegen Sprühwasser bis zu einem Winkel von 60° zur Senkrechten.
3	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 2,5$ mm	④	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen..
4	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit $\varnothing > 1$ mm	⑤	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus allen Richtungen.
		⑥	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See.
5	Schutz gegen Schädliche Staubablagerung (staubgeschützt). Vollständiger Berührungsschutz.	⑦	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels unter Druck- und Zeitbedingungen.
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht). Vollständiger Berührungsschutz.	⑧	Schutz gegen Wasser bei dauerndem Untertauchen des Betriebsmittels.

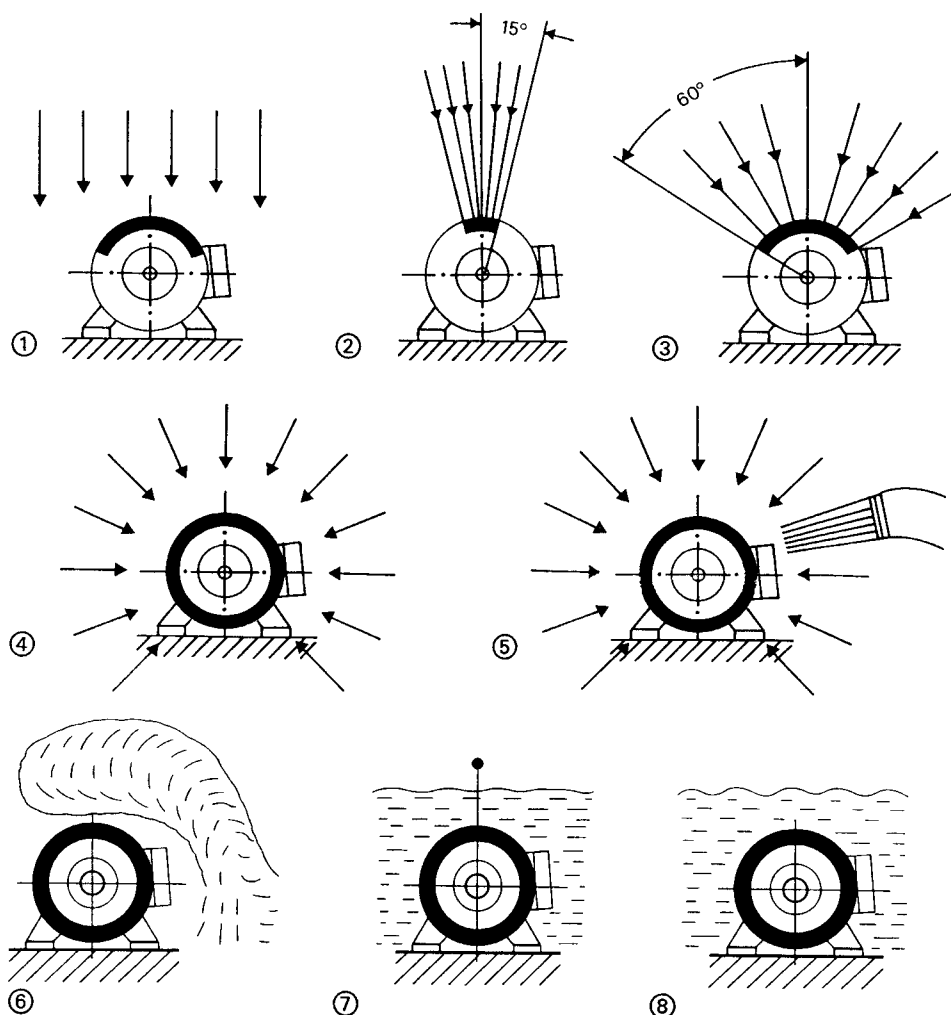


Abb. 1.18: Schutzarten von Motoren

1.9 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 2

(DIN VDE 0100-410)

Bezeichnung		Anlagenschutz	Geräteschutz
1. Stufe	Basisschutz	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	Schutzart Für den Berührungs- und Fremdkörperschutz
2. Stufe	Fehlerschutz	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	Schutzklasse
3. Stufe	Zusatzschutz	Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$	

Abb. 1.19: Stufe 2 des Elektroschutzes

Schutz gegen indirektes Berühren

Anlagenschutz

- Schutz durch Abschaltung
- Schutzisolierung
- Schutz durch nicht leitende Räume
- Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich
- Schutztrennung

Geräteschutz

- Schutzklasse 1 Geräte mit Schutzleiteranschluss
- Schutzklasse 2 Geräte mit Schutzisolierung
- Schutzklasse 3 Schutzkleinspannung

Netzformen

Kenngrößen der Netze sind:

- Art und Zahl der aktiven Leiter der Einspeisung
- Art der Erdverbindungen

Die Abbildungen 1.20 bis 1.23 sind Beispiele für übliche Drehstromnetze. Die verwendeten Kurzzeichen haben folgende Bedeutung:

Erster Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Stromquelle

- T direkte Erdung eines Punktes
 I entweder Isolierung aller aktiven Teile von Erde oder Verbindung eines Punktes mit Erde über eine Impedanz

Zweiter Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Körper der elektrischen Anlage

- T Körper direkt geerdet, unabhängig von der etwa bestehenden Erdung eines Punktes der Stromquelle
 N Körper direkt mit dem Betriebserder verbunden (in Wechselstromnetzen ist der geerdete Punkt im Allgemeinen der Sternpunkt)

Weitere Buchstaben – Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters im TN-Netz

- S Neutralleiter und Schutzleiterfunktionen durch getrennte Leiter
 C Neutralleiter und Schutzleiterfunktionen kombiniert in einem Leiter

Weitere Kennzeichnungen

Art des Leiters		Kennzeichnung	
		alphanumerisch	durch Schaltzeichen
Wechselstromnetz	Außenleiter 1	L1	
	Außenleiter 2	L2	
	Außenleiter 3	L3	
	Mittelleiter	N	
Gleichstromnetz	Positiv	L+	±
	Negativ	L-	
	Mittelleiter	M	
Schutzleiter		PE	
Mittelleiter mit Schutzfunktion (Nulleiter)		PEN	

Abb. 1.20: Kennzeichnungen

TN-Netz (bisher Nullung)

In TN-Netzen ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebserder); die Körper der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter bzw. PEN-Leiter mit diesem Punkt verbunden.

Drei Arten von TN-Netzen sind entsprechend der Anordnung der Neutralleiter und der Schutzleiter zu unterscheiden:

TN-S-Netz - Getrennte Neutralleiter und Schutzleiter im gesamten Netz.

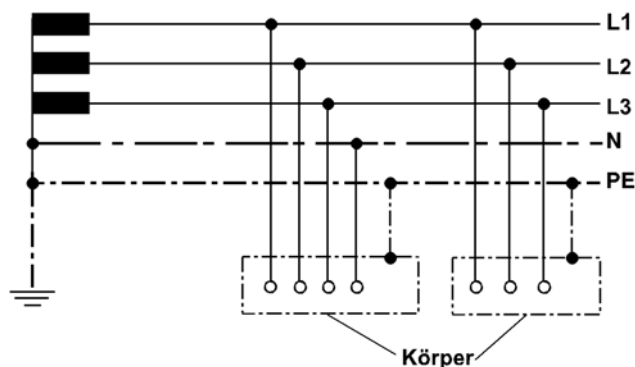


Abb. 1.21: Schaltplan TN-S-Netz

TN-C-S-Netz - In einem Teil des Netzes sind die Funktionen des Neutralleiters und des Schutzleiters in einem einzigen Leiter, dem PEN-Leiter, zusammengefasst.

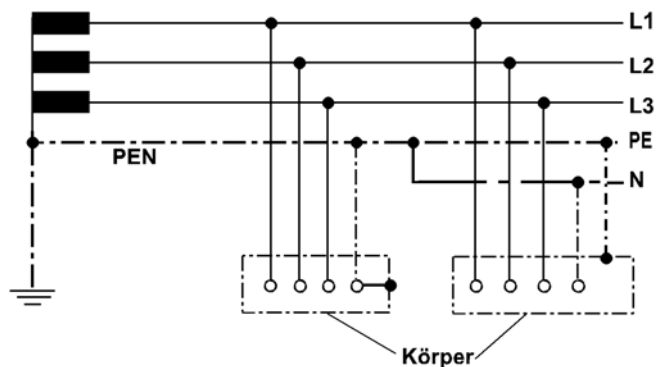


Abb. 1.22: Schaltplan TN-C-S-Netz

TN-C-Netz - Neutraleiter- und Schutzleiterfunktionen sind im gesamten Netz in einem einzigen Leiter, dem PEN-Leiter, zusammengefasst.

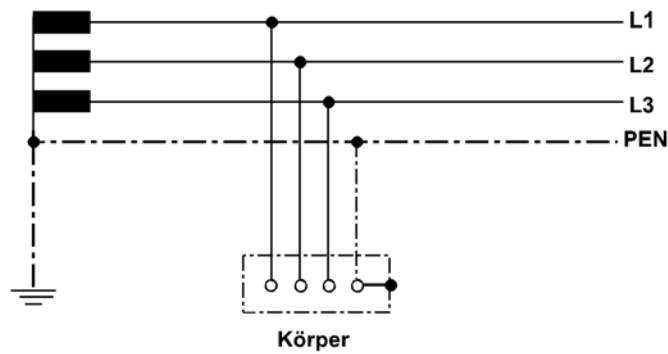


Abb. 1.23: Schaltplan TN-C-Netz

TT-Netz (bisher Schutzerdung)

Im TT-Netz ist ein Punkt direkt geerdet (Betriebserder); die Körper der elektrischen Anlage sind mit Erden verbunden, die vom Betriebserder getrennt sind.

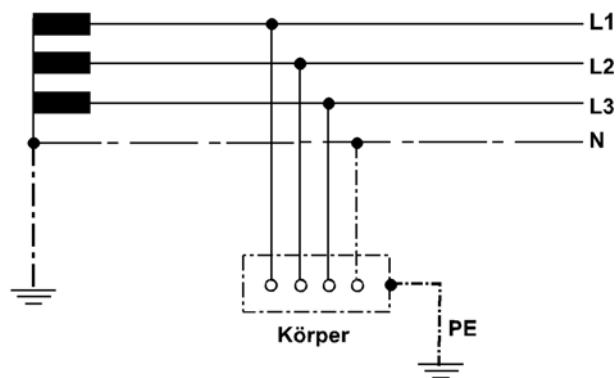


Abb. 1.24: Schaltplan TT-Netz

Das TN – System

Die Schutzmaßnahmen im TN- System beruhen auf folgender Grundidee:

Jeder Fehlerstrom wird über eine Leitung und nicht über das Erdreich zur Spannungsquelle zurückgeführt. Ein Körperschluss wird somit zu einem Kurzschluss mit entsprechend hohem Fehlerstrom. Dadurch können in den meisten Fällen so einfache Schutzeinrichtungen, wie Sicherungen oder Leitungsschutzschalter, die Aufgabe übernehmen, das fehlerhafte Betriebsmittel abzuschalten. Gleichzeitig wird durch entsprechende Maßnahmen im Verteilungsnetz sichergestellt, dass von dort keine gefährlichen Fehlerspannungen in die Verbraucheranlage übertragen werden. Schutzmaßnahmen durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-C bzw. im TN-C-S System entsprechen der früheren Schutzmaßnahme Nullung.

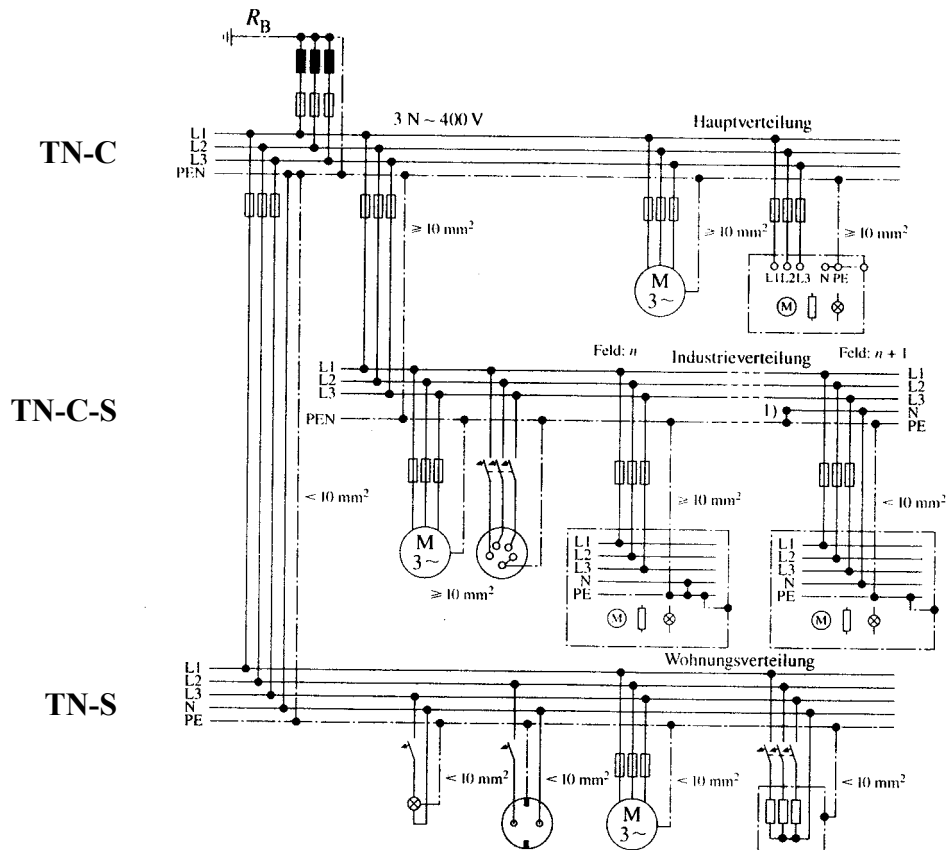


Abb. 1.25: TN-System

Der Fehlerschutz in TN – Systemen

Beim Fehlerschutz in elektrischen Verteilungsanlagen kann folgendes ablaufen: Tritt z. B. im TN – Netz ein erster Fehler auf, fließt ein Fehlerstrom, der bei einem gefährlichen Wert über eine Überstromschutzeinrichtung eine automatische Abschaltung des fehlerbehafteten Stromkreises bewirken muss. Damit ist gewährleistet, dass eine Gefahr für Menschen, Tiere und Sachwerte abgewendet wird.

Körper- und Erdschlüsse im TN – Netz

Die Körper der zu schützenden elektrischen Betriebsmittel sind über den Schutzleiter PE mit dem geerdeten Neutraleiter N des TN – Systems verbunden, wobei der Neutraleiter und der Schutzleiter in einem PEN – Leiter zusammengefasst sein können. Im fehlerfreien Zustand tritt kein Fehlerstrom auf.

Im Fehlerfall, dass heißt bei einem Schluss zwischen einem Außenleiter L1, L2 oder L3 und einem Körper, bildet sich eine Fehlerschleife und es fließt ein Fehlerstrom. Für die Höhe des Fehlerstroms sind die Impedanz (Schleifenwiderstand) der Fehlerschleife und die anliegende Spannung, in der Regel die Netzspannung zwischen Außenleiter und Neutraleiter 230 Volt maßgebend.

Die gesamte Impedanz der Fehlerschleife setzt sich zusammen aus den Teilimpedanzen

- des vorgelagerten Netzes
- des Verteilungstransformators
- des Außenleiters bis zur Fehlerschleife
- des Fehlers
- des PEN-Leiters bzw. Schutzleiters PE mit den parallelgeschalteten Betriebserdungen und Verbrauchserdungen.

Die Spannungen im Fehlerfall

Im Fehlerstromkreis tritt aufgrund des Fehlerstroms an den Teilimpedanzen ein Spannungsfall auf. Dieser Spannungsfall führt zu einer Fehlerspannung zwischen Körper und Erde. Gleichzeitig steht am Körper gegenüber der Standfläche eine Berührungsspannung an, die den zulässigen Wert von 50 Volt nicht übersteigen soll. Ist dies der Fall soll der Fehlerstromkreis innerhalb kürzester Zeit durch eine Überstromschutzeinrichtung abgeschaltet werden. Dies kann allerdings nur geschehen, wenn der Fehlerstrom wenigstens so groß ist wie der Abschaltstrom der Schutzeinrichtung.

Die Abschaltbedingungen

Die Abschaltung des Fehlerstroms erfolgt in der Regel durch Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter. Für die Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter ist in Deutschland der 1,6-fache Nennstrom (großer Prüfstrom) als Ausschaltstrom in Verteilungsnetzen, d. h. in Kabel- und Freileitungsnetzen einschließlich der Hausanschlusskästen und für Überstrom-Schutzeinrichtungen in der Haupt- bzw. Steigleitung genormt. Verlangt wird eine maximale Ausschaltzeit in Verbraucheranlagen mit einer Spannung von 230 Volt gegen Erde von

- 0,4 s für Betriebsmittel, die während des Betriebs in der Hand gehalten werden, und für Steckdosenstromkreise;
- 5 s in allen anderen Stromkreisen.

In Verteilungsnetzen ist keine bestimmte Ausschaltzeit vorgegeben.

In der Praxis wird verlangt, dass in Verteilungsnetzen der Schleifenwiderstand so gering ist, dass bei einem Kurzschluss mit einem Z (Scheinwiderstand) von 0 Ohm an den Enden der Netzausläufer mindestens der Abschaltstrom fließt. Entsprechend dieser Forderung sind die Leitungsquerschnitte und die Überstromschutzeinrichtungen zu wählen.

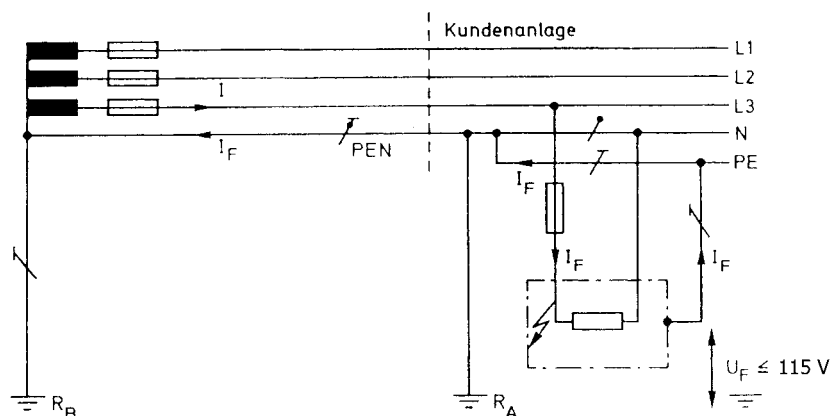


Abb. 1.26: Körperschluss in einem TN-System, Fehlerspannung und Fehlerstrom

Das TT-System

Der Fehlerschutz im TT – System

Auch beim TT – System erfolgt wie beim TN – System eine automatische Abschaltung des fehlerbehafteten Stromkreises, sobald an einem Körper eine unzulässige hohe Berührungsspannung anliegt

Im TT – Netz sind alle Körper der zu schützenden elektrischen Betriebsmittel über den Schutzleiter PE mit Erde verbunden. Der Neutraleiter N des Netzes ist über Betriebserder niederohmig geerdet. Die Erder der Verbraucheranlagen müssen außerhalb des Einflussbereiches der Betriebserden des Verteilungsnetzes liegen. Diese Forderung kann in der Praxis Probleme bereiten. Bei einem Körperschluss bildet sich eine Fehlerschleife über das vorgelagerte Netz, die Außenleiter, den Körperschluss, die Anlagenerdungen und die Betriebserdungen. Bei einem Erdschluss eines Außenleiters oder eines sonstigen spannungsführenden aktiven Teils fließt der Fehlerstrom direkt über den Erdschluss und die Betriebserder.

Die Abschaltbedingungen

Es ist in der Praxis nicht immer einfach, den Erdungswiderstand der Anlagenerdungen gering zu halten. Bei Verwendung von Überstromschutzeinrichtungen zum automatischen Abschalten des Fehlerstromkreises könnte bei höheren Erdungswiderständen wegen der hohen Abschaltströme sehr schnell die zulässige Berührungsspannung überschritten werden.

Um die Ausschaltbedingungen einzuhalten, werden in der Praxis beim TT-System Fehlerstromschutzeinrichtungen zur automatischen Abschaltung verwendet.

Bei Fehlerstromschutzschaltern ist der Fehlerstrom, der eine automatische Abschaltung auslöst, mit z. B. 30 mA sehr gering. Das hat zur Folge, dass die Fehlerspannung auch bei hohen Erdungswiderständen gering ist.

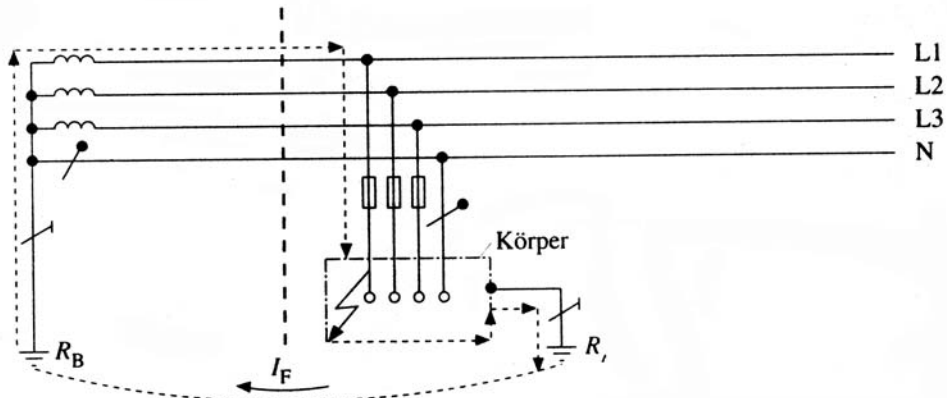


Abb. 1.27: Fehlerschutz im TT-System

Der Schutz bei indirektem Berühren im TT-System

Schutz bei indirekten Berühren bedeutet Schutz von Personen oder Tieren bei Körperschlüssen. Das Kürzel TT steht für das lateinische Wort Terra (die Erde) und kennzeichnet eines von drei Netzsystemen, in denen unterschiedliche Anforderungen im Zusammenhang mit dem automatischen Abschalten im Fehlerfall zu beachten sind. Im TT-System wird der Fehlerstromkreis über eine zweifache Erdung geschlossen, erstens über die Erdung des Sternpunkts der Stromquelle und zweitens über die Erdung der leitfähigen Körper (Gehäuse) der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel.

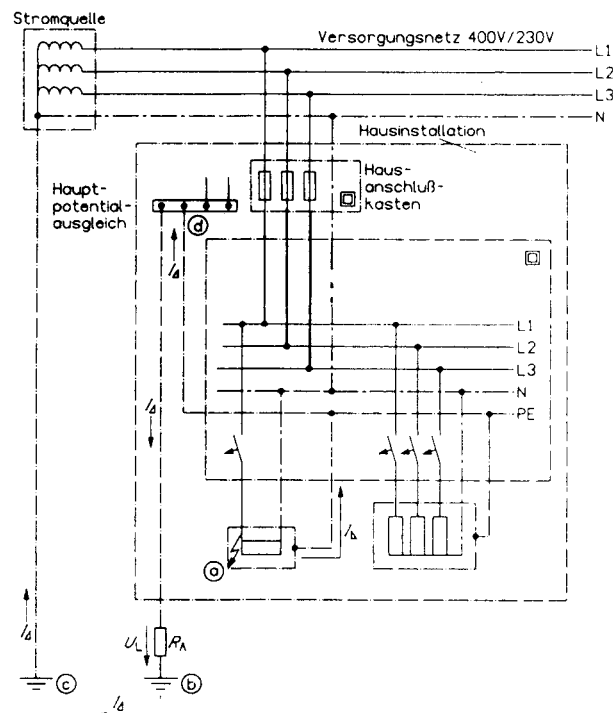


Abb. 1.28: Der Schutz bei indirektem Berühren im TT-System

Die Abbildung 1.28 zeigt das Prinzip eines entsprechenden Netzaufbaus. Darin ist „c“ die Sternpunkterde der Stromquelle, auch Betriebserdung genannt und „b“ die örtliche Erdung der leitfähigen Körper, der über die Hausinstallation versorgten Verbrauchsmittel. Körper von Betriebsmitteln, die gleichzeitig berührbar sind oder aus einem gemeinsamen Stromkreis versorgt werden, müssen am gleichen Erder angeschlossen sein. Innerhalb einer Anlage (Hausinstallation) darf folglich nur eine Erdungsanlage betrieben werden. In Neubauten ist dies der Gebäude-Fundamenterder.

Schutz- (PE) und Neutralleiter (N) des Netzes dürfen im Gegensatz zu dem in der Praxis häufiger anzutreffenden TN-System an keiner Stelle elektrisch leitend verbunden sein

Im TT-System ist es unzulässig, Schutz- und Neutralleiterfunktion miteinander zu kombinieren.

Hier fehlt die für TN-Systeme typische Verbindung zwischen der Potentialausgleichsschiene des Hauptpotentialausgleichs und der N (PEN) Schiene im Hausanschlusskasten. Der Netzbetreiber kann (oder will) die für den Fall eines Körperschlusses geltenden besonderen Betriebsbedingungen für den N-Leiter nicht gewährleisten. In Netzen der öffentlichen Stromversorgung gilt dies für Gegenden, die über lange Ausläuferleitungen oder Freileitungsstrecken versorgt werden oder / und in gebirgiger Umgebung (und mit deshalb schwierigen Erdungsmöglichkeiten) liegen. Vor Errichtung einer neuen Hausinstallation ist deshalb von beauftragten Elektroinstallationsbetrieben bei der zuständigen Dienststelle des Energieversorgungsunternehmens (EVU) unter anderem zu klären, ob es sich bei dem einspeisenden Netz um ein TT- oder TN System handelt.

Elektrische Anforderungen an den Erder

Im TT-System hat ein Körperschluss an einem Betriebsmittel einen Fehlerstrom I_f durch das Erdreich (Erdschlussstrom) zur Folge. Er wird an der Fehlerstelle a vom Schutzleiter des Betriebsmittels übernommen, über den PE zum Hauptpotentialausgleich der Anlage geführt und über dessen Erdung in das Erdreich geleitet. Von der Sternpunkterdung wird der Strom aus dem Erdreich wieder aufgenommen und zur Stromquelle zurückgeführt. Der Fehlerstromkreis ist damit über die beiden Erdverbindungen durch das dazwischenliegende Erdreich geschlossen. Die Sternpunkterdung ist Angelegenheit des Netzbetreibers. Die Herstellung der Schutzleitererdung fällt dagegen in die Zuständigkeit des mit der Herstellung der Hausinstallation beauftragten Elektroinstallationsbetriebs. Der Übergangswiderstand des Schutzleiters zum Erdreich soll möglichst klein sein (Erdungswiderstand R_A) und beim Auftreten eines Körperschlusses folgende Bedingungen gewährleisten: Der auftretende Spannungsfall als Folge des Erdschlussstroms I_f darf den Wert $U_L = 50 \text{ V}$ (in Ausnahmefällen 25 V) nicht überschreiten;

Wird dieser Grenzwert aber überschritten, so muss die der Fehlerstelle vorgeschaltet nächstliegende Abschalteneinrichtung innerhalb von 5 s automatisch ansprechen.

Der zulässige Erdungswiderstand errechnet sich nach folgender Formel: $R_A = 50 \text{ V} : I_a$. Darin ist I_a der Strom, der die Abschalteneinrichtung innerhalb der geforderten Zeit zum Auslösen bringt. Der Übergangswiderstand an der Fehlerstelle im Betriebsmittel wird bei diesen Überlegungen mit 0 Ohm angenommen. Als automatische Abschalteneinrichtungen kommen Schmelzsicherungen (z. B. vom Typ gl), Leitungsschalter (z. B. Typ B) oder Fehlerstrom Schutzeinrichtungen in Frage. Da die in Stromkreisen von Hausinstallationen häufig eingesetzten gl – Sicherungen mit 16 A Nennstrom zum Ansprechen innerhalb von 5 s immerhin einen Strom $I_a = 70 \text{ A}$ und ein entsprechender L-Schalter Typ B sogar 80 A erfordern, müssen bei dieser Technik sehr kleine Erdungswiderstände realisiert werden. Solche Erdungswiderstände sind aber selbst bei günstigsten Bodenverhältnissen mit geringen spezifischen Widerstand nur mit erheblichen Materialaufwand erreichbar.

Für das automatische Abschalten im Fehlerfall kommen im TT-System vor allem FI-Schutzeinrichtungen in Betracht.

In der genannten Formel tritt anstelle des Auslösestroms I_a dann deren Nennfehlerstrom I_n , z. B. 0,03 A, 0,3 A oder 0,5 A. Auf der Basis dieser Werte ergeben sich dann wesentlich höhere zulässige Erdungswiderstände R_A .

Schutzisolierung des Standorts

Während die Schutzisolierung bei Geräten immer größere Bedeutung gewinnt, ist die Schutzisolierung des Standorts auf wenige Sonderfälle beschränkt. Sie kann vor allem nur bei ortsfesten Stromverbrauchern angewendet werden. Etwa dann, wenn aus betriebstechnischen Gründen nicht zulässig ist, dass der Verbraucher, zum Beispiel ein Schmelzofen, wegen möglicher Betriebsschäden im Fehlerfall durch die Schutzmaßnahme ausgeschaltet wird. Man geht dabei so vor, dass sowohl der Fußboden in der Umgebung des zu schützenden Gerätes als auch im Handbereich befindliche, geerdete Teile isolierend abgedeckt werden.

Diese Abdeckungen müssen aus hochwertigen Isolierstoffen (Gummibelag usw.) bestehen und fest mit ihrer Unterlage verbunden sein. Sie müssen auch entsprechende mechanische Festigkeit besitzen und selbstverständlich so groß sein, dass die zu schützenden Geräte nur vom isolierten Standort aus berührt werden können.

Als Hauptfehler bei dieser Schutzmaßnahme werden nämlich immer wieder geerdete Teile, zum Beispiel Wasserauslässe, Konsolen usw. übersehen, die im Handbereich des zu schützenden Gerätes liegen. Hat das Gerät Körperschluss und wird zugleich mit dem geerdeten Teil berührt, dann kann es zu Unfällen kommen, weil die Schutzisolierung des Standortes überbrückt wird.

Häufig wird mehr als ein Gerät durch eine gemeinsame Standortisolierung geschützt. Dabei muss man bedenken, dass trotzdem Berührungsspannungen überbrückt werden können, nämlich dann wenn beide Geräte Körperschluss mit verschiedenen Außenleiter haben. Aus diesem Grund muss bei mehreren Geräten, die vom isolierten Standort aus erreicht werden können, eine Leitung vorgesehen werden, durch welche die schutzbedürftigen Metallgehäuse untereinander verbunden werden (Potentialausgleichsleiter).

Auf ein weiteres Gefahrenmoment soll noch verwiesen werden. Ist das Gerät, z. B. ein Motor, auf einer leitfähigen Konsole befestigt, dann tritt infolge der Schutzisolation des Standorts bei Körperschluss zwar keine Gefährdung im Handbereichs des Motors auf, aber die Fehlerspannung kann über leitfähige Konstruktionsteile oder andere metallische Verbindungen an andere Stellen des Gebäudes verschleppt werden. Ortsfeste Geräte, die durch Schutzisolierung geschützt sind, müssen daher von Erde isoliert montiert werden.

Sie dürfen auch nicht an einen von außen kommenden Schutzleiter angeschlossen werden. Ebenso wenig dürfen ortsveränderliche Betriebsmittel der Schutzklasse 1 verwendet werden, wenn sie an Steckdosen mit den üblichen Schutzmaßnahmen angeschlossen werden.

Schutzisierte Betriebsmittel

Schutzisierte Betriebsmittel müssen, soweit es in den einschlägigen Normen verlangt wird, mit dem Zeichen der Schutzisolierung nach Abb. 1.29 gekennzeichnet sein. Sie dürfen keine Schutzleiterklemme haben.



Abb. 1.29: Symbol für Schutzisolierung

Zum Bau schutzisolierter Verteiler ist noch Einiges zu bemerken. Zunächst muss man entscheiden, ob man die zusätzliche Isolierung oder die Schutzisolierungsumhüllung anwenden will. Der eigentliche schutzisierte Verteiler ist wohl der Isolierstoffkastenverteiler, in dem die Betriebsmittel meist auf leitfähigen Metallplatten montiert werden.

Diese Platten dürfen nicht an den Schutzleiter angeschlossen werden. Einerseits bringt man dadurch nur unnötig Erdpotential in den Verteiler, andererseits sind die Schutzeinrichtungen, wie FI-Schutzschalter und Leitungsschutzschalter, meistens selbst im Verteiler angeordnet und können daher nicht schützen, wenn vor ihren Klemmen ein Körperschluss entsteht. Die Fehlerspannung würde in diesen Fällen von der Montageplatte über die Schutzleiter in die Anlage verschleppt werden.

Die zusätzliche Isolierung wird meist bei Blechverteilern angewendet, wobei der Rahmen, der die Installationsgeräte trägt, isoliert in den Verteiler eingesetzt wird. Auch hier darf aus gleichen Gründen wie oben der Schutzleiter nicht an den Trägerrahmen angeschlossen werden.

Darüber hinaus müssen bei dieser Bauform die Leitungen so in ihrer Lage fixiert werden, dass keine Gefahr von Körperschlüssen besteht, bzw. die Leiter müssen selbst schutzisoliert sein. Das heißt, es müssen entweder Mantelleitungen Verwendung finden oder die Einzelleitungen in Isolierschläuchen, Kabelkanälen aus Isolierstoff oder Ähnlichem geführt werden.

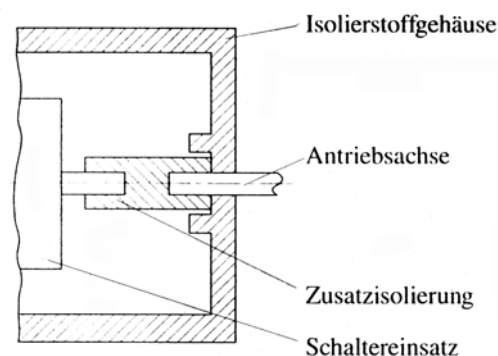


Abb. 1.30: Zusatzisolierung des Achsantriebs eines Schaltgeräts

Die Abbildung 1.30 zeigt das Prinzip der zusätzlichen Isolierung, wobei die Antriebsachse eines Schaltgeräts durch ein Isolierstoffzwischenstück vom äußeren Antrieb schutzisoliert ist.

Für die Schutzisolierung gibt es zwei Grundsätze, die allgemein Gültigkeit haben. Wenn man sie beachtet, kann man weder beim Bau von schutzisolierten Anlagen noch bei der Reparatur schutzisolierter Geräte Fehler machen.

Die Schutzisolierung darf an keiner Stelle von leitfähigen Teilen so durchbrochen werden, dass im Fehlerfall eine Spannungsverschleppung nach außen möglich ist. So dürfen z. B. die Befestigungsschrauben von Gehäusedeckeln nicht durch das Gehäuseinnere führen (Abb. 1.31 a).

Die Befestigung des Gehäuses selbst erfolgt am Besten durch Befestigungsschrauben außerhalb der Gehäuse. Dies ist aus Platzgründen oft nicht möglich. Man muss in diesen Fällen zumindest die Befestigungslöcher in der Gehäusewanne durch Isolierstoffwülste so umgeben, dass die Montageschrauben vertieft sitzen und bei etwaigen Leiterbrüchen oder Klemmfehler nicht durch blanke Leiterteile berührt werden können. Manchmal geben die Hersteller auch Plastikpfropfen mit, durch die dann die Befestigungsschrauben zusätzlich abgedeckt werden können (Abb. 1.31 d).

Falsch ist es, bei den Leitungseinführungsöffnungen Kabelverschraubungen aus Metall zu verwenden, die mit Gegenmuttern im Gehäuse befestigt werden. Es müssen Kabelverschraubungen aus Isolierstoff oder Kabeltüllen aus Gummi verwendet werden. Auch Stahlpanzerrohr kann ohne Weiteres verwendet werden. Man setzt dann in das Gehäuse das Unterteil einer Kabelverschraubung aus Isolierstoff und verhindert so Spannungsverschleppungen.

Ein zweiter, wichtiger Gesichtspunkt ist bei der Schutzisolierung zu beachten: Metallteile der Betriebsmittel, die durch Zusatzisolierung oder Schutzisolierrumhüllung von den isolierten aktiven Teilen getrennt sind, dürfen nicht mit dem Schutzleiter verbunden werden.

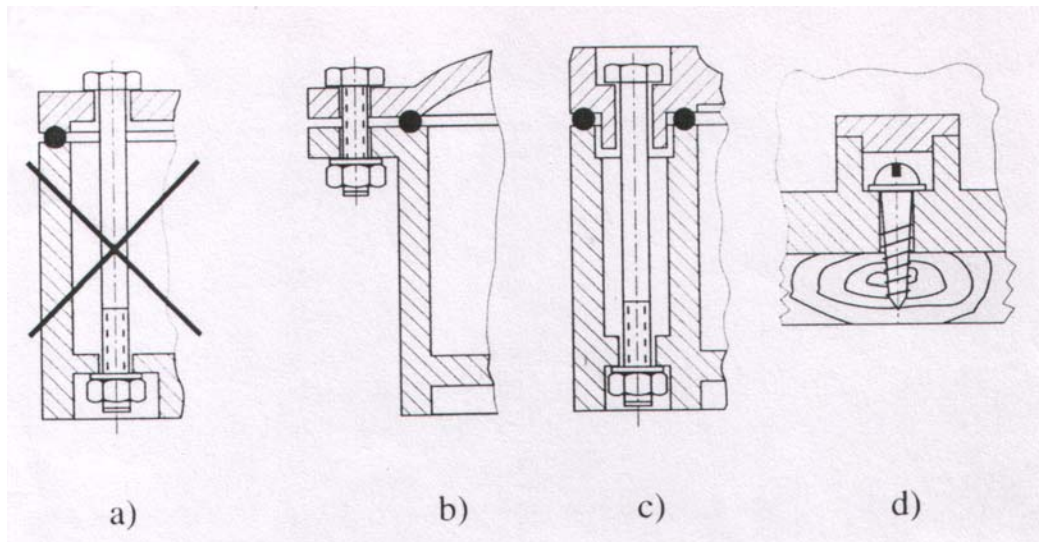


Abb. 1.31: Anordnung von Schrauben bei Gehäusen schutzisolierter Geräte

Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich

Die gleichzeitig berührbaren Körper und fremde leitfähige Teile müssen durch Potentialausgleichsleiter verbunden werden. Dieses Potentialausgleichssystem darf weder über Körper noch über fremde leitfähige Teile mit Erde verbunden werden. Diese Bedingungen sind z. B. bei einem erdfrei aufgestellten metallenen Behälter eingehalten. Es ist klar, dass Maßnahmen getroffen werden müssen, um sicherzustellen, dass Personen beim Betreten derartiger Anlagen keinen gefährlichen Berührungsströmen ausgesetzt werden, besonders dann, wenn ein gegen Erde isolierter, leitfähiger Fußboden mit dem Potentialausgleich verbunden ist.

Leitfähige Fußböden oder Wände (z. B. aus Metall) müssen mit dem örtlichen Potentialausgleichsleiter verbunden werden, oder sie werden nach den Regeln der Standortisolierung zusätzlich isoliert. Daraus erkennt man schon, dass die Schutzmaßnahme „Schutz durch erdfreien, örtlichen Potentialausgleich“ nicht unproblematisch in der Anwendung ist. Sie sollte deshalb auf Sonderfälle beschränkt werden.

Die Schutztrennung

Das Prinzip der Schutztrennung besteht darin, dass eine kleine überschaubare Anlage über einen Trenntransformator, mit sicherer elektrischer Trennung von Erde isoliert, mit elektrischer Energie versorgt wird, wobei die Nennspannung des Sekundärstromkreises nicht höher sein darf als 400 Volt (Außenleiterspannung). Die Leitungsimpedanzen gegen Erde müssen so hoch sein, dass bei einem satten Erdschluss kein Fehlerstrom fließt, der einen gefährlichen elektrischen Schlag verursachen kann. Das heißt also, dass auch beim Berühren eines nicht erdschlussbehafteten aktiven Teiles durch den Menschen, der gleichzeitig geerdete Teile berührt, keine Gefahr besteht, wobei man als Kriterium der Gefahr einen Höchstwert des Berührungsstroms von 30 mA zulässt. Wegen der Überschaubarkeit der Anlage ist das Auftreten eines Erdschlusses eines Leiters des Sekundärstromkreises unwahrscheinlich. Deshalb ist auch im Gegensatz zum Isolations-Überwachungssystem keine besondere Isolationsüberwachung erforderlich. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei der Schutztrennung keine absichtliche Verbindung der Körper mit Erde über eine Schutzleitung durchgeführt werden darf. Meist wird die Schutztrennung nur für ein Betriebsmittel bei Arbeiten in Umgebungen mit normaler aber auch bei erhöhter Gefährdung angewendet. Bei mehreren Betriebsmitteln werden deren Körper über einen Potentialausgleichsleiter verbunden, um die Gefahr einer Elektrisierung über zwei Betriebsmittel, die Körperschlüsse mit Leitern verschiedenen Potentials haben, auszuschließen.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

Die Erzeugung der erdfreien Sekundärspannung erfolgt wie bei der Schutzkleinspannung durch besondere Stromquellen mit sicherer elektrischer Trennung von elektrischen Anlagen, durch die ein elektrischer Schlag verschleppt werden könnte, wobei jedoch die Nennspannung des Sekundärstromkreises 400 Volt nicht übersteigen darf. Meist werden Trenntransformatoren verwendet.

Die Leitungsimpedanzen gegen Erde des schutzgetrennten Stromkreises müssen so hoch sein, dass auch beim direkten Berühren nicht erdschlussbehafteter Körper und Erde kein gefährlicher Schlag entstehen kann. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn der Fehlerstrom unter 30 mA liegt.

Der Basisschutz aktiver Teile muss gewährleistet sein.

Es können Betriebsmittel der Schutzklasse 1 und 2 verwendet werden.

Vorsicht ist geboten bei der Anwendung mehrerer Betriebsmittel. Die Bedingungen sind für Laien schwer zu durchschauen. Es ist einfach, ein Wasserwerk mit einem modernen Notstromaggregat auszustatten, welches diese Schutzmaßnahme schon beinhaltet oder auf Akkuschauber usw. auszuweichen. Diese Betriebsmittel sind auch für Laien einfacher anzuwenden.

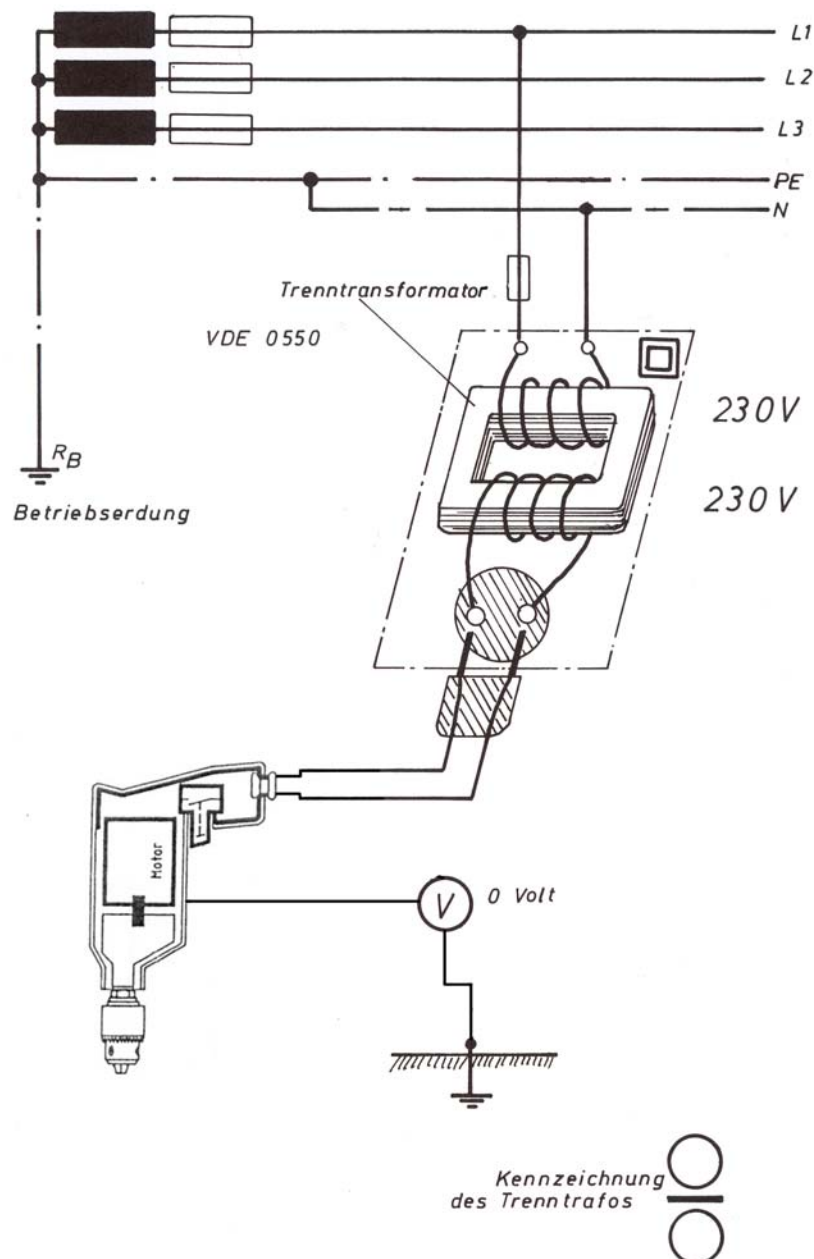


Abb. 1.32: Schutztrennung

Schutzklassen

Symbole nach DIN 40 100

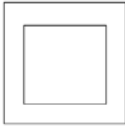
Schutzklasse I		Schutzleiteranschluss • Das Gerät verfügt über einen Schutzleiteranschluss. • Der Schutzleiter verbindet alle leitende Teile, die im Fehlerfall unter Spannung stehen.
Schutzklasse II		Schutzisolierung • Eine zweite zusätzliche Isolierung übernimmt den Schutz beim Versagen der Basisisolierung. • Gerät besitzt keinen Schutzleiteranschluss.
Schutzklasse III		Schutzkleinspannung • Gerät wird mit einer Spannung betrieben, die maximal der zulässigen Berührungsspannung entspricht. • max. Berührungsspannungen: - normal DC: $U \leq 120 \text{ V} =$ AC: $U \leq 50 \text{ V} \sim$ - in Ställen/Tierhaltung DC: $U \leq 60 \text{ V} =$ AC: $U \leq 25 \text{ V} \sim$ - für Kinderspielzeug $U \leq 25,0 \text{ V}$ - in Feuchträumen $U \leq 12,0 \text{ V}$ - in der Medizintechnik $U \leq 6,0 \text{ V}$ (Spannungsangaben für Gleichstrom[DC] gelten nur bis zu einer max. Welligkeit von 10 %.) AC: alternating current = Wechselstrom DC: direct current = Gleichstrom

Abb. 1.33: Symbole für Schutzklassen

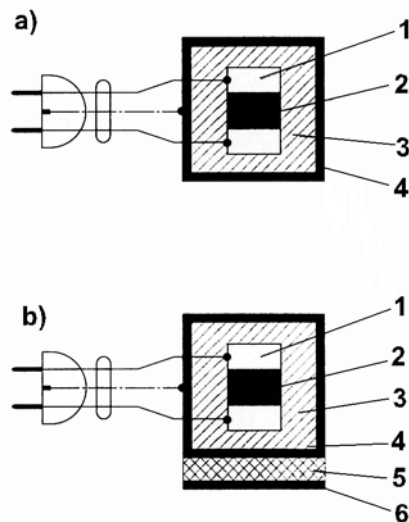
Betriebsmittel der Schutzklasse 1

Bei Betriebsmitteln der Schutzklasse 1 sind die äußeren leitfähigen Teile (Körper) nur durch die Basisisolierung von den aktiven Teilen isoliert.

Der Körper ist jedoch gut leitend mit einer Anschlussstelle für den Schutzleiter verbunden. Zu den äußeren leitfähigen Teilen zählen auch Metallteile, die von Lacken, Kunststoffbeschichtungen und ähnlichen Oberflächenschutzmitteln überzogen sind. Falls jedoch derartige leitfähige Teile durch doppelte oder verstärkte Isolation oder durch einen mit dem Schutzleiter verbundenen, metallenen Schirm von den aktiven Teilen getrennt sind, brauchen sie nicht mit dem Schutzleiteranschluss verbunden werden. Ebenso wenig müssen kleinere Metallteile, die bei normalem Gebrauch des Betriebsmittels nicht berührt oder infolge ihrer Kleinheit weder umfasst werden noch großflächig mit dem menschlichen Körper in Berührung kommen, nicht an den Schutzleiter angeschlossen werden. Diese Ausnahme gilt z. B. für Befestigungsschrauben oder Niete und Leistungsschilder. Berührbare äußere Teile aus Isolierstoff brauchen im Allgemeinen ebenfalls nur durch die Basisisolierung von den aktiven Teilen isoliert sein.

Ob man verlangt, dass derartige Isolierstoffteile, wenn sie beim Gebrauch bestimmungsgemäß in der Hand gehalten werden oder mit fremden leitfähigen Teilen dauernd in Verbindung stehen, durch eine doppelte oder verstärkte Isolierung von aktiven Teilen getrennt sein müssen, hängt von den Bauvorschriften für die verschiedenen Geräte ab.

Betriebsmittel der Schutzklasse 1 müssen also eine Anschlussstelle für den Schutzleiter haben, die deutlich gekennzeichnet sein muss und für die zusätzlichen Vorschriften hinsichtlich des Korrosionsschutzes und des Schutzes gegen Lockerung bestehen. Anschlussleitungen für Betriebsmittel der Schutzklasse 1 müssen einen Schutzleiter enthalten, und Steckverbindungen müssen einen Schutzkontakt besitzen.



a) alle leitfähigen äußeren Teile (Körper) mit dem Schutzleiter verbunden

b) ein äußeres leitfähiges Teil durch doppelte Isolation von aktiven Teilen und dem übrigen Körper getrennt

- 1 aktive Teile des Betriebsstromkreises
- 2 Betriebsisolation zwischen aktiven Teilen
- 3 Basisisolation zwischen aktiven Teilen und Körper
- 4 äußere leitfähige Teile
- 5 Zusatzisolation
- 6 äußerer leitfähiger Teil, der nicht mit dem Schutzleiteranschluss verbunden sein muss

Abb. 1.34: prinzipieller Aufbau von Betriebsmitteln der Schutzklasse 1

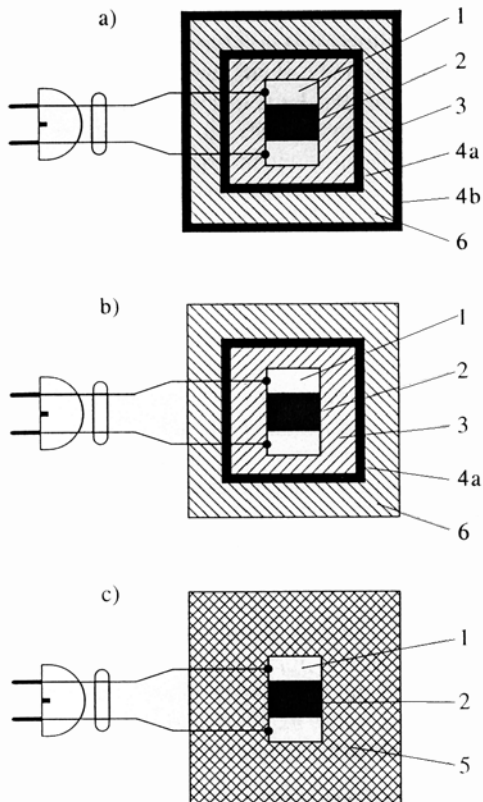
In diesem Zusammenhang soll auch der Schutzleiteranschluss in Anschlussleitungen erwähnt werden. Im Stecker oder in der Kupplungsdose soll das Schutzleiterende immer länger sein als die Enden der unter Spannung stehenden Adern, damit beim Versagen der Zugentlastung der Schutzleiter zuletzt auf Zug beansprucht und zuerst die Spannung führenden Leitungen aus den Klemmen gerissen werden. Wird gegen diese Regel der Technik verstoßen, dann kann es leicht zum Unfall kommen.

Anschlussleitungen von Betriebsmitteln der Schutzklasse 1

Bewegliche Anschlussleitungen sind eine der Hauptursachen von Elektrounfällen. Beschädigte Anschlussleitungen sollen als Ganzes ausgewechselt werden. Es ist gefährlich, schadhafte Stellen z. B. durch Umwickeln mit Isolierband zu reparieren. Bei gezogenem Stecker dürfen die Stifte nie Spannung führen (dieser Fehler wird manchmal bei Verlängerungsleitungen gemacht). Bewegliche Anschlussleitungen mit Gerätesteckdosen (Geräteanschlussleitungen) und Kupplungsdosen (Verlängerungsleitungen) müssen auf alle Fälle einen Schutzleiter enthalten. Sie müssen an einem Ende mit einem Schutzkontaktstecker und am anderen Ende mit einer Gerätesteckdose mit Schutzkontakt oder einer Kupplung mit Schutzkontakt versehen sein.

Betriebsmittel der Schutzklasse 2

Bei den schutzisolierten Geräten besteht der Grundgedanke darin, zusätzlich zur Basisisolation eine Isolation vorzusehen, die auch dann einen vollwertigen Schutz gegen gefährliche Berührungsströme sicherstellt, wenn die Basisisolation durch einen Isolationsfehler überbrückt wird. Der Aufbau eines schutzisolierten Gerätes wird in Abbildung 1.35 dargestellt.



a) Schutzzwischenisolierung

b) Schutzisolierungsumhüllung mit inneren leitfähigen Teilen (inaktiven Teilen)

c) Schutzisolierungsumhüllung mit verstärkter Isolierung

- 1 aktive Teile des Betriebsstromkreises
- 2 Betriebsisolierung zwischen aktiven Teilen
- 3 Basisisolierung zwischen aktiven Teilen und inneren leitfähigen Teilen
- 4a innere leitfähige Teile (inaktive Teile)
- 4b äußere leitfähige Teile (Körper)
- 5 verstärkte Isolierung
- 6 Zusatzisolierung

Abb. 1.35: Aufbau eines schutzisolierten Gerätes

Im Prinzip gibt es drei Formen der Schutzisolierung:

1. Die Schutzisolierungsumhüllung ist eine Schutzisolierung, bei der als zusätzliche Isolierung alle leitfähigen Teile, die im Fehlerfall zu gefährlichen Berührungsströmen führen können, fest und dauerhaft mit Isolierstoff bedeckt werden. Dazu zählen auch Betriebsmittel, deren Gehäuse aus Isolierstoff bestehen, die also keine berührbaren leitfähigen Teile besitzen, die im Fehlerfall Spannung annehmen können.
2. Die Zusatzisolierung ist eine Schutzisolierung, bei der zusätzlich zur Basisisolierung alle äußeren, leitfähigen Teile durch Isolierungen von allen Teilen, die bei Fehlern der Basisisolierung gefährliche Berührungsspannungen annehmen können (inaktive Teile) getrennt sind.
3. Die verstärkte Isolierung ist eine Isolierung zwischen aktiven Teilen und äußeren, leitfähigen Teilen mit solchen mechanischen und elektrischen Eigenschaften, dass sie eine Basisisolierung und einer Zusatzisolierung gleichwertig ist.

Die Zusatzisolierung wird angewendet, wenn die thermische oder mechanische Festigkeit von Isolierstoffen nicht ausreicht, also Metall für die Gehäuse der Betriebsmittel unbedingt notwendig ist (z. B. Elektrogeräte).

Die verstärkte Isolierung wird an Stellen vorgesehen an denen weder Schutzisolierungsumhüllungen noch eine Zusatzisolierung möglich sind, z.B. bei Gerätesteckern, Schaltern, Anschlussklemmen und ähnlichem Installationsmaterial. In diesen Fällen werden dann die Kriech- und Luftstrecken und die Form der Isolation so ausgebildet, dass die gleiche elektrische Sicherheit erreicht wird wie bei der Basisisolierung und Zusatzisolierung.

Definition

Schutzisolierung elektrischer Betriebsmittel ist eine Maßnahme des Fehlerschutzes in Form einer zusätzlichen Isolierung zur Basisisolierung oder einer Verstärkung der Basisisolierung, damit beim Versagen der Basisisolierung keine gefährlichen Berührungsströme zum Fließen kommen können.

Ausführungsformen

Die Schutzisolierung eines Betriebsmittels wird durch isolierende Gehäuse und Abdeckungen, durch isolierende Umpressung von Kleinstmaschinen, durch Einbau von Isolierzwischenteilen in Getrieben, Wellen, Gestängen, Gehäusen, durch Mantelleitungen oder durch verstärkte Isolierungen hergestellt.

Lack- oder Emailleüberzüge, Oxidschichten sowie Faserumhüllungen (Umspinnung, Umklöppelung, Gewebebänder) gelten nicht als Schutzisolierung.

Dagegen gelten äußere Umhüllungen aus geeigneten Isolierstoffen, wie z.B. Mäntel von Schlauchleitungen, als Schutzisolierung. Abbildung 1.36 zeigt die Schutzisolierungsumhüllung bei einem Schaltgerät im Prinzip und bei Leitungen und Kabeln. Bei Kabeln und Leitungen gelten isolierende äußere Umhüllungen und Mäntel (z. B. bei Feuchtraumleitungen und Schlauchleitungen) als Schutzisolierung. Allerdings wird vorausgesetzt, dass sie mittels Isolierstoffschellen befestigt werden.

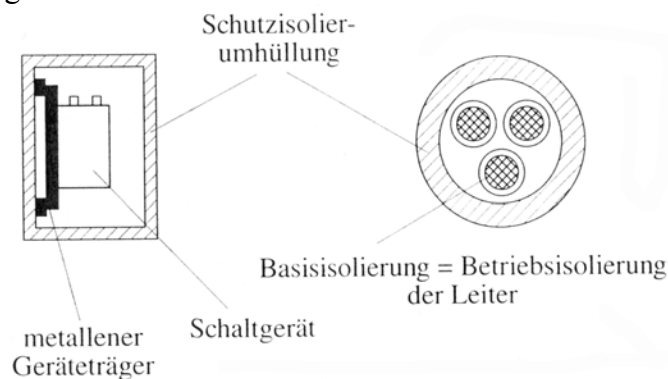


Abb. 1.36: Ausführungsformen der Schutzisolierung

Anschlussleitungen

Schutzisolierte Betriebsmittel können bei normalen und erschwerten Umgebungsbedingungen verwendet werden. Das Risiko ist auch bei erschwerten Umgebungsbedingungen vertretbar, wenn die Geräte bestimmungsgemäß verwendet und instand gehalten werden. Die Instandhaltung ist besonders in gewerblichen und industriellen Betriebsstätten wichtig, da sonst leitfähiger Staub oder Fehler in der Anschlussleitung Gefahren verursachen können.

Dagegen schützt der Zusatzschutz und damit bringen Betriebsmittel der Schutzklasse 2 die höchste Sicherheit bei der Elektrizitätsanwendung. Sie sind in sich selbst sicher. Daher darf an schutzisolierten Geräten kein Schutzleiter angeschlossen werden. Bewegliche Anschlussleitungen enthalten daher auch keinen Schutzleiter. Wird bei Instandsetzungsarbeiten eine dreiadrigte Anschlussleitung mit Schutzleiter verwendet, so darf der Schutzleiter der Anschlussleitung nicht an das Betriebsmittel angeschlossen werden, das im übrigen auch keine Schutzleiter-Anschlussklemme besitzt. Der Schutzleiter ist so abzusetzen, dass er nicht mit den aktiven Teilen in Berührung kommen kann. Im Schutzkontaktstecker ist der Schutzleiter anzuschließen, um Isolationsfehler in der Anschlussleitung zu melden oder bei späterer Verwendung der Anschlussleitung zusammen mit Geräten der Schutzklasse 1, etwa beim Gerätewechsel, Schutzleiterunterbrechungen zu vermeiden.

Stecker, die zusammen mit einer beweglichen Anschlussleitung ohne Schutzleiter ein unteilbares Ganzes bilden, z. B. solche aus Weichgummi oder thermoplastischen Isolierstoffen, müssen in eine Schutzkontaktsteckdose passen, dürfen aber keine Schutzkontaktstücke haben. Bei größeren mechanischen Beanspruchungen und höherer Leistung, etwa bei Elektrowerkzeugen, wird meist der Konturenstecker, bei Haushaltsgeräten der zweipolige Flachstecker (Europastecker) bis 3 A verwendet.

Derartige Anschlussleitungen dürfen nur für schutzisolierte Geräte verwendet werden und sind an diese fest anzuschließen.

Ist aus betrieblichen Gründen, z. B. wegen der Funkentstörung oder des Überspannungsschutzes, der Anschluss eines Schutzleiters oder seine Durchführung bei schutzisolierten Geräten erforderlich, dann können diese Maßnahmen nur dann durchgeführt werden, wenn die einschlägigen Normen dies ausdrücklich erlauben.



Abb. 1.37: Bauformen von Steckern für schutzisolierte Geräte (siehe Anhang)

Betriebsmittel der Schutzklasse 3

Betriebsmittel der Schutzklasse 3 sind für den Betrieb mit Kleinspannung gebaut. Die Nennspannung darf daher die für die Kleinspannung vorgeschriebenen Grenzwerte von 50 Volt für Wechselstrom und 120 Volt für Gleichstrom nicht überschreiten. Diese Nennspannungen werden bei den Maßnahmen des Fehlerschutzes Schutz durch Kleinspannung SELV und PELV eingesetzt. Bei der Kleinspannung PELV sind oft aber auch Betriebsmittel zulässig, die nicht der Schutzklasse 3 entsprechen müssen. Zu beachten ist, dass die Grenzwerte für die Leerlaufspannung gelten, wenn die Primärspannung der Schutztransformatoren der Nennspannung entspricht.

Wesentlich ist, dass für Betriebsmittel der Schutzklasse 3 eine Basisisolierung verlangt wird, die einer Nennspannung von 250 Volt entspricht, und auch der Schutz gegen direktes Berühren gegeben sein muss.

Betriebsmittel der Schutzklasse 3 sind mit dem international genormten Kurzzeichen nach Abbildung 1.38 gekennzeichnet.

Anschlussleitungen haben keinen Schutzleiter, und als Steckvorrichtungen werden Sonderbauformen verwendet, z. B. die international genormte Rundsteckvorrichtung. Abbildung 1.39 zeigt als Beispiel die Kleinspannungssteckvorrichtung 16 A 42 V, bei der am Innenkragen der Dose eine Unverwechselbarkeitsnase vorgesehen ist. Der Stecker für 42 Volt besitzt eine entsprechende Ausnehmung. Der Stecker für 24 V hat keine Nut, und damit kann er nicht in die Dose für 42 Volt eingeführt werden.



Abb. 1.38: Bildzeichen für Betriebsmittel der Schutzklasse III



Abb. 1.39: Internationale Rundsteckvorrichtung (siehe Anhang)

Schutzkleinspannung

In einigen Fällen ist eine strikte Trennung zwischen Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren und solchen bei indirekten Berühren nicht möglich. Dazu zählt auch der Schutz durch Kleinspannung. Wir behandeln hier den Nachfolger der alten Schutzmaßnahme Kleinspannung, heute heißt diese Art des Schutzes durch Kleinspannung SELV. Maßgebend für die Höhe der Spannung ist der Spannungsbereich 1 nach IEC 449. Der Effektivwert der Wechselspannung zwischen aktivem Leiter und Erde darf maximal 50 V_{AC} betragen. Bei überschwingungsfreier Gleichspannung beträgt der Maximalwert 120 V_{DC}. Für besondere Anwendungsfälle, bei denen das Gefahrenpotenzial sehr hoch ist, sind niedrige maximale Spannungswerte von beispielsweise 25 V_{AC} oder 60 V_{DC} vorgeschrieben.

Die Schutzmaßnahmen unterscheiden sich durch die Art der Erzeugung und der Trennung. Die Grundidee besteht darin, dass bei den zu berücksichtigen Umgebungsbedingungen von der Spannung selbst keine Gefahr mehr ausgeht. Diese wird durch die Einhaltung von drei Bedingungen erreicht:

- Anwendung einer ausreichend niedrigen Spannung, die aus bestimmten Stromquellen gespeist wird.
- Sichere Trennung von anderen Stromkreisen.
- Weitere festgelegte Bedingungen wie das Verbot Körper absichtlich mit Erde oder einen Schutzleiter zu verbinden.

Es ist also nicht die niedrige Spannung alleine, die diese hochwertige Schutzmaßnahme ausmacht. Je nach Art der Umgebungsbedingungen z. B. Feuchtigkeit bei Schwimmbädern oder Badewannen können die Spannungsgrenzwerte für die Schutzkleinspannung auch niedriger festgelegt werden als die nach VDE 410 erlaubten.

Erschwerte Bedingungen, unter denen Schutzkleinspannung angewendet werden muss, sind beispielsweise:

- Umgebung aus leitfähigen Stoffen
- Kessel, Behälter usw.
- Spielzeug
- Betriebsmittel in Badewannen

Wichtig ist, wie die Kleinspannung erzeugt wird:

Soll die Kleinspannung als Schutzmaßnahme dienen, darf sie nicht über Spannungsteiler, Spartransformator oder Halbleiterbauelemente erzeugt werden. Wichtig ist die sichere Trennung im Transformator, wenn er als Sicherheitstransformator eingesetzt werden soll. Bei geschlossenen Trafos müssen auch die Anschlussleitungen mit einbezogen werden.

Vorsicht bei Reparaturen!

Beim Kauf unbedingt auf die Bildzeichen des Typenschildes achten.

Vorsicht bei der Verlegung und Installation von Schutzkleinspannung.

- Nicht mit anderen normalen Stromkreisen mischen
- Keine gemeinsame Rückleitung oder Null geben z. B. Schutzkleinspannungsstromkreise und Niederspannungsstromkreise eine. Unbedingt strikt trennen.

Elektrochemische Spannungsquellen, wie Batterien und Akkumulatoren, erfüllen schon konstruktionsbedingt die Anforderungen an Schutzkleinspannung.

1.10 Konzept des Elektroschutzes: Die Stufe 3

(DIN VDE 0100-410)

Bezeichnung		Anlagenschutz	Geräteschutz
1. Stufe	Basisschutz	Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile	Schutzart Für den Berührungs- und Fremdkörperschutz
2. Stufe	Fehlerschutz	Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren aktiver Teile	Schutzklasse
3. Stufe	Zusatzschutz	Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$	

Abb. 1.40: Stufe 3 des Elektroschutzes

Zusatzschutz

- Maßnahmen zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile, z. B. Fehlerstromschutzeinrichtungen mit Nennfehlerstrom $< 30 \text{ mA}$. In dieser Stufe gibt es keinen Unterschied zwischen Anlagen- und Geräteschutz.

Die Fehlerstromschutzeinrichtung

Als dritte Stufe im Elektroschutz wird der Fehlerstromschutzschalter als Maßnahme zum Schutz bei direktem Berühren aktiver Teile eingesetzt. Heute wird hauptsächlich der Fehlerstromschutzschalter kleiner 30 mA eingesetzt.

Der Fehlerstromschutzschalter kann aber nie die alleinige Schutzmaßnahme sein.

Der Aufbau eines FI – Schutzschalters kann in 3 Funktionsgruppen unterteilt werden.

1. Summenstromwandler zur Fehlerstromerfassung
2. Auslöser zur Umsetzung der elektrischen Messgröße in eine mechanische Entklinkung
3. Schaltschloss mit den Kontakten

Der Summenstromwandler umfasst alle zur Stromführung benötigten Leiter also auch den Neutralleiter.

In einer fehlerfreien Anlage heben sich für den Summenstromwandler die magnetisierenden Wirkungen der stromdurchflossenen Leiter auf, da entsprechend dem Kirchhoff'schen Gesetz die Summe aller Ströme Null ergibt. Es entsteht kein Restmagnetfeld, das in der Sekundärwicklung eine Spannung induzieren könnte.

Wenn dagegen durch einen Isolationsfehler, elektrisch gesehen, nach dem FI-Schutzschalter ein Fehlerstrom fließt, wird das Gleichgewicht gestört, und es bleibt ein Restmagnetfeld im Wandlerkern. Dadurch wird in der Sekundärwicklung eine Spannung erzeugt, die über den Auslöser und dem Schaltschloss die Abschaltung des mit dem Isolationsfehler behafteten Stromkreises und damit die zu hohe Berührungsspannung abgeschaltet.

Diese Abschaltung muss nach VDE innerhalb von 0,2 s erfolgt sein.

Um den Schalter zu überprüfen sollte er wenigstens alle vier Wochen von Hand geprüft werden, auf Baustellen täglich vor Arbeitsbeginn. Bei der Prüfung wird eine Brücke über einen Widerstand zwischen zwei Leitern gelegt, so dass der Summenstromwandler irritiert wird und auslösen muss. Löst der Schalter nicht aus, muss die Anlage sofort still gelegt werden.

An dem FI-Schalter wird weder eine Schutzleitung noch eine Hilfserde angeschlossen. Dafür erhält die gesamte Anlage eine gute Erde. Diese Erden werden an einen Punkt zusammengefasst und über die Poti-Schiene an eine Hilfserde angeschlossen. Als Hilfserde wird heute der Fundamenterder genommen.

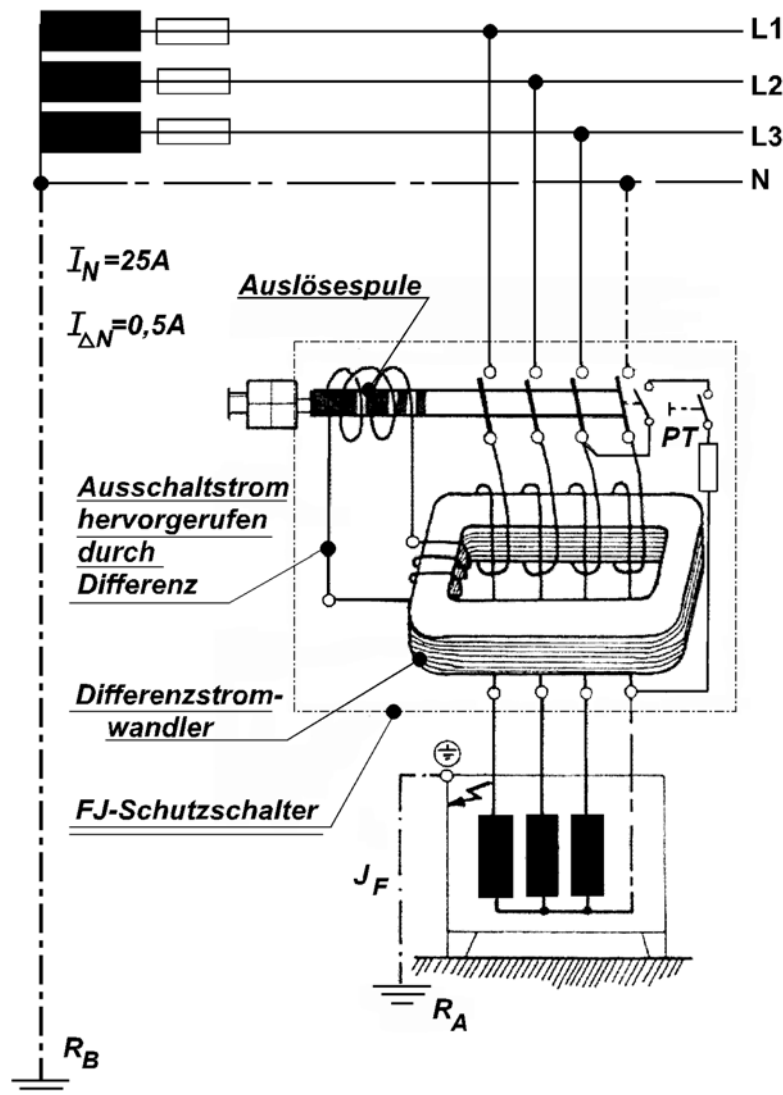


Abb. 1.41: FI-Schutzschaltung

R_B = Betriebserdung

R_A = Erdung (passend zum FJ-Schalter)

P_T = Prüftaste

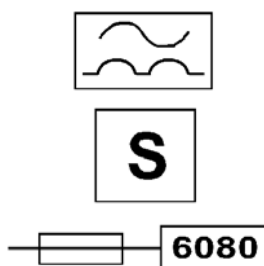
$I_{\Delta N}$ = Differenz Nennstrom

0100 Teil 704	Baustelle Steckdosenstromkreise [Einphasenbetrieb] bis 16 A Sonstige Steckdosenstromkreise	$\leq 30 \text{ mA}$ $\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 705	Landwirtschaftliche Betriebsstätten, Intensivtierhaltung ($U_s \leq 25 \text{ V}$), allgemein Steckdosenstromkreis	$\leq 500 \text{ mA}$ $\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 720	Feuergefährdete Betriebsstätten	$\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 721	Caravans, Boote und Yachten sowie ihre Stromversorgung auf Camping- bzw. an Liegeplätzen	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 722	Fliegende Bauten, Wagen und Wohnwagen nach Schaustellerart ($R_A \leq 30 \Omega$)	$\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 723	Unterrichtsräume mit Experimentierständen	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 728	Ersatzstromversorgungsanlagen ($A_1 \leq 100 \Omega$)	$\leq 500 \text{ mA}$
0100 Teil 737	Feuchte und nasse Bereiche und Räume; Anlagen im Freien	$\leq 30 \text{ mA}$
0100 Teil 738	Springbrunnen	$\leq 30 \text{ mA}$
0107	Medizinisch genutzte Räume ($R_S \leq \frac{24 \text{ V}}{f_{\Delta n}}$) für Anwendungsgruppe 1 und 1 E allgemein für Anwendungsgruppe 2 E für eingeschränkte Bereiche	bei $f_n \leq 63 \text{ A}$ $f_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ bei $f_n \leq 63 \text{ A}$ $f_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$
0544 Teil 100	Schweißeinrichtungen und Betriebsmittel für Lichtbogenschweißen und verwandte Verfahren – Bereiche erhöhter elektrischer Gefährdung -	$\leq 30 \text{ mA}$

Abb. 1.45: Anwendung von FI-Schutzschaltern in Anlagen

Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln

	GS-Prüfzeichen, Berufsgenossenschaftliche Prüfstelle: Fachausschuss „Elektrotechnik“		Druckwasserdicht (mit Angabe der maximalen Eintauchtiefe)
	Staubgeschützt		Staubdicht
	Für rauen Betrieb		Schutzleiteranschluss
	Leuchte für Entladungslampen zur direkten Montage auf oder an normal oder leicht ent- flammbaren Baustoffen.		Nicht zur direkten Montage auf normal entflammbaren Oberflä- chen geeignete Leuchte (nur zur Montage auf nicht entflamm- baren Oberflächen geeignet)
	Zur Montage in oder auf normal entflammbaren Ober- flächen geeignete Leuchte, falls Wärmedämm-Material die Leuchte umhüllt		Explosionsgeschützte, baumustergeprüfte Betriebsmittel
	Gleichstrom		Wechselstrom
	Mischstrom		FI-Schutzschalter löst sowohl bei Wechsel- als auch bei pul- sierenden Gleichfehlerströmen aus.
	FI-Schutzschalter zum Einsatz bei tiefen Temperaturen		Volt (Spannung)
	Ampère (Stromstärke)		Watt (Leistung)
	Kilowatt (Leistung)		Hertz (Frequenz)



FI-Schutzschalter löst sowohl bei Wechsel- als auch bei pulsierendem Gleichfehlerstrom aus.

Selektiver FI-Schutzschalter

Nenn-Kurzschlussfestigkeit in Verbindung mit einer Sicherung in A... ohne Einheitszeichen

Abb. 1.42: Kurzzeichen und Symbole auf elektrischen Betriebsmitteln

1.11 Testfragen

Erläutern Sie den Unterschied der Erdungsverhältnisse der Stromquelle und der Körper der elektrischen Anlage zwischen dem TN- Netz und dem TT- System.

Welche Gefahren können von elektrischen Betriebsmitteln oder Anlagen durch Verhaltensfehler und technische Fehler ausgehen?

Wovon hängt die Höhe eines durch den Menschen fließenden Körperstroms ab?

Ab welcher Stromstärke muss mit der Gefahr von Herzkammerflimmern gerechnet werden?

Ab welcher Spannungshöhe kann das Berühren von spannungsführenden Teilen gefährlich sein?

Was ist bei Stromunfällen zu beachten?

Was ist das Prinzip bei der Schutzmaßnahme Kleinspannung?

Welche Stromquellen können zur Erzeugung der Schutzkleinspannung genommen werden?

Durch welche baulichen Maßnahmen erreicht man die große Sicherheit bei schutzisolierten Geräten?

Worin besteht der besondere Schutz in elektrischen Anlagen bei Anwendung der Schutzmaßnahme Schutztrennung?

Unter welchen Voraussetzung dürfen bei der Schutztrennung im Sekundärstromkreis mehrere Betriebsmittel angeschlossen werden?

Kann durch Farbanstriche oder Lacküberzüge eine ausreichende Isolierung für den Schutz gegen direktes Berühren erreicht werden?

Welcher Schutzart müssen Abdeckungen oder Umhüllungen mindestens entsprechen?

Auf welche Weise müssen Abdeckungen oder Umhüllungen innerhalb elektrischer Betriebsmittel befestigt sein?

Wann kann der Schutz gegen direktes Berühren durch Hindernisse erfolgen?

Bietet ein Fehlerstromschutzschalter Schutz bei direkten Berühren?

Welche Auswirkungen hat ein Körperschluss in einem TN-System?

Wie lautet die Abschaltbedingung im TN-System?

Welche Auswirkung hat ein Körperschluss in einem TT-System?

Wie lautet die Abschaltbedingung im TT-System?

Warum ist der Einsatz von Überstrom- Schutzeinrichtungen zum Schutz gegen indirektes Berühren im TT- System nur in Ausnahmefällen möglich?

Warum ist die Schutzmaßnahme Schutzisolierung eine besonders sichere Schutzmaßnahme?

Welcher Schutzart müssen Betriebsmittel der Schutzklasse 2 genügen?

Wie ist zu verfahren, wenn bei einem schutzisolierten Gerät eine neue Anschlussleitung mit Schutzleiter angeschlossen werden soll?

Welche Bedingungen müssen eingehalten werden, damit der Schutzmaßnahme durch nichtleitende Räume angewendet werden kann?

Welche Stromquellen können für die Schutztrennung verwendet werden?

Nennen Sie die maximale Leitungslänge des Sekundärstromkreises bei der Schutztrennung?

Erklären Sie die Wirkungsweise eines FI- Schutzschalters.

Wodurch wird das Auslösen des FI- Schutzschalters verursacht?

Wie wird die Wirksamkeit der FI- Schutzschalter geprüft?

2. Spezielle Elektrowerkzeuge

2.1 Spannungsprüfer / Werkzeuge

Spannungsprüfer

Bei **Spannungsprüfern für Anlagen bis 1000 Volt** handelt es sich in der Regel um eine zweipolige Ausführung. Die Abbildungen 2.1 und 2.2 zeigen verschiedene Bauarten. Entweder wird eine vorhandene Spannung durch eine aufleuchtende Glühlampe, durch ein Messgerät oder durch Leuchtdioden angezeigt. Mit diesen Geräten lässt sich die Spannungshöhe in der Anlage ermitteln.



Abb. 2.1: Spannungsprüfer (siehe Anhang)



Abb. 2.2: Spannungsprüfer (siehe Anhang)



Abb. 2.3: Messgerät (siehe Anhang)



Abb. 2.4: Stromzange (siehe Anhang)

Gebrauch von Werkzeugen bei der Elektromontage

Gute Pflege und Instandhaltung von Werkzeugen sind Voraussetzung für sicheres und unfallfreies Arbeiten.



Abb. 2.5: Kabelmesser (siehe Anhang)

Kabelmesser

Kabelmesser finden beim Zurichten elektrischer Leitungen eine vielfältige Anwendung. Benutzt werden Kabelmesser vorwiegend zum Abisolieren und Abmanteln von Leitungen.



Abb. 2.6: Kabelmesser mit Hakenklinge
(siehe Anhang)

Kabelmesser mit Hakenklinge

Zum Abmanteln und Abisolieren aller gängigen Rundkabeln von 8 – 28 mm² Querschnitt.



Abb. 2.7: Schraubendreher für Schlitzschrauben
(siehe Anhang)

Schraubendreher

für Schlitzschrauben



Abb. 2.8: Schraubendreher für Kreuzschlitzschrauben
(siehe Anhang)

Schraubendreher

für Kreuzschlitzschrauben



Abb. 2.9: Seitenschneider
(siehe Anhang)

Seitenschneider

Seitenschneider verwendet man zum Abschneiden dünner massiver und feindrätiger Leitungen.



Abb. 2.10: Kombinationszange
(siehe Anhang)

Kombinationszange

Zum Abschneiden und Biegen von Drähten bis etwa 3 mm Durchmesser und zum Verdrahten. Die Kombinationszange kann auch zum Einkerbten oder Abschneiden von dünneren Stahldrähten verwendet werden.



Abb. 2.11: Hebel-Vornschneider
(siehe Anhang)

Hebel-Vornschneider

Zum Abschneiden von Stahldrähten und stärkeren Kupferdrähten



Abb. 2.12: Flachzange (siehe Anhang)

Flachzange

zum Abbiegen von Drähten



Abb. 2.13: Telefonzange (siehe Anhang)

Telefonzange

zum Abbiegen, Festhalten und Greifen von Drähten



Abb. 2.14: Abisolierzange (siehe Anhang)

Abisolierzange

zum Abisolieren von Leitungsadern



Abb. 2.15: Selbstregulierende Abisolierzange mit Drahtschneider (siehe Anhang)

Selbstregulierende Abisolierzange mit Drahtschneider

zum Abisolieren von Leitungsadern und Abschneiden von Leitungen



Abb. 2.16: Rundzange (siehe Anhang)

Rundzange

zum Biegen von Ösen



Abb. 2.17: Aderendhülsen-Quetschzange (siehe Anhang)

Aderendhülsen-Quetschzange

zum Anbringen von Aderendhülsen an Leitungsenden



Abb. 2.18: Grip-Quetschzange (siehe Anhang)

Grip-Quetschzange

zum Anbringen von Kabelschuhen an Leitungsenden

Allgemeine Hinweise zum Kauf von Werkzeug für Elektriker und artverwandte Berufe.

Da die Betriebe das Werkzeug grundsätzlich zur Verfügung stellen, haben sie selbstverständlich auch Einfluss auf die Güte und Qualität des Werkzeugs. Das Werkzeug muss dem Stand der Technik entsprechen und von den Berufsgenossenschaften anerkannt sein. Auf jedem Werkzeug sind in der Regel die Prüfzeichen eingraviert.

Arbeitstäglich ist das Werkzeug zu Überprüfen; hauptsächlich, ob die Isolation noch in Ordnung ist. Hiervon kann mal das Leben abhängen. Es ist grundsätzlich verboten die Isolation mit Isolierbändern zu flicken oder zur Kennzeichnung Kerben in die Isolation einzubringen.

2.2 Abmanteln von Kabeln

Eine hochwertige, leitende Verbindung setzt das fachgerechte Abmanteln des Kabels sowie sorgfältiges Abisolieren der Einzelleiter voraus.

Abmanteln von Kabeln

Die Kabelummantelung lässt sich mit einem geeigneten Abmantelungswerkzeug (Kabelmesser mit Hakenklinge) schnell und sauber entfernen. Hierbei wird sowohl beim Umfang- als auch beim Längsschnitt durch eine präzise eingestellte Schnitttiefe sichergestellt, dass die Isolation der Einzelleiter nicht beschädigt wird. Danach wird der Mantelschnitt entfernt und die Einzelleiter freigelegt.



Abb. 2.19: Handhabung des Kabelmessers (siehe Anhang)



Abb. 2.20: Längs- und Umfangsschnitt (siehe Anhang)

2.3 Abisolieren elektrischer Leiter

Abisolieren elektrischer Leiter

Beim Abisolieren werden Isolier- und Schutzhüllen elektrischer Leiter auf eine vorgeschriebene Länge entfernt.



Abb. 2.21: Abisolieren mit dem Kabelmesser
(siehe Anhang)

Abisolieren mit Kabelmesser

Isolierung rundum vorsichtig abschälen. Dabei Messer fast parallel zum Leiter ansetzen.

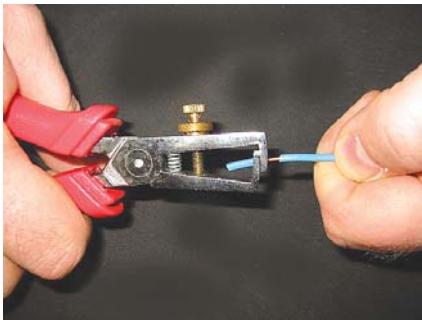


Abb. 2.22: Abisolieren mit der Abisolierzange
(siehe Anhang)

Abisolieren mit Abisolierzange

Mit der Einstellschraube die Abisolierzange auf die Querschnittstärke einstellen und mit der Gegenmutter sichern. Die Isolierung auf erforderliche Länge entfernen.



Abb. 2.23: Abisolieren mit selbstregulierender
Abisolierzange (siehe Anhang)

Abisolieren mit selbstregulierender Abisolierzange

Beim Zusammendrücken der Griffe greifen die Zangenbacken die Isolation und schneiden diese leicht an, ohne den Kupferleiter zu beschädigen. Bei völligem Zusammendrücken der Griffe erfolgt die Abisolierung des Kupferleiters. Die Zange eignet sich für Leiterquerschnitte von 0,2 bis 6 mm².

Hinweise

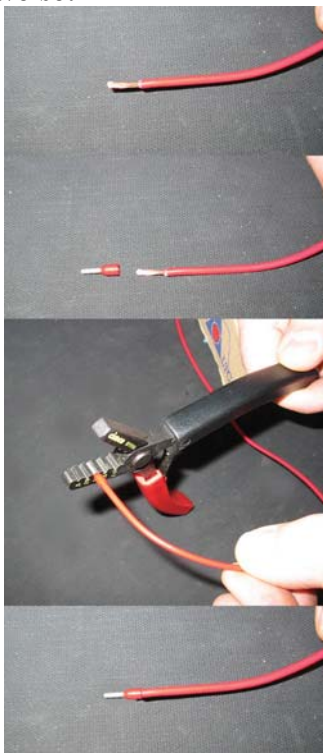
- Zangen zum Abschneiden von Leitungen nach Querschnitt und Härte der Werkstoffe auswählen.
- Beim Abisolieren den Leiter nicht beschädigen, da infolge von Kerbwirkungen Brüche entstehen und dadurch Störungen verursacht werden können.

Arbeitssicherheit

- Beim Abschneiden eines Leiters mit dem Seitenschneider ist darauf zu achten, dass das Drahtende zum Boden gerichtet ist (wegfliegende Drahtenden können die Arbeitskollegen gefährden).
- Schutzbrille tragen.
- Messer stets vom Körper weg oder seitlich am Körper vorbeiführen.
- Klappmesser nach Gebrauch sofort schließen.
- Messer nicht offen in der Arbeitskleidung tragen.
- Messer nicht auf Leitern, Gerüsten o.ä. ablegen.

2.4 Quetschen von Aderendhülsen

Eine Möglichkeit, Leitungen für eine lösbare, aber mechanisch und elektrisch einwandfreie Verbindung vorzubereiten, bietet die Aderendhülse. Beim Verquetschen von Aderendhülsen wird unterschieden zwischen Hülsen mit und ohne Kunststoffkragen. Die Hülsen mit Kunststoffkragen erleichtern das Einführen der Litzendrähte. Sie verlagern den Knickpunkt der Quetschstelle nach außen in die Isolation und helfen durch die farbliche Kennzeichnung bei der Auswahl des Querschnittes. Da bei der Aderendhülse nur ein Drahtquerschnitt in Frage kommt, müssen die Fertigungstoleranzen der Hülse einschließlich der Blechstärketoleranz und die der Litze beim Quetschvorgang aufgefangen werden. Aus diesem Grund bilden sich manchmal Nasen aus dem überschüssigen Blechmantel der Hülse. Der Blechmantel besteht in der Regel aus Kupfer mit einer aufgetragenen Silberlegierung.

Vorgehensweise:

Leiterende auf Länge der Aderendhülse abisolieren (Leiterende nicht verdrallen!)

Leiterende in passende Aderendhülse einschieben

Richtigen Ausschnitt auf den Backen der Quetschzange wählen und Quetschzange bis zum Anschlag durchdrücken

Quetschzange öffnen, Aderendhülse entnehmen und durch Ansehen auf Fehlquetschung und Risse prüfen.

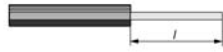
Abb. 2.24: Quetschen von Aderendhülsen (siehe Anhang)

Merksatz: Aderendhülsen müssen passend zum Querschnitt des Leiters ausgewählt werden. Ader nicht verdrallen.

2.5 Biegen von Ösen

Das Biegen von Anschlussösen an massiven Leitern wird mit der Rundzange durchgeführt. Die lichte Weite der Öse wird durch entsprechendes Ansetzen der konischen Zangenbacken dem geforderten Durchmesser der Befestigungsschraube angepasst.

Vorgehensweise:



Isolierte Leitung auf die erforderliche Länge absetzen (etwa 4 x Schraubendurchmesser).



Leiterende mit der Rundzange kurz fassen, dabei die konischen Zangenbacken dem geforderten lichten Durchmesser entsprechend ansetzen. Drahtende kurz anbiegen.



Rundzange etwas nachsetzen und Ösen durch Drehen der Zange in Pfeilrichtung möglichst in einem Zuge biegen. Öse schließen.



Ösendurchmesser prüfen.



Öse auf Mitte Leiter biegen.



Biegerichtung und Drehrichtung der Schraube müssen übereinstimmen.



Abb. 2.25: Fachgerechtes Biegen von Ösen

Merksatz: Ösen sind für massive Leiter bis 16 mm² Querschnitt zugelassen.

2.6 Quetschen von Kabelschuhen

Isolierte Ring- und Stiftkabelschuhe sind mit einer Hülse aus PVC oder Nylon überzogen. Sie dienen als Isolations- und Drahtunterstützung. Mit der Quetschzange wird der Kabel- oder Stiftkabelschuh an den Leiter gequetscht, wobei die überstehende Isolierhülse des Kabelschuhs die Isolation des Leiters umschließt.

Da der Kabelschuh, ob isoliert oder unisoliert, aus einem Blech gerollt wird, ist auf die Lage der Stoßkante zu achten: Sie sollte in der Mitte des oberen Profils liegen. Bei seitlicher Lage klappt die Kante auseinander und der Leiter wird nicht gasdicht und ungenügend geklemmt. In der DIN 46245 Teil 1, 2 und 3 ist die Farbe des Kabelschuhs zu der des Leiterquerschnittes zu dem Kabelschuh festgelegt. Die Farbzusordnung sieht wie folgt aus.

Rot	=	für	0,5 – 1 mm ²
Blau	=	für	> 1,0 – 2,5 mm ²
Gelb	=	für	> 2,5 – 6 mm ²

Vorgehensweise:



Abb. 2.26: Kabelschuh einsetzen (siehe Anhang)

- Leiterende abisolieren.
- Den richtigen Kabelschuh in die entsprechenden Backen der Quetschzange einlegen (farbige Markierung auf der Quetschzange beachten).



Abb. 2.27: Leiterende einführen (siehe Anhang)

- Leiterende in den Kabelschuh einführen.



Abb. 2.28: Quetschzange bis zum Anschlag durchdrücken (siehe Anhang)

- Quetschzange bis zum Anschlag durchdrücken.
- Kabelschuh herausnehmen und prüfen.

2.7 Lötfreie Kabelschuhe und Verbinder

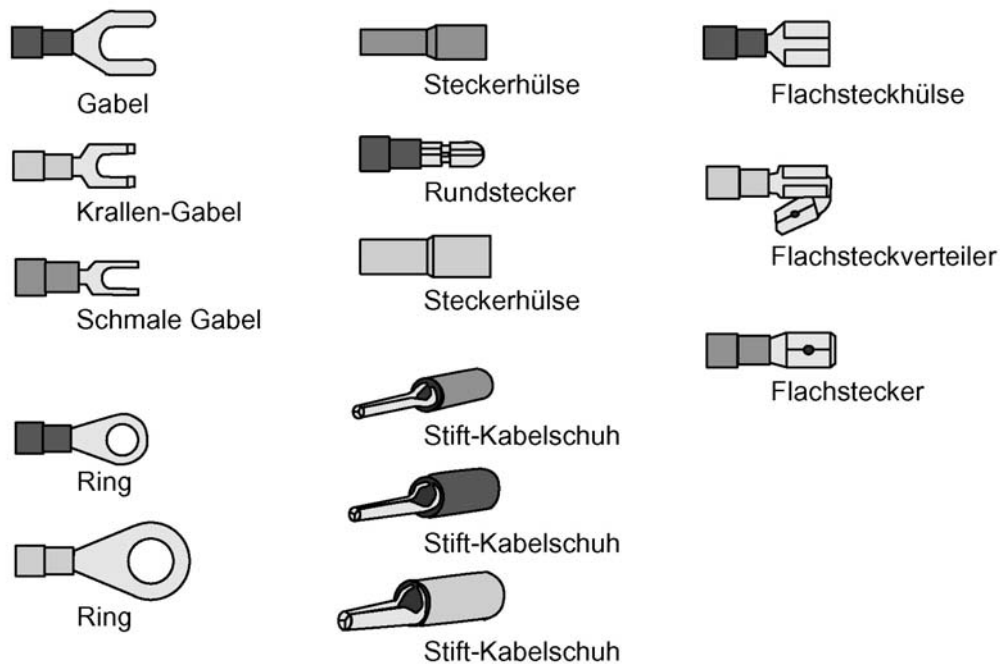


Abb. 2.29: Kabelschuhe und Verbinder

2.8 Handhabung der Grip-Quetschzange



Abb. 2.30: Grip-Quetschzange (siehe Anhang)

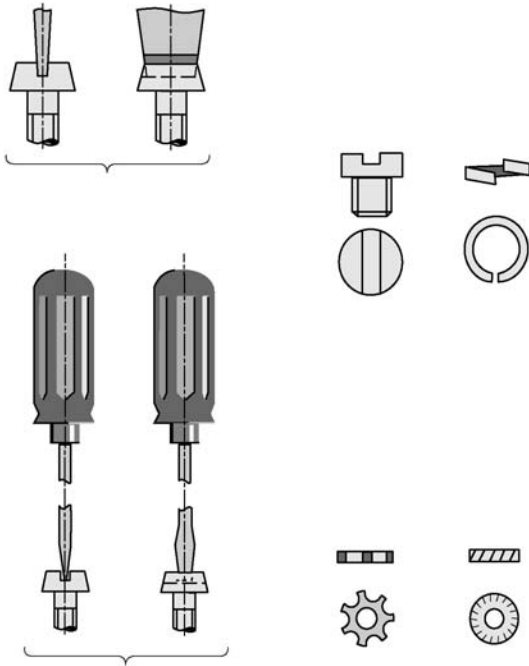
1. Öffnen der Zange: Auslösehebel durchdrücken.
Schließen: Bei allen Arbeiten Schenkel immer bis über Druckpunkt zudrücken.
2. Ansetzen der lötfreien Verbindungen. Die Lochlehren dienen der Bestimmung des Leiter-Querschnittes mit Isolation. Lochlehre und Isolierhülse haben jeweils die gleiche Farbe: diese muss übereinstimmen. Die Farbe der kleinsten Lochlehre, durch die der Leiter mit Isolation hindurchgeht, bestimmt die Farbe der Isolierhülse. Zentrieranschlag einstellen:
K = Kabelschuhe
F = Flachstecker / - hüllen
O = Verbinder, Rundstecker und Isolationspressung
3. Ansetzen. Kabelschuhe und Flachstecker zwischen Ansetzprofil und Zentrieranschlag so einlegen, dass Isolierhülse auf dem Anschlag aufliegt.

0,5 – 1,0 mm² Ansetzprofil über roter Lochlehre
1,5 – 2,5 mm² Ansetzprofil über blauer Lochlehre
4,0 – 6,0 mm² Ansetzprofil über gelber Lochlehre

2.9 Verbindungstechniken

Elektrische Anschlüsse lassen sich durch die verschiedensten Verbindungstechniken herstellen. Die Verbindungen müssen einen geringen Übergangswiderstand besitzen und dürfen sich durch Erschütterungen nicht lösen. Hohe Übergangswiderstände verursachen eine starke Erwärmung an der Kontaktstelle und führen zu einer Brandgefahr. Wenn bei einer Schraubverbindung die Schrauben nicht fest genug angezogen werden, kann dies zu einer hohen Erwärmung der Kontaktstelle führen. Die Leiter berühren sich nur und der Übergangswiderstand wird unzulässig hoch. Eine weitere Fehlermöglichkeit besteht bei eingeklemmter Isolation und bei zu kurz abisolierten Adern.

Man unterscheidet im Wesentlichen 3 Verbindungstechniken:



Unlösbare Verbindungen

Zu den unlösbaren Verbindungen gehören alle Quetsch- und Presstechniken.

Ohne Werkzeug leicht lösbare Verbindungen

Zu dieser Verbindungsart gehören alle Arten von Steck- und Steckklemmverbindungen.

Mit Werkzeug lösbare Verbindungen

Zu dieser Verbindungsart gehören Schraubanschlüsse, Schraubverbindungen und Klemmschrauben.

Schraubanschlüsse und Schraubverbindungen sollen gegen selbsttätiges Lösen gesichert werden. Hierzu kann man Federringe, Federscheiben, Zahnscheiben und Fächerscheiben verwenden.

Abb. 2.31: Schraubverbindungen

Merksatz:

Damit Schraubenköpfe, Schrauben, Schlitze und Reihenklemmen nicht beschädigt werden, muss unbedingt mit dem passenden Schraubendreher gearbeitet werden.

2.10 Testfragen

1. Was ist beim Umgang mit dem Kabelmesser zu berücksichtigen?
2. Was muss beim Abisolieren eines Leiters beachtet werden?
3. Nennen Sie Möglichkeiten zur Herstellung von Anschlussenden.
4. Nennen Sie einige Werkzeuge zum Herstellen von Anschlussenden.
5. Wie kann man Schraubanschlüsse und Schraubverbindungen gegen selbsttätiges Lösen sichern?
6. Bis zu welchem Querschnitt sind Ösen für massive Leiter zugelassen?
7. Was ist beim Abschneiden eines Leiters mit dem Seitenschneider zu beachten?
8. Was muss man beim Quetschen mit der Quetschzange beachten?
9. Welches Werkzeug wird zum Biegen von Ösen benutzt?
10. Mit welchem Werkzeug wird Spannung in Anlagen bis 1000 V ermittelt?

2.11 Übungen:

1. Absetzen von Kunststoffaderleitungen und Anbringen von Aderendhülsen

- Setzen Sie die Kunststoffaderleitungen H07V-U mit dem Kabelmesser ab.
- Setzen Sie die Kunststoffaderleitungen H07V-K mit dem Kabelmesser ab und bringen Sie auf je einem Leitungsende Aderendhülsen auf.
- Befestigen Sie die Leitungen nach Vorgabe.

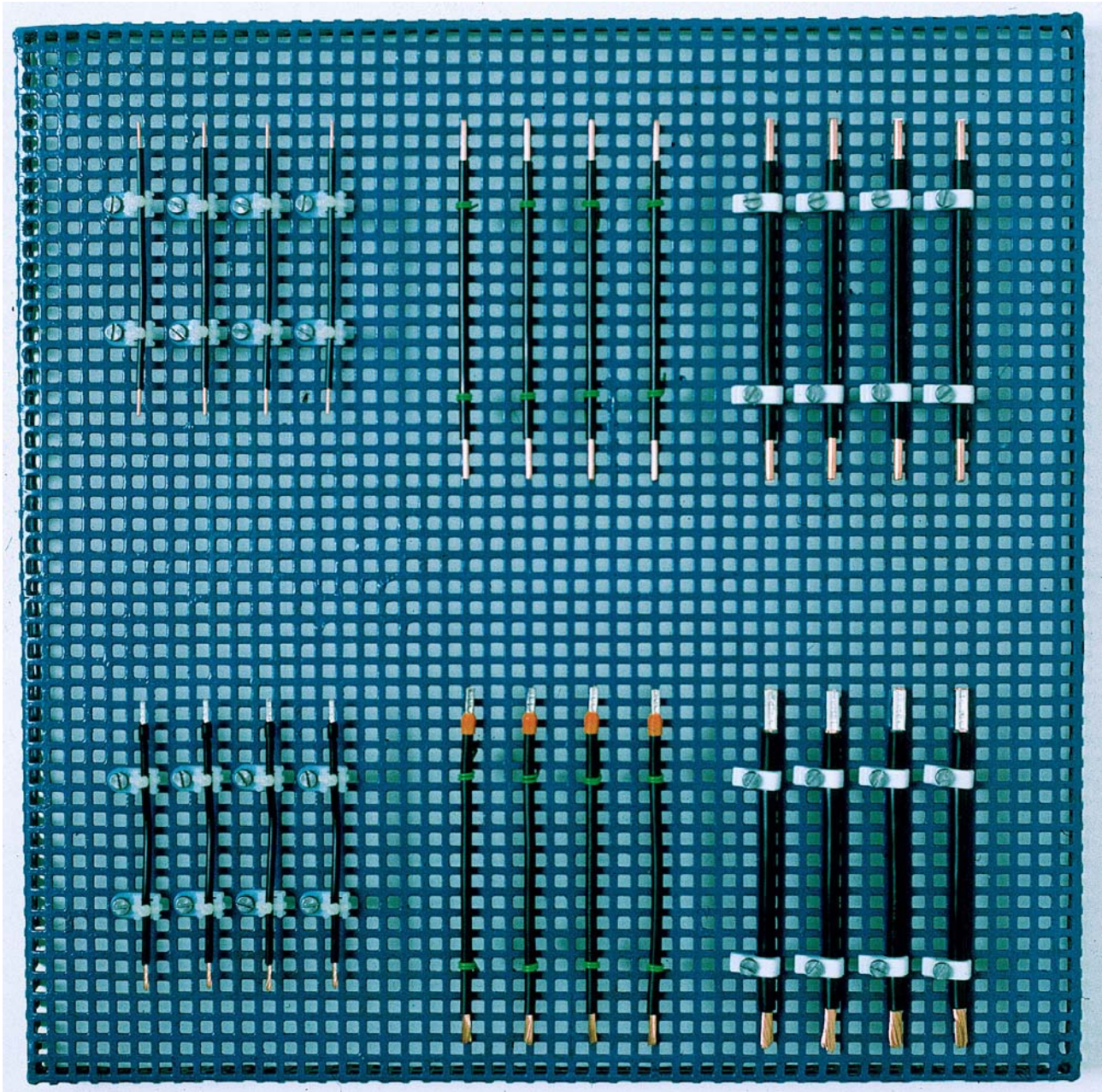


Abb. 2.32: Lochblech mit Kunststoffaderleitungen (siehe Anhang)

Materialliste

lfd. Nr.	Anzahl	Material	Bemerkungen
1	1	Montageblech	400 x 400
2	16	Kabelbandsockel	
3	16	Befestigungsschelle	
4	16	Kabelband	Insuluk
5	0,5 m	Y-Draht	
6	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 10 mm ²
7	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 4 mm ²
8	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm ²
9	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 10 mm ²
10	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 4 mm ²
11	0,5 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm ²
12	32	Sechskantmutter	M4 DIN 934
13	32	Unterlegscheibe	4,3 St DIN 125
14	32	Zylinderkopfschraube	M4 x 20 DIN 84
15	je 4	Aderendhülse	für lfd. Nr. 6, 7, 8

Abb. 2.33: Materialliste Übung 1

2.: Biegen von Ösen und Quetschen von Kabelschuhen

- Isolieren Sie die Kunststoffaderleitungen H07V-U mit der Abisolierzange nach Maß.
- Biegen Sie die Enden der Kunststoffaderleitungen zu Ösen.
- Setzen Sie die Kunststoffaderleitungen H07V-K mit der Abisolierzange nach Maß ab.
- Quetschen Sie auf die Enden der Kunststoffaderleitungen die betreffenden Kabelschuhe und Aderendhülsen auf.
- Befestigen Sie die Leitungen nach Vorgabe.

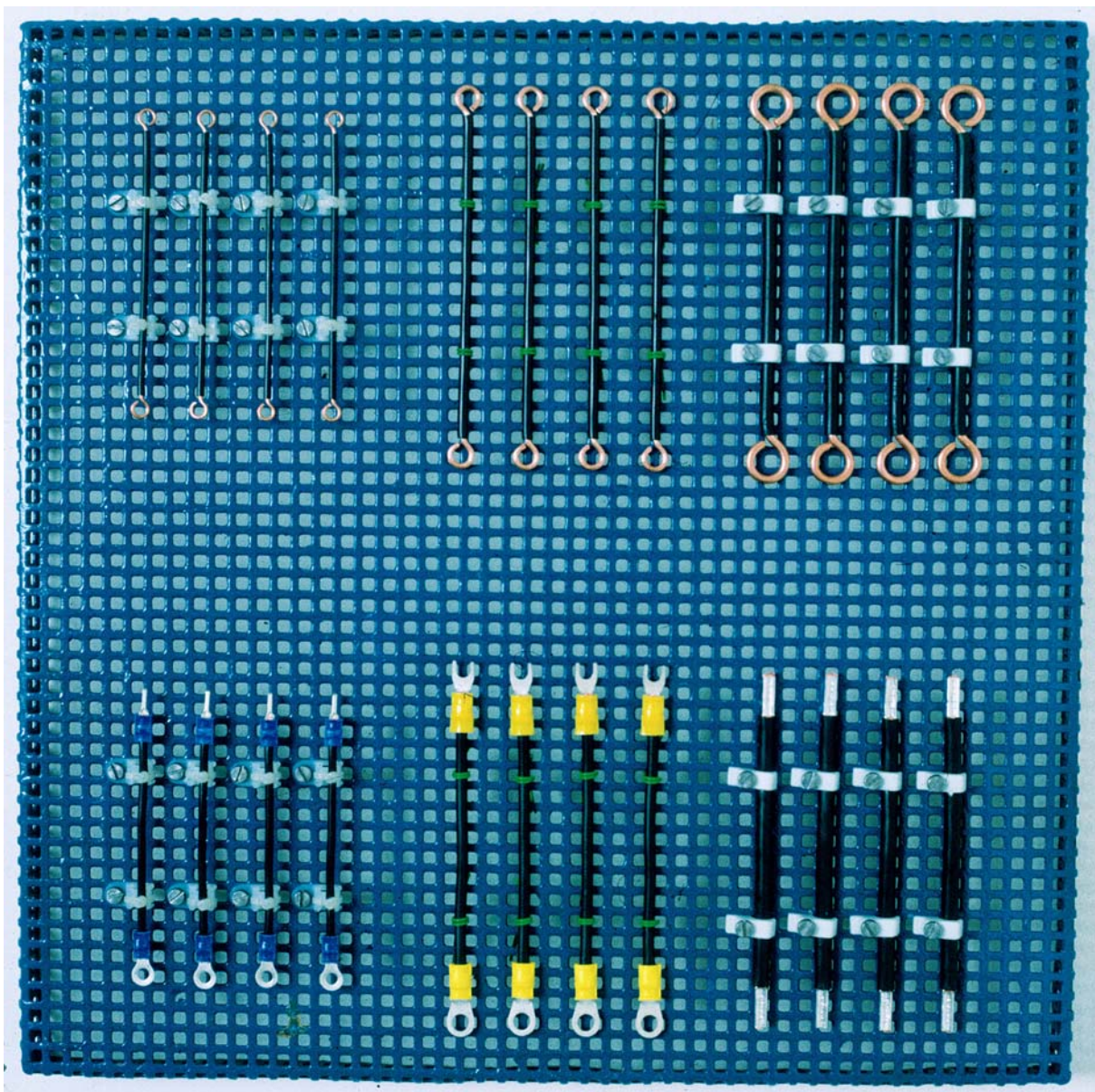


Abb. 2.34: Lochblech mit Kunststoffaderleitungen (siehe Anhang)

Materialliste

lfd. Nr.	Anzahl	Material	Bemerkungen
1	1	Montageblech	400 x 400
2	16	Befestigungsschelle	
3	16	Kabelbandsockel	
4	16	Kabelband	Insuluk
5	0,5 m	Y-Draht	
6	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 10 mm ²
7	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 4 mm ²
8	0,5 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm ²
9	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 10 mm ²
10	0,6 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 4 mm ²
11	0,5 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm ²
12	32	Sechskantmutter	M4 DIN 934
13	32	Unterlegscheibe	4,3 St DIN 125
14	32	Zylinderkopfschraube	M4 x 20 DIN 84
15	8	Aderendhülse	für Pos. 6
16	16	Kabelschuh	für Pos. 7 und 8

Abb. 2.35: Materialliste Übung 2

3.: Schraubverbindungen

Anschluss von massiven Leitern an Reihenklemmen (H05V-U/H07V-U).

Bei den Reihenklemmen ist die Leiterisolation nur so weit als nötig zu entfernen. Es ist aber darauf zu achten, dass sie bis in den Einföhrungstrichter der Klemme hineinragt, aber niemals mit eingeklemmt wird.

Für die einzelnen Leiterquerschnitte stehen die entsprechenden Klemmkörper zur Verfügung.

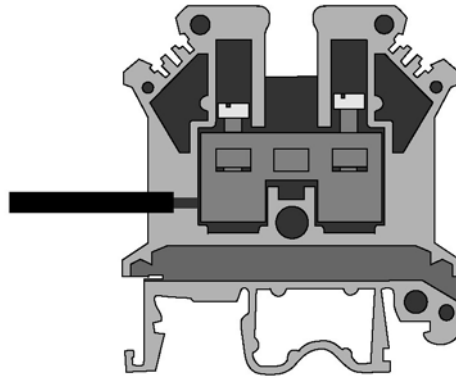


Abb. 2.36: Anschluss an Reihenklemme

3. Kabel und Leitungen

3.1 Allgemeines

Es wird grundsätzlich zwischen Starkstromkabel und isolierten Leitungen (kurz: Kabel und Leitungen) unterschieden. Allgemeingültige Merkmale zur Unterscheidung dieser beiden Bauarten sind im VDE – Vorschriftenwerk nicht definiert.

Generell gilt aber, dass Kabel im Vergleich zu Leitungen höheren mechanischen Beanspruchungen standhalten und in der Erde verlegt werden dürfen.

Der Prinzipaufbau einer runden, mehradrigen Leitung oder eines Kabels ist in den Hauptteilen immer gleich. Um die Leiter befindet sich eine Isolierung (Basisisolierung), zwischen der Isolierung und dem Mantel ist das Kabel oder die Leitung mit Füllmasse gefüllt.

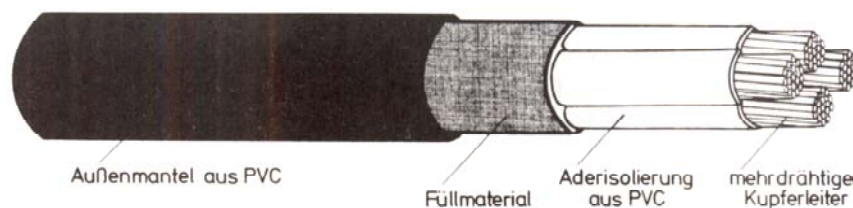


Abb. 3.1: Kunststoffkabel, Typ NYY-J

Der Werkstoff der Aderisolierung und dessen Dicke bestimmen im Wesentlichen die Nennspannung, für welche die jeweilige Type ausgelegt ist. Die eindeutige Zuordnung einer Type zur Gruppe Kabel oder Leitungen ist durch die Zuordnung (nach Herstellerangaben) zu einer entsprechenden Norm möglich. Kabel sind mindestens für eine Nennspannung 0,6/1 kV isoliert (0,6 kV = zulässige Spannung U_0 eines Leiters gegen Erde; 1 kV = zulässige Spannung U zwischen jeweils zwei Leiter innerhalb des Kabels). Kabel sind nur für die feste Verlegung geeignet und besitzen einen Mantel aus Kunststoff, Gummi oder Metall. Auf dem Mantel befindet sich in regelmäßigen Abständen ein Aufdruck mit der Normnummer, nach der sie aufgebaut sind.

Kabel dürfen in Innenräumen installiert, in Beton eingebettet, sowie im Freien, im Erdreich und im Wasser verlegt werden. Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall – sogenannte halogenfreie Kabel – sind jedoch in der Regel für die Verlegung im Wasser und im Erdreich nicht geeignet.

Leitungen sind meist für Nennspannungen $U < 1$ kV isoliert und entweder für die feste Verlegung (Installation) konzipiert oder mit flexiblen Leitern (flexible Leitungen) ausgestattet. Bauarten mit flexiblen Leitungen dienen insbesondere dem Anschluss ortsveränderlicher Betriebsmittel. Spezielle Leitungen sind auch für Nennspannungen $U > 0,6/1$ kV erhältlich (z. B. Baggertrommelleitungen). Leitungen können ein- oder mehradrig ausgeführt sein. Einadrige Leitungen (ohne Mantel) werden als Aderleitung oder Verdrahtungsleitung bezeichnet. Leitungen dürfen nicht im Erdreich verlegt werden.

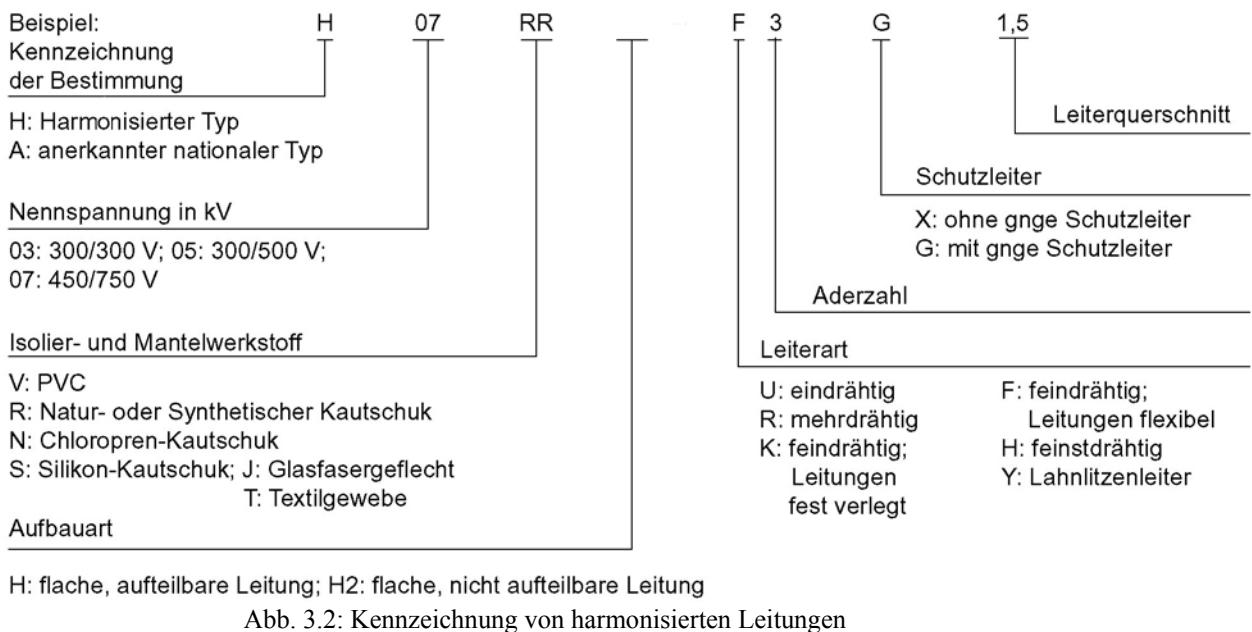
Der Haupteinsatzbereich von Leitungen sind Innenräume. Einige Typen dürfen aber auch im Freien eingesetzt werden (u. a. bestimmte Gummischlauchleitungen).

3.2 Kennzeichnung von harmonisierten / nicht harmonisierten Leitungen

Leitungen unterscheiden sich bei der Kennzeichnung in harmonisierte und nicht harmonisierte Typen. Harmonisierte Leitungen sind nach europäischen Normen hergestellt und tragen die Kennzeichnung „H“. Nicht harmonisierte Leitungen sind nach nationalen Normen anerkannt (nationale Typen).

Kabel und Leitungen werden durch Buchstaben- und Zahlenangaben benannt. Aus den Kurzzeichen sind der Aufbau, der Verwendungszweck und der Querschnitt zu erkennen. Die Kennzeichnung ist der Reihenfolge nach von der Angabe der Normung (N, erster Buchstabe) über die Umhüllung bis zu den Ader- und Querschnittsangaben (letzte Bezeichnung) durchgeführt.

Typenkurzzeichen



Beispiel: H07RR-F 3G1,5 bedeutet:

- H – Harmonisierter Typ
- 07 – 450-750V
- R - Isolierhülle aus Natur- o. Synth. Kautschuk
- R - Mantel aus Natur- o. Synth. Kautschuk
- F - feindräftiger Leiter
- 3 - Aderzahl 3
- G - Schutzleiter (grün-gelb)
- 1,5 - Querschnitt 1,5 mm²

Nachstehend sind die wichtigsten Kennbuchstaben mit zugehörigen Bedeutungen in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Leitungen (nichtharmonisiert)

- A Ader, Aluminiumumhüllung, Aluminiumader (Al)
- B Bleimantelleitung
- C konzentrische Leiter (abgeschirmt)
- F feindräftig, Fassungsader, Flachleitung

G	Gummihülle, 2-G-Silikonkautschuk (mit erhöhter Wärmebeständigkeit)
H	Hülle (Schirmgeflecht für Abschirmungszwecke, verwendbar für Handgeräte, z. B. Bohrmaschinen usw.)
I	Imputzverlegung
(J)	Zusatz bei Mehraderleitungen mit grün-gelben Schutzleiter
K	Korrosionsschutz-Erdkabel
L	für leichte mechanische Beanspruchung (z. B. Leuchtröhren)
M	Mantel, mittlere mechanische Beanspruchung
N	Normleitung
(O)	Zusatz bei Mehraderleitungen ohne grün-gelben Schutzleiter
ö	ölfest
P	Papierumhüllung
R	Rohrdraht, gefaltete Rohrumhüllung, gerillte Umhüllung
S	Schnur, Segeltuchhülle, für schwere mechanische Beanspruchung
T	Trosse
U	Umhüllung
u	unbrennbar
V	Verdrahtungsleitung, verdrehbeanspruchungsfest
W	wetterfest
Y	Kunststoffisolierung (Thermoplaste, wie zum Beispiel PVC usw.)
Z	Zinkmantel, Zwillingsader, Zugentlastung

Kabel (nichtharmonisiert)

A	nach N: Al-Leiter, am Ende: aus Jute
B	Stahlbandbewehrung
C	konzentrische Leiter bzw. Schirm aus Metalldrähten oder -bändern
CE	Einzeladerschirmung
D	Druckbandage aus Metallbändern
E	nach N: Einzeladerschirmung, am Ende: Schutzhülle aus Kunststoffband
F	Flachdrahtbewehrung
H	Kabel mit metallisierten Einzeladern (Hochstädter Kabel)
K	Kabel mit Bleimantel
L	glatter Aluminiummantel
N	Kabel nach Norm
O	offene Stahldrahtbewehrung
Ö	Ölkabel
Q	Beflechtung aus verzinktem Stahldraht
R	Runddrahtbewehrung, Rostschutzanstrich
w	wärmebeständig
Y	Kunststoffisolierung
2Y	Isolierhülle aus vernetztem Polyäthylen
YY	Kunststoffaußenmantel
Z	Bewehrung aus Stahlprofildraht

3.3 Kabel- und Leitungsarten

PVC – Aderleitungen

Da Aderleitungen (H07V-U, H07V –R, H07V-K) lediglich eine Basisisolation aufweisen, muss immer ein zusätzlicher Schutz vorhanden sein. Die Verlegung erfolgt deshalb in Elektroinstallationsrohren oder –kanälen. Aderleitungen dürfen auch innerhalb von elektrischen Betriebsmitteln verlegt werden, sofern dies die Betriebsmittelbestimmungen zulassen. Die gemeinsame Verlegung von Aderleitungen und Kabel oder Leitungen in Elektroinstallationsrohren oder Zügen von Elektroinstallationskanälen ist nicht erlaubt.

Stegleitung

Stegleitungen (NYIF, NYIFZ nationaler Typ) dürfen nur im oder unter Putz und nur in trockenen Räumen verlegt werden. Sie finden im besonderen Anwendung, wenn das Erstellen von Schlitzten aus statischen Gründen nicht zulässig ist (Bauten in Spannbeton). Die Verlegung auf Holz (auch mit Putzabdeckung) oder direkt auf Streckmetall ist nicht zulässig. Beim Trockenausbau darf die Stegleitung nur dann unter Gipskartonplatten verlegt werden, wenn die Platten ausschließlich mit Gipsplaster befestigt werden. Da die einzelnen Leitungsadern nur mit einem Gummi bzw. Kunststoffsteg zusammengefasst sind, muss die Stegleitung so befestigt werden, dass eine Formänderung oder Beschädigung der Isolierung nicht erfolgen kann. Beim Nageln sind deshalb besondere Nägel mit Isolierstoffunterlegscheibe zu verwenden. Üblich ist auch das Befestigen mit Gipsplaster, Kleben oder durch Schellen aus Isolierstoff.

Mantelleitung mit PVC-Isolierung

Die Mantelleitung NYM (nationaler Typ) ist die in der Wohnungsinstallation meist verwendete Leitung. Die Farbe der äußeren Umhüllung ist grau. Die Verlegung ist auf, im und unter Putz, sowohl in trocknen als auch in feuchten Räumen zulässig. NYM darf auch im Freien (aber nicht im Erdreich) verlegt werden, wenn sie vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt ist. Die direkte Einbettung in Beton oder Estrich kann erfolgen, wenn kein Schüttel-, Rüttel- oder Stampfvorgang erfolgt. Die Befestigungsmittel müssen der Form der Leitung angepasst sein, damit Druckstellen vermieden werden. Die Befestigung mit Hilfe von Hakennägeln ist unzulässig. NYM kann auch in unterirdischen Schutzrohren – nur auf kurze Strecken – verlegt werden. Die Leitung muss dabei auswechselbar bleiben, und das Schutzrohr muss gegen das Eindringen von Wasser geschützt und belüftet sein.

Mantelleitung mit VPE –Isolierung

Die harmonisierte Mantelleitung H05VV wird langfristig den Typ NYM ersetzen. Aufgrund des Isolierwerkstoffes VPE ist die Strombelastbarkeit deutlich höher als bei dem Isolierwerkstoff PVC und bietet daher eine zusätzliche thermische Reserve. Außerdem verringert sich die Brandlast. Die Mantelleitung H05VV kann mit folgenden Einschränkungen wie NYM verlegt werden:

- Die Verlegung in Beton ist ausgeschlossen.
- H05VV darf nur in Innenräumen (trockene und feuchte Räume) verlegt werden.

Gummischlauchleitungen

Gummischlauchleitungen der Bauarten H05RN-F und H07RN-F können in trockenen, feuchten und nassen Räumen sowie im Freien verlegt werden. Gummischlauchleitungen sind flexible Leitungen. Nach VDE 0100 Teil 520 müssen ortsveränderliche Betriebsmittel, aber auch Betriebsmittel, die Bewegungen oder Vibrationen ausgesetzt sind oder zum Zwecke des Anschließens, Reinigens oder Reparierens vorübergehend von ihrem Befestigungsort entfernt werden müssen, mit flexiblen Leitungen angeschlossen werden.

Die Bauart H05RN-F wird bei geringen mechanischen Beanspruchungen (Anschluss von Elektrogeräten und Werkzeugen) verwendet. Die Bauart H07RN-F wird bei mittleren mechanischen Beanspruchungen (Anschluss gewerblich genutzter Elektrogeräte und Werkzeuge) verwendet.

Steuerleitungen mit PVC- Isolierung

PVC- Steuerleitungen der Bauart NYSLYÖ werden bei mittleren mechanischen Beanspruchungen als Anschluss- und Verbindungsleitungen für Steuergeräte an Betriebsmitteln (Werkzeugmaschinen, Förderanlagen, Fertigungsstrassen usw.) in Industrie- und Gewerbebetrieben verwendet. Der Außenmantel weist eine hohe Beständigkeit gegen die Einwirkung von Feuchtigkeit, Ölen, Fetten und Chemikalien auf. Die Verlegung ist in trockenen, feuchten und nassen Räumen, aber nicht im Freien zulässig. Die Leitung ist sowohl für feste Verlegung als auch für flexible Anwendungen bei freier Bewegung geeignet.

Kabel mit PVC- Isolierung

PVC- Kabel der Bauart NYY können in Innenräumen, Kabelkanälen, im Freien, in Beton und in der Erde verlegt werden. Auch die Verlegung im Wasser ist zulässig.

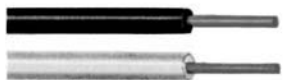
Leitungen					DIN VDE 0281 T. 1/04.85 DIN VDE 0282 T. 1/04.85
Isolierte Leitungen für feste Verlegung					
Bezeichnung	Abbildung	Kurzzeichen		Aderzahl	Verwendung
		alt	neu		
Kunststoff-Fassungs- adern		NYFA NYFAF	HO5V-U HO5V-K	1	Verdrahtung in Leuchten
Gummi- aderleitung mit erhöhter Wärme- beständigkeit		N2GAFU	HO5SJ-K	1	Verdrahtung in Leuchten, in Schalt- und Verteiler- anlagen. Verlegung in Rohren in trockenen Räumen bis 180°C
Kunststoff- ader- leitungen		NYA NYAF	HO7V-U HO7V-R HO7V-K	1	Verdrahtung in Schalt- und Verteileranlagen. Verlegung in Rohren in trockenen Räumen
Steg- leitungen		NYIF	—	2 ... 5	Verlegung in oder unter Putz in trockenen Räumen
Mantel- leitungen		NYM	—	1 ... 5	Verlegung auf, in und unter Putz in trockenen und feuchten Räumen und im Freien
Bleimantelleitungen		NYBUY	—	1 ... 5	Verlegung auf, in, unter und über Putz in trok- enen und feuchten Räumen und im Freien

Abb. 3.3: Leitungsarten

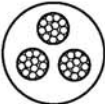
Kabelarten				DIN VDE 0271/06.86 DIN VDE 0100 T.540/05.86	
Kabelbezeichnungen					
Kurzz.	Erklärung		Kurzz.	Erklärung	
N	genormte Ausführung, folgende Buchstaben in der Reihenfolge des Kabelaufbaus angefügt		B	Bewehrung aus Stahlband	
A	Leiter aus Aluminium Schirmung (Höchstädter-Kabel) Mehrmantelkabel, einzeln mit Metall- und Korrosionsschutz umgebene und verseilte Adern		CW	konzentrischer, wellenförmiger aufgebrachtener Leiter	
F			Bewehrung aus Stahlflachdraht		
FO			Bewehrung aus Stahlflachdraht - offen		
H	Bleimantel gepreßter, glatter Al-Mantel Schutzhülle mit eingebetteter Schicht (Bewicklung aus Kunststoff) Schutzhülle in Form eines Mantels aus thermoplastischem Kunststoff		R	Bewehrung aus Stahlrunddraht	
RO			Bewehrung aus Stahlrunddraht - offen		
Gb			Gegen- oder Haltewendel aus Stahlband mit mindestens 50 % Bedeckung		
K	Schutzhülle aus Z-förmigem Stahlprofil-draht		Z	Bewehrung aus Z-förmigem Stahlprofil-draht	
KL			Schutzhülle bzw. äußere Schutzhülle aus Faserstoffen Mantel aus PVC		
E					
Y			A		
			Y		
Kabelarten (Auswahl)			Kabelangaben über Leiterform und Leiteraufbau		
Niederspannungskabel bis $U_0/U = 0,6/1$ kV			Abbildung	Kurzz.	Erklärung
Bezeichng.	Abbildung	Erklärg./Verwendg.		SM	sektorförmiger Leiter, mehrdrähtig
NKBA 0,6/1 kV		Massekabel mit äußerer Schutzhülle, Leitungsnetze		SE	sektorförmiger Leiter, eindrähtig
NYN 0,6/1 kV		Kunststoffkabel, im Freien und in der Erde, Ortsnetze		RM	runder Leiter, mehrdrähtig
NAYN 0,6/1 kV		Al-Kabel, im Freien, in der Erde, im Wasser, Ortsnetze		RE	runder Leiter, eindrähtig
NYCWY NAYCWY 0,6/1 kV		Al-Kabel mit konzentrischem Cu-Leiter, Verwendung wie NAYV	Zuordnung¹⁾ des Schutz- oder PEN-Leiters zum Außenleiter (Auszug)		
NAKLEY 0,6/1 kV		Massekabel mit PVC-Schutzhülle und Al-Mantel als PEN-Leiter, Verwendung wie NAYN	Querschnitt in mm ² von		
Mittelspannungskabel $U_0/U = 17,3/30$ kV			Außenleiter		Schutz- oder PEN-Leiter
NKBA NAKBA 3,6/6 kV 6/10 kV	Aufbau wie Niederspannungskabel mit dickerer Isolierung	Massekabel, Innenräume, Erdverlegung in Netzen	1,5 2,5 4 6 10 16 25	35 50 70 95 120 150 185	1,5 16 25 35 50 70 95
NYFGb 3,6/6 kV		Kunststoffkabel mit Stahldrahtbewehrung, Industriennetze	¹⁾ Zuordnung gilt für isolierte Starkstromleitungen und 0,6/1 kV-Kabel mit 4 Leitern		

Abb. 3.4: Kabelarten

Telefon-/Schwachstromleitung JY(ST)Y

Anwendungsbereich:

- Fernmeldeinstallationen innerhalb von Gebäuden in trockenen und feuchten Räumen sowie im Freien
- Übertragung von Signalen und Messwerten der Steuer- und Regeltechnik
- Übertragung von Informationen in Daten- und Prozessrechenanlagen
- Sprechstellen- und Nebenstellenausbau
- Signal- und Messdatenübertragung

Geeignet für eine feste Verlegung an Außenwänden von Gebäuden. Durch den statischen Schirm (St) sind die Übertragungskreise gegen äußere elektrische Störfelder geschützt.

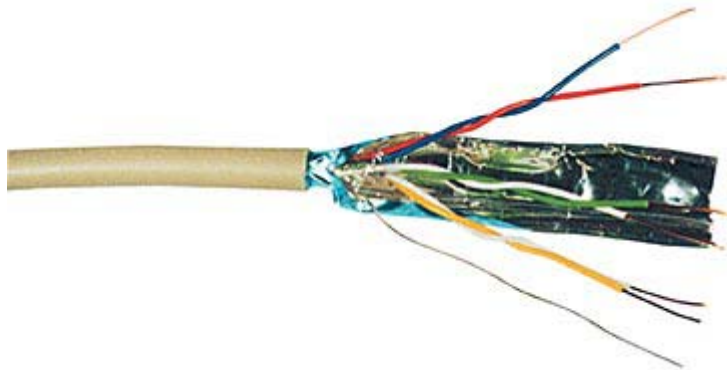


Abb. 3.5: Telefonleitung (siehe Anhang)

Glasfaserkabel

Ein Glasfaserkabel, auch als Lichtwellenleiter bezeichnet und LWL abgekürzt, ist eine sehr feine zylindrische Faser aus hochreinem Silikatglas. Ein solcher Leiter besteht aus einem Kern mit einem bestimmten Kernradius und einem diesen umgebenden Mantel, der eine etwas geringere optische Dichte hat als der Kern. Durch diese Anordnung ist das Licht in der Lage, sich im Kern auszubreiten ohne das Glasfaserkabel zu verlassen. Zur Erhöhung der Zugfestigkeit und zum Schutz vor äußeren, mechanischen Schäden ist die Faser je nach Anforderungen von weiteren Hüllen umgeben.

Als Übertragungsmedium von Informationen erfordern Lichtwellenleiter eine grundsätzlich andere Technologie.

Innenkabel

Zentraladerkonstruktion



Abb. 3.6: Innenkabel I-D(ZN)H n (siehe Anhang)

Anwendungsbereich I-D(ZN)H n:

- Verbindungskabel zwischen Haupt- und Endverteiler, geeignet für den Steigzonenbereich, aufspaltbar in Endverteiler

Merkmale:

- Dünnes, flexibles Innenkabel mit max. 12 Fasern, halogenfreier, flammwidriger Mantel

Außenkabel

metallfrei, unarmiert



Abb. 3.7: Außenkabel A-D(ZN)2Y n x m (siehe Anhang)

Anwendungsbereich A-D(ZN)2Y n x m:

- Einzug bzw. Einblasen in Kunststoffrohranlagen, Verlegen auf Pritschen und in Kabelschächte, direkte Erdverlegung

Merkmale:

- Metallfreier, leichter Aufbau, gutes Liegeverhalten, zwei Aufreisszwirne zum Öffnen des Mantels, längs- und querwasserdicht.

Vorteile:

- Unempfindlich gegenüber elektrischen und magnetischen Einflüssen
- Produziert auch selbst keine Störstrahlungen (kein Nebensprechen)
- Vollständige galvanische Entkopplung von Sender und Empfänger
- Kein Blitzschutz erforderlich
- Geeignet für den Einsatz in explosionsgefährdeten Umgebungen (bei Kabelbruch keine Gefahr der Funkenbildung)
- Hohe Abhörsicherheit
- Geringes Kabelgewicht
- Kleiner Kabelquerschnitt
- Hohe Übertragungsleistung
- Geringe Signaldämpfung, d. h. große Reichweiten ohne Einsatz von Verstärkern.

Nachteile:

- Relativ teuer
- Aufwendige Anschlusstechnik, z. T. auch wegen fehlenden Normierungen; nicht für alle Topologien geeignet (z. B. für Busnetze – problemlos aber bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, wie in Stern- oder Ringnetzen).

3.4 Farbkennzeichnung

Die Aderisolationen sind folgendermaßen farblich gekennzeichnet:

Aderzahl	mit Schutzleiter	ohne Schutzleiter
2		feste Verlegung sw, bl ortsveränderliche Verbraucher br, bl
3	gn-ge, sw, bl	sw, bl, br
4	gn-ge, sw, bl, br	sw, bl, br, sw
5	gn-ge, sw, bl, br, sw	sw, bl, br, sw, sw
>5	gn-ge, 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5 6
gn-ge = grün-gelb sw = schwarz bl = blau br = braun		

Abb. 3.8: Farbkennzeichnung

Festlegungen zum Einsatz der farblich gekennzeichneten Adern

Der Einsatz der farblich gekennzeichneten Adern ist wie folgt festgelegt:

Bei mehr als 5 Adern sind die Aderisolationen schwarz und mit einem Zahlenaufdruck versehen.

Der Neutralleiter (N) muss in seinem gesamten Verlauf hellblau gekennzeichnet sein.

Ist in einem Leitungsabschnitt kein neutraler Leiter erforderlich, darf die hellblaue Ader auch als Außenleiter (z. B. bei 4-adrigen Pumpenleitungen L 1, L 2, L 3) verwendet werden.

Die grün-gelbe Ader darf **nur** für Schutzleiter (PE) und für Schutzleiter mit Neutralleiterfunktion (PEN) verwendet werden; eine Verwendung für andere Zwecke ist nicht erlaubt.

Für die Außenleiter L 1, L 2 und L 3 ist die Farbe nicht festgelegt.

3.5 Verlegearten von Kabel und Leitungen

Verlegung im und unter Putz

In zu Wohnzwecken dienenden Räumen müssen Kabel und Leitungen nach DIN 18015 unsichtbar verlegt werden. Die Verlegung im und unter Putz ist daher hier die übliche Verlegeart. Die Verlegung der Kabel und Leitungen erfolgt senkrecht oder waagrecht parallel zu den Raumkanten innerhalb der Installationszonen. In trockenen Räumen werden überwiegend Mantelleitungen, Stegleitungen und Einzeladerleitungen in Elektroinstallationsrohren verwendet. In feuchten Räumen ist die Verlegung von Stegleitung oder Einzeladern im Elektroinstallationsrohr unzulässig. Durch Fräs- oder Stemmarbeiten darf die Standfestigkeit von Wänden nicht beeinträchtigt werden.

Verlegung auf Putz

Die Verlegung von Leitungen oder Kabel auf Putz kommt bei der Installation von nicht zu Wohnzwecken dienenden Räumen oder bei der Nachinstallation auch von Wohnräumen in Frage. Typische Anwendungsorte sind z. B. Keller, landwirtschaftliche Anwesen, Gewerbe- und Industrieanlagen.

Der Leitungsverlauf ist senkrecht oder waagrecht parallel zu den Raumkanten zu Planen. In der Regel kommen Mantelleitungen zum Einsatz und in der Industrie werden auch Kabel verwendet. Diese können im Elektroinstallationsrohr oder auf Abstandschellen (feuchte Räume) verlegt werden. Auch die Verlegung von Mantelleitungen mit Hilfe von Nagelschellen ist möglich. Da die Verlegung auf Putz sichtbar ist, sollte sich ein guter optischer Gesamteindruck ergeben. Bei Mantelleitungen sollte der Schellenabstand in der Waagrechten 0,25 m und in der senkrechten 0,5 m nicht überschreiten.

Verlegung in Elektroinstallationsrohren

Die Verlegung von Leitungen in Elektroinstallationsrohren bietet den Vorteil von nachträglichen Änderungs- oder Erweiterungsmöglichkeiten. Außerdem ist die Leitung zusätzlich gegen mechanische Einwirkungen geschützt. Nach VDE 0605 sind Elektroinstallationsrohre mit Buchstaben gekennzeichnet, die die möglichen Druckbeanspruchungen, den Werkstoff und das Verhalten im Brandfall wiedergeben:

- Kennzeichnung AS für schwere Druckbeanspruchung, z. B. für die Verlegung in Stampf- und Schüttelbeton.
- Kennzeichnung A für mittlere Druckbeanspruchung, z. B. für die Verlegung auf, unter oder im Putz.
- Kennzeichnung B für leichte Druckbeanspruchung, z. B. für die Verlegung unter oder im Putz.
- Kennzeichnung C für Isolierstoffrohre, vorgeschrieben für die Verlegung auf Putz und in Hohlräumen.
- Kennzeichnung F für flammwidrige Rohre, vorgeschrieben für die Verlegung auf Putz und in Hollowänden. Rohre ohne F – Kennzeichnung dürfen nicht auf Putz verlegt werden.

Beispiel:

ACF = flammwidriges Rohr aus Isolierstoff für mittlere Druckbeanspruchung.

Verlegung in Beton

In Beton, der einem Schüttel-, Rüttel-, oder Stampfprozess unterzogen wird, dürfen nur Kabel, z. B. NYY, direkt verlegt werden. Aderleitungen oder Mantelleitungen müssen in Elektroinstallationsrohre mit dem Kennzeichen AS verlegt werden. Mantelleitungen dürfen jedoch in Aussparungen, die später mit Beton bedeckt werden, verlegt werden.

Verlegung in Hohlwänden

Bei der Installation von Fertighäusern oder in nachträglichen gesetzten Leichtbauwänden erfolgt die Leitungsführung innerhalb der Wandzwischenräume, Kabel und Leitungen müssen eine äußere Umhüllung aus flammwidrigen Kunststoff, z. B. PVC, aufweisen. Bei der Verlegung in Elektroinstallationsrohren müssen diese das Kennzeichen ACF nach VDE 0605 aufweisen. Nicht festverlegte Kabel und Leitungen innerhalb der Hohlwände müssen an den Anschlussstellen (z. B. Hohlwand Dosen) zugentlastet werden. Als Leitungsmaterial wird in der Regel NYM bzw. H05VV verlegt. Stegleitungen dürfen für die Hohlwandinstallation nicht verwendet werden, da die Konstruktion der Leitung hierfür ungeeignet ist.

Verlegung in Erde

Im Erdreich dürfen nur Kabel, z. B. NYY, verlegt werden. Diese sind mindestens 0,6 m unter der Erdoberfläche zu verlegen; unterhalb von Straßen muss die Verlegetiefe mindestens 0,8 m betragen. Damit die Kabel im Erdreich bzw. beim Verlegen nicht beschädigt werden, erfolgt die Verlegung auf glatter steinfreier Grabensohle oder in einer Sandschicht. Die zusätzliche Abdeckung mit Kabelhauben oder der Einsatz von Trassenwarnbändern bietet Schutz bei späteren Erdarbeiten. In Ausnahmefällen kann auch Mantelleitung in unterirdischen Schutzrohren auf kurzen Strecken verlegt werden. Dabei muss die Leitung auswechselbar sein. Das Rohr muss gegen das Eindringen von Flüssigkeiten geschützt und belüftet sowie mechanisch fest sein.

Verlegung von Haupt- und Hilfsstromkreisen

Bei der Verlegung von Aderleitungen dürfen nur die zu einem Hauptstromkreis gehörigen Hilfsstromkreise in einem Rohr, einem einzügigen Kanal oder in einem Zug eines mehrzügigen Kanals zusammengefasst werden.

Eine Erleichterung gilt für mehr- bzw. vieladrige Leitungen oder Kabel. Hierbei ist es gestattet mehrere Hauptstromkreise einschließlich der dazugehörigen Hilfsstromkreise in einer Leitung oder einem Kabel zusammenzufassen.

Erfolgt die Verlegung von Hilfsstromkreisen getrennt von den dazugehörigen Hauptstromkreisen, dürfen mehrere Hilfsstromkreise in einer Hülle (Rohr, mehr- bzw. vieladrige Kabel usw.) zusammengefasst werden. Das Zusammenfassen bietet Vorteile beim Anschluss von Antriebsgruppen, kann jedoch auch die Übersichtlichkeit verschlechtern. Keinesfalls dürfen einzelne Leiter eines Hauptstromkreises auf verschiedene Leitungen, Kabel, Rohre usw. aufgeteilt werden, die auch Leiter anderer Stromkreise enthalten.

Ein gemeinsamer Neutralleiter für mehrer Hauptstromkreise ist unzulässig. Es ist jedoch erlaubt aus einem Drehstromkreis mit einem Neutralleiter drei Wechselstromkreise aus je einem Außenleiter und dem Neutralleiter zu bilden. In diesem Fall muss aber die Zugehörigkeit der Stromkreise durch ihre Anordnung erkennbar bleiben, und der Drehstromkreis muss durch einen Schalter getrennt werden können. Der Schalter muss dabei alle nicht geerdeten Leiter gleichzeitig schalten. Diese Installationsart wird in der Praxis bei der Aufteilung von Leuchtengruppen auf die Außenleiter eines Drehstromkreises angewendet.

3.6 Leitungsverbindungen, Anschluss- und Verbindungsklemmen

Eine Leitungsverbindung oder das Anschließen von Leitern darf nur auf isolierenden Unterlagen oder mit isolierenden Umhüllungen vorgenommen werden. Man unterscheidet Anschlussklemmen, die nur zum Anschluss von Betriebsmitteln gedacht sind und Verbindungsklemmen, die Abzweigungen und Verbindungen erlauben. Betriebsmittel, z. B. Steckdosen, die durchgeschleift werden, müssen über Verbindungsklemmen nach VDE 0620 und 0632 verfügen.

Verbindungsstellen können sein: Schraubklemmen, schraubenlose Klemmen, Kerb- oder Nietverbinder, Steckverbinder, gelötete oder geschweißte Verbindungen.



Abb. 3.9: Dosenklemmen



Abb. 3.10: Reihenklemmen

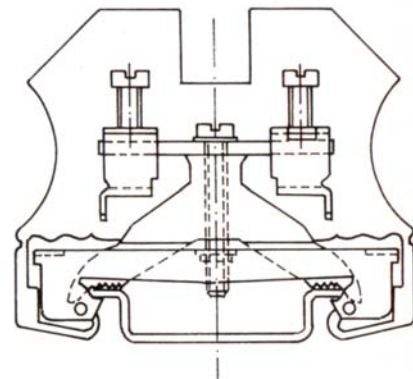


Abb. 3.11: Reihenklemme Schnittzeichnung

Zugänglichkeiten von Verbindungsstellen

Grundsätzlich müssen lösbare Verbindungen, z. B. Schraubklemmen, schraubenlose Klemmen, Press- und Steckverbinder usw., zugänglich bleiben, sofern sie nicht in der Erde (z. B. in Muffen) angeordnet sind. Vergossene Verbindungsstellen, gelötete oder geschweißte Verbindungen gelten als nicht lösbar. Als zugänglich gelten Verbindungsstellen auch dann, wenn dabei Konstruktionselemente des Gebäudeausbaus (z. B. Platten einer abgehängten Decke oder eines Doppelbodens) auf einfache Weise entfernt werden können. Die Zugänglichkeit ist auch bei Verbindungsstellen der Unterflurinstallation gegeben, wenn hierfür die Einbaueinheiten entfernt werden müssen.

Für Querschnitte bis 2,5 mm² können als Verbindungsmittel in Verbindungsdosen lose, isolierte Einzelklemmen verwendet werden. Bei Querschnitten ab 4 mm² sind nur Klemmen zulässig, die in ihren Verbindungsdosen in ihrer Lage fixiert sind. Die im Inneren der Dose angebrachte Aufschrift über den Leiterquerschnitt, der maximal zulässigen Anzahl der Klemmen und der Leiter, muss beachtet werden.

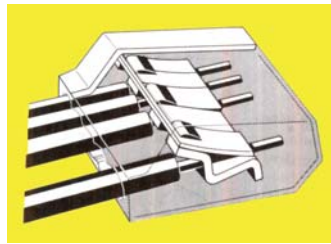


Abb. 3.12: Schraubenlose Klemme

Zugentlastungsvorrichtungen

Auf den Schutz von Anschluss- und Verbindungsstellen vor mechanischer Beanspruchung muss besonders geachtet werden. Unzulässig ist das Verknoten der Leitung in sich oder das Anbinden der Leitung am Betriebsmittel anstelle einer ordentlichen Zugentlastung. Durch die Zugentlastung selbst darf die Leitung oder das Kabel nicht beschädigt werden. Kabelverschraubungen und Leitungseinführungen dürfen nur dann als Zugentlastungsmittel benutzt werden, wenn sie dafür vom Hersteller vorgesehen sind.

Bei ortsveränderlichen Betriebsmitteln muss der Schutzleiter der Anschlussleitung länger als die stromführenden Leiter ausgeführt werden. Dies ist erforderlich, damit bei Versagen der Zugentlastung eine Belastung oder das Abreißen des Schutzleiters erst nach den stromführenden Leitern möglich ist.

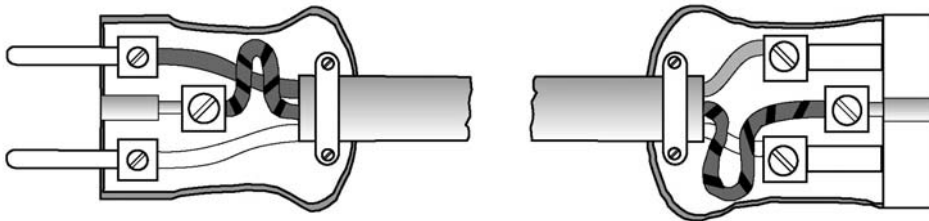


Abb. 3.13: Stecker und Kupplung mit Zugentlastung

Anschluss von mehr-, fein- und feinstdrähtigen Leitern

Damit ein Abspitzen oder Abquetschen einzelner Drähte von mehr-, fein-, oder feinstdrähtigen Leitern verhindert wird, muss eine der folgenden Maßnahmen ergriffen werden:

- Verwendung von geeigneten Klemmen für mehr-, fein-, oder feinstdrähtigen Leitern oder
- Verwendung von Aderendhülsen

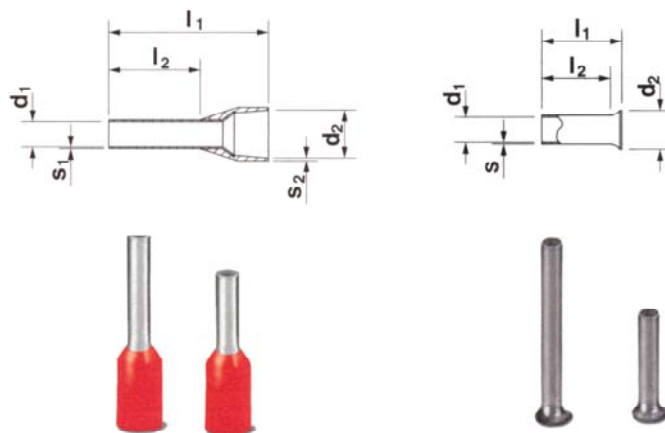


Abb. 3.14: Aderendhülsen mit und ohne Kunststoffkragen

Man unterscheidet zwischen Aderendhülsen mit und ohne Kunststoffkragen für die Leiterquerschnitte von $0,5 \text{ mm}^2$ bis 10 mm^2 .

3.7 Testfragen

1. Für welche Zwecke darf eine grün/gelbe Ader in einer mehradrigen Leitung benutzt werden?
2. Was bedeutet der Aufdruck H07- auf einer Leitung?
3. Wie ist eine VDE-geprüfte Leitung gekennzeichnet?
4. Dürfen PVC – Aderleitungen direkt auf oder unter Putz verlegt werden?
5. Wo dürfen Stegleitungen nicht verlegt werden?
6. Wo dürfen Mantelleitungen mit PVC – Isolierungen bzw. VPE – Isolierungen verlegt werden?
7. Dürfen Leitungen im Erdreich verlegt werden?
8. Nennen Sie Anwendungsgebiete für Gummischlauchleitungen?
9. Darf in Wohnungen die Verlegung von Leitungen auf Putz erfolgen?
10. Was bedeutet die Kennzeichnung ACF auf einem Elektroinstallationsrohr?
11. Dürfen Haupt – und Hilfsstromkreise in eine Leitung zusammengefasst werden?
12. In welchen Fällen ist ein gemeinsamer Neutraleiter für mehrere Hauptstromkreise zulässig?
13. Wann müssen Verbindungsstellen zugänglich sein?
14. Wie muss der Anschluss von Leitern vorgenommen werden?
15. Wie müssen Leiterverbindungen ausgeführt werden?
16. Auf welche Weise werden Anschluss- und Verbindungsstellen vor mechanischer Beanspruchung geschützt?
17. Was ist beim Anschluss von ortsveränderlichen Betriebsmitteln zu beachten?
18. Ist das Verlöten von feindrähtigen Leiterenden zulässig?
19. Dürfen mehrere Stromkreise in einer Verbindungsdose zusammengefasst werden?
20. Was muss beim Anschluss des Schutzleiters in einem Schutzkontaktstecker oder einer Schutzkontaktkupplung beachtet werden?

3.8 Übung

Herstellung einer Verlängerungsleitung

Die Auszubildenden sollen eigenständig eine fehlerfreie Verlängerungsleitung mit Schutzkontaktsteckern herstellen können. Das Lernziel gilt als erreicht, wenn der Auszubildende eine CEE-Verlängerungsleitung von 10 m Länge hergestellt hat.



Abb. 3.15: Verlängerungsleitung

Feinlernziele (theoretisch)

Die Auszubildenden sollen:

- die dabei zu beachtenden Regeln nennen können,
- ihre Arbeit durch Sichtkontrolle überprüfen können,
- Aderendhülsen selbstständig zum verwendeten Kabelquerschnitt auswählen können.

Feinlernziele (praktisch)

Die Auszubildenden sollen:

- flexible Leitungen mit Hilfe eines Kabelmessers abmanteln können,
- Drähte mit Hilfe einer Abisolierzange abisolieren können,
- Anschlusssteile (Aderendhülsen) mit Hilfe einer Aderendhülsenzange an Leitungen anbringen können,
- Leitungen mit einem Stecker durch Klemmen mittels eines Schraubendrehers verbinden können.

Die Auszubildenden sollen von der Notwendigkeit und Bedeutung des sorgfältigen Arbeitens überzeugt sein und die nötige Sorgfalt anwenden. Außerdem erkennen sie den Grund qualitätsbewusst zu arbeiten.

Werkzeuge:

- Kabelmesser
- Seitenschneider
- Abisolierzange
- Aderendhülsenzange
- Schraubendreher

Material:

lfd. Nr.	Anzahl	Material	Bemerkungen
1	1	CEE- Stecker 16 A	
2	1	CEE- Kupplung 16 A	
3	10 m	Gummischlauchleitung	H07-RN-F 5G2,5
4	10	Aderendhülsen	2,5 mm ²

Abb. 3.16: Materialliste

1. Für die einzusetzende Steckvorrichtung ist der Leitungsmantel mittels Mantelschneider für die ausgewählte Leitung auf die erforderliche Länge abzuziehen. Für die Leitungsführung im Stecker oder in der Kupplung muss eine Länge von 20 mm bis 30 mm zugegeben werden.
Die Anschlussader für die Schutzleiterklemme muss länger als die übrigen Adern sein.
Sichtkontrolle auf Beschädigung der Leiterisolation.
2. Mit der Abisolierzange werden die Adern auf Klemmenlänge vorsichtig abisoliert und Aderendhülsen aufgepresst.
3. Nach dem Anklemmen der Adern muss auf festen Sitz der Anschlussschraube geachtet werden.
4. Beim Aufsetzen der Zugentlastungsschelle muss der Leitungsmantel ca. 2 mm überstehen.
5. Bei Drehstrom-Steckdosen müssen die einzelnen Adern so angeschlossen werden, dass sich ein Rechtsdrehfeld ergibt.
6. Die Überprüfung der elektrischen Parameter ist notwendig, aber nicht Bestandteil dieser Übung

4. Motoren- und Umrichtertechnik

4.1 Drehfeld

Ordnet man drei identische Spulen auf einem Kreis radial so an, dass ihre Achsen jeweils um einen Winkel von 120° zueinander versetzt sind und beaufschlagt dann dieses System mit einem Dreiphasenwechselstrom (Abb. 4.1), so überlagern sich die Einzelfelder der Spulen zu einem resultierenden Magnetfeld, das eine Magnetnadel in Rotation versetzt.

Der Dreiphasenwechselstrom erzeugt in der Spulenanordnung ein sich drehendes Magnetfeld; man nennt es Drehfeld und den Dreiphasenstrom, durch den dieses Drehfeld hervorgerufen wird, auch Drehstrom.

Das Entstehen dieses eigenartigen Drehfeldes soll anhand der gegeneinander verschobenen Stromverläufe des Dreiphasenwechselstromes (Abb. 4.2) anschaulich begründet werden. Die drei Spulen (Abb. 4.1) werden durch die in ihrer Richtung und Stärke wechselnden Ströme unterschiedlich magnetisiert. In der Abbildung 4.3 ist die Veränderung der Magnetisierung der Innenpole der Spulen L1, L2, L3 für zwölf aufeinanderfolgende Phasenlagen einer Periode dargestellt. Nordpole sind schwarz, Südpole schraffiert gekennzeichnet; das Ausmaß der Schwärzung bzw. Schraffur gibt die Stärke der Magnetisierung an, die der Stromstärke in den einzelnen Spulen entspricht und aus Abbildung 4.3 entnommen werden kann.

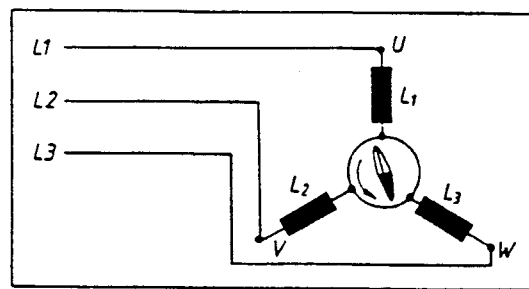


Abb. 4.1: Sternschaltung erzeugt Drehfeld

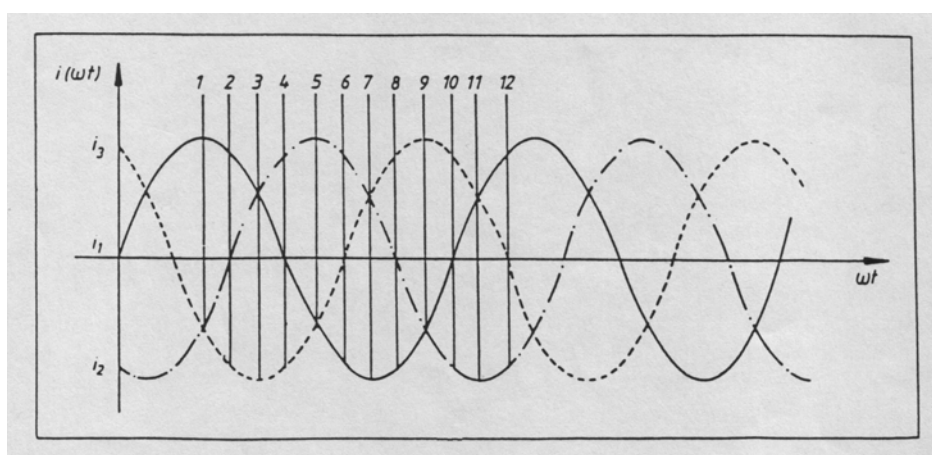


Abb. 4.2: Zeitlicher Verlauf der Drehstromamplituden

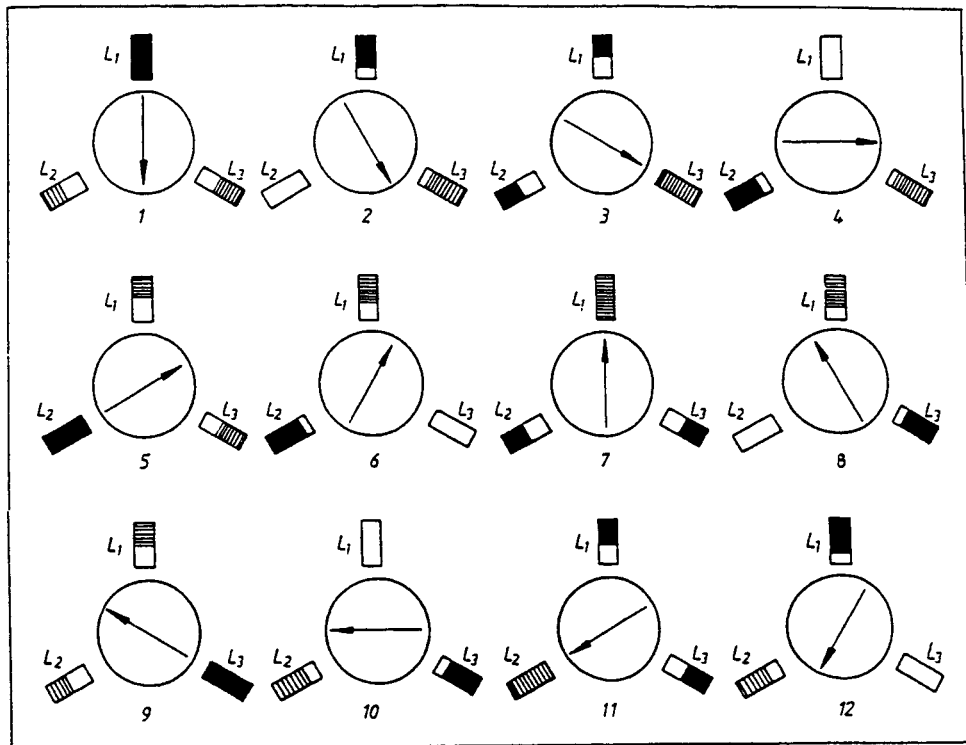


Abb. 4.3: Entstehung des Drehfeldes

Die Magnetnadel stellt sich stets in die Richtung des resultierenden Magnetfeldes und beschreibt bei einer durchlaufenen Periode eine Drehung um 360° . Die Drehzahl n_0 des resultierenden Feldes ist durch die Frequenz f bestimmt und beträgt bei einem Drehstrom mit der Frequenz 50 Hz entsprechend 50 Umdrehungen je Sekunde bzw. 3000 Umdrehungen pro Minute.

Ordnet man auf dem Umfang eines Kreises zwei Spulensysteme mit je drei Wicklungen an, so vollführt die Magnetnadel eine halbe Umdrehung pro Periode des Drehstromes, d. h., es ergibt sich für die Drehzahl die Größe $n_0 = \frac{1}{2} f$.

Die Drehfeldzahl n_0 wird synchrone Drehzahl genannt und resultiert aus der Frequenz des Drehstromes und der Anzahl der verwendeten Spulensysteme (Polpaarzahl p).

4.2 Grundprinzipien der Asynchronmaschine

Kurzschlussläufermotor

Aufbau

Der Kurzschlussläufermotor besteht aus einem feststehenden Teil, dem Gehäuse mit Ständerpaket, und einem beweglichen Teil, dem Läufer. Um die Wirbelstromverluste möglichst gering zu halten, ist der Ständer aus einzelnen, voneinander isolierten Dynamoblechen aufgebaut. Das ringförmige Ständerblechpaket ist an der Innenseite mit Nuten versehen, in denen die Ständerwicklung untergebracht ist (Abb. 4.4).

Der Kurzschlussläufermotor hat die einfachste und in der Herstellung billigste Läuferwicklung. In den Nuten des Läuferblechpaketes, das aus geschichteten Dynamoblechen besteht, befinden sich Stäbe aus Aluminium oder Kupfer, die an ihren Stirnseiten durch Kurzschlussringe kurzgeschlossen sind (Abb. 4.5). Da die Leiterstäbe mit den Kurzschlussringen einem Käfig ähneln, spricht man auch von einem Käfigläufer.

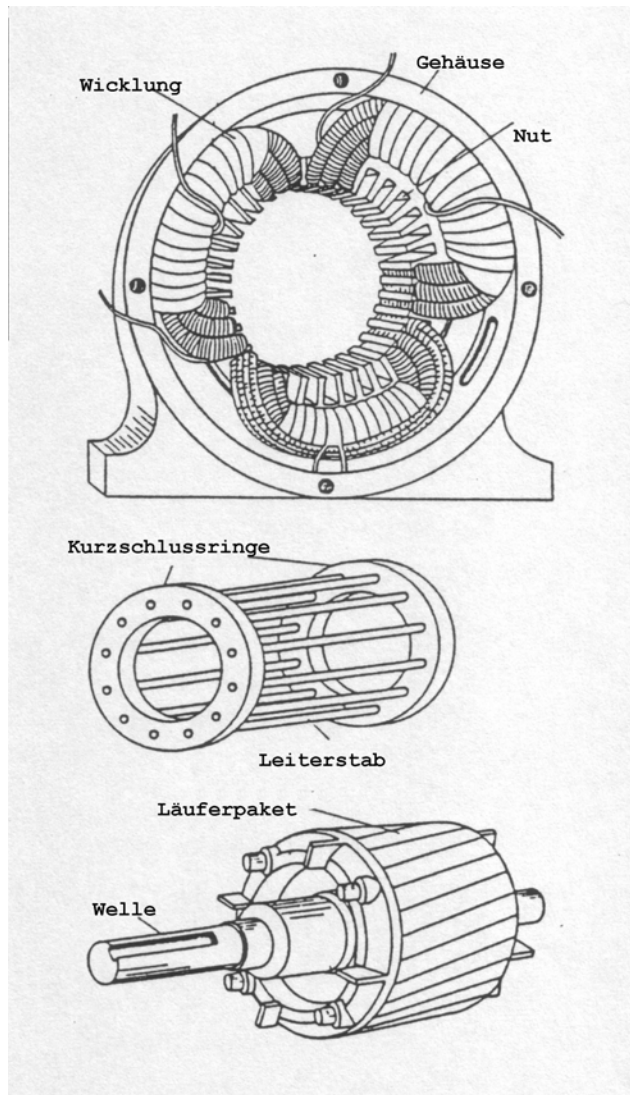


Abb. 4.4:
Asynchronmotor: Gehäuse und Ständerpaket mit Wicklung

Abb. 4.5:
Kurzschlussläufer: Leiterstäbe mit Kurzschlussringen

Abb. 4.6:
Kurzschlussläufer: komplette Welle

Wirkungsweise:

Bei Anschluss der Ständerwicklung an Drehstrom wird ein Drehfeld erzeugt, das mit der synchronen Drehzahl umläuft. Durch dieses Ständerdrehfeld wird im stillstehenden Läufer eine Spannung induziert. In der kurzgeschlossenen Läuferwicklung fließen, bedingt durch die Induktionsspannung, Ströme.

Bei Stillstand des Läufers verhält sich ein Kurzschlussläufermotor wie ein Transformator mit kurzgeschlossener Sekundärwicklung. Der Läuferstrom erzeugt seinerseits ein Magnetfeld, das mit dem Ständerdrehfeld zusammenwirkt und den Läufer in eine Drehbewegung versetzt. Das Drehmoment entsteht dadurch, dass die Magnetpole des Läufers von den gleichnamigen Magnetpolen des Ständers abgestoßen und von den ungleichnamigen angezogen werden. Der Läufer wird beschleunigt, bis nahezu die synchrone Drehzahl erreicht ist.

Die Drehfelddrehzahl oder synchrone Drehzahl (n_1) ist abhängig von der Frequenz (f) und der Polpaarzahl (p).

$$n_1 = f / p$$

Man bezeichnet n_1 auch als synchrone Drehzahl. Es ist zugleich die größte Drehzahl, mit der ein Motor betreffender Bauart laufen könnte. Bei einem Motor für $f = 50 \text{ Hz}$ mit 2 Polen je Phase ($p = 1$) beträgt die synchrone Drehzahl:

$$n_1 = f / p = 50 \text{ Hz} / 1 = 50 \text{ 1/s} = 50 \text{ 1/s} \times 60 \text{ s/min} = 3000 \text{ 1/min}$$

Eine höhere Drehzahl ist für die Frequenz 50 Hz nicht möglich. Der Läufer kann die synchrone Drehzahl aus eigener Kraft niemals erreichen. Die Läuferdrehzahl n_2 ist immer kleiner als die synchrone Drehzahl n_1 des Ständerdrehfeldes. Würde der Läufer nämlich synchron mit dem Ständerdrehfeld laufen, gäbe es keine Relativbewegung zwischen Ständerdrehfeld und Läuferwicklung mehr. Dann würde die Läuferwicklung keine Feldlinien mehr schneiden und der magnetische Fluss unterläge keiner zeitlichen Änderung. Da dann keine Spannung mehr in der Läuferwicklung induziert würde, wäre der Läuferstrom Null; es würde kein Läuferfeld mehr aufgebaut werden können.

Die Läuferdrehzahl ist immer kleiner als die synchrone Drehzahl des Ständerfeldes.

Motoren, deren Läufer nicht synchron (asynchron) mit dem Ständerdrehfeld umläuft, werden Asynchronmotoren genannt.

Die Differenz zwischen der Ständerfelddrehzahl n_1 und der Läuferdrehzahl n_2 wird Schlupfdrehzahl n_s genannt.

$$n_s = n_1 - n_2$$

Bezieht man die Schlupfdrehzahl auf die synchrone Drehzahl und gibt das Ergebnis in Prozent an, so ergibt sich der Schlupf (s).

Der Schlupf soll klein sein und auch möglichst konstant. Er nimmt bei normalem Betrieb Werte zwischen 2 % und 8 % an. Bei Leerlauf ist der Schlupf am kleinsten (um 0,5 % bis 1 %), um mit zunehmender Belastung anzusteigen.

$$s = n_s / n_1 \times 100\%$$

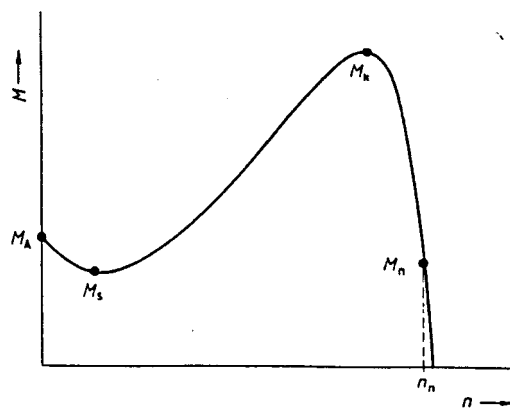


Abb. 4.7: Drehmomentenkennlinie

Die Abhängigkeit des vom Motor entwickelten Drehmomentes von der Drehzahl ist in Abbildung 4.7 dargestellt.

Das bei Stillstand des Läufers ($n=0$) entwickelte Drehmoment wird nach VDE 0530 als Anzugsmoment (M_A) bezeichnet. Das maximale Drehmoment wird Kippmoment (M_K) genannt. Bei Nenndrehzahl n_N wird vom Motor das Nennmoment (M_N) entwickelt. Bei einigen Motoren sinkt das Drehmoment nach dem Anlaufen ab. Das nach dem Anlauf kleinste Moment wird Sattelmoment (M_S) genannt.

Die Abbildung 4.8 zeigt typische Betriebskennlinien eines Drehstrom-Kurzläufermotors. Bei der Bestellung von Elektromotoren ist darauf zu achten, dass der Motor für seinen Verwendungszweck passend (nicht zu groß) gewählt wird, da bei Nennbetrieb das Produkt $N \cdot \cos \varphi$ seinen Höchstwert erreicht.

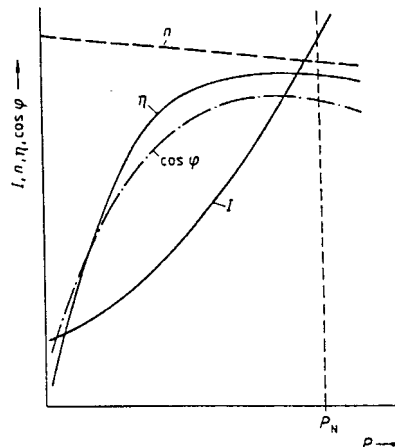


Abb. 4.8: Typische Betriebskennlinien eines Drehstrom-Kurzschlussläufermotors

Der Anlaufstrom (Anzugstrom) eines Kurzschlussläufermotors ist höher als der Nennstrom. Je nach Läuferbauart kann er 4 – 7 Mal so groß wie der Motornennstrom sein. Hervorgerufen wird der große Anlaufstrom durch die große Induktionswirkung des Ständerfeldes auf die stillstehende Läuferwicklung.

Bei stillstehendem Läufer wird seine Wicklung von den meisten Feldlinien geschnitten, da das magnetische Ständerdrehfeld voll wirksam werden kann. Die Folge ist eine hohe Induktionsspannung und somit ein hoher Läuferstrom, der einen entsprechend hohen Strom in der Ständerwicklung bewirkt.

Bei sich drehendem Läufer nimmt die Relativgeschwindigkeit zwischen Ständer- und Läuferfeld ab. Die Läuferwicklung wird von weniger Feldlinien als bei Stillstand geschnitten. Induzierte Spannung und Stromstärke sinken.

Kurzschlussläufermotoren zeichnen sich durch einen verhältnismäßig einfachen Aufbau aus; sie sind preisgünstig und wartungsarm.

4.3 Stern – Dreieckschaltung / Sanftanlauf

Spannung

Drehstrommotoren mit einer Drehzahl können normalerweise bei zwei verschiedenen Spannungen angeschlossen werden. Die drei Statorwicklungen sind in Stern- (Y) oder Dreieckschaltung (D) angeschlossen. Die Wicklungen können auch in Reihe oder parallel geschaltet sein, z. B. als Y oder YY. Wenn auf dem Leistungsschild eines Kurzschlussläufermotors Spannungen sowohl für die Stern- als auch für die Dreieckschaltung angegeben sind, ist es möglich, den Motor beispielsweise sowohl mit 230 V als auch mit 400 V zu betreiben. Die Wicklung ist bei 230 V in Dreieckschaltung angeschlossen; bei einer Hauptspannung von 400 V wird die Y-Schaltung verwendet. Beim Ändern der Hauptspannung ist es wichtig zu beachten, dass sich der Nennstrom des Motors bei derselben Nennleistung abhängig von der Spannung ändert. Die Art des Motoranschlusses an den Anschlussblöcken für die Stern- oder Dreieckschaltung wird in den folgenden Abbildungen 4.9 und 4.10 dargestellt.

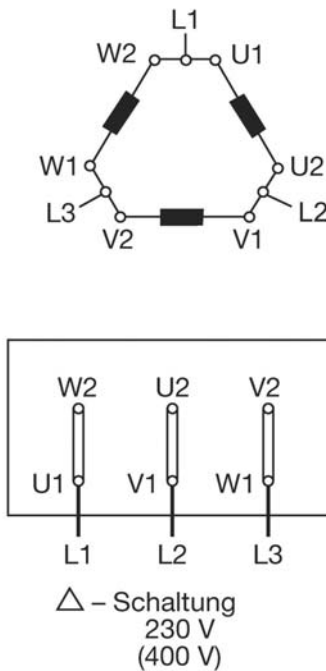


Abb. 4.9: Schaltplan für Dreieckschaltung

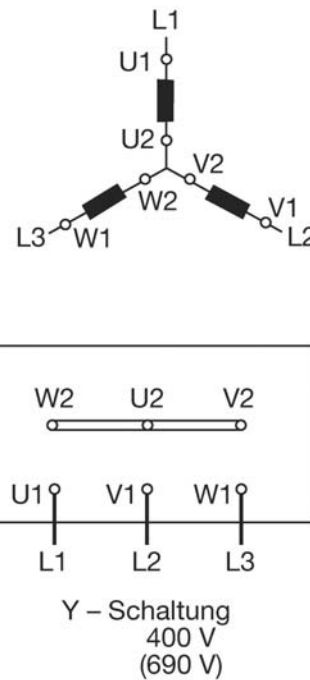


Abb. 4.10: Schaltplan für Sternschaltung

Anlassen mit der Stern-Dreieckschaltung

Beim Stern-Dreieck-Anlauf erfolgt der Anlauf von Käfigläufermotoren bei herabgesetzter Strangspannung, weil der Motor beim Einschalten in Stern geschaltet ist und nach dem Hochlaufen in Dreieck geschaltet wird.

Der Stern-Dreieck-Anlauf ist nur bei solchen Motoren möglich, bei denen die Dreieckschaltung bei der vorhandenen Netzspannung zulässig ist.

Für das 400 V-Netz ist die erforderliche Spannungsangabe 400 V oder 400 V/660 V.

Wegen der auf 1/1,73 herabgesetzten Strangspannung ist der Einschaltstrom im Strang nur der 1/1,73te Teil, wie in der Dreieckschaltung, wegen der geänderten Schaltung noch Mal nur der 1/1,73te Teil.

Der Einschaltstrom in der Sternschaltung ist nur 1/3 des Einschaltstromes in der Dreieckschaltung.

Drehmoment und Leistung in der Sternschaltung betragen aber ebenfalls nur $\frac{1}{3}$ der Dreieckschaltung. Dadurch kommt der Stern-Dreieck-Anlauf nur für leichten Anlauf, z. B. Leerlauf, in Frage. Als Schalter für den Stern-Dreieck-Anlauf werden Nockenschalter oder Schützsaltungen verwendet.

Das Klemmbrett der Stern - Dreieckschaltung

L1	L2	L3	Netzspannung: 400 V
↓	↓	↓	
U1	V1	W1	Motorenspannung: 230 V

$$\text{Motorenspannung} = \frac{\text{Netzspannung}}{1,73}$$

W2 — U2 — V2 Schaltung: Stern

L1	L2	L3	Netzspannung: 400 V
↓	↓	↓	
U1	V1	W1	Motorenspannung: 400 V
			Motorenspannung = Netzspannung
W2	U2	V2	Schaltung: Dreieck

Abb. 4.11: Klemmbrett in der Stern – Dreieckschaltung

Stern-Dreieck-Anlauf

Bei dieser Anlassmethode wird der Anlaufstrom und das Anlaufmoment reduziert. Die Vorrichtung besteht normalerweise aus drei Schützen, einem Überlastrelais und einem Zeitschalter zum Einstellen der Zeit der Sternposition (Anlassposition). Der Motor muss im normalen Betrieb in Dreieckschaltung angeschlossen sein, damit diese Anlassmethode verwendet werden kann. Der erzielte Anlaufstrom beträgt etwa 30 % des beim Anlauf mit direktem Einschalten auftretenden Anlaufstroms. Das Anlaufmoment wird auf etwa 25 % des beim Anlauf mit direktem Einschalten verfügbaren Drehmoments reduziert. Diese Anlassmethode kommt nur in Frage, wenn die Anwendung beim Anlauf leicht belastet ist. Wenn der Motor zu stark belastet ist, steht nicht genügend Drehmoment zur Beschleunigung des Motors auf die Nenndrehzahl zur Verfügung, bevor in die Dreieckposition umgeschaltet wird. Wenn z. B. Pumpen und Lüfter angelassen werden, ist das Lastmoment beim Anlauf anfangs gering. Es erhöht sich mit dem Quadrat der Drehzahl. Wenn etwa 80-85 % der Nenndrehzahl des Motors erreicht sind, ist das Lastmoment gleich dem Drehmoment des Motors und die Beschleunigung stoppt. Zum Erreichen der Nenndrehzahl muss zur Dreieckposition umgeschaltet werden. Dies führt häufig zu hohen Übertragungsspitzen und Stromspitzen. In manchen Fällen kann die Stromspitze sogar Werte über denen des Anlaufs mit direktem Einschalten erreichen. Anwendungen mit einem Lastmoment über 50 % des Nenndrehmoments des Motors können nicht mit dem Stern-Dreieck-Anlasser gestartet werden.

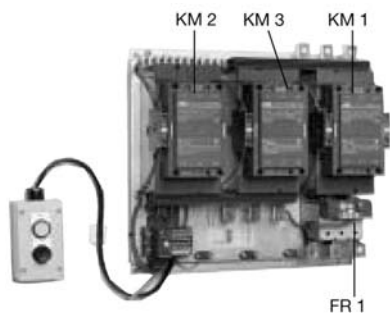


Abb. 4.12: Stern-Dreieck-Anlasser mit Schützen und Überlastrelais

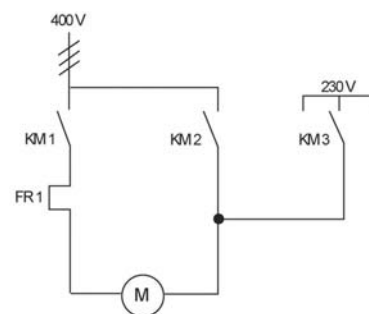


Abb. 4.13: Prinzipschaltbild bei Stern-Dreieck-Anlasser

- KM 1 Hauptschütz
- KM 2 Dreieck-Schütz
- KM 3 Stern-Schütz
- FR 1 Überlastrelais

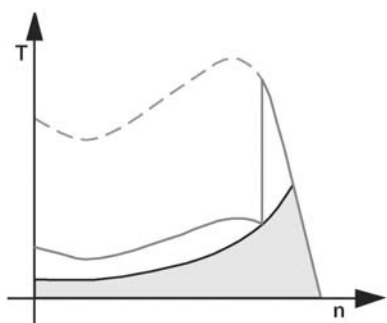


Abb. 4.14: Drehmoment-/Drehzahlkurve bei Stern-Dreieck-Anlauf

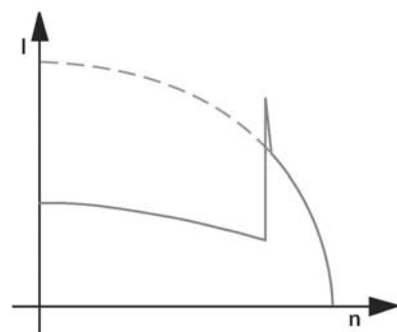


Abb. 4.15: Stromkurve bei Stern-Dreieck-Anlauf

Wechselstromrichter

Der Wechselstromrichter wird manchmal auch Regelantrieb, Frequenzumrichter oder einfach FU genannt. Letztere Bezeichnung ist wahrscheinlich der gängigste Name. Der FU besteht im

Wesentlichen aus zwei Teilen, der Umwandlung von Wechselstrom (50 oder 60 Hz) in Gleichstrom und der Rückumwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom, der nun jedoch eine variable Frequenz von 0 - 250 Hz aufweist. Da die Drehzahl des Motors von der Frequenz abhängt, kann auf diese Weise die Drehzahl des Motors durch Ändern der Ausgangsfrequenz des FU geregelt werden. Dies ist ein großer Vorteil, wenn beim kontinuierlichen Betrieb die Drehzahl geregelt werden muss. Bei vielen Anwendungen wird ein FU nur zum Anlassen und Auslaufen des Motors verwendet, ohne dass eine Regelung der Drehzahl im normalen Betrieb erforderlich wäre. Dies macht die Anlassvorrichtung natürlich unnötigerweise wesentlich teurer. Durch die Steuerung der Frequenz steht das Nenndrehmoment des Motors bei geringer Drehzahl zur Verfügung und der Anlaufstrom ist gering; er beträgt zwischen dem 1- und 1,5-fachen des Nennstroms des Motors. Eine weitere Funktion, die zur Verfügung steht, ist der Sanftauslauf. Dieser ist z. B. beim Anhalten von Pumpen sehr nützlich: hier ist das Problem das Wasser, das beim direkten Anhalten in den Rohren schlägt. Die Sanftauslauffunktion ist auch beim Anhalten von Förderbändern nützlich, wenn zerbrechliches Material beschädigt werden könnte, falls das Band zu schnell anhält. Sehr häufig wird zusammen mit der Ansteuerung ein Filter installiert, damit die erzeugten Emissionen und Oberwellen reduziert werden.



Abb. 4.16: Frequenzumrichter (FU)

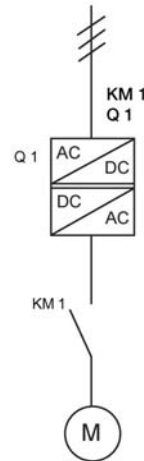


Abb. 4.17: Prinzipschaltbild beim FU

Sanftanlasser

Die Eigenschaften eines Sanftanlassers unterscheiden sich von denen anderer Anlassmethoden. Er verfügt im Hauptschaltkreis über Thyristoren; die Motorspannung wird über eine Leiterplatte geregelt.

Funktionsweise:

Bei einem Motorstarter wird die Motorspannung durch Phasenanschnitt innerhalb einer Anlaufzeit von einer einstellbaren Startspannung auf die Motorbemessungsspannung angehoben. Da der Motorstrom proportional zur Motorspannung ist, wird der Startstrom um den Faktor der eingestellten Startspannung reduziert.

Thyristoren sind Halbleiterbauteile, die in Antiparallelschaltung angeschlossen und in zwei oder drei Phasen des Netzstromkreises platziert sind. Sie regeln (durch Anhebung oder Absenkung) die Spannung beim Anlaufen und Auslaufen (siehe Abbildung 4.18). Im kontinuierlichen Betrieb sind die Thyristoren voll leitend.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Funktionsweise eines Sanftanlassers.

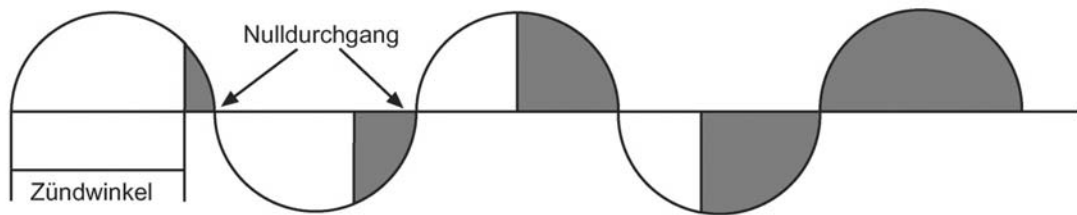


Abb. 4.18: Funktionsweise eines Sanftanlasser

Anlassen: Die Thyristoren lassen zunächst einen Teil der Spannung durch und erhöhen dann den Wert gemäß der eingestellten Rampenzeit für den Anlauf.

Auslaufen: Die Thyristoren sind zunächst voll leitend. Beim sanften Auslaufen senken sie die Spannung gemäß der eingestellten Rampenzeit für den Auslauf ab.

☐ Aus: Thyristor leitet nicht

☒ Ein: Thyristor leitet

Beim Sanftanlasser wird die Tatsache ausgenutzt, dass eine geringe Motorspannung beim Anlassen auch einen geringen Anlaufstrom und ein geringes Anlaufmoment bewirkt. Während des ersten Teils des Anlassvorgangs ist die Spannung am Motor so gering, dass dadurch nur das Spiel zwischen den Zahnrädern geregelt bzw. die Antriebsriemen oder -ketten usw. gestrafft werden können. Dadurch werden also unnötige ruckartige Bewegungen beim Anlaufen vermieden. Allmählich wird die Spannung und das Drehmoment erhöht, so dass die Maschine zu beschleunigen beginnt. Einer der Vorteile dieser Anlassmethode ist die Möglichkeit, das Drehmoment entsprechend des genauen Bedarfes zu regeln, gleich ob die Anwendung belastet ist oder nicht. Im Prinzip steht das volle Anlaufmoment zur Verfügung. Der große Unterschied besteht jedoch darin, dass das Anlassverfahren für die angetriebene Maschine wesentlich schonender ist, wodurch die Wartungskosten niedrig gehalten werden können. Eine weitere Funktion des Sanftanlassers ist die Sanftauslauffunktion. Diese ist beim Anhalten von Pumpen sehr nützlich. Probleme bereiten kann Wasser, das beim direkten Anhalten wie beim Stern-Dreieck-Anlasser oder beim Anlasser für Anlauf mit direktem Einschalten im Rohrsystem schlägt. Die Sanftauslauffunktion kann auch beim Anhalten von Förderbändern verwendet werden, wenn zerbrechliches Material beschädigt werden könnte, falls das Band zu schnell anhält.



Abb. 4.19: Sanftanlasser

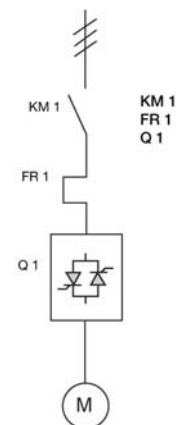


Abb. 4.20: Prinzipschaltbild beim Sanftanlasser

Gängige Probleme beim Anlassen und Auslaufen von Motoren bei unterschiedlichen Anlassmethoden

Art des Problems	Art der Anlassmethode			
	Direktes Einschalten	Stern-Dreieck-Anlauf	Frequenzumrichter	Sanftanlasser
Schlupfende Riemen und starker Verschleiß der Lager	Ja	mittel	Nein	Nein
Hoher Einschaltstromstoß	Ja	Nein	Nein	Nein
Starker Verschleiß der Getriebe	Ja	Ja (Anlauf bei Last)	Nein	Nein
Beschädigte Waren / Produkte beim Anhalten	Ja	Ja	Nein	Nein
Wasser, das beim Anhalten im Rohrsystem schlägt	Ja	Ja	Beste Lösung	Reduziert
Übertragungsspitzen	Ja	Ja	Nein	Nein

Abb. 4.21: Probleme bei unterschiedlichen Anlassmethoden

Beim Stern-Dreieck-Anlauf treten beim Motorschalter mit Anlasstrafo und beim Teilwicklungsanlauf ähnliche Probleme auf.

Verschiedene Anwendungen

Alle Motoren werden zum Anlassen und Ausführen verschiedener Anwendungen verwendet. In diesem Kapitel werden die gängigsten Anwendungen erläutert. Die verschiedenen Anwendungen bedingen auch verschiedene Lastzustände des Motors. Zwei Faktoren sind hierbei zu berücksichtigen:

1. Das Bremsmoment, eine direkt auf die Motorwelle wirkende Bremskraft. Der Motor muss stärker als die Last sein, um beschleunigen zu können. Das Beschleunigungsmoment ist die Differenz von verfügbarem Drehmoment des Motors und dem Lastdrehmoment.

$$\text{Beschleunigungsmoment} = \text{Verfügbares Drehmoment des Motors} - \text{Lastdrehmoment}$$
2. Das vorliegende Trägheitsmoment bzw. die Schwungmasse hat auch Einfluss auf den Anlauf. Je größer die Trägheit, desto länger ist die Anlaufzeit eines Motors.

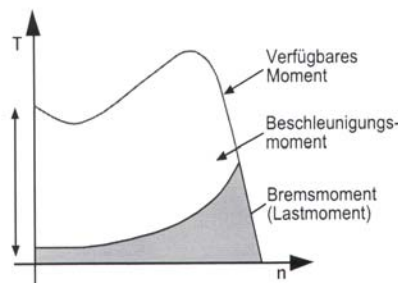


Abb. 4.22: Drehmoment-/Drehzahlkurve

Zentrifugalgebläse

Bei manchen Anwendungen wird der Motor mit reduziertem Lastmoment angelassen, es handelt sich also um einen Anlauf ohne Last. Große Zentrifugalgebläse werden oft mit einem geschlossenen Dämpfer angelassen. Dies vereinfacht (verkürzt) das Anlassen; da das Trägheitsmoment noch immer vorhanden ist, ist die Anlaufzeit u. U. dennoch beträchtlich.

Anlauf mit direktem Einschalten

Zentrifugalgebläse werden häufig mit einem oder mehreren Riemen angetrieben. Bei einem Anlauf mit direktem Einschalten neigen diese Riemen zum Durchschlupfen. Der Grund dafür ist, dass diese Art von Gebläse immer ein relativ hohes Trägheitsmoment (eine große Schwungmasse) aufweist. Auch wenn das Gebläse ohne Last anläuft, ist die Schwungmasse vorhanden. Die Riemen schlupfen durch, wenn das Anlaufmoment des Motors beim Anlaufvorgang zu hoch ist und die Riemen nicht in der Lage sind, die entsprechenden Kräfte zu übertragen. Dieses typische Problem führt zu hohen Wartungskosten, doch auch zu Produktionsausfällen, wenn die Produktion zum Auswechseln von Riemen und Lagern gestoppt werden muss.

Kreiselpumpe

Es gibt viele verschiedene Arten von Pumpen: Kolbenpumpen, Kreiselpumpen, Schraubenpumpen usw.. Die gängigste Bauart ist jedoch die Kreiselpumpe, die wir daher für die Beschreibung ausgewählt haben.

Anlauf mit direktem Einschalten

Das Starten einer Pumpe ist normalerweise für einen Kurzschlussläufermotor kein Problem. Das Problem ist der Verschleiß, der von den Druckwellen im Rohrsystem rührt, die beim zu schnellen Anlauf und Auslauf des Motors entstehen. Bei einem Anlauf mit direktem Einschalten liefert der Motor ein viel zu hohes Anlaufmoment. Dies führt dazu, dass der Motor zu schnell beschleunigt und die Nenndrehzahl zu schnell erreicht. Der Grund dafür ist, dass das Bremsmoment für eine Pumpe beim Anlaufen zu gering ist. Bei dieser Anlassmethode tritt auch der höchstmögliche Anlaufstrom auf.

Kompressor

Kleinere Kompressoren sind oft Kolbenkompressoren, bei denen das Lastmoment linear mit der Drehzahl steigt. Schraubenkompressoren werden häufig verwendet, wenn Bedarf für einen größeren Luftdurchsatz vorliegt. Bei diesem Typ steigt das Lastmoment mit dem Quadrat der Drehzahl.

Zwischen Motor und Kompressor werden oft Antriebsriemen verwendet, doch auch Direktverbindungen über verschiedene Arten von Zahnverbindungen sind gängig. Manche Kompressoren werden mit reduzierter Last angelassen.

Anlauf mit direktem Einschalten

Kompressoren, die mit direktem Einschalten anlaufen, sind starken mechanischen Belastungen des Kompressors selbst, aber auch der Antriebsriemen und Kupplungen ausgesetzt. Dies verkürzt die Lebensdauer. Wenn Antriebsriemen verwendet werden, schlupfen diese beim Anlauf häufig durch. Das hohe Anlaufmoment beim Anlassen mit dieser Methode führt zu Problemen. Beim Anlauf mit direktem Einschalten ist der Anlaufstrom immer hoch. Normale Werte liegen etwa beim 7-fachen des Nennstroms des Motors.

Förderband

Förderbänder gibt es in vielen verschiedenen Ausführungen und Anwendungen. Typisch ist ein konstantes Lastmoment mit niedrigem bis hohem Bremsmoment, abhängig davon, wie schwer das Band beladen ist.

Anlauf mit direktem Einschalten

Förderbänder benötigen oft ein Anlaufmoment, das sehr nahe beim Nenndrehmoment des Motors oder knapp darüber liegt. Ein Anlauf mit direktem Einschalten mit einem normalen Kurzschlussläufermotor liefert etwa das 1,5- bis 2,5-fache des Nennmoments des Motors, abhängig von der Motorgröße vom Typ usw.. Bei einem Anlauf mit direktem Einschalten ist die Gefahr des Durchschlupfs zwischen Riemen und Antriebsrolle durch das hohe Anlaufmoment sehr groß. Getriebe und Kupplungen sind starken mechanischen Belastungen ausgesetzt. Dies führt zu erheblichem Verschleiß und häufig zu hohen Wartungskosten. Manchmal werden Scheibenkupplungen zur Reduzierung des übertragenen Drehmoments verwendet. Diese Methode ist teuer und wartungsintensiv.

4.4 Anschlussbezeichnungen elektrischer Motoren

	bisher (VDE 0570)			neu (VDE 42401)		
1. Netzanschlüsse	R Mp	S	T	L1 N	L2	L3
2. Motoren mit einer Drehzahl	U X	V Y	W Z	U1 U2	V1 V2	W1 W2
Läuferanschlüsse	u	v	w	K	L	M
Spannungsumschaltbar	U _a X _a U _b X _b	V _a Y _a V _b Y _b	W _a Z _a W _b Z _b	U1 U2 U5 U6	V1 V2 V5 V6	W1 W2 W5 W6
3. Polumschaltbare Motoren	Ua Ub Uc Ud	Va Vb Vc Vd	Wa Wb Wc Wd	1U 2U 3U 4U	1V 2V 3V 4V	1W 2W 3W 4W
mit aufgeteilter Wicklung (z. B. Stern/Dreieck – Anlauf)	Ua Xa Ub Xb	Va Ya Vb Yb	Wa Za Wb Zb	1U1 1U2 2U1 2U2	1V1 1V2 2V1 2V2	1W1 1W2 2W1 2W2
4. Einphasenmotor	U W	V Z		U1 Z1	U2 Z2	
5. Zusatzelemente						
Halbleiter - TF	P1	P2		10	11	
Bimetall - Öffner	O1	O2		20	21	
Bimetall - Schließer	S1	S2		30	31	
Magnetbremse	M1	M2		60	61	
Heizstäbe	H1	H2		70	71	

Gleichstrommotoren
Klemmenbezeichnungen

Anschluss	Bezeichnung		
	bisher	neu	
Anker	A, B	A1, A2	
Nebenschlussfeld	C, D	E1, E2	
Reihenschlussfeld	E, F	D1, D2	
Wendepolwicklung	GW, HW	B1, B2	
Kompensationswicklung	GK, HK	C1, C2	
Fremderregung	I, K	F1, F2	

Abb. 4.23: Anschlussbezeichnungen elektrischer Motoren

4.5 Leistungsschilder

Das Diagramm zeigt ein rechteckiges Leistungsschild mit 23 nummerierten Feldern, die in einer symmetrischen, leicht gestaffelten Anordnung angeordnet sind. Die Felder sind wie folgt beschriftet:

- 1: Name des Herstellers (oben in der Mitte)
- 2: Typ (unter 1)
- 3: Stromart (links, unter 2)
- 4: Art der Maschine (rechts, unter 2)
- 5: Fertigungsnummer (rechts, unter 4)
- 6: Kennzeichen der Schaltungsart der Wicklung nach DIN 40 900 Teil 2 (links, unter 3)
- 7: Nennspannung (rechts, unter 6)
- 8: Nennstrom (rechts, unter 7)
- 9: Nennleistung (links, unter 3)
- 10: Abgabe in KW bei z.B. Motoren (rechts, unter 9)
- 11: Abgabe in KVA bei z.B. Synchron-Generatoren (rechts, unter 10)
- 12: Einheit der Leistung z.B. in KW (rechts, unter 11)
- 13: Nennbetriebsart (links, unter 9)
- 14: Leistungsfaktor (rechts, unter 13)
- 15: Drehrichtung nach VDE 0530 Teil 8 (rechts, unter 14)
- 16: Nenndrehfrequenz (links, unter 13)
- 17: Nennfrequenz (rechts, unter 16)
- 18: „Err“ (Erregung bei z.B. Gleichstrommaschinen) (links, unter 16)
- 19: „Lfr“ (Läufer bei Asynchronmaschinen) (rechts, unter 18)
- 20: Schaltung der Läuferwicklung (s. lfd. Nr. 6) (links, unter 18)
- 21: Nennerregerspannung z.B. bei Gleichstrommaschinen, Läuferstillstandsspannung z.B. bei Schleifringläufermotoren (rechts, unter 20)
- 22: Nennerregerstrom (Gleichstrom- und Synchronmaschinen) (rechts, unter 21)
- 23: Isolierstoffklasse (links, unter 20)
- 24: Schutzart nach DIN VDE 0530-5/01-12 (rechts, unter 22)
- 25: Gewicht in Kg bzw. in t (rechts, unter 22)
- 26: Zusätzliche Vermerke (unten in der Mitte)

- 1 Name des Herstellers
- 2 Kennzeichen für Typ, Hinweise zu Baugröße und Bauform
- 3 Stromart
- 4 Art der Maschine
- 5 Fertigungsnummer
- 6 Kennzeichen der Schaltungsart der Wicklung nach DIN 40 900 Teil 2
- 7 Nennspannung
- 8 Nennstrom
- 9 Nennleistung
- 10 Abgabe in KW bei z.B. Motoren
- 11 Abgabe in KVA bei z.B. Synchron-Generatoren
- 12 Einheit der Leistung z.B. in KW
- 13 Nennbetriebsart
- 14 Leistungsfaktor
- 15 Drehrichtung nach VDE 0530 Teil 8
- 16 Nenndrehfrequenz
- 17 Nennfrequenz
- 18 „Err“ (Erregung bei z.B. Gleichstrommaschinen)
- 19 „Lfr“ (Läufer bei Asynchronmaschinen)
- 20 Schaltung der Läuferwicklung (s. lfd. Nr. 6)
- 21 Nennerregerspannung z.B. bei Gleichstrommaschinen, Läuferstillstandsspannung z.B. bei Schleifringläufermotoren
- 22 Nennerregerstrom (Gleichstrom- und Synchronmaschinen)
- 23 Isolierstoffklasse
- 24 Schutzart nach DIN VDE 0530-5/01-12
- 25 Gewicht in Kg bzw. in t
- 26 Zusätzliche Vermerke

Abb. 4.24: Leistungsschild

Festlegungen zu den Angaben auf dem Leistungsschild (Datenschild) elektrischer Maschinen finden sich in DIN EN 60 034-I (VDE: 0530-I), jeweils Abschnitt 27; DIN 42 961/06, 80, die durch internationale Festlegungen abgelöst werden soll. Die nachfolgenden Zitate und Tabellen basieren auf diesen Normen. Jede elektrische Maschine muss mit einem Leistungsschild ausgerüstet sein, welches die folgenden notwendigen Angaben enthält leicht ablesbar und dauerhaft ist. Wenn möglich, muss das Leistungsschild (die Leistungsschilder) am Gehäuse der Maschine befestigt werden und, soweit keine anderen Vereinbarungen getroffen sind, so angebracht sein, dass es sich bei dem durch die Bauform der Maschine (siehe DIN EN 60 034-7/VDE 0530 Teil 7) gegebenen Aufbau während des Betriebes einfach lesen lässt.

Das Bild des Leistungsschildes ist ein Beispiel für eine mögliche Ausführung. Es ist nicht notwendig, die vorgesehene Reihenfolge einzuhalten. Die Angaben müssen nicht alle auf einem einzigen Schild untergebracht sein. Leistung und zugehörige Angabe der Betriebsart, falls erforderlich, sind auf demselben Schild unterzubringen.

Auf dem Leistungsschild von Maschinen unter 1 kW oder unter 1 kVA, die für den Einbau bestimmt sind, braucht nur angegeben zu werden: Bemessungsleistung, Bemessungsspannung, Stromart, Bemessungsfrequenz, Hersteller, Fertigungsnummer oder sonstige Kennzeichen.

Auf dem Leistungsschild von Einbaumotoren für gekapselte Kältemittel-Motorverdichter für industrielle und gewerbliche Zwecke braucht der Leistungsfaktor nicht angegeben zu werden. Die Bemessungsleistung muss nicht angegeben werden, wenn der größte im Dauerbetrieb auftretende Strom angegeben ist.

Bei Motoren, die in Arbeitsmaschinen derart eingebaut oder derart gekapselt werden, dass ihr Leistungsschild nicht ablesbar wäre, liegt es in der Verantwortung des Erstellers der Anlage, sichtbar ein zweites Leistungsschild mit den vorgeschriebenen Angaben anzubringen.

Für die rasche und richtige Instandsetzung einer elektrischen Maschine kann es entscheidend sein, ob auf dem Leistungsschild vollständige Daten und Hinweise zu finden sind. Obwohl die Einhaltung der Mindestanforderungen im gemeinsamen Interesse von Herstellern, Betreibern und Instandsetzern liegen sollte, findet man in der Reparaturpraxis oft unvollständige und nicht normgerechte Schilddaten. Den Umfang zusätzlicher, für die Instandsetzung wichtiger Daten sind durch die Schildgröße und den organisatorischen Aufwand beim Hersteller Grenzen gesetzt. Die Reparaturbetriebe begrüßen es daher, wenn:

- Die Seriennummer unverlierbar an geeigneter Stelle (z. B. unter der Klemmenplatte, am Ständergehäuse, am Statorpaket) eingestempelt ist;
- die Wickeldaten gut lesbar und wärmebeständig am Wickelkopf angebracht sind;
- Sonderläufer durch einen Code (z. B. firmenspezifisch I.K....) angezeigt werden;
- Sonderschwingstärkestufen R oder S markiert werden;
- auf von der Norm abweichende Wellenmaße aufmerksam gemacht wird.

4.6 IM-Code für Bauform und Aufstellung elektrischer Maschinen

Im Juni 1996 erschien einer der wichtigen Grundnormen für den Elektromaschinenbau: DIN-EN 60 034-7/Klassifikation VDE 0530 Teil 7: „Drehende elektrische Maschinen Bezeichnung für Bauformen und Aufstellungen (IM-Code)“.

Für die Bauformen elektrischer Maschinen gab es in Deutschland schon 1924 mit VDE 2950 die ersten Festlegungen. Über DIN 42 950 wurde das in vielen Ländern akzeptierte und benutzte Kurzzeichen im Jahr 1972 als - Code I – in die internationale Norm IEC 34-7 übernommen. Ein ausführlicher, systematisch angelegter > Code II < hat sich bisher noch nicht allgemein durchgesetzt.

Die neue Form beruht auf:

- IEC 34-7.2 Ausgabe 1992 Rotating electrical machines Part 7 : Classification of types and mounting arrangements (IM-Code)
- Deutsche Version der Europäischen Norm EN 60 034-7 : Ausgabe 1993

Zur Anwendung der IM-Kennzeichnung auf Leistungsschildern enthält der IEC 34-1 bzw. DIN EN 60 034-1 (VDE 0530 Teil 1) zur Zeit keine Festlegungen. Die Bauform ist jedoch zur Definition des bestimmungsgemäßen Gebrauchs in geeigneter Weise zu dokumentieren, vorzugsweise auf dem Leistungsschild, zumindest in der begleitenden Produktdokumentation. Schon in der vorangegangenen Norm wurden die Begriffe Baunorm und Aufstellung abgegrenzt, weil sie sich einerseits mit konstruktiven Merkmalen (Bauformen wie Fuß, Flansch, Stehlager) befasste und andererseits eine Maschine gleicher Bauform in verschiedenen Aufstellungen wie B3, B6, B7, V5, V6 verwendbar war. Diese Unterscheidungen sollten auch in den allgemeinen Sprachgebrauch übernommen werden.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei dem VDE-Verlag GmbH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, und dem Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, erhältlich sind.

Aufbau des Kennzeichens:

DIN 42 950 (überholt) sowie Code I in den gültigen Normen

- A Maschinen ohne Lager, waagerechte Anordnung (überholt)
- B Maschinen mit Lagerschilden, waagerechte Anordnung
- C Maschinen mit Lagerschilden und Stehlagern, waagerechte Anordnung (überholt)
- D Maschinen mit Stehlagern, waagerechte Anordnung (überholt)
- V Maschinen mit Lagerschilden, senkrechte Anordnung
- W Maschinen ohne Lagerschilde, senkrechte Anordnung (überholt)

Code II

IM 2 01 1

Code Buchstaben

International Mounting

Erste Kennziffer (0.....9)

Bauform

Zweite und Dritte Kennziffer (0....99)

Art der Befestigung oder Aufstellung

Vierte Kennziffer (0.....9)

Bedeutung der ersten Kennziffer im Code II

- 0 (nicht bestimmt)
- 1 Maschinen für Fußanbau, nur mit Schildlager(n)
- 2 Maschinen für Fuß- und Flanschanbau, nur mit Schildlager(n)
- 3 Maschinen für Flanschanbau, nur mit Schildlager(n), mit Flansch als Teil des Lagerschildes
- 4 Maschinen für Flanschanbau, nur mit Schildlager(n), mit Flansch nicht als Teil des Lagerschildes, sondern als Teil des Gehäuses oder eines anderen Bauteils
- 5 Maschinen ohne Lager
- 6 Maschinen mit Schildlager(n) und Stehlager(n)
- 7 Maschinen nur mit Stehlager(n)
- 8 Vertikale Maschinen, deren Bauart nicht durch die ersten Ziffern 1 bis 4 abgedeckt ist
- 9 Maschinen mit besonderer Aufstellung

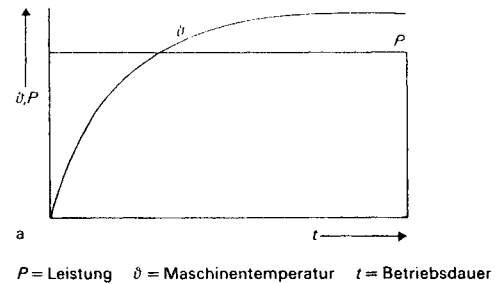
Bedeutung der vierten Kennziffer im Code II

0 keine Wellenlänge	6 zwei Flanschwellenenden
1 ein zylindrisches Wellenende	7 Flanschwellenende auf Antriebseite und zylindrisches Wellenende auf Nichtantriebseite
2 zwei zylindrische Wellenenden	
3 ein konisches Wellenende	8 (nicht bestimmt)
4 zwei konische Wellenenden	9 andere Ausführungen
5 ein Flanschwellenende	

4.7 Betriebsarten

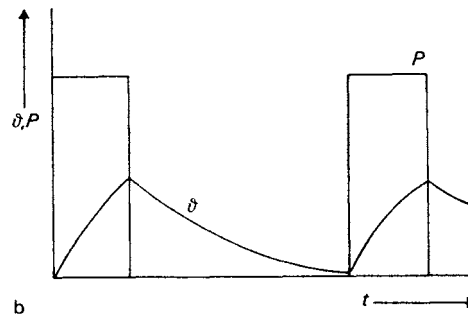
S1 Dauerbetrieb (DB)

Der Motor darf mit seiner Nennbelastung dauernd betrieben werden.



S2 Kurzzeitbetrieb (KB)

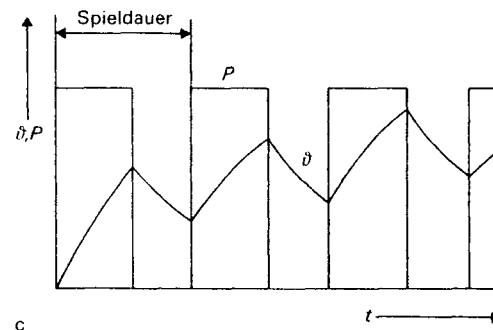
Bei Kurzzeitbetrieb ist die Betriebsdauer so kurz, dass die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Der Motor kühlt in den Pausen auf Ausgangstemperatur ab.



S3, S4, S5 Aussetzbetrieb (AB)

Beim Aussetzbetrieb sind die Pausen so kurz, dass der Motor sich nicht auf die Ausgangstemperatur abkühlen kann. Die Spieldauer beträgt 10 Minuten.

- S3** liegt vor, wenn der Anlaufstrom für die Erwärmung unerheblich ist.
- S4** liegt vor, wenn der Bremsstrom erheblich ist.
- S5** liegt vor, wenn der Bremsstrom die Maschine zusätzlich erwärmt.



S6 Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung (DAB)

Beim Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung bleibt der Motor während der Pausen eingeschaltet und kühlt sich nicht so stark, ab wie beim Aussetzbetrieb.

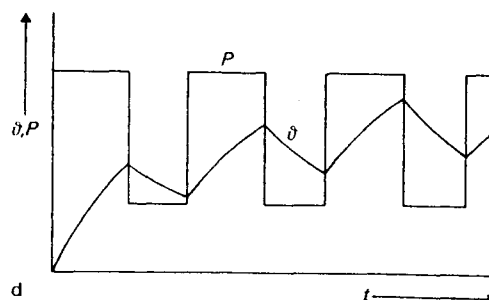


Abb. 4.25: Betriebsarten von Motoren

4.8 Motoren für Einphasen-Wechselstrom

Anwurfmotor

In einem Ständer für Einphasen-Wechselstrom würde nur ein pulsierendes Magnetfeld entstehen. Da ein stetig nach einer Seite fortschreitendes Drehfeld fehlt, läuft ein solcher Motor nicht an. Die sprunghafte Verlagerung des Magnetfeldes nach rechts oder links gibt dem Läufer kein Drehmoment von eindeutiger Richtung. Man muss ihn anwerfen. Er läuft dann in der Drehrichtung, mit der man ihn angeworfen hat, weiter. Anwurfmotoren werden kaum noch verwendet.

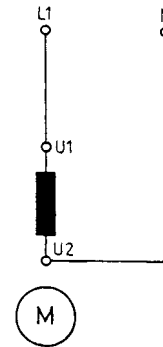


Abb. 4.26: Anwurfmotor

Einphasenmotor mit Hilfswicklung

Man kann einen Motor mit Hilfswicklung versehen, die der Hauptwicklung gegenüber räumlich versetzt angeordnet sein muss. Sorgt man für eine Phasenverschiebung zwischen Hauptwicklung und Zusatzwicklung, so tritt beim Einschalten ein Drehfeld auf. Der Motor läuft selbsttätig an. Die Ständerwicklung derartiger Maschinen ist im Allgemeinen so ausgeführt, dass die Hauptwicklung in zwei Drittel der Ständernuten und die Hilfswicklung in dem restlichen Drittel untergebracht ist. Der Läufer ist ein normaler Kurzschlussläufer. Die zur Erzeugung des Drehmoments notwendige Phasenverschiebung zwischen Hauptwicklung und Hilfswicklung erzielt man oft durch einen Kondensator in der Hilfswicklung. Damit eilt dieser Strom in den Strom der Hauptwicklung vor.

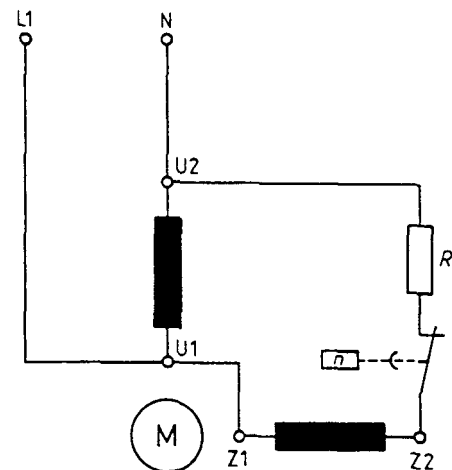


Abb. 4.27: Einphasenmotor mit Hilfswicklung und Widerstand

Es werden zwei phasenverschobene Wechselfelder erzeugt, die in ihrer Wirkung ein elliptisches Drehfeld ergeben.

Anstatt des Kondensators könnte man auch eine Drosselspule verwenden. Der über die Drosselspule fließende Strom würde dem Strom in der Hauptwicklung nacheilen.

Um Platz zu sparen, wählt man für die Hilfswicklung einen kleineren Querschnitt als für die Hauptwicklung. Sie darf dann aber nur kurze Zeit eingeschaltet werden. Wenn der Anlauf beendet ist, schaltet sich die Zusatzwicklung durch einen Fliehkraftschalter selbsttätig aus. Anstelle von Kondensator oder Drosselspule lässt sich auch ein ohmscher Widerstand zur Drehfelderzeugung verwenden. Der über den Widerstand fließende Strom ist gegenüber dem direkt aus dem Netz entnommenen Strom phasenverschoben.

Der Widerstand ist im Hilfsstrang selbst enthalten. Der Hilfsstrang wird dann bifilar aus einem Widerstandsdraht gewickelt. Bei der bifilaren Hilfsabwicklung werden die Spulen des Hilfsstranges zu zwei Drittel in der einen und zu einem Drittel in der anderen Richtung gewickelt. Man erreicht dadurch, dass sich ein Teil der magnetischen Wirkung aufhebt, während der gesamte Wirkwiderstand wirksam bleibt.

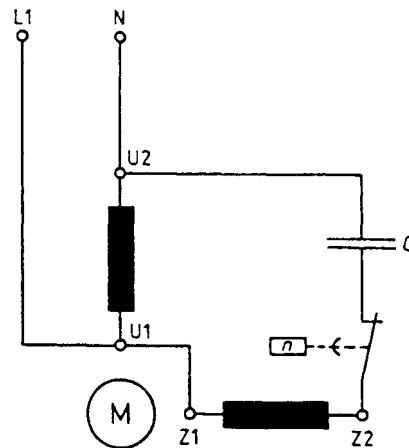


Abb. 4.28: Einphasenmotor mit Hilfswicklung und Kondensator

Drehstrommotor an Einphasen-Wechselspannung

Ein Asynchronmotor für Drehstrom mit einer für 230 V/400 V ausgelegten Ständerwicklung kann auch am Einphasen-Wechselstromnetz betrieben werden. Bei Drehstrom mit der Außenleiterspanne 380 V werden die Wicklungsstränge in Stern geschaltet. Bei Einphasen-Wechselstrom werden die Wicklungsstränge in Dreieck geschaltet. Außerdem schaltet man zu einem Wicklungsstrang einen Betriebskondensator parallel. Der über den Kondensator fließende Strom hat gegenüber dem unmittelbar dem Netz entnommenen Strom eine Phasenverschiebung, so dass in der Ständerwicklung des Motors ein elliptisches Drehfeld entsteht, da die Strangströme unterschiedliche Werte haben. Die in Abb. 4.29 dargestellte Schaltung wird Steinmetzschaltung genannt. Die Kondensatorkapazität muss ca. $70 \mu\text{F}/\text{kW}$ betragen.

Zur Drehstromrichtungsumkehr wird der Kondensatoranschluss von W nach U umgepolt. Anwendung finden Kondensatormotoren z. B. bei Haushaltsmaschinen, Elektrowerkzeugen, Ölbrennern und Tonbandgeräten.

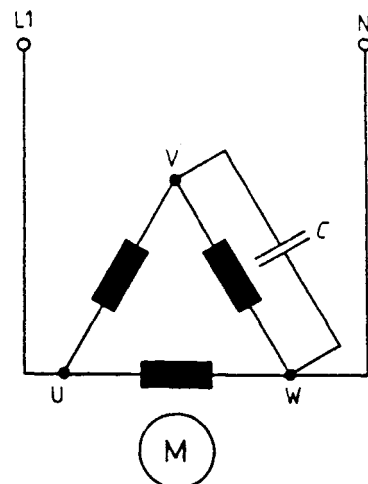


Abb. 4.29: Steinmetzschaltung

4.9 Pulsumrichter in der Antriebstechnik

Leistungsteil

Aufbauend auf der Weiterentwicklung der Leistungshalbleiter etabliert sich das System Spannungswidenkreisumrichter mit Pulsweitenmodulation, kurz Puls- oder PWM-Umrichter, als heutiger Stand der Technik für Niederspannungs-Antriebsumrichter bis hin zu hohen Leistungen (ca. 1000 kW). Aufgrund der im allgemeinen günstigeren Herstellungskosten werden, je nach Bewertung der unterschiedlichen technischen Eigenschaften, im speziellen Einsatzfall alternative Umrichtersysteme wie Stromzwischenkreisumrichter teilweise abgelöst.

Prinzipaufbau

Pulsumrichter der gebräuchlichsten Bauart bestehen im wesentlichen aus:

- einem netzseitigen, sechspulsigen Diodengleichrichter, teilweise mit halbgesteuerten Thyristordiodenmodulen zur Sanftvorladung.
- Gleichspannungszwischenkreis mit Kondensatoren (im allgemeinen Elektrolyt-Kondensatoren).
- Sechspulsiger Brückenschaltung aus abschaltbaren Halbleiterbauelementen mit Freilauf-Zweig als motorseitiger Wechselrichter.

Als Leistungsbaulemente werden heute eingesetzt:

- MOS-Baulemente oder IGBTs im Leistungsbereich bis ca. 10 kVA
- IGBT-Halbleitermodule (**I**nsulated **G**ate **B**ipolar **T**ransistor) im mittleren und oberen Bereich. Die Bauelemente gibt es einzeln oder in Kombination zu mehreren als isolierte Module für den Aufbau auf einem geerdeten Kühlkörper, die für große Ströme ($> 500\text{ A}$) auch parallelschaltbar sind.

Der netzseitige Gleichrichter speist im normalen, also im motorischen Betrieb die Leistung aus dem Netz in den Zwischenkreis, der mit konstanter Spannung geladen wird, sowie der kurzzeitigen Energiespeicherung und Entkopplung von Gleich- und Wechselrichter dient. Der nachfolgende Wechselrichter formt aus der konstanten Gleichspannung ein Drehspannungssystem mit variabler Frequenz. Vereinfacht dargestellt, ist er eine Drehstrombrücke mit sechs Schaltern (Abb. 4.30).

Durch gepulstes Schalten wird jede Ausgangsklemme für kurze Zeit entweder mit der positiven oder der negativen Seite des Zwischenkreises verbunden. So wird am Ausgang eine gepulste Spannung erzeugt, die im Mittel eine Sinusspannung mit der gewünschten Frequenz nachbildet.

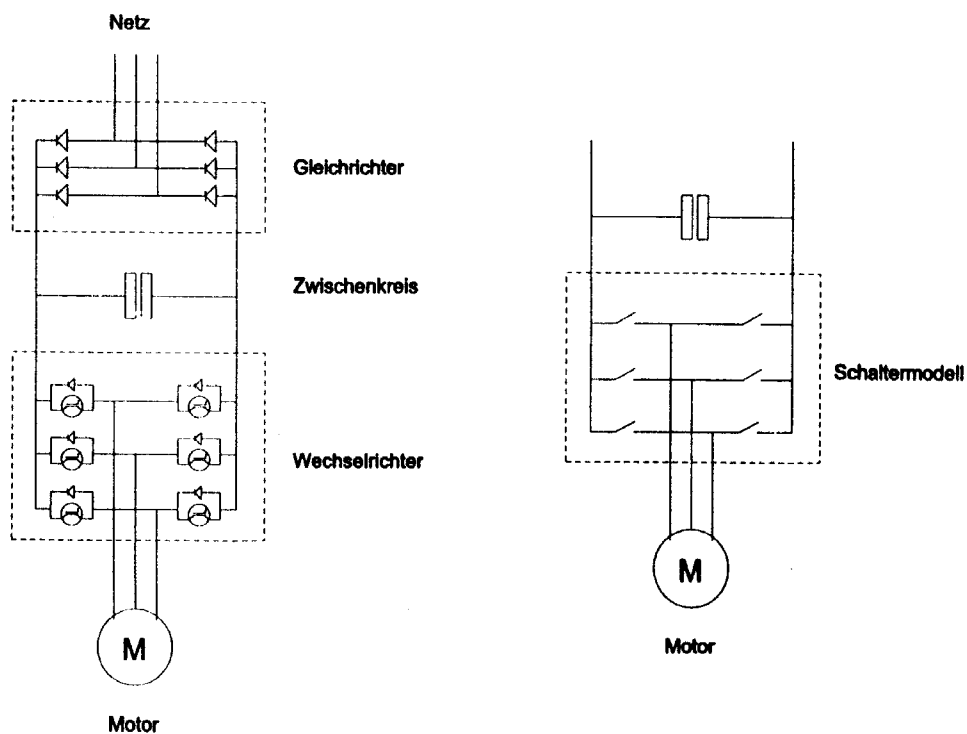


Abb. 4.30: Pulsumrichter (links) und Wechselrichter (rechts)

Blockschaltbild eines dreiphasigen Frequenzumrichters

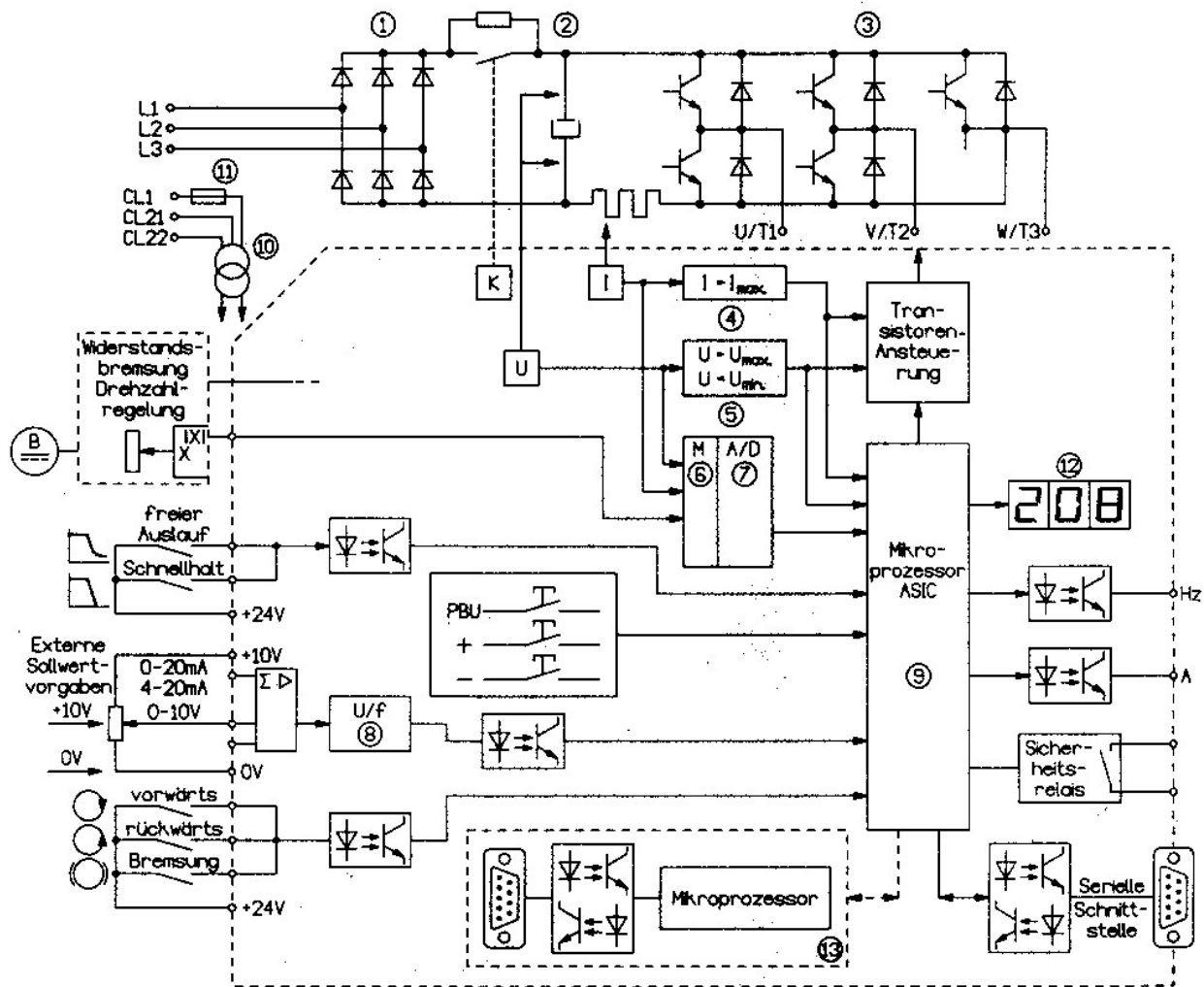


Abb. 4.31: Blockschaftbild

Das Blockschaftbild zeigt einen dreiphasigen Frequenzumrichter zum Antrieb eines Drehstrom – Asynchronmotors. Durch die elektronische Steuerung ist es möglich, die Drehzahl der Arbeitsmaschine ohne Veränderungen der Drehstromcharakteristik in weiten Grenzen zu regeln. Dies wird durch die Versorgung der Statorwicklung des Motors mit veränderbarer Spannung und Frequenz erreicht.

Im Blockschaftbild sowie aus den zugehörigen Erläuterungen lassen sich folgende Funktionsblöcke erkennen:

Eine dreiphasige Gleichrichterbrücke zur Erzeugung einer Gleichspannung und eines Glättungskreises, mit Hauptspannungsanschluss L1, L2, L3. Ein Wechselrichter bestehend aus sechs Leistungstransistoren mit Asynchronmotoranschluss T1, T2, T3.

Der Umrichter wird von einer Steuereinheit angesteuert, deren Mikroprozessor die folgenden Funktionen übernimmt: Ansteuerung der Bauelemente des Leistungsteils, Dialog mit dem Bediener, Geräteschutz und Störmeldung.

Alle Logik- und Analogeingänge sind vom Leistungsteil galvanisch getrennt. Die Anlage verfügt über einen Anschluss für externe Sollwertvorgabe. Es kann sowohl eine Widerstandsbremse als auch eine Bremsung durch Gleichstromaufschaltung erfolgen.

Zur Abbildung 4.31:

1. Gleichrichterbrücke
2. Transistoren – Wechselrichterbrücke
3. Ladestrombegrenzung

4. Überstromregler
5. Über-/unterspannungsregler
6. Multiplexer
7. Analog – Digital- Umwandler
8. U/ f Umsetzer
9. Mikroprozessor
10. Versorgung des Steuerteils
11. Sicherung des Steuerteils
12. Numerische Betriebsanzeige
13. Kommunikationskarte für serielle Schnittstelle bzw. Interbus- S – Schnittstelle

Durch eine eingebaute serielle Schnittstelle sowie eine Interbus-S- Schnittstelle kann die Anlage jederzeit für den Dialog mit rechnergesteuerten Systemen eingesetzt werden.

Blockschaltbilder werden neben den gezeigten Anwendungsfällen auch oft auf Betriebsmitteln dargestellt, die nicht von außen erkennen lassen, welche Funktion sie erfüllen. Beispiele hierfür sind Messumformer, Trennverstärker, Optorelais, Netzgeräte, AC/DC-Wandler und Schaltverstärker. In der Regel sind bei diesen elektrischen Ausrüstungsteilen die Anschlussklemmen mit entsprechenden Kontaktbezeichnungen im Blockschaltbildern auf die notwendigen Angaben beschränkt, damit die Übersichtlichkeit und die Funktionserkennung erhalten bleibt.

Auch in der Steuerungs- und Regelungstechnik sind Blockschaltbilder weit verbreitet. Durch Symbole wird z. B. bei den Blöcken das Regelverhalten dargestellt.

4.10 Fehlersuche an Motoren

Offene Dreieckschaltung (V-Schaltung)

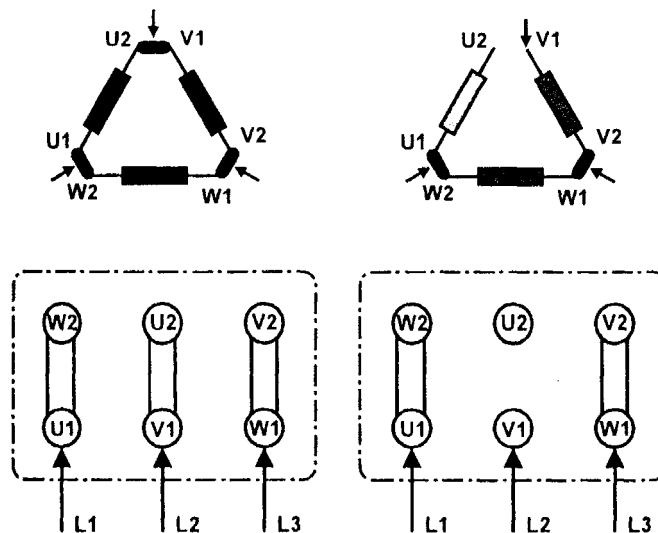


Abb. 4.32: Offene Dreieckschaltung (V-Schaltung, rechte Abbildung)

Fehlt eine Dreieckbrücke (z. B. durch losen Kontakt oder schlechte Verbindung an den Kontakten eines Schützes in einer Y/D-Kombination), so entsteht ein Schadensbild, das mit Zweileiterbetrieb in Sternschaltung vergleichbar ist; bei Beachtung der Klemmenschlaltung ist es ebenfalls eindeutig.

Falsche Sternschaltung

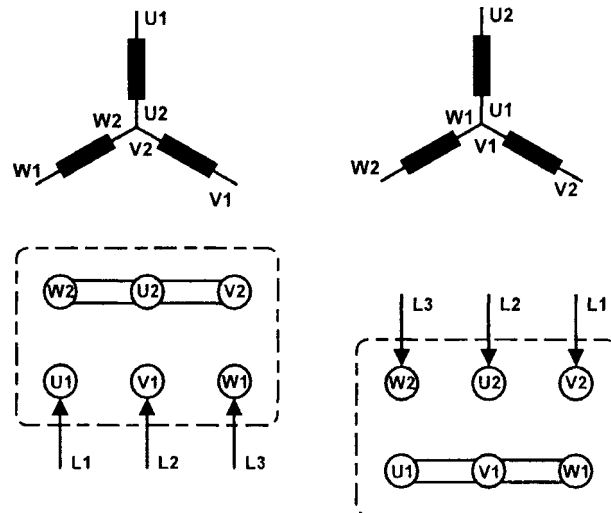


Abb. 4.33: Falsche Sternschaltung (rechte Abbildung)

Windungsschlüsse in elektrischen Maschinen

Aufgrund schadhafter Drahtisolation können eine oder mehrere Windungen innerhalb einer Spule oder Spulengruppe überbrückt bzw. kurzgeschlossen werden. Bei Wicklungen von normalen Drei- und Einphasenstatorn sowie Schleifring- oder Gleichstromankern lassen sich solche Windungsschlüsse recht einfach feststellen, wenn man die Maschinen demontiert. Führt man die Sonde eines Testgerätes am Blechpaket entlang, werden diese über deren Suchmagnet entweder akustisch oder optisch angezeigt.

Vergleichsmessungen

In bestimmten Fällen sind aber nur Vergleichsmessungen möglich, und zwar, wenn:

- die betreffende Maschine nicht demontiert werden soll;
- die Anker Ausgleichsleiter haben, die für die Sonde wie ein Kurzschluss wirken;
- es sich um Spulen handelt, die um ausgeprägte Magnetpole gewickelt sind (Feldspulen), wie in Elektrowerkzeugen, großen Gleichstrommaschinen, Polrädern von Generatoren u. Spulen aller Art.

Die dazu benutzten Prüfeinrichtungen und Messgeräte lassen die Differenzen auf verschiedene Weise und, je nach Messmethode und -einrichtung, auch unterschiedlich präzise feststellen. So sind Vergleichsmessungen mit Widerstandsmessbrücken und Induktionsmessgeräten schon seit jeher bekannt. Ähnlich verhält es sich bei kleinen Kollektor-Reihenschlussmotoren, beispielsweise in Elektrowerkzeugen, da man dort oft zwei voneinander unabhängige Feldspulen vergleichen kann.

Weitaus problematischer gestaltet sich ein Vergleich der Feldwicklungen von Gleichstrommaschinen, Generatoren mit Polrädern usw.. Dazu muss man die Maschinen meistens demontieren – was auch für Einphasenmotoren nahezu immer zutrifft – und die Verwindungen zwischen den Feldspulen abisolieren, um die Werte der einzelnen Spulen bzw. Gruppen miteinander vergleichen zu können. Die Erfahrung lehrt aber, dass derartige Messungen oft sehr aufwendig sind und keine eindeutigen Ergebnisse erzielt werden, auch wenn Vergleichswerte anderer Maschinen des gleichen Herstellers und Typs oder die Wickeldaten vorliegen.

Fehlersuche an Motoren durch praktische Messungen

Nachdem die Sicherheitseinheit eines Motors ausgelöst hat, beginnt die optische Kontrolle des Motors und der angetriebenen Maschine. Zuerst wird der mechanische Zustand der gesamten Anlage (Maschine und Motor) geprüft, d. h. Kontrolle der Lager, Keilriemen und Beweglichkeit der Maschine (z. B. Rotor). Wird hier kein Fehler festgestellt, kann mit der elektrischen Überprüfung

begonnen werden. Diese Überprüfung beginnt an der Sicherungseinheit mit der Feststellung und Messung der Spannungsversorgung bis zum Motor (Leitungsbruch). Ist hier kein Fehler feststellbar, kann mit der elektrischen Überprüfung des Motors begonnen werden. Der Motor muss nun freigeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert werden, anschließend wird das Klemmbrett am Motor geöffnet. Ist die Spannungsfreiheit festgestellt, werden alle Brücken im Motorklemmbrett entfernt, die Messung des Motors beginnt. Zuerst wird eine Isolationsmessung mit einem Isolationsmessgerät vorgenommen. Bei dieser Messung muss jede Wicklung gegen das Gehäuse (Erde) und die Wicklungen untereinander (Mindestwert von 0,5 M Ω) gemessen werden,

Wicklung U1-U2 gegen V1-V2 und W1-W2 und gegen Erde;

Wicklung V1-V2 gegen U1-U2 und W1-W2 und gegen Erde;

Wicklung W1-W2 gegen V1-V2 und U1-U2 und gegen Erde.

Danach werden die einzelnen Wicklungsstränge (U1-U2, V1-V2, W1-W2) mit einem Widerstandsmessgerät durchgemessen und der ermittelte Widerstandswert festgehalten. Normalerweise gibt es nur geringe Abweichungen in den Werten. Sollten mehr als 2 % Abweichung gemessen werden, ist von einem Wicklungsschluss auszugehen.

4.11 Testfragen

Anlassen von Drehstrom-Asynchronmotoren

Welche Anlassverfahren werden bei Asynchronmotoren mit Kurzschlussläufer verwendet?

Wie ändern sich Anzugsmoment und Anzugsstrom von Asynchronmotoren bei Sterndreieckschaltung gegenüber direktem Einschalten?

Welche Schaltung und welche Anlassarten kommen für einen Drehstrommotor am 400-V-Netz in Frage, wenn als Nennspannung 230 V angegeben ist?

Welche Spannungen müssen auf dem Leistungsschild eines Drehstrommotors stehen, wenn er am 400-V-Netz in Sterndreieckschaltung angelassen werden soll?

Drehzahleinstellung von Drehstrom-Asynchronmotoren

Nennen Sie Möglichkeiten der Drehzahländerung von Asynchronmotoren.

Mit welchen Maschinen können Frequenzen erzeugt werden, die von der Netzfrequenz abweichen?

Nennen Sie Anwendungsbeispiele für polumschaltbare Asynchronmotoren.

Betriebsstörungen an Motoren

Nennen Sie Fehlermöglichkeiten an einem Drehstrom-Asynchronmotor, wenn er beim Einschalten nicht anläuft.

Welche Spannungen liegen bei 400 V Netzspannung an den Klemmen eines Drehstrom-Asynchronmotors an, wenn die Zuleitung zur Klemme U1 unterbrochen ist?

Woran erkennt man die Unterbrechung eines Außenleiters bei einem Drehstrom-Asynchronmotor?

Wie wird die Ständerwicklung eines Drehstrom-Asynchronmotors auf Unterbrechungen geprüft?

Welche Fehler können bei einem Drehstrom-Asynchronmotor vorliegen, wenn beim Einschalten die Sicherung oder der Motorschutzschalter anspricht?

Einphasenwechselstrom-Motoren mit Hilfswicklung

Welche Aufgabe hat die Hilfswicklung in einem Einphasenwechselstrommotor?

Welche Klemmbezeichnungen haben Haupt- und Hilfswicklung von Einphasenwechselstrom-Motoren?

Wodurch kann die Phasenverschiebung der Ströme in Haupt- und Hilfsstrang bei Einphasenwechselstrom-Motoren erzeugt werden?

Wie kehrt man die Drehrichtung eines Einphasenwechselstrom-Motors mit Hilfsstrang um?

Nennen Sie Beispiele für die Anwendung von Kondensatormotoren.

4.12 Übung:

Überprüfung eines Stern-Dreieck Motors

Durchführung

- Bevor das Motorklemmbrett geöffnet wird müssen die fünf Sicherheitsregeln zum Freischalten eines aktiven, spannungsführenden Betriebsmittels angewendet werden.
- Den Motor unter Beachtung aller Sicherheitsmaßnahmen abklemmen, dabei die Klemmenbezeichnung und die dazugehörenden Aderfarben aufschreiben.
- Die Motorwicklungen nun mit einem Isolationsmessgerät (mind. 500 V) auf Durchgang gegen Gehäuse prüfen.
- Danach kann mit der Prüfung der Wicklungen begonnen werden. Dazu wird ein Widerstandsmessgerät (digital oder analog) verwendet.

Wenn diese Prüfungen ohne erkennbare Mängel durchgeführt wurden, kann der Motor unter Zuhilfenahme der Aufzeichnungen beim Abklemmen und Rücknahme der Sicherheitsmaßnahmen wieder betriebsbereit gemacht werden.

5. Überstromschutzeinrichtungen

5.1 Allgemeines

Überstromschutzeinrichtungen sollen sowohl bei betriebsmäßiger Überlastung (Schutz bei Überlast) als auch bei Kurzschluss (Schutz bei Kurzschluss) durch Unterbrechung des Stromes das Auftreten zu hoher Temperaturen am Leiter verhindern.

Um die richtige Überstromschutzeinrichtung auszuwählen, die den Schutz eines Kabels oder einer Leitung gewährleisten soll, muss die Strombelastbarkeit des Kabels oder der Leitung bekannt sein. Der Leiterquerschnitt ist so zu wählen, dass für eine vorgegebene Belastung der Leiter an keiner Stelle und zu keinem Zeitpunkt über die zulässige Betriebstemperatur erwärmt wird. Überschreitet die Belastung der Kabel und Leitungen die jeweils zutreffende Strombelastbarkeit der angewendeten Tabellen aus DIN VDE 0298-4 nicht, so ist die Forderung erfüllt, dass für die vorgegebene Belastung der Leiter an keiner Stelle und zu keinem Zeitpunkt über die zulässige Betriebstemperatur erwärmt wird.

Die Erwärmung und damit die Strombelastbarkeit eines Kabels oder einer Leitung ist abhängig:

1. vom Aufbau
2. von den Werkstoffeigenschaften
3. von den Betriebsbedingungen

Darüber hinaus ist eine ggf. vorhandene zusätzliche Erwärmung des Kabels oder der Leitung bei Umgebungstemperaturerhöhung durch Verlustwärme, Häufung mit anderen Kabeln oder Leitungen, durch Heizungskanäle sowie durch Sonneneinstrahlung zu berücksichtigen.

5.2 Schmelzsicherungen

Bei Schmelzsicherungen erfolgt die Abschaltung eines Überstromes durch Abschmelzen des Schmelzleiters. Je höher der Überstrom ist, desto schneller erfolgt das Abschmelzen und damit die Trennung des Stromkreises.

Der Aufbau

Das D – System und das DO – System sind wie folgt aufgebaut:

Die Schmelzsicherung besteht aus Sicherungssockel, Passeinsatz (Passschraube bzw. Passring), Schmelzeinsatz (Sicherungspatrone) und Schraubkappe. Die vom Netz kommende Leitung ist stets mit dem Fußkontakt, die zum Verbraucher führende Leitung mit dem Gewinding des Sicherungssockels zu verbinden. In den Sockel wird die Passschraube oder der Passring eingesetzt. Schmelzeinsätze sind zylindrische Hohlkörper aus Porzellan, die mit Quarzsand gefüllt sind. Durch den Quarzsand führen ein oder mehrere Schmelzleiter, die am Kopfkontakt und am Fußkontakt befestigt sind. Der Schmelzleiter besteht aus Silber, Kupfer oder aus Legierungen dieser beiden Metalle. Neben dem Leiterdraht wird vom Fußkontakt aus noch ein Haltedraht, z. B. aus Konstantan, zum Kopfkontakt geführt. Am Haltedraht ist über eine kleine Feder der Unterbrechungsmelder befestigt. Beim Durchschmelzen des Schmelzleiters wird auch der Haltedraht unterbrochen und der farbige Unterbrechungsmelder abgeworfen.

Schmelzeinsätze :

Nennströme	Kennfarben	Nennströme	Kennfarben	Nennströme	Kennfarben
2 A	rosa	16 A	grau	50 A	weiss
4 A	braun	20 A	blau	63 A	kupfer
6 A	grün	25 A	gelb	80 A	silber
10 A	rot	35 A	schwarz	100 A	rot

Abb. 5.1: Kennfarben bei Schmelzsicherungen

Um eine fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Schmelzeinsätzen für zu hohe Ströme zu verhindern, haben die Fußkontakte der Patronen je nach den Nennströmen verschiedene Durchmesser. Deshalb passen Schmelzeinsätze für höhere Nennströme nicht in Passeinsätze für niedrigere Nennströme.

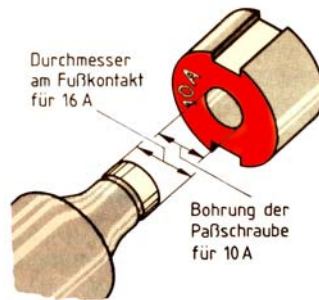


Abb. 5.2: Schmelzsicherung mit Passeinsatz (siehe Anhang)

Durchgebrannte Sicherungen müssen gegen neue ausgetauscht werden. Flicken oder Überbrücken von Sicherungen ist verboten, weil dadurch der Schutz der Leitung bzw. des Stromkreises aufgehoben wird. Ist eine geflickte oder überbrückte Sicherung die Ursache eines Brandes, wird diese als fahrlässige Brandstiftung mit allen Folgen ausgelegt.

D – Sicherungen (D- System)

Das D-System (Diazed-Sicherungen) besteht aus Sicherungssockel, Passschraube, Sicherungseinsatz (Schmelzsicherungen) und Schraubkappe.

Die Fußkontakte der Sicherungseinsätze und die Passeinsätze sind je nach Nennstrom mit unterschiedlichen Durchmessern versehen. Dadurch wird das Verwenden von Sicherungseinsätzen mit zu hohen Nennstromstärken verhindert. Ausgebrochene Passeinsätze müssen deshalb ausgetauscht werden.

D II	(E 27)	= 2 - 25 A
D III	(E 33)	= 35 - 63 A
D IV	(R 1¼ Zoll)	= 80 - 100 A
D V	(R 2 Zoll)	= 125 - 200 A

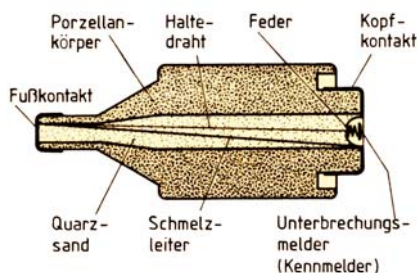


Abb. 5.3: Aufbau des Schmelzeinsatzes

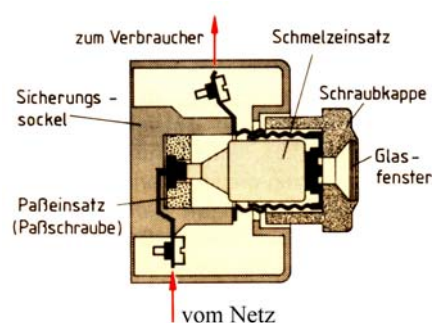


Abb. 5.4: Diazed System

DO – Sicherungen (DO – System)

Aufbau und Funktion des DO-Systems (Neozed) stimmen im Prinzip mit dem D-System überein. Durch die Verwendung des DO-Systems ergeben sich durch die kleineren Abmessungen erhebliche Platzeinsparungen (Abb. 5.5).

Weiterhin ist die Verlustleistung und Erwärmung geringer als beim D-System. Neozed-Sicherungseinsätze lassen sich in Schalter/Sicherungskombinationen einsetzen (Lasttrennschalter). Ein Wechseln der Sicherungen ist dadurch nur in ausgeschaltetem Zustand des Schalters möglich.

Die Verwendung bietet sich durch die sichere Bedienung, insbesondere für die Wohnungsinstallation, an, z. B. ein dreipoliger DO-Sicherungslastschalter für die Trennung des Stromkreisverteilers.

D 01	(E 14)	= 2 - 16 A
D 02	(E 18)	= 20 - 63 A
D 03	(M 30*2)	= 80 - 100 A

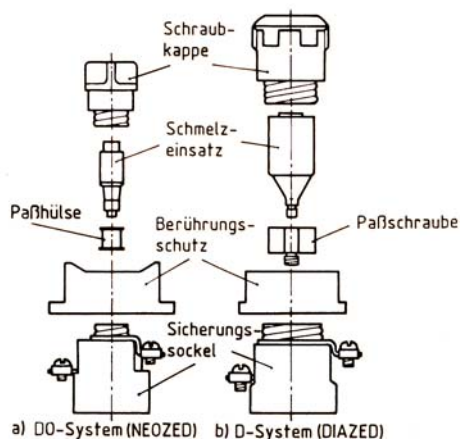


Abb. 5.5: Aufbau Sicherungseinsätze

5.3 NH-Sicherungen (NH-System)

Das NH-System (Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungssystem) hat keine Nennstrom-unverwechselbarkeit wie das D- bzw. DO-System. Anwendung findet das NH-System in der Regel in Gewerbe- und Industriebetrieben. Ab 63 A sollte das NH-System bevorzugt eingesetzt werden.



Abb. 5.6: Auswechseln von NH-Sicherungseinsätzen (siehe Anhang)

Das NH-System wird auch als Zählervorsicherung in Hauptverteilungen und Hausanschlusskästen in Wohngebäuden eingesetzt.

Das NH-System besteht aus dem Sicherungsunterteil und dem Sicherungseinsatz mit Griffflaschen.

Zu beachten ist, dass das Auswechseln von Sicherungseinsätzen nur durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen unter Verwendung des Sicherungsaufsteckgriffes mit Stulpe (Unterarmschutz) und eines Schutzhelmes mit Gesichtsschutz erfolgen darf. Diese Körperschutzmittel bzw. Werkzeuge müssen mit einem Isolator und der Spannungsangabe 1000 V gekennzeichnet sein.

Wegen der nicht unerheblichen Gefahren beim Umgang mit NH-Sicherungen sollten die Sicherungsunterteile mit NH-Trennwänden versehen werden. Vorzugsweise sollten jedoch NH-Sicherungslasttrennschalter eingesetzt werden. Hierbei ist ein gefahrloses Auswechseln von NH-Sicherungseinsätzen im spannungslosen Zustand möglich. Die Gefahr von Unfällen durch Lichtbogenbildung wird dadurch bei richtiger Bedienung verhindert.



Abb. 5.7: NH-Sicherungs-Lasttrennschalter
(siehe Anhang)

Zur Überwachung des Schaltzustandes kann der serienmäßig eingebaute Unterbrechungsmelder mit einem Schaltzustandsgeber versehen werden. Es gibt folgende Baugrößen des NH-Systems:

NH 00	= 6 - 100 A
NH 0	= 35 - 160 A
NH 1	= 80 - 250 A
NH 2	= 125 - 400 A
NH 3	= 315 - 630 A
NH 4	= 500 - 1000 A
NH 4a	= 500 - 1250 A Nennstrom

Aufbau und Wirkungsweise:

Ein NH-Sicherungseinsatz besteht aus einem Porzellan-, Kunststoff- oder Gießharzkörper, an dessen Stirnseiten Kontaktmesser angebracht sind. Im Innern des Körpers – Gießharzsicherungen ausgenommen – befinden sich ein oder mehrere in Quarzsand eingebettete Schmelzleiter, die aus Bandmaterial mit hoher Leitfähigkeit (Kupfer verzinkt oder versilbert, Neusilber) bestehen. Das möglichst genaue Einhalten der vom Hersteller angegebenen Strom-Zeit-Kennlinien wird durch die Fertigungsgenauigkeit der Schmelzleiter erreicht. Art, Form und Material des Schmelzleiters sind von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Zur Auslösung der Sicherung bei Überlast (bis zum zweifachen Nennstrom) ist der Schmelzleiter mit einem Weichlotauftrag versehen, der bei Erwärmung durch einen Überstrom schmilzt, wobei Lot und Schmelzleiter eine schlechter leitende Legierung als der ursprüngliche Schmelzleiter darstellen, sodass der Schmelzleiter wärmemäßig immer höher beansprucht wird (Grenzstromgebiet). Durch Ausstanzungen, die gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt sein können, werden über die Länge des Schmelzleiters Querschnittsschwächungen erreicht, die bei großen Strömen (ab zehnfachem Nennstrom) eine Aufteilung des Lichtbogens in mehrere kleine Teillichtbögen bewirken. Die Löschung der Teillichtbögen durch den Quarzsand ist dann wesentlich einfacher als die Löschung eines großen Lichtbogens (Kurzschlussstromgebiet).

Die Erwärmung des Schmelzleiters bei großen Kurzschlussströmen erfolgt so rasch, dass die Abschaltung erfolgt, bevor der Strom seinen Höchstwert erreicht (Stosskurzschlussstrom). Dieses bedeutet, dass eine Sicherung bei großen Strömen eine strombegrenzende Wirkung hat, die durch den Durchlassstrom ausgedrückt wird.

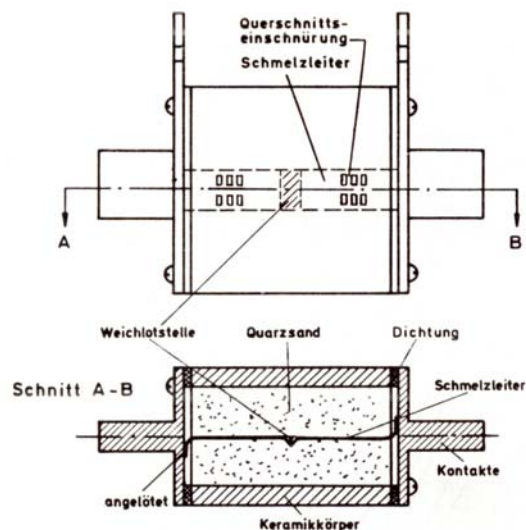


Abb. 5.8: Schnittbild einer NH 00-Sicherung



Abb. 5.9: NH-System (siehe Anhang)



Abb. 5.10: NH-Sicherungen (siehe Anhang)

5.4 Geräteschutzsicherungen bzw. Glassicherungen oder Feinsicherungen

Zu den Schmelzsicherungen zählen auch die Geräteschutzsicherungen bzw. Glassicherungen oder Feinsicherungen, z. B. zur Absicherung von Netzgeräten und Messinstrumenten. Man unterscheidet dabei die folgenden Auslöseverhalten:

- FF - superflink
- F - flink
- M - mittelträge (der 1,5-fache Nennstrom wird mindestens 1 Stunde ausgehalten)
- T - träge (beim 2,1-fachen Nennstrom wird zwischen 2 Stunden und 30 Minuten abgeschaltet)

Sie sind nur in der Lage, einen begrenzten Kurzschlussstrom abzuschalten.

Auf den Schmelzeinsätzen finden sich z. B. folgende Aufschriften:

T 630/250 V bzw. FF 1.25/250 V bzw. M2,5 E

Die Beispielzahlen bedeuten T = Träg; 630 mA; 250 V; bzw. FF = Superflink; 1,25 A; 250 V; bzw. M = mittelträge; 2,5 A; E Schaltvermögen = 1000 A

Es gibt Schutzkontaktsteckdosen mit eingebauten G-Schmelzeinsätzen. Auf diese Weise wird bei Fehlern im Gerät oder in der beweglichen Zuleitung nur das Gerät abgeschaltet, jedoch nicht der gesamte Stromkreis.

Zum Motorschutz sind Gerätesicherungen (Feinsicherungen) nicht geeignet, da sie nicht gegen Überlast schützen. Sie sind jedoch zum Einbau in elektronische Geräte, z. B. in der Rundfunkindustrie, sehr nützlich, weil dafür die Verteilersicherung zu groß ist.

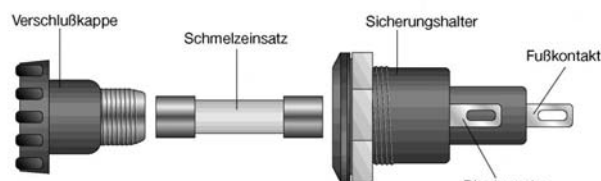


Abb. 5.11: Geräteschutzsicherung

Selektivität von Schmelzsicherungen

Nach den technischen Anschlussbedingungen muss grundsätzlich zu den unter Plombenverschluss liegenden Überstromschutzeinrichtungen Selektivität gewährleistet sein. Unter Selektivität ist das Abschalten eines fehlerbehafteten Stromkreises durch die unmittelbar vor der Fehlerstelle liegenden Überstromschutzeinrichtung zu verstehen. Bei Schmelzsicherungen nach VDE 0636 ist das selektive Abschalten gewährleistet, wenn die vorgeschaltete Sicherung zwei Nennstromstufen höher liegt (Verhältnis 1 : 1,6). Es wird daher jeweils eine Sicherungsstufe übersprungen.

Betriebsklassen von Schmelzsicherungen

Schmelzsicherungen schalten je nach Höhe eines Überstromes innerhalb einer bestimmten Zeit ab. Die früher üblichen Bezeichnungen für das Abschaltvermögen wie träge, flink und superflink sind durch die Unterteilung in Betriebsklassen ersetzt worden. Die Betriebsklasse ist durch zwei Buchstaben gekennzeichnet.

Der erste Buchstabe gibt die Funktionsklasse, der zweite das zu schützende Objekt an.

Funktionsklasse „g“	Ganzbereichssicherung Sicherungen der Funktionsklasse g schützen vor Überlastung und Kurzschluss.
Funktionsklasse „a“	Teilbereichssicherung Sicherungen der Funktionsklasse a schützen vor Kurzschluss

Die Schutzobjekte sind folgendermaßen unterteilt:

- L = Kabel- und Leitungsschutz
- M = Schaltgeräteschutz
- R = Halbleiterschutz
- B = Bergbau Anlagenschutz

Daraus ergeben sich folgende Betriebsklassen:

- gL = Ganzbereichs- Kabel- und Leitungsschutz
- aM = Teilbereichs – Schaltgeräteschutz
- aR = Teilbereichs – Halbleiterschutz
- gB = Ganzbereichs – Bergbau – Anlagenschutz

Auslöseströme bei Schmelzsicherungen

Aus Zeit – Strom – Kennlinien kann entnommen werden, bei welcher Stromhöhe und nach welcher Zeit die Schmelzsicherung auslöst. Die Abschaltzeiten werden durch Prüfströme überprüft. Beim kleinen Prüfstrom darf innerhalb einer festgelegten Zeit keine Ausschaltung erfolgen. Beim großen Prüfstrom muss innerhalb einer festgelegten Zeit abgeschaltet werden. Demnächst soll der große Prüfstrom einheitlich $1,45 \times I_n$ betragen. Um den Schutz bei Überlast von Leitungen und Kabel zu erfüllen kann dann der Nennstrom einer gL-Sicherung unmittelbar der zulässigen Strombelastbarkeit des Kabels oder der Leitung zugeordnet werden.

Hersteller von Schmelzsicherungen geben wegen der Fertigungstoleranzen (max. $\pm 7\%$) mittlere Zeit – Strom – Kennlinien an. Für den Praktiker ist die Kenntnis der Abschaltströme I_a bei Abschaltzeiten von 0,2 s und 0,5 s wichtig (Kurzschlusschutz von Leitungen und Kabel; Schutz bei indirektem Berühren durch Abschaltung).

5.5 Leitungsschutzschalter (LS – Schalter)

Der Leitungsschutzschalter wird auch landläufig als Sicherungsautomat bezeichnet. Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0660 haben einen großen Vorteil gegenüber Schmelzsicherungen; sie sind auch nach dem Auslösen des zu hohen Leiterstromes wieder einsetzbar. Sie besitzen einen thermischen und einen magnetischen Auslöser und schützen die Leitungen und Anlagen sowohl gegen Überlastung als auch gegen Kurzschluss.

Beide Auslöser liegen in Reihe. Beim Auftreten von Überlastströmen biegt sich ein Bimetallstreifen infolge der Stromwärme durch. Hat sich der Bimetallstreifen genügend weit gekrümmt, entriegelt er das Schaltschloss, das die Kontaktstücke mit Hilfe einer gespannten Feder trennt.

Das Abschalten von Kurzschlussströmen übernimmt der elektromagnetische Auslöser. Dieser besteht aus einer Spule, durch die auch der Laststrom fließt. Von einer bestimmten Stromstärke an, dem Ansprechstrom, wird die magnetische Kraft der Spule so groß, dass sie über ihren Anker (Schlaganker) das Schaltschloss unverzüglich entklinkt.

Ein Festhalten des Schalters mit Hand in Ein-Stellung auf bestehende Überströme ist unmöglich, da die Mechanik des Schalters so gebaut ist, dass die Auslösung wirksam bleibt. Dies bezeichnet man als Freiauslösung.

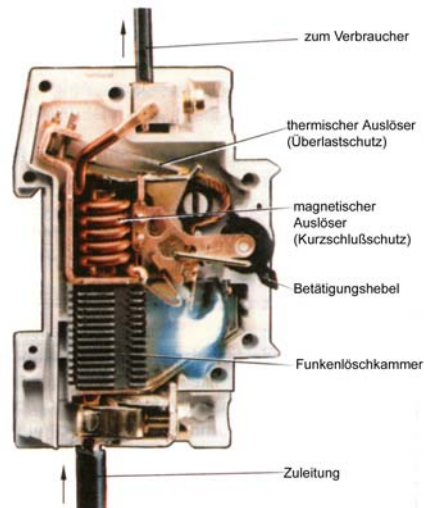


Abb. 5.12: Leitungsschutzschalter (siehe Anhang)

Auslösecharakteristiken und Bemessungsströme

Unabhängig von der Charakteristik regeln die jeweiligen nationalen Errichtungsbestimmungen, welche höchstzulässige Bemessungsstromstärke bzw. Kenngröße dem zu schützenden Leiterquerschnitt zugeordnet werden kann. (z. B. DIN VDE 0100 Teil 430)

B – Charakteristik $1,13 - 1,45 \times I_n$; $3 - 5 \times I_n$; Licht und Steckdosenstromkreise.
Max. 1 Std. bei $30^\circ\text{C} < 0,1 \text{ s}$

C – Charakteristik siehe B – Charakteristik $5 - 10 \times I_n$ wie B aber $wo < 0,1 \text{ s}$ (Stromspitzen)

K – Charakteristik $1,05 - 1,2 \times I_n$; $8 - 12 \times I_n$ Einschalten von 2 Std. bei $20^\circ\text{C} < 0,2 \text{ s}$ (Motoren)

Z – Charakteristik $1,05 - 1,2 \times I_n$; $2 - 3 \times I_n$ Schutz empfindlicher Bauelemente bei $20^\circ\text{C} < 0,2 \text{ s}$

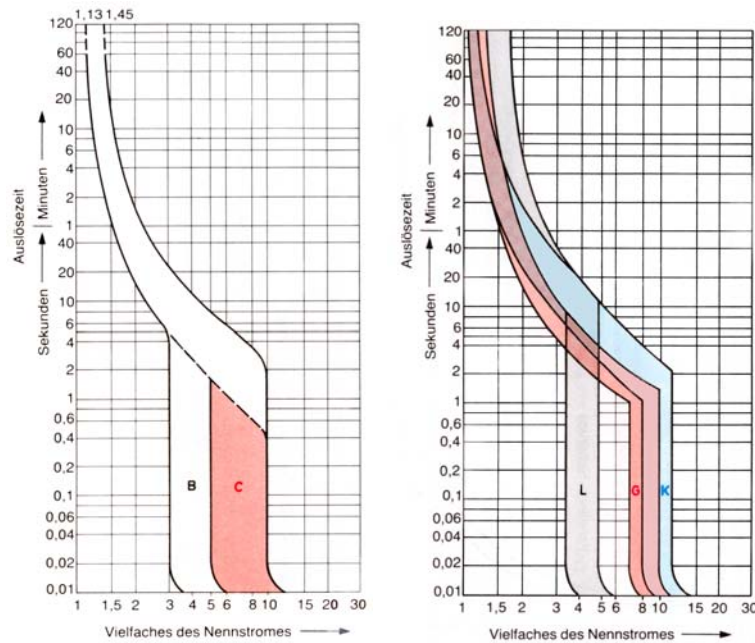


Abb. 5.13: Strom-Zeit-Kennlinien (siehe Anhang)

Die kleinen Werte geben das Verhalten der verzögerten Bimetallauslöser, die großen Werte der unverzögerten Elektromagnetauslöser an.

LS-Schalter werden in verschiedenen Bauformen und Nennströmen gefertigt. Sie sind in 1- bis 4-polig im Handel erhältlich. Die 4-poligen Ausführungen werden auch als allpolige Ausschalter in Drehstromkreisen genutzt.

LS-Schalter werden für Nennströme von 0,2 bis 100 A hergestellt. Das Nennschaltvermögen muss nach den technischen Anschlussbedingungen in Kundenanlagen mindestens 6000 A betragen. LS-Schalter der neuen Generation haben ein Schaltvermögen von 6000 A bis 25000 A, bei einigen Herstellern sogar bis 35000 A. Bei höheren Kurzschlussströmen wird durch Vorschaltung einer Schmelzsicherung < 100 A ein genügender Schutz (Backup – Schutz) erreicht.

Als Zubehör werden Hilfsschalter, Signalkontakte, Unterspannungsauslöser und Arbeitsstromauslöser angeboten, welche man seitlich an den Automaten befestigen kann.

5.6 Motorschutzschalter

Der Motorschutzschalter wird als Schaltgerät und Schutzgerät für Motorenstromkreise verwendet. In der einfachsten Form besteht dieser nur aus einer thermisch verzögerten Auslösung (Motorschutzrelais) oder in einer Kombination mit einer magnetischen Schnellauslösung (Motorschutzschalter).

Der hohe Anlaufstrom der Motoren, insbesondere bei Käfigläufermotoren, macht eine wirkungsvolle Absicherung durch flinke oder träge Sicherungen schwierig. Soll die Sicherung den Anlaufstrom sicher aushalten, so muss sie höher als der Nennstrom des Motors gewählt werden. Für die Auslegung der Absicherungen von Leitungen und Motoren sind Elektrofachkräfte verantwortlich.

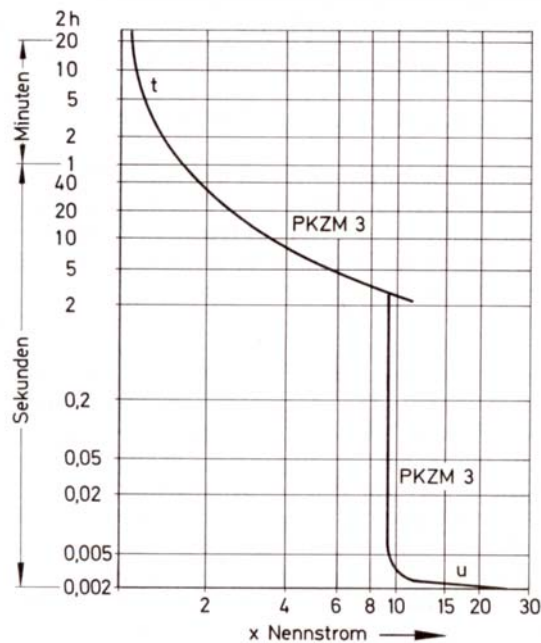


Abb. 5.14: Kennlinie der Abschaltzeiten

Wie in Abb. 5.14 zu sehen, spricht die thermische Auslösung beim 1,2-fachen Überstrom nach 2 Stunden an; beim 1,5-fachen Überstrom bereits nach 1,5 Minuten.

Der alleinige Schutz von Motoren durch Sicherungen ist nicht möglich, weil Sicherungen den 1,5-fachen Überstrom ca. 1 bis 2 Stunden halten; diese Dauerüberlastung führt zur Zerstörung der Wicklungen.

Mit dem Motorschutzschalter wird die gesamte Motorleistung geschaltet. Er hat daher auch die Funktion eines Hauptschalters. Damit der Schalter diese Leistungen schalten kann ist er mit Funkenlöschkammern ausgerüstet. Bei den Schaltern für kleinen Leistungen ist die Kurzschlussleistung so hoch, dass die Vorsicherungen entfallen können. Der fest eingestellte Kurzschlussauslöser schaltet bei 7,5 bis 17,5 x I_n , je nach Typ und Fabrikat. Bei manchen Typen ist der Kurzschlussauslöser auch frei einstellbar.

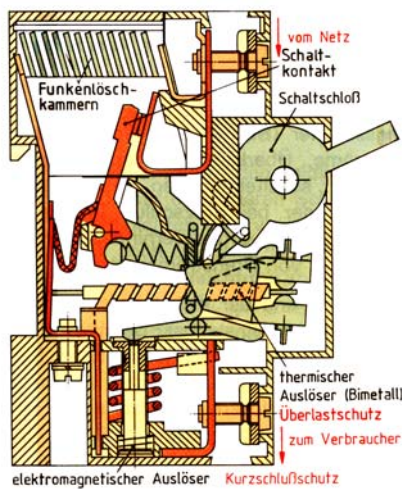


Abb. 5.15: Schnitt durch Motorschutzschalter (siehe Anhang)



Abb. 5.16: Motorschutzschalter (siehe Anhang)

Thermisches Überlastrelais

Thermische Überlastrelais werden in Verbindung mit Schützen zum Schutz von Motoren bis 690 V Wechselstrom verwendet. Sie haben Bimetallauslöser (1 pro Phase), die vom Motorstrom durchflossen und indirekt beheizt sind. Unter dem Einfluss der Erwärmung biegen sich die

Bimetalle und rufen die Auslösung des Relais hervor. Die Hilfskontakte ändern ihre Schaltstellung und schalten das Schütz sicher ab.

Die Relais haben eine Einstellskala in Ampere. Der Einstellstrom ist der Motorstrom. Die Auslösung erfolgt nach Auslösekurven. Diese unterscheiden sich, je nachdem, ob aus dem kalten oder warmen Zustand heraus oder ob 3 Phasen vorhanden sind oder nur 2 (Phasenausfallschutz, in der Regel unter 10 Sekunden).

Die Relais haben ein Schaltschloss mit Freiauslösung. Man kann sie nicht wieder einschalten, so lange die Störung nicht beseitigt ist, z. B. bei Kurzschluss. Das Auslösen des Schalters wird auch nicht verhindert, wenn der Schaltknebel des Relais von Hand in der EIN-Stellung festgehalten wird.

Die Rückstellung ist einstellbar auf „Hand“ oder „Automatik“. Auf Hand muss das Relais immer von Hand zurück gestellt werden; dies geht erst nach dem Erkalten der Bimetallstreifen. Auf Automatik schaltet sich das Relais selbsttätig nach der Erkaltung wieder zu; hierbei kommt es zu Flatterschaltungen mit den bekannten, unerwünschten Nebeneffekten. Bei Motoren, die ohne Aufsicht laufen, muss das thermische Überlastrelais immer auf Hand stehen.

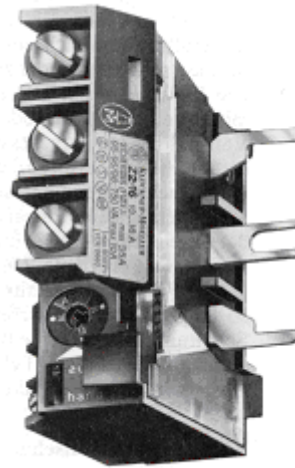


Abb. 5.17: Überlastrelais

Thermistor - Maschinenschutz

Der Maschinenschutz mit Thermistoren ist vollkommen anders aufgebaut. Bei den vorhergehenden Möglichkeiten wurde immer der Strom in der Zuleitung überwacht. Bei dem Thermistor-Motorschutz wird direkt die Temperatur in der Wicklung überwacht. Im Motor werden in den Wickelköpfen PTC – Widerstände mit eingebaut und deren Anschlüsse mit auf das Klemmbrett geführt. Ein PTC – Widerstand ist ein Widerstand mit einem positiven Temperaturkoeffizienten. Er steigt mit einer zunehmenden Erwärmung ab ca. 80 °C sehr schnell bis auf einen unendlich hohen Wert an. Für diesen Schutz braucht man immer eine Kabelverbindung zwischen Motor und Schaltschrank, weil sich im Schaltschrank das Auswertegerät für die Widerstandsveränderung befindet. Diese Auswertegeräte haben dann potenzialfreie Kontakte und unterbrechen den Steuerstromkreis für den Motor.

Diese Auslösegeräte müssen von Hand zurück gestellt werden. Man sollte nur Auslösegeräte mit Kontrollleuchten einbauen, damit man sofort erkennen kann, ob das Gerät ausgelöst hat.

Der Motor ist so zwar gegen erhöhte Erwärmung geschützt, nicht aber gegen Sicherungsfall, Phasenausfall und Unterspannungen, da das Auswertekriterium, die Temperatur, träge reagiert.

Motorvollschutz

Von verschiedenen Firmen werden in den letzten Jahren sogenannte Motorvollschutzrelais angeboten. Bei diesen Relais kann man aus mehreren Kurven die passende Kurve auswählen. Für Erdschlussfehler kann man diese Relais mit einem Summenstromwandler ausrüsten. Durch den integrierten Thermistoranschluss lässt sich das Relais zum Motorvollschutzrelais ausbauen.

Weitere Motorschutzschalter sind:

- Elektronische Überlastrelais
- Überlastrelais mit Stromwandler
- Motorschutz mit Sanftanlasser

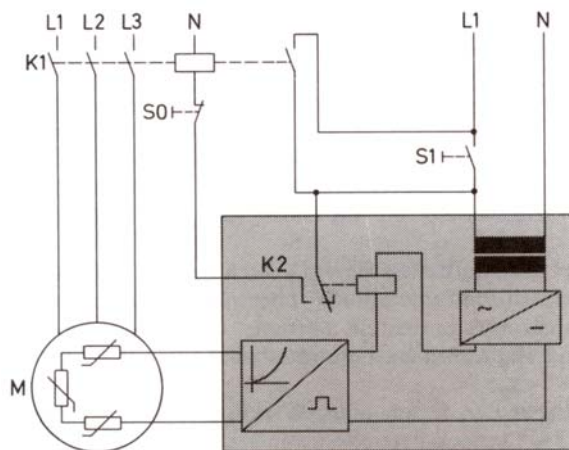


Abb. 5.18: Motorvollschutz

5.7 Anordnung der Motorschutzschalter

Der Motorschutz bei der Stern – Dreieck- Schaltung

Bei der Stern – Dreieck – Schaltung wird das thermische Bimetallrelais in den Wicklungsstrang geschaltet und vom Strangstrom durchflossen. Da im Dreieck $I_{\text{str}} = I / 1,73$ ist, wird das Relais nicht vom vollen sondern nur vom $1 / 1,73$ -fachen Motorstrom (entspricht dem 0,58-fachen des Nennstromes) durchflossen. Daraus folgt eine Relaiseinstellung $I_r = 0,58 \times I_n$

Den Kurzschlusschutz übernehmen auch hier vorgeschaltete Sicherungen.

Bei Antrieben, bei denen während des Anlaufs in der Sternschaltung des Motors das Relais bereits auslöst, kann dann das für den Motornennstrom bemessene Relais in der Netzzuleitung geschaltet werden. Die Auslösezeit verlängert sich auf das etwa 4- bis 6-fache. In der Sternschaltung wird das Relais zwar auch vom Strom durchflossen, bietet aber in dieser Schaltung keinen vollwertigen Schutz, da sein Grenzstrom auf den 1,73-fachen Phasenstrom verschoben ist. Es bietet aber einen Schutz gegen Nichtanlauf. Bei ganz schweren, langandauernden Anläufen (Zentrifugen) kann man das Relais auch vor dem Dreieckschütz einbauen. Der Einstellstrom ist hier wieder das 0,58-fache. Während der Einschaltphase in der Sternschaltung wird das Relais nicht vom Strom durchflossen. Beim Anlauf ist also kein Motorschutz vorhanden. Diese Schaltung wird immer dann verwendet, wenn ein ausgesprochener Schwer- oder Langzeitanlauf vorliegt und thermische Relais der Gattung T2 oder Sättigungswandlerrelais noch zu schnell ansprechen.

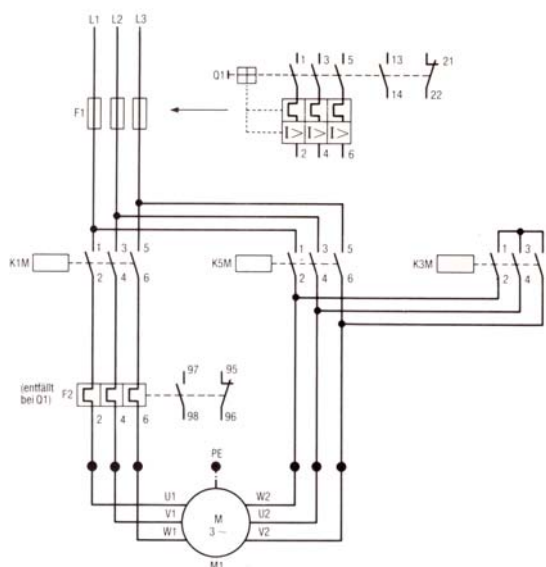


Abb. 5.19: Automatische Stern-Dreieck-Schalter

Anordnung in der Motorleitung

Stern-Dreieck-Schalter mit Motorschutzrelais, also mit thermisch verzögertem Überstromrelais, haben in der normalen Schaltung das Motorschutzrelais in den Ableitungen zu den Motorklemmen U1, V1, W1 oder V2, W2, U2.

Das Motorschutzrelais wirkt auch in der Sternschaltung, denn es liegt in Reihe mit der Motorwicklung und wird vom Relaisbemessungsstrom = Motorbemessungsstrom $\times 0,58$ durchflossen.

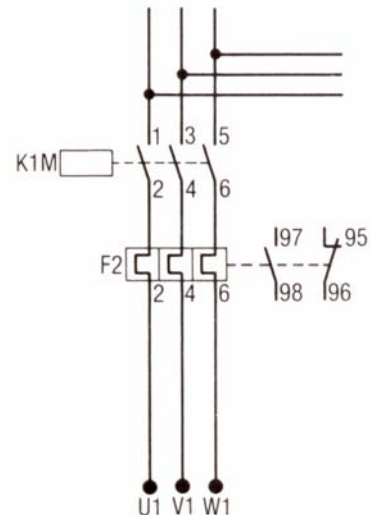


Abb. 5.20: Anordnung in der Motorleitung

Anordnung in der Netzzuleitung

Abweichend von seiner Anordnung in der Motorleitung kann das Motorschutzrelais auch in der Netzzuleitung liegen. Der hier gezeigte Ausschnitt (Abb. 5.21) zeigt das abgewandelte Schaltbild 5.19. Für Antriebe, bei denen während des Anlaufs in der Sternschaltung des Motors das Relais F2 bereits auslöst, kann das für den Motorbemessungsstrom bemessene Relais F2 in die Netzzuleitung geschaltet werden. Die Auslösezeit verlängert sich dann etwa auf das vier- bis sechsfache. In der Sternschaltung wird zwar auch das Relais vom Strom durchflossen, es bietet aber in dieser Schaltung keinen vollwertigen Schutz, da sein Strom auf den 1,73-fachen Phasenstrom verschoben ist. Es bietet aber Schutz gegen Nichtanlauf.

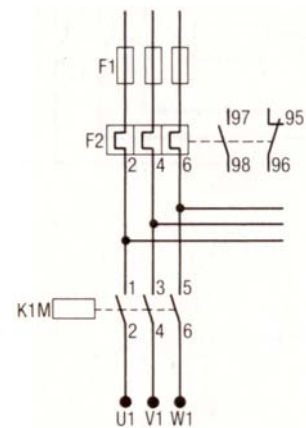


Abb. 5.21: Anordnung in der Netzzuleitung

Anordnung in der Dreieck-Schaltung

Abweichend von der Anordnung in der Motorleitung oder in der Netzzuleitung kann das Motorschutzrelais in der Dreieck-Schaltung liegen. Der gezeigte Ausschnitt (Abb. 5.22) zeigt das abgewandelte Schaltbild 5.19. Bei sehr schweren, langandauernden Anläufen (z. B. in Zentrifugen) kann das für den Relaisbemessungsstrom = Motorbemessungsstrom $\times 0,58$ bemessene Relais F2 auch in die Verbindungsleitungen Dreieckschütz K5M – Sternschütz K3M geschaltet werden. In der Sternschaltung wird dann das Relais F2 nicht vom Strom durchflossen. Beim Anlauf ist also kein Motorschutz vorhanden. Diese Schaltung wird immer dann angewendet, wenn ein ausgesprochener Schwer- oder Langzeitanlauf vorliegt und Sättigungswandler-Relais noch zu schnell ansprechen.

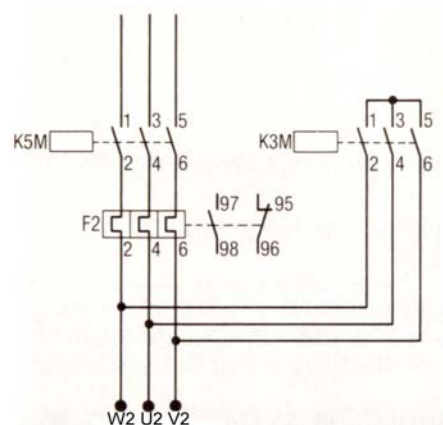


Abb. 5.22: Anordnung in der Dreieckschaltung

Der Motorschutz bei Frequenzumrichtern

Weil mit dem Frequenzumrichter (FU) die Drehzahl des Motors herabgesenkt und auch über die Nenndrehzahl hinaus gesteuert werden kann, und von der Drehzahl die Motorkühlung direkt abhängig ist, kommt dem Motorschutz eine ganz andere Bedeutung zu. Will man einen Motor an

einem FU betreiben, so sollte man vorher beim Werk anfragen, ob das möglich ist und wo die niedrigste Frequenz bzw. Drehzahl liegt. Ab einer bestimmten Frequenz bzw. Drehzahl schafft es die eigene Kühlung nicht mehr, die Temperatur in den Wicklungen zu kühlen. Aus diesem Grund sollen unbedingt im Motor Thermistoren eingebaut sein. Die Auswertung erfolgt meist im FU. Da der FU passend zum Motor sein muss, kann dieser auch Schutzfunktionen für den Motor übernehmen, z. B.:

- Überspannungs- und Unterspannungsschutz
- Übertemperaturschutz des Umrichters
- PTC – Anschluss für den Motor
- Schutz vor Erdschluss und Kurzschluss
- Thermischer Motorschutz
- Einstellbarer Parameterzugriffsschutz

Diese Liste ist abhängig vom Hersteller des FU. Der FU wird entweder mit Sicherungen für Halbleiterschutz oder mit Leistungsschutzschalter abgesichert.

Steuertransformatoren

IEC 204-3 bzw. VDE 0113 fordern bei mehr als zwei elektromagnetischen Betätigungsspulen die Verwendung eines Steuertransformators. Übliche Kleintransformatoren sind hierfür ungeeignet, weil der Spannungsabfall bei der stark induktiven Last ($\cos \varphi$ 0,3 - 0,4) von Schützspulen unzulässig hoch würde.

Vorteile:

- Steuerspannung standardisierbar, unabhängig von der jeweiligen Netzspannung,
- geerdeter oder ungeerdeter Betrieb möglich,
- Begrenzung des sekundären Kurzschlussstromes,
- Dämpfung leitungsgebundener Störspannungen im Sekundärteil,
- Geringere Überspannungskategorie hinter Transformatoren,
- Erleichterung bei Spannungs- und Isolationsprüfungen.

Transformatoren können zwischen Außenleiter und N- Leiter, bevorzugt aber zwischen zwei Außenleitern angeschlossen werden. Den Standardanschluss von Transformatoren zeigt Abb. 5.23. Bei dem Anschluss zwischen zwei Außenleitern sind unbedingt zwei- oder dreipolige Motorschutzschalter zu verwenden, um im Fall eines Isolationsfehlers oder Erdschlusses eine allpolige Abschaltung zu erreichen.

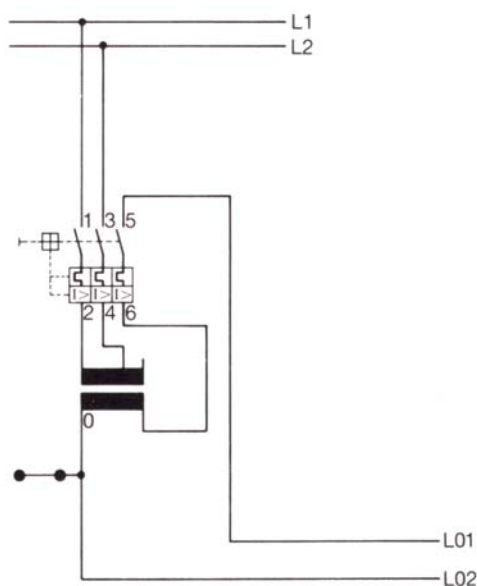


Abb. 5.23: Standardanschluss eines Generators

5.8 Testfragen

1. Welche Aufgaben haben Überstromschutzeinrichtungen?
2. Woran erkennt man eine defekte Schmelzsicherung?
3. Ordnen Sie den vorgegebenen Sicherungsgrößen die entsprechende Farbe zu.

Bemessungsstrom	/	Farbe
35 A	/	
6 A	/	
10 A	/	
20 A	/	
50 A	/	

4. Warum dürfen Schmelzeinsätze nicht geflickt bzw. überbrückt werden?
5. Weshalb befinden sich in den Schraubsicherungssystemen Passeinsätze?
6. Welche Bedeutung haben folgende Angaben auf einem Schmelzeinsatz:
35 A, 500 V, gL?
7. Welchen Vorteil haben LS-Schalter gegenüber Schmelzsicherungen?
8. Welche Möglichkeiten gibt es, Motoren gegen Überlastung zu schützen?
9. Wie müssen Bimetallrelais eingestellt werden?

5.9 Übungen

1.: Wechsel von NH-Sicherungen mit Aufsteckgriff (400 V~/ 63 A)

Lernziele

Die Auszubildenden sollen **mit Auftrag** NH-Sicherungen wechseln können. (Auch im späteren Berufsleben sind regelmäßige UVV-Belehrungen und Unterweisungen durch besonders geeignete Elektrofachkräfte für diese Arbeit notwendig.)

Besondere Gefahren bestehen durch direktes Berühren unter Spannung stehender aktiver Teile und Verbrennungen durch Lichtbogen.

Werkzeuge: NH-Sicherungsaufsteckgriff mit Unterarmstulpe, Schutzhelm mit Gesichtsschutz, Arbeitsanzug nach DIN 66083, Spannungsprüfer 2-polig

Arbeitsschritte:

1. Kontrolle der Werkzeuge, Schutz- und Hilfsmittel; z. B. Funktion des Rastmechanismus des Aufsteckgriffes.
2. Kenntnis über die angeschlossenen Abgänge gewinnen. Welche Folgen hat die Abschaltung? Ausfall der Beleuchtung, Ausfall notwendige Maschinen, laufen Notstromaggregate an (Rückspannung) usw..
3. Vor dem Wechseln der NH-Sicherungen ist ein **lastfreier Zustand** herzustellen. Dazu sind vorgelagerte Lasttrenner zu betätigen oder angeschlossene Betriebsmittel werden ausgeschaltet (Achtung: gegen Wiedereinschalten sichern).
4. Beim Wechseln von NH-Sicherungen sind NH-Sicherungsaufsteckgriffe nach DIN VDE 0680 (Aufsteckgriff mit Hand- und Unterarmschutzstulpen) und ein Schutzhelm mit Gesichtsschutz zu verwenden. Schwer entflammbare Kleidung und Schutzschuhe benutzen. Auf trocknen Untergrund achten. Bei Stahlboden Isoliermatten verwenden!
5. Aufsteckgriff sicher und fest einhängen, beim Herausziehen reißend waagerecht ziehen. Freie ungeschützte Hand nicht in den Gefahrenbereich bringen.
6. Beim Wiedereinsetzen ist die NH-Sicherung am unteren Kontakt einzustecken und dann ruckartig einzudrücken.

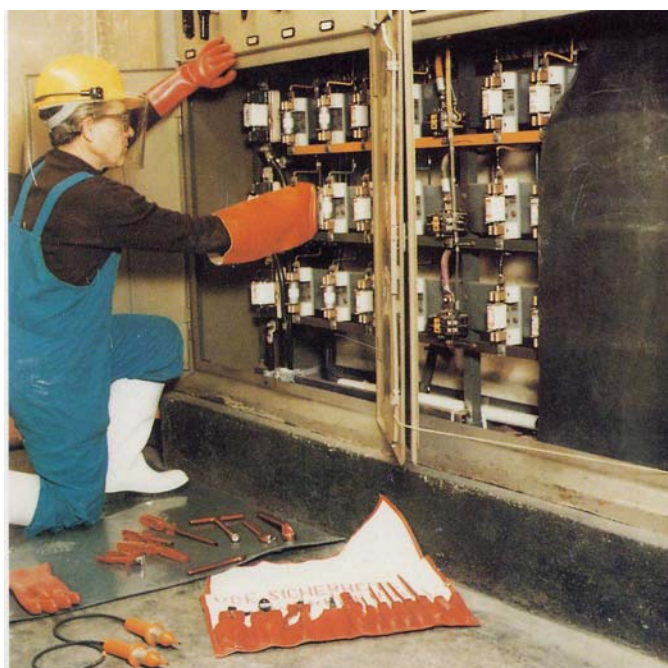


Abb. 5.24: Ziehen einer NH-Sicherung (siehe Anhang 5.6)

2.: Auswechseln eines Motorschutzschalters

Lernziel

Die Auszubildenden sollen selbstständig Geräteeinbauteile (hier Motorschutzschalter) auswechseln können. Voraussetzung ist, dass die Fehlersuche und Identifizierung der Bauteile mit Hilfe der Dokumentation abgeschlossen ist.

Feinlernziele

theoretisch:

Die Auszubildenden sollen die dabei zu beachtenden Regeln nennen können, das passende Geräteeinbauteil auswählen.

praktisch:

Die fünf Sicherheitsregeln sind anzuwenden. Anschlussleitungen sind zu beschriften. Ein- und Ausbau des Motorschutzschalters ist zu beherrschen.

Die Auszubildenden sollen von der Notwendigkeit und Bedeutung des sorgfältigen und qualitätsbewussten Arbeitens überzeugt sein und die nötige Sorgfalt anwenden.

Werkzeuge, Material:

Spannungsmesser 2-polig, NH-Sicherungshandschuh, Helm mit Gesichtsschutz, Schraubendreher, Beschriftungsmaterial, Spitzzange, Abdeckmaterial und Befestigungszangen, identischer Motorschutzschalter.

Oft ist die Mechanik im Schalter beschädigt. Er lässt sich nicht mehr einschalten. Eine Reparatur des Schalters ist verboten, daher kommt nur eine Auswechselung in Frage.

Arbeitsschritte:

1. Freischalten (Siehe Übung: Wechseln von NH-Sicherungen)
Die Hauptstrombahnen sind in der Regel einfach. Vorsicht bei den Steuerstromkreisen, es können mehrere Hilfsstromkreise angeschlossen sein, oftmals auch mit anderen Spannungen.
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
Es gibt verschiedene Möglichkeiten je nach Bauart, z. B. Sicherungen mitnehmen, Vorhängeschloss anbringen, speziell beschriftete Klebestreifen über die Betätigungshebel kleben, Verbotsschilder aufhängen.
3. Spannungsfreiheit feststellen
Es muss konsequent auf allen Leitungen nachgemessen werden.
4. Erden und Kurzschließen
Kann entfallen, da Anlage im Schaltschrank unter 1000 Volt.
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.
Wenn der Schaltschrank ganz abgeschaltet ist, kann diese Position entfallen. Ansonsten nach Bedarf durchführen.
6. Eindeutige Beschriftung der Adern, die abgeklemmt werden sollen
Sinnvollerweise werden dazu die Anschlussklemmbezeichnungen des Motorschutzschalters verwendet (Kontrolle mit der Dokumentation vornehmen).

7. Abklemmen der Adern, Ausbau des Motorschutzschalters.
8. Vergleich des alten Motorschutzschalters mit dem neuen Motorschutzschalter
Stimmen die Gerätedaten überein? Sind die Anordnung und die Bezeichnung der Anschlussklemmen gleich? Wenn nicht alles identisch ist, ist eine Elektrofachkraft einzusetzen.
9. Einbau des Schalters, Anschluss der Adern entsprechend der Beschriftung.
(Kontrolle mit der Dokumentation vornehmen)
10. Das Wichtigste ist die neue Einstellung des Schalters. Normalerweise wird der Wert für die Einstellung vom Typenschild des Motors genommen. Da die Motoren von der Planung der Anlage her häufig überdimensioniert sind, erreichen die Motoren den I_n selten. Will man den Motor aber genau einstellen, so muss man während der Inbetriebnahme den Motornennstrom mit einem Zangen-Amperemeter nachmessen und auf diesen Wert einstellen. Der Schutzschalter reagiert dann sofort auf evtl. Überlast vom Verfahren her, obwohl der Motor selbst noch gar nicht überlastet ist.
11. Rücknahme der fünf Sicherheitsregeln, sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge.
12. Überprüfung der Drehrichtung, Probelauf durchführen.

6. Messtechnik

Hinweis:

Der Themenbereich „Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik“ wird in Nordrhein-Westfalen in einem gesonderten Kurs der überbetrieblichen Ausbildung vermittelt. Daher wird in diesem Handbuch nicht in vollem Umfang auf diesen Bereich eingegangen.

6.1 Einführung in die Messtechnik

In technischen Vorgängen und Prozessen werden zahlreiche physikalische Größen erfasst, umgewandelt und ausgewertet. Grundlage der Erfassung physikalischer Größen ist das Messen. Messen ist der Vergleich einer unbekannten mit einer bekannten, definierten physikalischen Größe. Diese Größen können nichtelektrischer Art, z. B. Wege, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Temperatur, Wärmemenge, Lautstärke, Arbeit oder elektrischer Art, z. B. Spannung, Strom, Widerstand, Induktivität, Kapazität, elektrische Energie sein.

Mit fortschreitender Automatisierung gewinnt die elektrische Messung nichtelektrischer Größen zunehmend an Bedeutung.

Messeinrichtung, Messkette

Das nach einem Messprinzip ausgewählte Messverfahren wird in einer Messanordnung oder Messeinrichtung verwirklicht. Eine Einrichtung zum Messen nicht elektrischer Größen besteht grundsätzlich aus drei Teilen (Messkette). Ein Aufnehmer, heute vielfach auch Sensor genannt, als das erste Glied, erfasst den Messwert und gibt ein entsprechendes Messsignal ab.

Das Messsignal wird zur Aufbereitung dem zweiten Glied, einem Messumformer, zugeführt. Bei der elektrischen Messung ist das Messsignal eine elektrische Größe, die für eine Weiterverarbeitung oder eine Anzeige bereitgestellt werden kann. Ist das Messsignal für die Weiterverarbeitung zu groß oder zu klein, so ist eine Anpassung oder eine Nachverstärkung erforderlich. Ist das Messsignal für den Anzeiger nicht geeignet, so muss das Signal umgewandelt werden. Man spricht dann von einer Messwertumwandlung. Wird der Messwert einer Steuerung oder zentralen Leitwarte zugeführt, so wird er oft entkoppelt, damit keine Störungen in die Steuerung oder Leitwarte eingebracht werden können; man spricht dann von einer galvanischen Trennung.

Heute werden oft Messwertaufnehmer und Messumformer in ein gemeinsames Gehäuse montiert, so dass man von einer Messeinrichtung sprechen kann. Als Ausgang stehen verschiedene Gleichspannungen / Gleichströme zur Verfügung. Moderne Messeinrichtungen sind mit Schnittstellen zum Anschluss an einen PC ausgerüstet.

Das dritte Glied der Messkette ist die Messwertanzeige oder –registrierung.

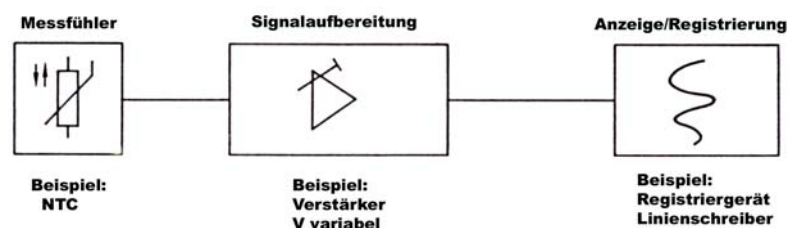


Abb. 6.1: Grundaufbau einer Messeinrichtung

Messverfahren

Die Nutzung eines Messprinzips kann in unterschiedlicher Weise erfolgen.

Unterschieden werden:

- direkte und indirekte Messverfahren
- sowie
- analoge und digitale Messverfahren.

Direktes Messverfahren

Bei einem direkten Messverfahren wird der gesuchte Messwert einer Messgröße durch unmittelbaren Vergleich mit einem Bezugswert derselben Messgröße gewonnen.

Das direkte Messverfahren ist ein Vergleichsverfahren.

Ein Beispiel ist das Vielfachmessgerät zur Messung von Spannung, Strom und Widerstand.

Indirektes Messverfahren

Bei dem indirekten Messverfahren wird der gesuchte Messwert einer Messgröße aus einer anderen physikalischen Größe ermittelt. Der Zusammenhang zwischen den physikalischen Größen muss bekannt sein. Ein Beispiel ist die Widerstandsmessung nach der Strom – Spannungs – Methode.

Analoge und digitale Messverfahren

Unabhängig von direkter oder indirekter Messung unterscheidet man analoge und digitale Messverfahren.

Ein Messverfahren heißt analog, wenn die Messgröße (Eingangsgröße) durch das Verfahren, das Gerät oder die Einrichtung in eine Ausgangsgröße (Anzeige) umgewandelt wird, die der Eingangsgröße proportional ist.

Ein Messverfahren wird als digital bezeichnet, wenn eine Messgröße in einen Digitalwert umgewandelt und als solchen zur Anzeige gebracht wird. Hier gilt die Proportionalität zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße nicht, weil die Ausgangsgröße sich nur stufenweise verändern kann. Zu den digitalen Verfahren zählt auch die Umwandlung einer Eingangsgröße in eine bestimmte Anzahl von Impulsen oder von Impulsen je Zeiteinheit.

Analoge Messwertübertragung

Bei der analogen Messwertübertragung unterscheidet man hauptsächlich zwischen zwei Arten:

1. Übertragung als Spannungswert, z. B. 0 bis 10 Volt;
2. Übertragung als Stromwert, z. B. 0 bis 20 mA und 4 bis 20 mA.

Die Übertragung von Spannungswerten ist sehr störungsanfällig. Sie sollte deshalb nur über kurze Entfernungen, z. B. innerhalb von Warten, ausgeführt werden. Die Hauptstörungsursachen sind: Spannungsabfälle auf den Leitungen, Kontaktwiderstände an Verbindungsstellen, induktive und kapazitive Einstreuungen sowie Wärmeprobleme. Wirkungsvolle Abhilfe kann man durch Abschirmung schaffen.

Werden die Signalwerte jedoch als Stromwerte übertragen sind die vorgenannten Störungen zu vernachlässigen. Als Stromwerte werden heute hauptsächlich 0 bis 20 mA oder 4 bis 20 mA übertragen. Besondere Bedeutung hat der Strombereich 4 bis 20 mA, da bei einem Signalwert 0 bereits 4 mA Strom fließen müssen. Dieser Nullwert, mit einem definierten Strom von 4 mA, wird auch als life – zero (engl. = lebender Nullwert) bezeichnet. Wird der Strom von 4 mA unterschritten, liegt eine Störung vor, z. B. eine Leitungsunterbrechung.

Digitale Messwertübertragung

Zur Übertragung über größere Entfernungen ist ein digitales Signal besser geeignet, als ein analoges. Eine digitale Informationsübertragung arbeitet ohne Signalwertverfälschung und gestattet eine Mehrfachnutzung der Übertragungsleitung.

Eine verlustarme Signalübertragung ist mit Hilfe von Lichtwellenleitern (LWL) möglich.

Analoge und digitale Anzeigen

Bei analog dargestellten Messwerten wird die Messgröße z. B. durch einen von einem Zeiger überstrichenen Winkel α oder einem zurückgelegten Weg s dargestellt (Abb. 6.2). Durch Veränderung der Messgröße (z. B. Spannung oder Temperatur) wird eine Änderung des Zeigerausschlages bzw. der Länge des Weges erreicht.

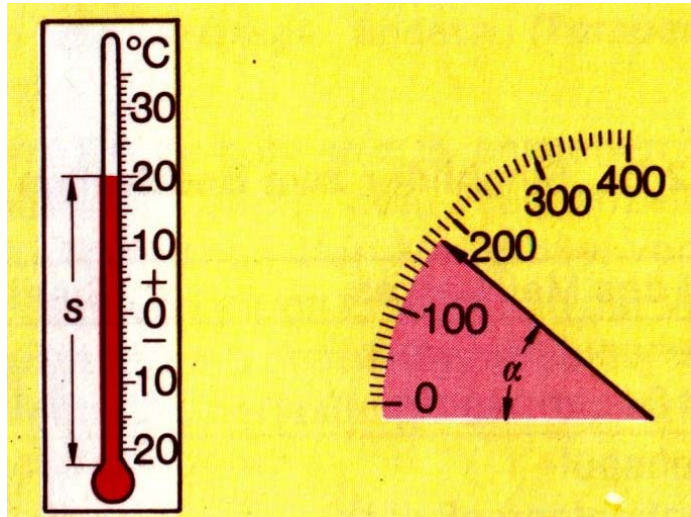


Abb. 6.2: Analoge Anzeigen

Bei digital dargestellten Messwerten wird der Messwert in Form von Zahlen angezeigt (Abb. 6.3). Als Beispiel für eine digitale Anzeige ist der Kilometerzähler im Auto zu nennen, während die Geschwindigkeit in der Regel analog durch die Tachonadel angezeigt wird.



Abb. 6.3: Digitale Anzeige

Vorteil der digitalen Anzeigen ist die bequeme und fehlerfreie Ablesemöglichkeit. Bei analogen Anzeigen wird die Größenordnung der Messwertänderung deutlicher.

Sinnbilder zum Beschriften von Messgeräten

Art des Meßwerkes	Sinnbild	Art des Meßwerkes	Sinnbild
Drehspul-Meßwerk mit Dauermagnet		Meßwerk mit Eisenschirm (Sinnbild für den Schirm)	
Drehspul-Quotientenmeßwerk		Meßwerk mit elektrostatischem Schirm (Sinnbild für den Schirm)	
Drehmagnet-Meßwerk		Astatisches Meßwerk	ast
Dreheisen-Meßwerk		Gleichstrominstrument	—
Elektrodynamisches Meßwerk		Wechselstrominstrument	~
Eisengeschlossenes, elektrodynamisches Meßwerk		Gleich- und Wechselstrom-Instrument	— ~
Elektrodynamisches Quotientenmeßwerk		Drehstrominstrument mit einem Meßwerk	
Eisengeschlossenes elektrodynamisches Quotientenmeßwerk		Drehstrominstrument mit zwei Meßwerken	
Induktionsmeßwerk		Drehstrominstrument mit drei Meßwerken	
Bimetall-Meßwerk		Senkrechte Gebrauchslage	⊥
Elektrostatisches Meßwerk		Waagerechte Gebrauchslage	⌊
Vibrations-Meßwerk		Schräge Gebrauchslage mit Angabe des Neigungswinkels	∠
Thermoumformer allgemein		Zeigernullstellvorrichtung	
Drehspul-Meßwerk mit Thermoumformer		Prüfspannungszeichen: Die Ziffer im Stern bedeutet die Prüfspannung in kV (Stern ohne Ziffer 500 V Prüfspannung)	
Isolierter Thermoumformer		Achtung (Gebrauchsanweisung beachten)	
Gleichrichter		Instrument entspricht bezüglich Prüfspannung nicht den Regeln	
Drehspul-Meßwerk mit Gleichrichter			

Abb. 6.4: Sinnbilder zum Beschriften von Messgeräten

Fehlerquellen

Konstruktionsbedingte Fehler der Messgeräte werden durch die Güteklasse gekennzeichnet.

	Feinmessgeräte			Betriebsmessgeräte			
Güteklasse	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	5

Die **Güteklasse** gibt den höchstzulässigen Fehler in Prozent vom Messbereichsendwert an.

Beispiel:

Ein Spannungsmesser mit der Güteklasse 1,5 hat einen Messbereichsendwert von 100 V.

- Wie groß kann der absolute Fehler sein?
- Wie groß kann der wahre Wert bei einer Anzeige von 80 V bzw. 10 V sein?
- Wie groß kann der jeweilige relative Fehler werden?

$$\text{Zu a) } F = 100 \text{ V} \cdot \frac{1,5}{100}; \underline{F = 1,5 \text{ V}}$$

Der wahre Wert kann also um 1,5 V vom angezeigten Wert abweichen.

$$\text{Zu b) } 78,5 \text{ V} \leq W \leq 81,5 \text{ V} \\ 8,5 \text{ V} \leq W \leq 11,5 \text{ V}$$

$$\text{Zu c) } f = \frac{F}{W}; \quad f = \frac{1,5 \text{ V}}{78,5 \text{ V}}; \quad \underline{f = 1,91 \%}$$

$$f = \frac{F}{W}; \quad f = \frac{1,5 \text{ V}}{8,5 \text{ V}}; \quad \underline{f = 17,65 \%}$$

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass der relative Fehler umso größer wird, je kleiner der Messwert ist. Deshalb sollte der Messbereich so gewählt werden, dass sich der Zeigerausschlag im oberen Drittel der Skala befindet.

Lagefehler entstehen, wenn die Gebrauchslage von Messgeräten nicht eingehalten wird.

Weitere Fehler können durch Fremdfelder, durch Abweichen der Messgröße von der Sinusform, durch Erwärmung der Widerstände innerhalb des Messgerätes durch den Stromfluss, durch externe Temperatur oder durch mechanische Beschädigung entstehen.

Beispiel:

Ein Spannungsmesser wird an eine Eichspannung von 100 V angelegt. Er zeigt 98 V an.

- Wie groß ist der absolute Fehler?
- Wie groß ist der relative Fehler?

$$\text{Zu a) } F = A - W; \quad F = 98 \text{ V} - 100 \text{ V}; \quad \underline{F = -2 \text{ V}}$$

$$\text{Zu b) } f = \frac{F}{W}; \quad f = \frac{-2 \text{ V}}{100 \text{ V}}; \quad f = -0,02; \quad \underline{f = -2 \%}$$

Durch die Zeigerform (Abb. 6.5) und die Anordnung über der Skala können **Ablesefehler** minimiert werden. Um **Parallaxenfehler** zu vermeiden, werden Skalen mit einem Spiegel unterlegt (Abb. 6.6). Decken sich Zeiger und Spiegelbild ist die Ablesung genau.

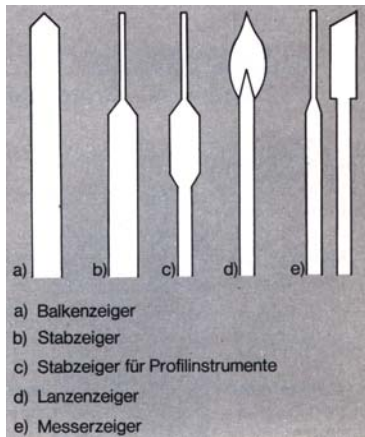


Abb. 6.5: Zeigerformen

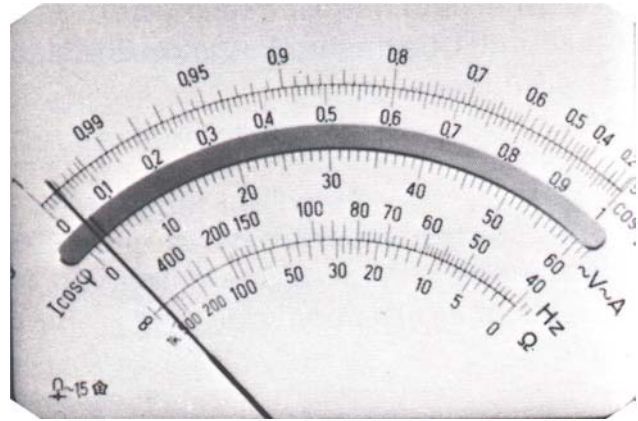


Abb. 6.6: Spiegelunterlegung der Skala

6.2 Zeigermessinstrumente

Ein Messinstrument einschließlich Zubehör wird als Messgerät bezeichnet. Das Zubehör kann vom Messinstrument trennbar sein.

Ein **Messwerk** besteht aus den eine Bewegung erzeugenden Teilen (z. B. Spulen) und den Teilen, deren Bewegung oder Lage von der Messgröße abhängen (z. B. Lagerung, Zeiger).

Ein **Messinstrument** besteht aus dem Gehäuse und dem eingebauten Zubehör. Messleitungen, Prüfspitzen usw. stellen **Zubehör** dar.

Bei den Skalen von Messinstrumenten werden lineare und nichtlineare Skalen unterschieden (Abb. 6.7). Außerdem gibt es Skalen mit unterdrücktem Nullpunkt (Abb. 6.8).

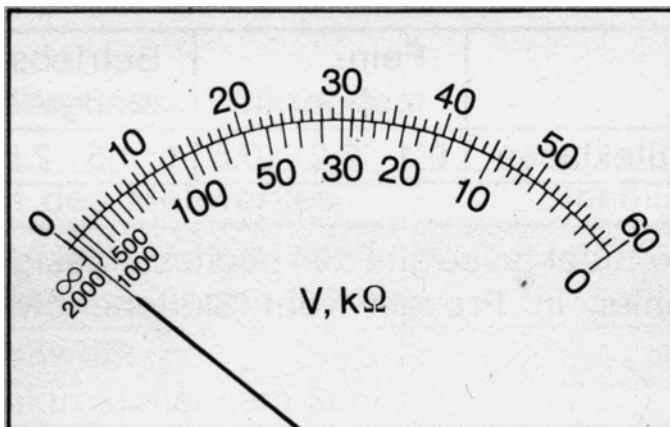


Abb. 6.7: Lineare und nichtlineare Skalenteilung

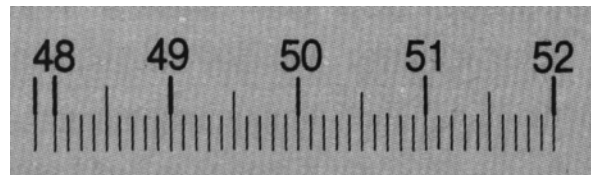


Abb. 6.8: Skala mit unterdrücktem Nullpunkt

Der **Messbereich** umfasst nur den Teil der Skala, für den die Genauigkeitsbestimmungen der VDE-Richtlinien eingehalten werden. Er wird durch Punkte auf der Skala gekennzeichnet.

6.3 Spannungs- und Strommessung

Messung mit dem Drehspulmessgerät

In Abbildung 6.9 ist der Aufbau eines Drehspulmesswerkes dargestellt.

- 1 Polschuh
- 2 Weicheisenzyylinder
- 3 Wicklung
- 4 Aluminiumrahmen
- 5 Rückstellfedern (Stromzuführung)

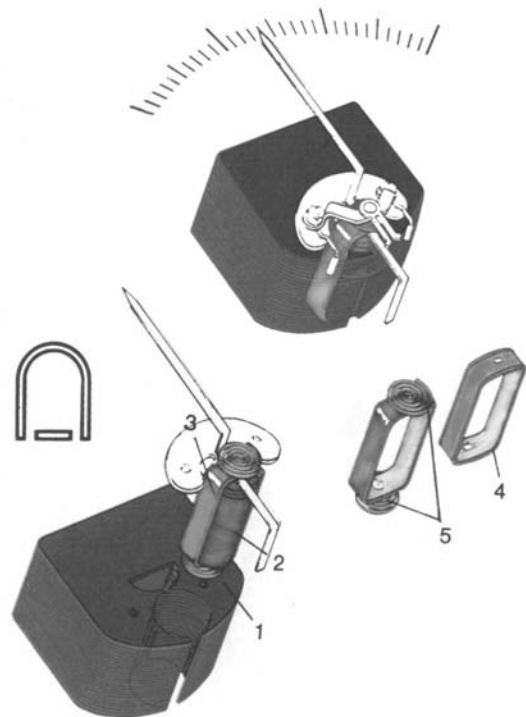


Abb. 6.9: Drehspulmesswerk

Wird die Wicklung (siehe Abbildung 6.10) von einem Strom durchflossen, bildet sich um die Spule ein Magnetfeld, welches mit dem Feld des Permanentmagneten ein Drehmoment erzeugt. Der mit der Spule verbundene Zeiger bewegt sich. Befindet sich das Drehmoment der Magnetfelder mit dem Drehmoment der Rückstellfeder im Gleichgewicht, kommt der Zeiger zum Stillstand.

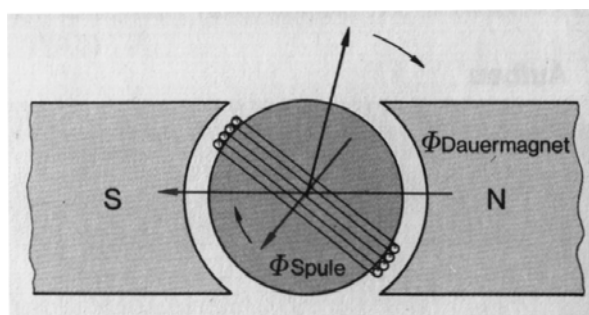


Abb. 6.10: Wirkungsweise des Drehspulmesswerkes

Bevor der Zeiger zum Stillstand kommt, schwingt er zunächst über den Messwert hinaus, bis er sich nach kurzer Zeit auf den richtigen Messwert einpendelt. Um diesen Einschwingvorgang des Zeigers zu verkürzen, werden Drehspulmesswerke mit einer Dämpfung ausgestattet. Daher können kurze Spannungs- oder Stromstöße, wie z. B. Einschaltströme, nicht richtig gemessen werden.

Messung des Mittelwertes

Die Drehrichtung des Zeigers eines Drehspulmesswerkes ist ausschließlich von der Stromrichtung in der Spule abhängig. Bei Messung einer Gleichspannung stellt sich ein konstanter Zeigerausschlag ein. Bei Messung einer Wechselspannung geringer Frequenz schwingt der Zeiger

um den Nullpunkt. Bei höheren Frequenzen bleibt er auf dem Nullpunkt stehen. Bei Messung einer Mischspannung zeigt das Messgerät den arithmetischen Mittelwert an.

Mit Drehspulmessinstrumenten können nur Gleichspannungen oder Gleichströme gemessen werden. Sollen Wechselspannungen oder Wechselströme gemessen werden müssen sie vorher gleichgerichtet werden.

Messung des Effektivwertes

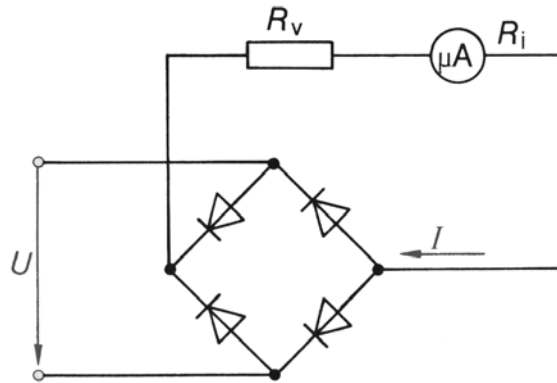


Abb. 6.11: Drehspulmessinstrument mit Brückengleichrichter

In Abbildung 6.11 ist die Schaltung eines Drehspulmessgerätes mit einem Brückengleichrichter zur Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes dargestellt. Da dieser Wert in der Praxis ohne Bedeutung ist, werden die Skalen so geeicht, dass der Effektivwert abgelesen werden kann.

Messung mit dem Dreheisenmessgerät

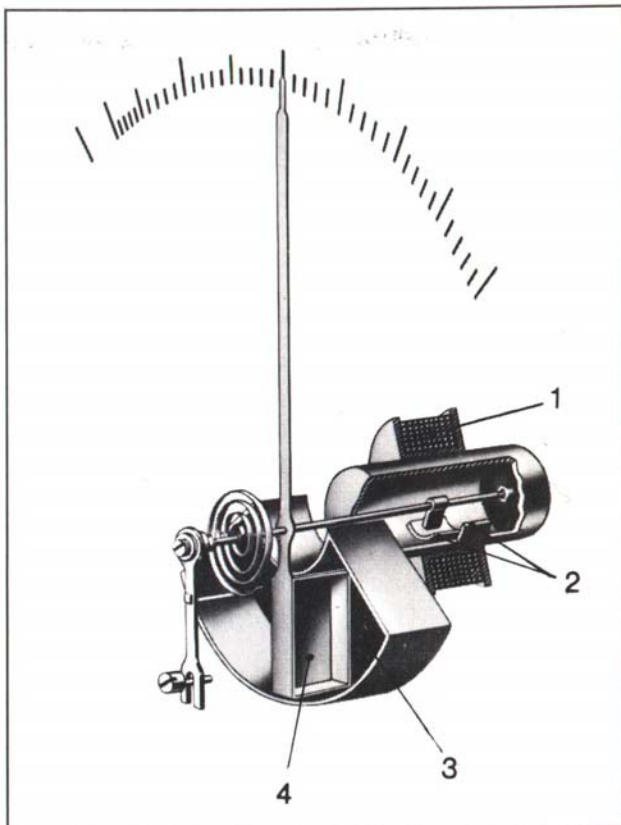


Abb. 6.12: Dreheisenmesswerk für Präzisionsinstrumente

Wird die Spule (1) eines Dreheisenmessgerätes von einem Strom durchflossen, wird in zwei Eisenplättchen (2) ein gleichsinniges Magnetfeld erzeugt. Die Eisenplättchen stoßen sich gegenseitig ab. Da das eine Eisenplättchen mit dem Zeiger verbunden ist kommt es zu einem Zeigerausschlag. Dieser ist proportional dem Quadrat des Stromes. Da beide Eisenplättchen immer gleichsinnig magnetisiert werden, können mit Dreheisenmessgeräten sowohl Wechsel- als auch Gleichströme gemessen werden. Diese Messgeräte werden hauptsächlich zur Messung großer Ströme verwendet.

Bedingt durch die Induktivität der Spule ist der Zeigerausschlag stark von der Frequenz abhängig. Darum wird in der Regel der Frequenzbereich, für den die Messwerte innerhalb der Genauigkeitsklasse liegen, auf der Skala angegeben. Bei Dreheiseninstrumenten wird meist die Luftkammerdämpfung angewendet. Dabei ist der Zeiger (4) mit einem Flügel verbunden, der Luft in einer Kammer (3) komprimiert.

Im Folgenden wird dargestellt, dass mit verschiedenen Messgeräten bei gleicher Messspannung unterschiedliche Messwerte ermittelt werden.

Spannungsmessung mit verschiedenen Messgeräten

Durchführung:

Spannungen mit verschiedenem Spannungsverlauf werden mit einem Drehspulmessgerät und mit einem Dreheisenmessgerät gemessen.

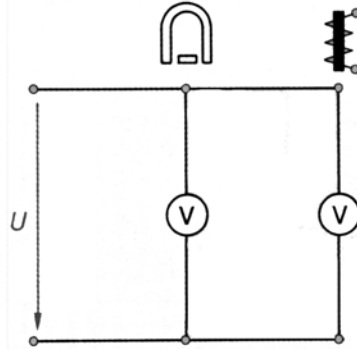


Abb. 6.13: Versuchsaufbau

Messung 1

Eine Gleichspannung wird gemessen.

Messung 2

Eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hz wird gemessen.

Messung 3

Hinter einem Doppelweggleichrichter wird eine Mischspannung gemessen.

Messergebnis

Messung	Drehspulmessgerät	Dreheisenmessgerät
1	6 V	6 V
2	0 V	2,12 V
3	18 V	14,2 V

Abb. 6.14: Messergebnisse

6.4 Hinweise zur Messung elektrischer Größen

Messen elektrischer Größen

Bevor eine Messung vorgenommen wird, gilt es immer einige Punkte zu beachten, damit die Messung auch zu einer eindeutigen Aussage führen kann. Mit einem ungeeigneten Messgerät oder einer falschen Messmethode sind grobe Fehler des Messwertes unvermeidlich. Wenn es um Messungen bezüglich der Sicherheit in Versorgungsnetzen geht, kann das verheerende Folgen nach sich ziehen.

Deshalb sind vor der Messung u. a. folgende Fragen zu klären:

- Welche Messmethode ist für die Messung die richtige?
- Welches Messgerät ist dafür geeignet, Messbereich, usw.?
- Ist das Messgerät in Ordnung?
- Ist das Messgerät auf den richtigen Messbereich eingestellt, stimmt die Gebrauchslage?
- Nach dem Ablesen des Messwertes ist dieser auf Plausibilität zu prüfen.

- Kann das Ergebnis stimmen? Wie hoch geht ein Messfehler in das Messergebnis ein?
- Kann er durch Fremdeinflüsse wie Störfelder, Oberwellen oder falsche Umgebungstemperatur verfälscht sein?
- Ist man mit dem vorhandenen Messgerät nicht vertraut, ist vorher unbedingt die Gebrauchsanweisung zu studieren! Gehen Sie sorgsam mit Messgeräten um!

Analog oder Digital

Diese Auswahl richtet sich nach der Zweckmäßigkeit. Soll nur ein Wert erfasst oder gemessen werden, ist eine digitale Anzeige sehr bequem ablesbar. Um bei Messwertschwankungen Tendenzen erkennen zu können, ist eine analoge Anzeige vorteilhafter. Es gibt jedoch inzwischen viele Digitalmultimeter mit einem Bargraphen, der diesen Nachteil ausgleicht. Digitalmultimeter sind in der Regel robuster als analoge Geräte mit ihren empfindlichen Messwerken.

Spannungsmessung

Die elektrische Spannung wird immer zwischen zwei Punkten gemessen. Vor der Messung ist darauf zu achten, dass die Messart und der Messbereich richtig eingestellt sind. In der täglichen Praxis werden häufig Vielfachmessgeräte eingesetzt, mit denen neben der Spannungsmessung auch Strom- und Widerstandsmessungen möglich sind. Es ist besonders darauf zu achten, dass nicht irrtümlich ein Strommessbereich gewählt wurde. Dies würde bei der Spannungsmessung zu einem Kurzschluss führen, der das Messgerät zerstören kann.

Analoge Vielfachmessgeräte haben Eingangswiderstände, die zwischen 50 und 100 k Ω /V liegen, digitale Messgeräte besitzen Eingangswiderstände von 10 M Ω . Besonders bei Messungen an hochohmigen Schaltungen ist der Eingangswiderstand des Messgerätes zu berücksichtigen.

Im Allgemeinen ist der Innenwiderstand der Messquelle nicht bekannt. Weil der Eingangswiderstand bei großen Messbereichen höher ist, empfiehlt es sich mit großen Messbereichen zu beginnen, um dann den Messbereich zu verkleinern bis sich die Anzeige im oberen Drittel der Skala befindet. Zeigt sich bei niedrigem Messbereich ein kleinerer Wert als bei großem Messbereich, ist der Innenwiderstand der Messquelle nicht zu vernachlässigen. Die Messung ist mit einem hochohmigeren Gerät zu wiederholen.

Bei Wechselspannungen ist darauf zu achten, dass das Messgerät für den Kurvenverlauf und die Frequenz der Wechselspannung geeignet ist.

Strommessung

Auch für die gebräuchliche Strommessung stehen heute Multimeter in vielfältiger Art zur Verfügung. Dabei wird das Messgerät direkt in den Messkreis eingeschleift (sofern der Stromkreis aufgetrennt werden kann).



Abb. 6.15: Digitales Vielfachmessgerät

Beim Auftrennen des Stromkreises ist unbedingt darauf zu achten, dass kein Strom fließt. Zu Beginn der Messung wird ein großer Messbereich gewählt und dann schrittweise verkleinert. Eine Überlastung des Strombereiches ist zu vermeiden, da diese zur Zerstörung des Messgerätes führen kann. Bei Gleichstrommessung ist auf die Polarität zu achten.

Durch das Einschleifen des Strommessers in den Stromkreis erhöht sich der Gesamtwiderstand des Stromkreises, weil der Innenwiderstand des Strommessers dazukommt. Der Messwert ist deshalb systembedingt zu niedrig. Bei der Auswahl eines Strommessers ist der Innenwiderstand ein wesentliches Kriterium.

Strommessung außerhalb der Leiter

Die Strommessung innerhalb von Leitern mit einem Querschnitt größer 6 mm² gestaltet sich auf Grund der Steifigkeit der Leiter schwierig. Hier bietet sich eine Messmethode ohne Auftrennen des Stromkreises an.

Strom und Magnetismus

Zwischen dem elektrischen Strom und dem Magnetismus besteht ein enger Zusammenhang. Um jeden stromdurchflossenen Leiter entsteht ein magnetisches Feld. In einem Modellversuch lässt sich

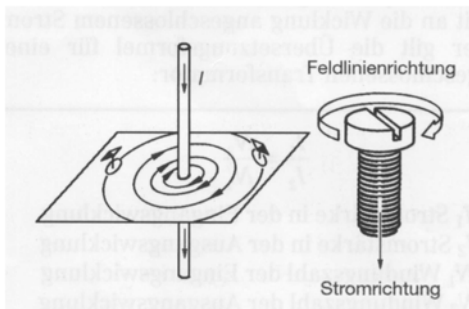


Abb. 6.16: Magnetfeld des elektrischen Stromes

das magnetische Feld durch magnetische Feldlinien darstellen. Die Richtung der Feldlinien hängt von der Stromrichtung ab. Bei Wechselstrom entsteht ein magnetisches Feld, dessen Feldlinien ständig ihre Richtung ändern. Fließt Wechselstrom durch einen Leiter, entsteht in der Umgebung des Leiters ein magnetisches Wechselfeld. Das magnetische Wechselfeld in der Umgebung eines Wechselstrom führenden Leiters kann durch geeignete Vorrichtungen zur Messung des Stromes, der durch den Leiter fließt, verwendet werden.

Stromwandler

Die Gesamtzahl der magnetischen Feldlinien um einen stromdurchflossenen Leiter wird als magnetischer Fluss bezeichnet. Der magnetische Fluss wird besonders groß, wenn der stromdurch-

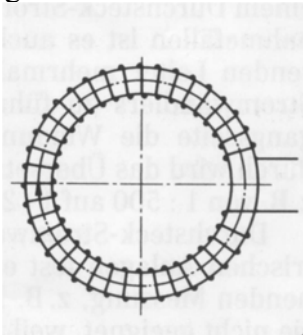


Abb. 6.17: Ringspule

flossene Leiter um einen Eisenkern aus Elektroblech, z. B. in Form einer Ringspule, gewickelt wird. Wird durch einen derartigen Ringkern ein von Wechselstrom durchflossener Leiter gesteckt, so entsteht im Ringkern ein kräftiges magnetisches Wechselfeld. Trägt der Ringkern eine Wicklung, so induziert das magnetische Wechselfeld in der Wicklung eine Wechselspannung. Diese Wechselspannung ist um so größer je mehr Windungen die Wicklung hat und je kräftiger das Wechselfeld im Eisenkern ist. Im Prinzip liegt ein Transformator vor, bei dem der stromdurchflossene Leiter die Eingangswicklung und die Wicklung des Ringkernes die

Ausgangswicklung bildet. Nun ist bei einer derartigen Anordnung die Windungszahl der Spule auf dem Ringkern sehr viel höher, als die eine Windung, die durch den stromdurchflossenen Leiter dargestellt wird. Deshalb entsteht in der Wicklung eine sehr hohe Spannung, die zur Zerstörung der Isolation führen könnte. Schließt man aber einen Strommesser an die Enden der Wicklung an, so liegt eigentlich ein Kurzschluss vor. Dadurch fließt in der Wicklung ein Strom, der nach der Lenz'schen Regel seine Ursache, also das starke Magnetfeld, aufheben will. Mit an die Wicklung angeschlossenem Strommesser gilt die Übersetzungsformel für einen kurzgeschlossenen Transformator:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

I_1 : Stromstärke in der Eingangswicklung

I_2 : Stromstärke in der Ausgangswicklung

N_1 : Windungszahl der Eingangswicklung

N_2 : Windungszahl der Ausgangswicklung

Eine Anordnung nach Abbildung 6.17 ist zur Messung der Stromstärke geeignet, sofern die Ringkernspule bekannt ist. Bei 500 Windungen liegt ein Übersetzungsverhältnis von 1:500 vor. Ein derartiger Transformator zur Übersetzung des Stromes wird als Stromwandler bezeichnet.

Stromwandler sind Transformatoren, mit denen eine große Stromstärke zur Messung herunter transformiert wird.

Wird der Leiter durch einen derartigen Stromwandler durchgesteckt, so spricht man von einem Durchsteckstromwandler.

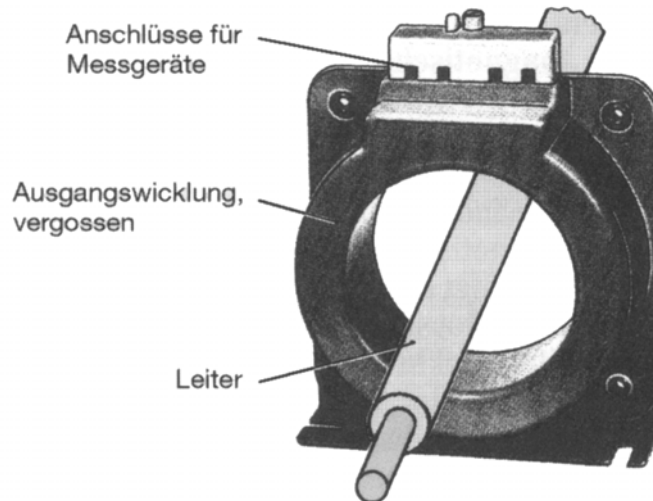


Abb. 6.18: Durchsteckstromwandler

In Ausnahmefällen ist auch möglich den Leiter mehrmals durch den Stromwandler zu führen, so dass auf der Eingangsseite die Windungszahl erhöht wird. Dadurch ändert sich das Übersetzungsverhältnis.

Durchsteckstromwandler werden oft in elektrischen Anlagen fest eingebaut. Zur mobilen Messung z. B. zur Fehlersuche sind sie ungeeignet, weil der Leiter abgeklemmt und durch den Stromwandler gesteckt werden müsste. Deshalb wurden nach dem Prinzip des Durchsteckstromwandlers Stromwandler entwickelt, bei denen sich der Eisenkern wie bei einer Zange aufklappen lässt. Solche Stromwandler werden als Zangenstromwandler bezeichnet.

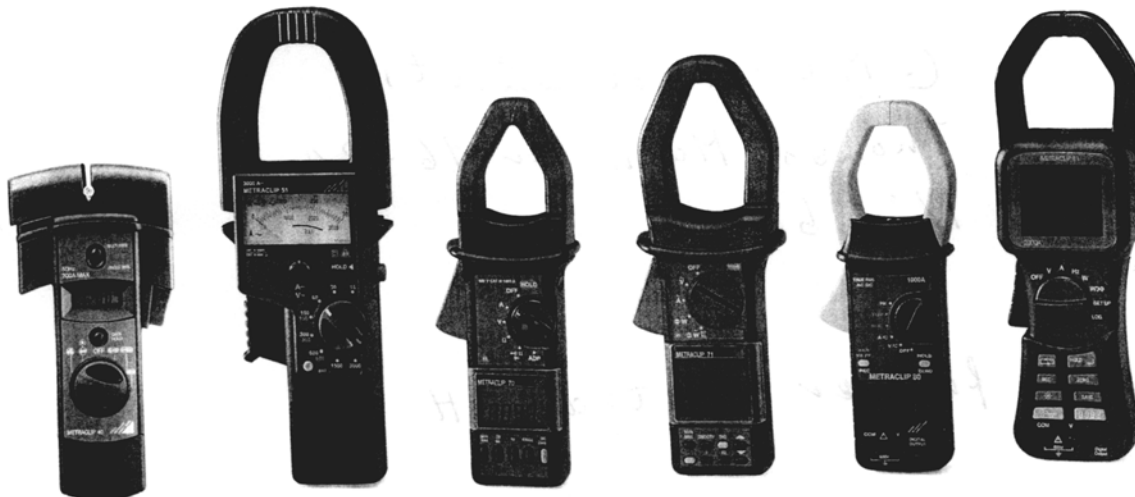


Abb. 6.19: Zangenstromwandler

Bei der Messung klappt man die Zange auf, schiebt die Öffnung über den stromführenden Leiter und schließt die Zange, so dass für das Magnetfeld ein geschlossener Eisenweg entsteht. Bei alten Zangenstromwandlern muss an die Wicklung ein getrennter Strommesser angeschlossen werden.

Bei modernen Geräten ist der Strommesser direkt eingebaut, so dass ein handliches Messgerät entsteht.

Zangenstromwandler mit eingebautem Strommesser ermöglichen die Strommessung ohne Auftrennen des Stromkreises.

Widerstandsmessung

Für die Widerstandsmessung gibt es ein reichhaltiges Spektrum an Messverfahren. Die heutigen Digitalmultimeter decken aber die meisten Anwendungsfälle im betrieblichen Bereich ab, so dass auf Widerstandsmessbrücken verzichtet werden kann. Digitalmultimeter decken die Bereiche bis 10 MΩ oder gar bis 100 MΩ ab. Auf Grund ihrer niedrigen Messspannung sind sie keinesfalls zur Messung von Isolationswiderständen geeignet. Hier sind Messgleitspannungen zwischen 100 V und 500 V gefordert.

Beim Messen kleiner Widerstände von wenigen Ohm ist bei Digitalmultimetern darauf zu achten, dass die Anzeige nicht eine Genauigkeit vorgaukelt, die nicht vorhanden ist. Hier ist genau die Anleitung des Herstellers zu beachten. Außerdem ist bei der Messung kleiner Widerstände der Widerstand der Messleitung sowie der Übergangswiderstand an den Anschlussklemmen zu berücksichtigen.

Bei Analogmultimetern ist der Skalenverlauf fast immer gegenläufig zur Strom- bzw. Spannungsskala. Der Nullpunkt liegt also auf der rechten Seite der Skala. Zum Abgleich des Nullpunktes ist meist eine kleine Einstellschraube vorhanden. Nach jeder Änderung des Messbereichs ist die Nullpunkteinstellung neu vorzunehmen. Die Skalenteilung des Widerstandsmessbereiches ist meist logarithmisch.

Messung der elektrischen Arbeit/Leistung mit einem Zähler

Wird mit einem Zähler die Arbeit und mit einer Uhr die Betriebszeit ermittelt, so lässt sich die Leistung des Verbrauchers errechnen. Aus $W = P \cdot t$ erhält man $P = W / t$.

Bei der Leistungsmessung lässt man den Verbraucher nicht so lange eingeschaltet bis man am Zählwerk ablesen kann. Die Leistungsmessung geht schneller unter Verwendung der Zählerkonstanten vom Leistungsschild des Zählers. Diese gibt an, wie oft sich die Zählerscheibe dreht bis 1 kWh verbraucht ist. Die Umdrehung der Zählerscheibe lässt sich zählen, da die Zählerscheibe eine Markierung hat.

$$P = \frac{n}{C_z}$$

P = Leistung in kW

n = Zählerumdrehungen pro Stunde

C_z = Zählerkonstante in Umdrehungen pro kWh



Dreht die Zählerscheibe zu langsam, muss man die Zeit für mehrere Umdrehungen messen und daraus die Umdrehungen pro Stunde errechnen. Vor der Leistungsmessung mit dem Zähler müssen alle anderen Verbraucher, die an diesen Zähler angeschlossen sind, ausgeschaltet werden. Handelt es sich um einen Wandlerzähler muss das Ergebnis noch mit dem Übersetzungsverhältnis multipliziert werden.

Abb. 6.20: Messwandlerzähler (siehe Anhang)

6.5 Isolationsmessung

Allgemeines zum Isolationswiderstand

Jede elektrische Leitung im Installationsbereich ist von einer Isolierung umgeben. Es soll damit verhindert werden, dass Materialien, die die Leitung umgeben, keine gefährliche Berührungsspannung annehmen. Gleichzeitig soll damit erreicht werden, dass der Strom nur durch den angeschlossenen Verbraucher fließt, und nicht schon ein Strom zum Erdepotenzial auf dem Wege dorthin abfließt. Es gibt allerdings kein Material, das 100 %ig isoliert. Aus diesem Grunde wird eine Isolationswiderstandsmessung nach **DIN VDE 0100 Teil 610**, **DIN VDE 0105 Teil 1** und **BGV A 2** vorgeschrieben. In der **DIN VDE 0100 Teil 610** ist vor Inbetriebnahmen bzw. nach Änderungen einer Anlage:

1. Besichtigen
2. Erproben und Messen durchzuführen.

Zum ersten Punkt ist zu sagen, dass optisch überprüft werden muss, ob die Isolierungen der Anlage in Ordnung sind. Da dies bei verlegten Leitungen oft nicht mehr möglich ist, bekommt dieser Punkt geringere Bedeutung. Also muss der Widerstand messtechnisch erfasst werden.

In der **DIN VDE 0105 Teil 1** und in den **BGV A 2** - Bestimmungen ist ebenfalls eine Überprüfung des Isolationswiderstands gefordert. In den zuletzt genannten Vorschriften, wird zudem nicht nur eine Überprüfung von Anlagen verlangt, sondern auch folgende Überprüfung von ortsveränderlichen Betriebsmitteln vorgeschrieben:

- mindestens alle 4 Jahre elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel
- alle 6 – 24 Monate ortsveränderliche Betriebsmittel je nach Einsatzort

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Prüf Fristen von ortsveränderlichen Geräten im gewerblichen Bereich von: Betriebe – Handwerk – Handel

Prüffristen

Prüffrist	Nicht ortsfeste Betriebsmittel
6 Monate	Bäder Flüssigkeitsstrahler, Wassersauger, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, Unterwassersauger, Zentrifugen, usw. Schlachthöfe Betäubungszangen, elektrisch betriebene Sägen, elektrisch betriebene Messer, usw. Küchen für Gemeinschaftsverpflegung Aufschnittmaschinen, Kaffeeautomaten, Kochplatten, Toaster, Rührgeräte, Wärmewagen/Warmhaltegeräte, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, elektrische Handgeräte, usw. Ausnahme: sonstige Küchen = 12 Monate
12 Monate	Feuerwehren/Technische Hilfeleistung (für Betriebsmittel, die bei Übung und Einsatz benutzt worden sind) Elektrische Handgeräte, Handleuchten, Flutlichtscheinwerfer, Umfüllpumpen, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.
12 Monate	Unterrichtsräume in Schulen Elektrische Betriebsmittel im Bereich Hauswirtschaft: Toaster, Handrührgeräte, Warmhalteplatten, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw. Elektrische Betriebsmittel im Bereich Technikunterricht: Lötkolben, Dekupiergeräte, Handbohrmaschinen, Schwingschleifer, mobile Holzbearbeitungsgeräte, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.

	Elektrische Betriebsmittel im naturwissenschaftlichen Unterricht: Heizplatten, Elektrolysegeräte, Netzgeräte, Signalgeneratoren, Oszilloskope, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen Elektrische Betriebsmittel im Werkstattbereich von berufsbildenden Schulen: Geräte → Abschnitt Werkstätten
12 Monate	Wäschereien Bügelmaschinen, mobile Bügelmaschinen, Nähmaschinen, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.
12 Monate	Gebäudereinigung Staubsauger, Böhner- und Bürstengeräte, Teppichreinigungsgeräte, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.
12 Monate	Laboratorien Rotationsverdampfer, bewegliche Analysegeräte, Heizgeräte, Messgeräte, netzbetriebene Laborgeräte, Tischgeräte, Rührgeräte, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.
12 Monate	Unterrichtsräume in Schulen Elektrische Betriebsmittel im Bereich Medien: Dia-, Film-; Tageslichtprojektoren, Videogeräte usw., Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw. Elektrische Betriebsmittel im Bereich textiles Gestalten: Bügeleisen, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.
12 Monate	Werkstätten/Baustellen Hand- und Baustellenleuchten, Handbohrmaschinen, Winkelschleifer, Band- und Schwingschleifer, Handkreissägen, Stichsägen, Lötkolben, Schweißgeräte, Belüftungsgeräte, Flüssigkeitsstrahler, mobile Tischkreissägen, mobile Abricht Hobelmaschinen, Späneabsaugung, Mischmaschinen, Bohrhämmer, Heckenscheren, Rasenmäher, Häcksler, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, usw.
24 Monate	Bürobetriebe Schreibmaschinen, Diktiergeräte, Overheadprojektoren, Tischleuchten, Belegstempelmaschinen, Ventilatoren, Buchungsautomaten, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, mobile Kopiergeräte Pflegestationen/Heime Föhne, Frisierstäbe, Rotlichtleuchten, Rasiergeräte, Flaschenwärmer, Heizöfen, elektrische Handgeräte, Tischleuchten, Stehleuchten, Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen, Heizkissen, usw.

Abb. 6.21: Prüffristen nicht ortsfester Betriebsmittel

Weitere Prüffristen sind u. a. geregelt in den:

- Gerätesicherheitsgesetz GSG
- Bauordnung der Länder
- Zusatzbedingungen der Sachversicherer
- 2. Durchführungsordnung zum Energiewirtschaftsgesetz

Anforderungen an die Isolationsmessgeräte

Die verwendeten Isolationsmessgeräte müssen den Anforderungen nach **DIN VDE 0413 Teil 1** entsprechen. Eine Isolationsmessung darf danach nur mit Gleichspannung als Messspannung durchgeführt werden. Man hat sich für die Gleichspannung entschieden, um den Einfluss der Kapazitäten zwischen den Leitern sowie den Leitern und Erde bei der Messung auszuschließen. Man würde dadurch den Scheinwiderstand der Leitung messen. Für Schutzkleinspannungsstromkreise ist eine Prüfgleichspannung von 250 V gefordert. Für Spannungen bis einschließlich 500 V werden 500 V Messspannung vorgeschrieben. In Anlagen mit Nennspannung größer 500 V ist mit einer Prüfgleichspannung von 1000 V zu messen. Der

Nennstrom muss mindestens 1 mA betragen, und der Kurzschlussstrom darf 12 mA Gleichstrom nicht überschreiten. Der maximale Gebrauchsfehler darf $\pm 30 \%$ betragen.

Es gibt verschiedene Ausführungen von Isolationsmessgeräten:

- Isolationsmessgeräte mit Kurbelinduktor
- Isolationsmessgeräte mit wiederaufladbarer Batterie
- Isolationsmessgeräte mit nicht wiederaufladbarer Batterie

Widerstandswerte und Messungen in Anlagen

Bei den Werten der Isolationswiderstände ist 1976 (**alte Norm DIN VDE 0100g**) eine Änderung gemacht worden. Bis zu diesem Zeitpunkt galt die Regelung 1 k Ω /Volt. Bei der Norm ab 1987 (**DIN VDE 0100 Teil 610**) ist dies nicht mehr der Fall.

Die Tabelle zeigt die Veränderungen durch die neue Norm:

Zeitbereich	Stromkreis	Nennwert der Messgleichspannung	Mindestwert des Isolationswiderstands
alte Forderung bis 1987	für alle Stromkreise	mindest gleich dem Nennwert der Betriebsspannung, 100 V...1000 V	1 k Ω pro V, d.h. 0,2 M Ω bis 1 M Ω
neue Forderung ab 1987	Spannung bei SELV und PELV	250 V-	$\geq 0,25$ M Ω
	bis 500 V, außer SELV u. PELV	500 V-	$\geq 0,5$ M Ω
	500 V ...1000 V Nennspannung	1000 V-	≥ 1 M Ω

Abb. 6.22: Isolationswiderstände nach alter und neuer Norm

Auch wurde mit der neuen Norm (**DIN VDE 0100 Teil 610**) nicht mehr unterschieden zwischen Anlagen im Freien und Anlagen in besonderen Räumen gegenüber anderen Anlagen. Außerdem gibt es keinen Unterschied mehr zwischen trockenen und nassen Räumen.

Ebenso hat sich geändert, dass bei der Messung nicht mehr Außenleiter gegen Außenleiter überprüft werden muss, es sei denn, es wird kein geerdeter Leiter mitgeführt oder es handelt sich um eine feuergefährdete Betriebsstätte.

Um den Messaufwand zu reduzieren, dürfen Außen- und Neutraleiter während der Messung miteinander verbunden sein, siehe Abb. 6.23.

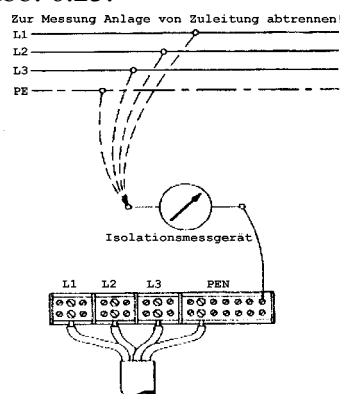


Abb. 6.23: Messen des Isolationswiderstands

Enthalten Stromkreise elektronische Einrichtungen, müssen Außen- und Neutraleiter während der Messung verbunden sein. Der Verzicht auf Messung des Isolationswiderstandes bei Schalterleitungen in Lichtstromkreisen – wie nach **DIN VDE 0100 Teil 600** noch möglich – ist mit in Kraft treten der **DIN VDE 0100 Teil 610 (1987)** entfallen.

Nach allen Änderungen sind immer noch nachstehende Werte zu ermitteln

- jedem Außenleiter (L1, L2, L3) und Erde (Schutzleiter PE oder PEN)

- dem Neutralleiter N und dem Schutzleiter PE

Der Isolationswiderstand reicht aus, wenn in jedem Stromkreis - ohne angeschlossene Verbraucher - die Werte in Abbildung 6.23 unter Berücksichtigung des Messfehlers (nachfolgend erklärt) gemessen werden.

Es ist zulässig, den Isolationswiderstand mit angeschlossenen Elektrogeräten zu messen. Werden die geforderten Werte jedoch nicht erreicht, ist die Prüfung ohne angeschlossene Verbraucher zu wiederholen. An dieser Stelle sei auch auf Glühlampen, Klingeltransformatoren oder Überspannungsableiter hingewiesen; sie können das Messergebnis beeinflussen.

Nicht zu vergessen ist, dass noch die Toleranz des Messgerätes (in der Regel $\pm 30\%$) zu den Grenzwerten zuaddiert werden muss.

Hier ein Beispiel:

Einzuhalten ist ein Isolationswert von $0,5\text{ M}\Omega$. Möglicher Messfehler nach **DIN VDE 0413 Teil 1** $\pm 30\%$. Der am Messgerät abzulesende Wert muss also mindestens $0,5\text{ M}\Omega + 30\% = 0,65\text{ M}\Omega$ betragen.

Vor der Messung ist die Anlage spannungsfrei zu schalten. Anschließend ist die Spannungsfreiheit zu überprüfen und danach gegeniedereinschalten zu sichern!

Isolationsüberwachungsgeräte

Dies sind Geräte, die während des Betriebes einer Anlage die Isolationswiderstände überwachen. Mit einer überlagerten Gleichspannung auf jedem Außenleiter wird bei Wechselstromnetzen der Isolationswiderstand gegen Erde dauernd überwacht. Solche Geräte werden häufig in IT- Systemen eingesetzt. Sie alarmieren, wie in der **DIN VDE** gefordert, wenn der Widerstand unter den in der Norm vorgeschriebenen Wert sinkt.

Bei einer Messung sollte dieses Gerät abgeklemmt werden.

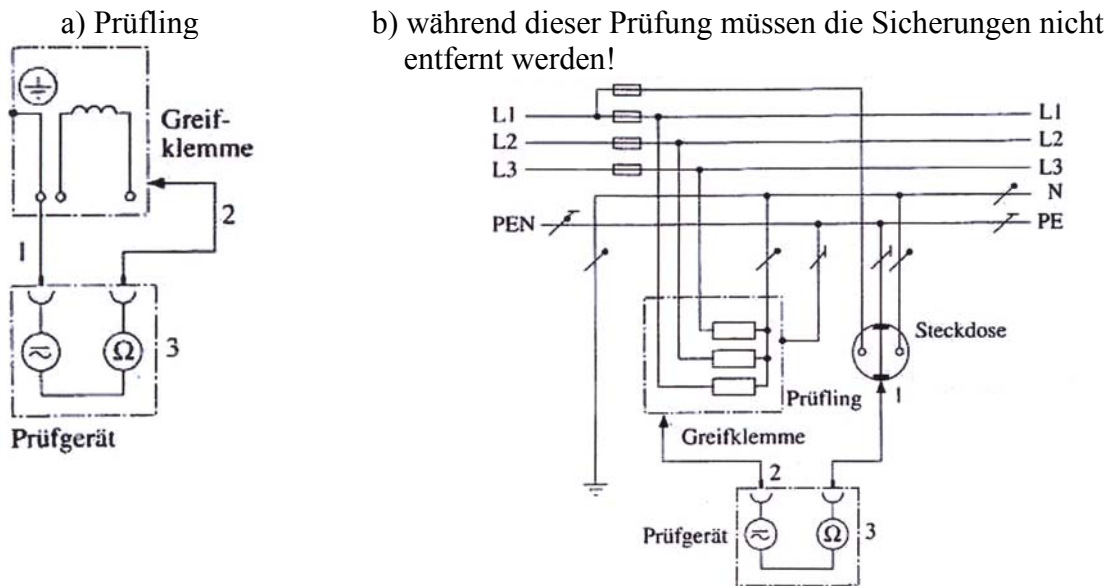
Isolationsmessung an ortsveränderlichen Geräten

Unter anderem schreibt die **BGV A 2** eine Messung bei den Wiederholungsprüfungen vor. Auch muss nach jeder Reparatur eines ortsveränderlichen Gerätes eine Messung durchgeführt werden. Die Werte der Isolationswiderstände, die sich nach **DIN VDE 0701/0702 Teil 1** ergeben, sieht man in der folgenden Tabelle, (je nach Messgerät bis $+ 30\%$ Messgerätetoleranz).

Geräte-Schutzklasse	Isolationswiderstand
Schutzklasse I (Schutzleiter)	$R \geq 0,5\text{ M}\Omega$
Schutzklasse II (Schutzisolierung)	$R \geq 2\text{ M}\Omega$
Schutzklasse III (Kleinspannung)	$R \geq 1\text{ k}\Omega/\text{V}$ bei $\geq 25\text{ V}$

Abb. 6.24: Werte der Isolationswiderstände nach DIN VDE 0701/0702 Teil 1

Zuerst ist eine Schutzleiterwiderstandsprüfung an den ortsveränderlichen Betriebsmitteln der Schutzklasse I durchzuführen (siehe Abb. 6.25). Die maximalen Widerstandswerte sind nach **DIN VDE 0702** auf $\leq 0,3\text{ }\Omega$ für eine Anschlusslänge bis 5 m und für jede weiteren 7,5 m zusätzlich $0,1\text{ }\Omega$ festgelegt.



zu a) Messung bei Geräten, die vom Netz getrennt sind

- 1 Schutzleiter
- 2 Verbindung des Körpers über Greifklemme
- 3 Widerstandsmessgerät

zu b) Messung bei Geräten mit schwer erreichbarbarem Anschluss, z. B. Herde, Waschmaschinen

- 1 PE-Anschluss einer Steckdose
- 2 Verbindung des Körpers über Greifklemme
- 3 Widerstandsmessgerät

Abb. 6.25: Messung des Schutzleiterwiderstands

Wichtige Anmerkung: Während der Messung muss die Anschlussleitung auf der gesamten Länge bewegt werden, um festzustellen, ob die Schutzleiterverbindung nicht beschädigt ist. Danach ist eine Isolationswiderstandsmessung (wie auf Abb. 6.26) durchzuführen.

Messen des Isolationswiderstands:

Bei Geräten der Schutzklasse 1: a), b) und c)

Geräte mit Steckeranschluss, d) Gerät fest angeschlossen. Zur Prüfung müssen die Sicherungen entfernt werden!

- 1 Verbindung zwischen Messgerät und den spannungsführenden Teilen des zu prüfenden Geräts
- 2 Innenschaltung des zu prüfenden Geräts
- 3 Verbindung zwischen Messgerät und dem Schutzleiteranschluss des zu prüfenden Gerätes
- 4 Messgerät für Isolationsmessung

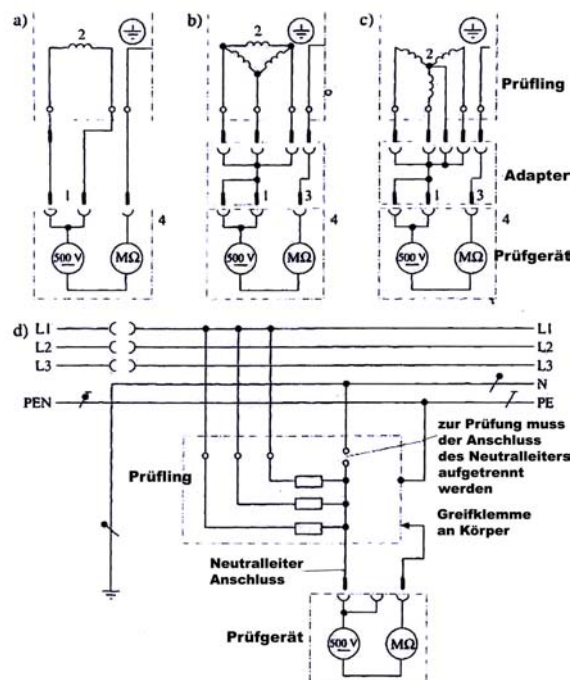
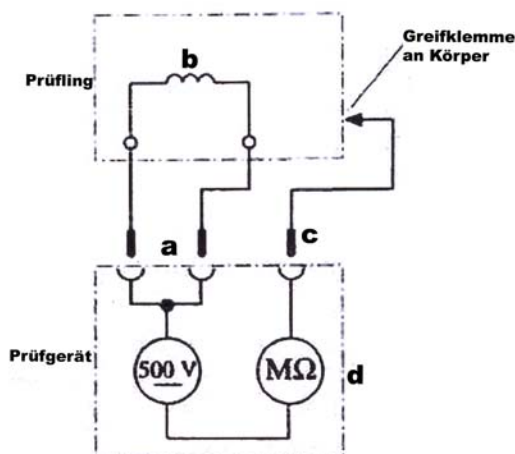


Abb. 6.26: Messen des Isolationswiderstands bei Geräten der Schutzklasse 1

Bei Geräten der Schutzklasse II und III ist der Anschluss des Isolationsmessgerätes wie in Abb. 6.27 durchzuführen.



Messen des Isolationswiderstands bei Geräten der Schutzklasse II und III

- a) Verbindung zwischen Messgerät und den spannungsführenden Teilen des zu prüfenden Gerätes
- b) Innenschaltung des zu prüfenden Geräts
- c) Verbindung zwischen Messgerät und dem Schutzleiteranschluss des zu prüfenden Gerätes
- d) Messgerät für Isolationsmessung

Abb. 6.27: Messen des Isolationswiderstands bei Geräten der Schutzklasse II / III

Hinweise zur praktischen Durchführung von Isolationsmessungen

Die Messung des Isolationswiderstandes ist sehr wichtig, da die Isolation ein direktes Berühren von aktiven Teilen verhindert. Weiterhin verhindert die Isolation das Fließen von Ausgleichsströmen zwischen zwei oder mehr Adern, die in unmittelbarer Nähe verlaufen. Solche Ausgleichströme führen an der Schadensstelle zu einer Erwärmung, die einen Brand verursachen kann. Die Isolationsmessung ist somit die einzige Messung, die dem Brandschutz dient.

Beispiel:

Bedingt durch einen Isolationsfehler fließt zwischen zwei Leitern ein Ausgleichsstrom. Dieser führt an der fehlerhaften Stelle zu einer Erwärmung. Im schlimmsten Fall führt diese Erwärmung zu einem Brand. Da der Ausgleichsstrom unter Umständen sehr klein ist, löst eine im Fehlerstromkreis befindliche Sicherung nicht aus.

Aus diesem Beispiel wird deutlich, dass eine Überprüfung des Isolationswiderstandes einen solchen Fehler zu Tage bringt. Durch das Beispiel wird die Wichtigkeit der Isolationsmessung noch einmal unterstrichen.

Die Isolationsmessung ist an den folgenden Stellen durchzuführen:

1. Zwischen allen Außenleitern und Erde (im TN- System kann auch gegen den PEN Leiter gemessen werden).

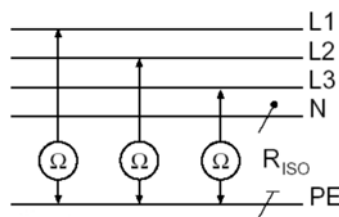


Abb. 6.28: Isolationsmessung zwischen Außenleiter und Erde

2. Zwischen Neutralleiter und Erde (diese Messung entfällt im TN-System).

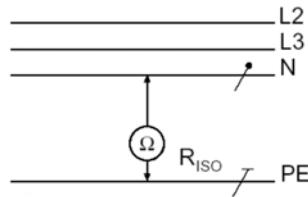


Abb. 6.29: Isolationsmessung zwischen Neutralleiter und Erde

3. Zwischen den Außenleitern

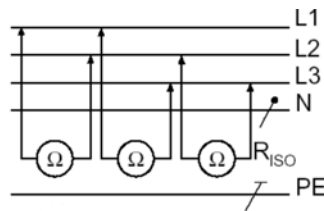


Abb. 6.30: Isolationsmessung zwischen Außenleitern

4. Zwischen den Außenleitern und dem Neutralleiter

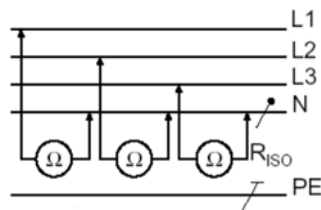


Abb. 6.31: Isolationsmessung zwischen Außenleiter und Neutralleiter

Hinweise: Bei allen Isolationsmessungen ist der Neutralleiter von Erde zu trennen. Der PEN-Leiter darf nicht abgeklemmt werden.

Um den Messaufwand zu verringern ist es erlaubt die Außenleiter und den Neutralleiter miteinander zu verbinden. Bei dieser Vorgehensweise sind dann nur noch zwei Messungen notwendig:

1. Die verbundenen Außenleiter inklusive Neutralleiter gegen Erde.
2. Die verbundenen Außenleiter ohne Neutralleiter gegen den Neutralleiter.

Die Verbrauchsmittel brauchen nur abgeklemmt zu werden, wenn der Isolationswiderstand zu gering ist. Die Anlage und das Verbrauchsmittel müssen dann einzeln gemessen werden. Handelt es sich bei den Verbrauchsmitteln um empfindliche elektronische Bauteile, so ist sicher zu stellen, dass diese keinen Schaden erleiden.

Bevor eine Anlage in Betrieb genommen wird sind die Leitungsabschnitte zwischen zwei Überstromschutzteinrichtungen zu prüfen. Ebenso ist der Abschnitt hinter der letzten Überstromschutzteinrichtung zu prüfen und zwar an den Stellen, die in den Abbildungen 6.28 bis 6.31 angegeben sind.

6.6 Testfragen

1. Was sind nichtelektrische Größen?
2. Wie unterscheiden sich direktes und indirektes Messverfahren?
3. Was ist ein analoges Messverfahren?
4. Warum ist bei einem digitalen Messverfahren der Ausgangswert nicht proportional dem Eingangswert?
5. Aus welchen Teilen setzt sich eine Messkette zusammen?
6. Was ist eine galvanische Trennung?
7. Mit welchen Spannungen und Strömen wird in der Regel in der analogen Messtechnik gearbeitet?
8. Was ist ein Life – Zero Messwert?
9. Was bedeutet die Ziffer 1,5 auf der Skala eines Messinstrumentes?
10. Welche Fehler können bei der Benutzung von Messgeräten auftreten?
11. Aus welchen Bestandteilen besteht ein Messgerät?
12. Warum können mit Drehspulmessinstrumenten nur Gleichströme bzw. Gleichspannungen gemessen werden?
13. Worauf ist bei der Strommessung mittels Vielfachmessgerät zu achten?
14. Welchen Vorteil bietet der Einsatz von Zangenstromwandlern gegenüber Vielfachmessgeräten bei der Strommessung?
15. Wie lässt sich die Leistung eines Verbrauchers mit Uhr und kWh-Zähler ermitteln?
16. Warum ist eine Messung des Isolationswiderstandes vorgeschrieben?
17. Warum ist es wichtig, bei der Isolationsmessung an ortsveränderlichen Elektrogeräten das Anschlusskabel auf der gesamten Länge zu bewegen?

6.7 Übungen

1. Überprüfung eines reparierten Verlängerungskabels

Ein repariertes 230 V-Verlängerungskabel muss vor Inbetriebnahme geprüft werden. Führen Sie die entsprechenden Messungen durch.

Notwendige Geräte: Isolationsmessgerät, Widerstandsmessgerät

Durchführung: Gemessen wird der Isolationswiderstand mit dem Isolationsmessgerät zwischen dem Außenleiter und dem Neutralleiter, zwischen Außenleiter und dem Schutzleiter und zwischen dem Neutralleiter und dem Schutzleiter. Der Isolationswiderstand muss bei jeder Einzelmessung $\geq 0,5 \text{ M}\Omega$ betragen. Während der Messung muss das Verlängerungskabel auf der gesamten Länge bewegt werden. Anschließend wird der Schutzleiterwiderstand zwischen Stecker und Kupplung mit dem Widerstandsmessgerät gemessen. Er darf bei einer Anschlusslänge bis $5 \text{ m} \leq 0,3 \Omega$ und zzgl. für jede weitere $7,5 \text{ m}$ $0,1 \Omega$ betragen. Bei dieser Messung ist das Kabel ebenfalls auf der gesamten Länge zu bewegen.

2. Spannungsmessung an der Klemmleiste eines Drehstrommotors

Notwendige Geräte: Vielfachmessgerät

Durchführung: Messgerät auf den größten Wechselspannungsmessbereich stellen. Die Prüfspitzen an die Klemmleiste führen. Messwert ablesen und gegebenenfalls den Messbereich so weit verkleinern, bis der Messwert möglichst dicht am Messbereichsendwert liegt.

3. Strom- und Spannungsmessung am Beispiel einer Sauerstoffregelung

Der Sauerstoffgehalt eines Belebungsbeckens wird mittels eines Sauerstoffmessumformers erfasst und in ein Stromsignal von 4 bis 20 mA umgeformt. Der Sauerstoffgehalt 0 mg/l O₂ entspricht einem Stromsignal von 4 mA, 5 mg/l O₂ entsprechen 20 mA. Über einen Trennverstärker, der das Stromsignal in eine Spannung von 0 bis 10 V umwandelt, gelangt das Signal auf den Analogeingang einer SPS. Mit diesem Signal wird der Sauerstoffgehalt über den Öffnungsgrad eines Blendenregulierschiebers geregelt.

Der Stromausgang des Sauerstoffmessumformers sowie der Spannungsausgang des Trennverstärkers ist bezogen auf die Vor-Ort-Anzeige des Sauerstoffmessumformers zu prüfen.

- a.) Was ist bei der Messung zu beachten?
- b.) Wie groß ist der Strom am Ausgang des Sauerstoffmessumformers bei einem angezeigten Sauerstoffgehalt von 2,5 mg/l O₂?
- c.) Wie groß ist die Spannung am Ausgang des Trennverstärkers bei diesem Sauerstoffgehalt?

Notwendige Geräte: Vielfachmessgerät, Kleinwerkzeug

Durchführung: Zur Messung des Stromes ist es notwendig den Stromkreis zu unterbrechen und das Vielfachmessgerät (eingestellt auf Strommessung) in den Messkreis einzuschleifen. Daher sind vor Beginn der Messung Ersatzmaßnahmen zur Regelung des Sauerstoffgehaltes vorzunehmen (z. B. Blendenregulierschieber von Hand regeln).

Die Messung der Spannung am Ausgang des Trennverstärkers wird ohne Unterbrechung des Messkreises durchgeführt. Eine Außerbetriebnahme der Regelung ist daher nicht erforderlich.

Berechnung des Ausgangsstromes:

Als Stromsignal steht eine Spanne von $20 \text{ mA} - 4 \text{ mA} = 16 \text{ mA}$ zur Verfügung.

$$\begin{aligned} 16 \text{ mA} / 5 \text{ mg/l} &= 3,2 \text{ mA/mg/l} \\ 2,5 \text{ mg/l} * 3,2 \text{ mA/mg/l} &= 8 \text{ mA} \\ 8 \text{ mA} + 4 \text{ mA} &= \underline{12 \text{ mA}} \end{aligned}$$

Berechnung der Ausgangsspannung:

$$\begin{aligned} 0 - 20 \text{ mA} &\text{ entsprechen } 0 - 10 \text{ V.} \\ 10 \text{ V} / 20 \text{ mA} &= 0,5 \text{ V/mA} \\ 0,5 \text{ V/mA} * 12 \text{ mA} &= \underline{6 \text{ V}} \end{aligned}$$

Bei einem Sauerstoffgehalt von 2,5 mg/l O₂ muss sich am Ausgang des Sauerstoffmessumformers ein Strom von 12 mA einstellen und am Ausgang des Trennverstärkers eine Spannung von 6 V anstehen.

7. Dokumentation

7.1 Betriebsspezifische Schaltpläne

Wie in fast allen technischen Berufen muss auch die Elektrofachkraft die Arbeit in Zeichnungen darstellen. Anders als in den metallverarbeitenden Berufen, wo großer Wert auf die Genauigkeit und Oberflächenbearbeitung gelegt wird, wird in den Elektroberufen viel mit Schaltzeichen und Symbolen gearbeitet. Maßgenau sind eigentlich nur die Montagezeichnungen. Für jede Hauptsparte in dem weiten Feld der Elektrotechnik wurden die Schaltzeichen in DIN – Vorschriften zusammengefasst. So gibt es unzählige Vorschriften über Schaltzeichen. Hier sind nur einige aufgeführt.

DIN 40 712	Allgemeine Schaltzeichen
DIN 40 713	Schaltgeräte
DIN 40 703	Zusatzschaltzeichen
DIN 40 713	Schalter in Energieanlagen
DIN 40 714	Drosselspulen und Transformatoren
DIN 40 711	Leitungen und Leitungsverbindungen
DIN 40 717	Schaltzeichen für Installationspläne

Vorsichtig umgehen muss man mit älteren Planwerken, diese DIN-Normen werden auch schon mal geändert oder im Rahmen der EU an internationale Vorschriften angepasst.

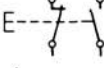
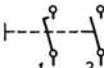
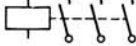
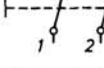
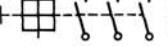
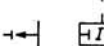
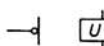
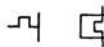
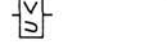
Die Zeichnungen wurden früher mit hohem Personalaufwand in verschiedenen Formaten von Hand gezeichnet. Heute werden die Zeichnungen mit einem PC erstellt, die Software dafür wird von den unterschiedlichsten Firmen angeboten. Das Format ist hauptsächlich DIN A3 oder DIN A4. Selbstverständlich kann man die Zeichnungen auch auf Datenträger bekommen. Für verschiedene moderne Schaltgeräte (Umrichter, Sanftanlasser, SPS-Anlagen) gibt es keine genormten Zeichen, weil diese Geräte je nach Fabrikat unterschiedlich angeschlossen werden. Für diese Geräte muss der Zeichner am PC selbst ein Gerätesymbol entwickeln.

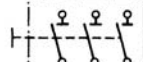
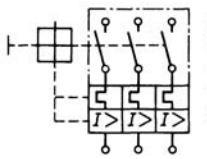
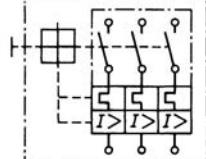
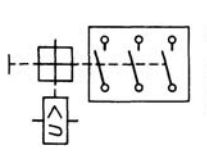
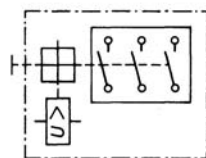
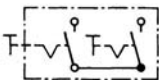
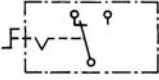
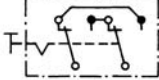
Bei heutigen größeren Bauvorhaben braucht man folgende Zeichnungen:

- Stromlaufpläne
- Klemmenpläne
- Kabellisten
- Aufbaupläne
- Funktionspläne

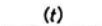
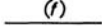
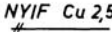
Für den Betreiber sind der Stromlaufplan und der Klemmenplan die wichtigsten Zeichnungen zur Störungssuche.

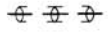
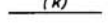
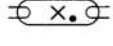
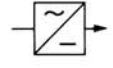
7.2 Schaltzeichen nach DIN 40 713, 40 703, 40 717, 40 719

Form 1 Form 2   Einschaltglied, Schließer   Ausschaltglied, Öffner   Umschaltglied, Wechsler	 Tastschalter, betätigt durch Drücken 1 Öffner 1 Schließer  desgleichen betätigt  Zweipoliger Schließer, Tastschalter 1 schließt vor 2	 Antrieb für Schütz und Relais  Antrieb mit besonderen Eigenschaften  Dreipoliges Schütz oder Relais
----- Wirkverbindung ===== bei zu kleinem Abstand	 Zweipoliger Öffner, Tastschalter 1 öffnet vor 2	---<--- Verzögerung bei Bewegung nach rechts --->--- Verzögerung bei Bewegung nach links ---<--->--- Verzögerung bei Bewegung nach rechts und links
Handantrieb └----- allgemein E----- drücken └----- ziehen F----- drehen └----- kippen /----- andere Antriebe, z.B. Fußantrieb ○----- abnehmbarer Antrieb, z.B. Steckschloß	Kraftantrieb □----- allgemein ↓----- durch Temperatur P----- durch Druck □----- Kolbenantrieb  Schaltschloß mit mechanischer Freigabe  Schaltschloß mit elektromechanischer Freigabe	---<--- Schließer, schließt verzögert --->--- Schließer, öffnet verzögert ---<---' Öffner, öffnet verzögert --->---' Öffner, schließt verzögert
○----- Fühler zur mechanischen Betätigung 3----- 2----- 1----- mit Nocken	 Schloßschalter, dreipolig, handbetätigt	
 Tastschalter, Schließer	Form 1 Form 2  Elektromagnetischer Überstromauslöser	 Elektromagnetischer Antrieb mit Anzugsverzögerung
 Rastschalter (Stellschalter), Schließer	 Unterstromauslöser	 Elektromagnetischer Antrieb mit Abfallverzögerung
 Tastschalter, Öffner	 Fehlerstromauslöser	 Elektromagnetischer Antrieb mit Anzugs- und Abfallverzögerung
 Rastschalter (Stellschalter), Öffner	 Überspannungsauslöser	 Elektromagnetischer Überstromauslöser mit verzögerter Auslösung
 Betätigter Schließer (Tastschalter)	 Unterspannungsauslöser	 Unterspannungsauslöser mit verzögerter Auslösung
 Betätigter Öffner (Tastschalter)	 Fehlervoltageauslöser	 Elektrothermischer Überstromauslöser
 Kennzeichen für Betätigung und für Erregung	 Schloßschalter mit thermischer und magnetischer Auslösung  Schloßschalter mit Unterspannungsauslöser	 Elektromagnetischer Antrieb mit zwei Schaltstellungen (wahlweise Darstellung)
		 Sperre, bei Rechtsbewegung wird Rückgang gesperrt, Sperrung von Hand lösbar
		Kupplung ---┐--- entkuppelt ---┘--- gekuppelt  Bremse, allgemein geschlossen ---┐--- offen

 Trennschalter, Leerschalter	 Dreipoliger Trennschalter	 Dreipoliger Trennschalter (mit Darstellung des Gehäuses)
 Sicherungstrennschalter	 Dreipoliger Lastschalter mit thermischer und magnetischer Auslösung	 Dreipoliger Lastschalter mit thermischer und magnetischer Auslösung (mit Darstellung des Gehäuses)
 Lastschalter		
 Lasttrennschalter	 Dreipoliger Leistungsschalter mit Überspannungsauslöser	 Dreipoliger Leistungsschalter mit Überspannungsauslöser (mit Darstellung des Gehäuses)
 Leistungsschalter		
 Abzweigdose	 Austaster (Öffner), Betätigung durch Drücken	 Serienschalter, Betätigung durch Kippen
 Steckdose	 Ausschalter, Betätigung durch Kippen	 Wechselschalter, Betätigung durch Drehen
 Eintaster (Schließer), Betätigung durch Drücken	 Ausschalter, im betätigten Zustand	 Kreuzschalter, Betätigung durch Kippen

Schaltzeichen für Installationspläne (Auszug aus DIN 40 717)

 Gleichstrom	 <i>(t)</i> isolierte Leitung für trockene Räume	 Ausschalter (einpölig)
 Wechselstrom <i>3/Mp ~ 50 Hz</i> Drehstrom mit Mp und Angabe der Frequenz	 <i>(f)</i> isolierte Leitung für feuchte Räume	 Ausschalter (zweipölig)
 Starkstromleitung	 <i>NYIF Cu 2,5</i> # Stegleitung NYIF mit zwei Kupferleitern von 2,5 mm ² (Beispiel)	 Ausschalter (dreipölig)
 Schutzleitung		
 Signalleitung		
 Fernsprechleitung		
 Rundfunkleitung	 Leitungsverzweigung	 Gruppenschalter
 bewegbare Leitung	 von oben kommende oder nach oben führende Leitung	 Serienschalter
 Leitung auf Putz	<i>a)</i>  a) mit Speisung nach oben	 Wechselschalter
	<i>b)</i>  b) mit Speisung von oben	

 Leitung im Putz	 von unten kommende oder nach unten führende Leitung	 Kreuzschalter
 Leitung unter Putz	a)  a) mit Speisung nach unten b)  b) mit Speisung von unten	 Stromstoßschalter
 isolierte Leitung in Installationsrohr	 nach unten und oben durchführende Leitung	 Tastschalter
 Kabel für Außen- oder Erdverlegung	a)  a) mit Speisung nach oben b)  b) mit Speisung nach unten	 Leuchttaster
 Einfach-Steckdose	 Leuchtstofflampen, vollständige Darstellung	 Element Akkumulator Batterie
 Zweifach-Steckdose	 Vorschaltgerät (allgemein)	 Transformator, z.B. 220V/6V
 Mehrfach-Steckdose mit 3 Dosen	 Starter	 Umsetzer, z.B. Gleichrichtergerät
 Schutzkontaktsteckdose, einfach	 Elektroherd	a)  a) Sicherung (allgemein) b)  b) Sicherung mit Angabe des Nennstromes
 Schutzkontaktsteckdose, zweifach	 Kühlschrank	 Sicherung, dreipolig
 Drehstrom-Steckdose mit Schutzkontakt	 Heißwasserbereiter	 Überstrom-Schutzschalter
 Steckdose, abschaltbar	 Waschmaschine	 desgl. mit Angabe des Nennstromes
 desgl. verriegelt	 Heizofen	 Schutzschalter mit thermischer Auslösung, z.B. Motorschutzschalter
 Abzweigdose	 Motor (allgemein)	 Installationsselbstschalter (Leitungsschutzautomat)
 Leuchte, allgemein	 Stecker (allgemein)	 Überspannungs-Schutzschalter
 5 x 60 W Mehrfachleuchte 5 x 60 W	 Schutzkontaktstecker	 Fehlerspannungs-Schutzschalter
 Leuchte mit Schalter	 Gehäuse von Geräten	 Fehlerstrom-Schutzschalter (noch nicht genormt)

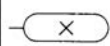
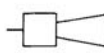
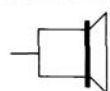
	Notleuchte		Hausanschlußkasten		kWh-Zähler
	Mehrfachleuchte mit zwei getrennten Strompfaden		Verteilung		Strommesser (allgemein)
	Entladungslampe (allgemein)		Erdung (allgemein)		Spannungsmesser (allgemein)
	Leuchtband für Entladungslampe, z.B. 8 Lampen		Anschlußstelle für Schutzleiter		Masse, Körper
	Zeitrelais		Mikrophon, allgemein		Wecker Rasselwecker
	Summer		Fernhörer, allgemein		Einschlagwecker Gong
	Hupe		Lautsprecher		Fortschellwecker
	Leuchtmelder Signallampe		Gabelumschalter (nicht genormt)		Wechselstromwecker
	Türöffner				

Abb. 7.1: Schaltzeichen

Kennbuchstaben der Gerätearten nach DIN 40719 (Alte Norm)

Kennbuchstabe	Art des Betriebsmittels	Beispiele
a	Schalter	Trenner, Lastschalter, Motorschalter
b	Hilfsschalter	Befehlsschalter, Steuerschalter, Tastschalter, Wahlschalter usw.
c	Schütze	Leistungsschütze
d	Hilfsschütze	Hilfsschütze, Hilfs- und Zeitrelais Hilfsfernschalter
e	Schutzeinrichtungen	Sicherungen, messende Auslöser, Schutzrelais usw.
f	Messwandler	Messwandler, Nebenwiderstände. Und sonstige Geber
g	Messgeräte	Spannungs- und Strommesser Leistungs- und Leistungsfaktormessung
h	Sicht- und Hörmelder	Leucht- und Zeigermelder Zählwerke, Wecker, Hupen usw.
k	Kondensatoren	Kondensatoren aller Art, Drosselspuln
m	Maschinen und Transformatoren	Generatoren, Motoren, Umformer, Transformatoren
n	Gleichrichter und Batterien	Gleich- und Wechselrichter Akkumulatoren und galv. Elemente
p	Röhren und Verstärker	Röhrenverstärker usw.
r	Widerstände und Schnellregler	Vorwiderstände, Schutzwiderstände Bremswiderstände
s	Sonstige mechan. Geräte mit elekt. Antrieb	magnetisch oder motorisch betätigte Ventile
u	in sich geschlossene Einrichtungen	Kombinationen aus Geräten

Abb. 7.2: Kennbuchstaben nach alter Norm

Beschriftung nach DIN 40719

Beschriftet werden die Betriebsmittel nach DIN 40719 mit großen Kennbuchstaben:

Kennbuchstabe	Art des Betriebsmittels	Beispiele
A	Baugruppen Teilbaugruppen	Verstärker mit Transistoren Magnetverstärker
B	Umsetzer von nichtelektrischen Größen auf elektrische Größen	thermoelektrische Fühler Dynamometer Drehfeldgeber
C	Kondensatoren	
D	Binäre Elemente Verzögerungseinrichtungen	bistabile Elemente monostabile Elemente
E	Verschiedenes	Beleuchtungseinrichtungen Heizeinrichtungen
F	Schutzeinrichtungen	Sicherungen Überspannungsableiter
G	Generatoren Stromversorgungen	rotierende Generatoren Frequenzwandler Batterien
H	Meldeeinrichtungen	Optische und akustische Meldegeräte
K	Relais Schütze	Leistungsschütze Hilfsschütze Zeitrelais Blinkrelais
L	Induktivitäten	Drosselspulen
M	Motoren	
N	Verstärker Regler	Einrichtungen der Steuerungs – und Regelungstechnik
P	Messgeräte Prüfeinrichtungen	anzeigende, schreibende und zählende Messeinrichtungen
Q	Starkstromschaltgeräte	Leistungsschalter Trennschalter
R	Widerstände	einstellbare Widerstände Potentiometer
S	Schalter Wähler	Steuerschalter, Taster Grenztaster Koppelstufe
T	Transformator	Spannungswandler Stromwandler
U	Umsetzer von elektrischen Größen in andere Größen	Frequenzwandler Inverter
V	Halbleiter	Transistoren
W	Übertragungswege	Sammelschienen Antennen
X	Klemmen, Stecker, Steckdosen	Trennstecker Lötleisten
Y	elektrisch betätigte mechanische Einrichtungen	Bremsen, Kupplungen, Druckluftventile
Z	Abschlüsse, Filter	Kabelnachbilder Kristallfilter

Abb. 7.3: Kennbuchstaben nach DIN 40719

Ältere Zeichnungen sind auch noch nach alter Norm bezeichnet, man kann dieses sofort an den kleinen Buchstaben erkennen.

7.3 Ordnung auf einer Zeichnung

Stromlaufplan in Schütztechnik

Das Blatt ist praktisch in Quadranten eingeteilt. An der Oberkante stehen Zahlen. Diese beginnen links von 0 und gehen auf älteren Zeichnungen in zweistellige Bereiche, auf neuen Zeichnungen in DIN A4 von 0 bis 9. In der Höhe ist das Blatt von oben gesehen von A bis F gekennzeichnet.

Ist der Hauptstromkreis mit auf der Zeichnung dargestellt, wird mit ihm immer links angefangen. Am Anfang wird auf die Stromleiter, welche für die Hauptstromkreise immer oben liegen, die Spannung und die Herkunft vermerkt.

Bei den Steuerstromkreisen wird etwas anders verfahren. Oben auf der Zeichnung wird immer das höhere Potential gezeichnet, bei Gleichstrom der Plus und bei Wechselstrom die Phase. Gegenüber wird dann das Gegenpotential gezeichnet. Ganz links wird vor oder auf dem Stromleiter die Herkunft vermerkt und ganz rechts wohin die Leitung weitergeführt wird. Meistens sind es die Blattbezeichnungen.

Die Stromlinien für das Gegenpotential sollen nicht so tief gezogen werden. Unter den Linien müssen noch die Kontakte der Schütze eingezeichnet werden. Diese Kontaktpläne von den einzelnen Schützen und Relais gibt es auf Klebefolien. An den Kontakten, welche belegt sind, macht man nun einen kurzen Strich und schreibt dahinter wo man diesen Kontakt wieder findet. Auf dem gleichen Blatt reicht die obere Zahl, in dem sich der Strompfad befindet, ist er auf einem anderem Blatt muss auch die neue Blattnummer vermerkt werden. Die Kennzeichnung von A bis F wird kaum benutzt. Ganz rechts steht natürlich immer die Legende. Wichtig ist die Blattnummer.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A											A
B											B
C											C
D											D
E											E
F											F
Fahrantrieb Räumer						Projekt:		Zeichnungsnummer:		Rev.:	
						Datum:		Anlage:		Ort:	
										Seite:	

Abb. 7.4: Quadranteneinteilung

7.4 Stromlaufpläne in der Elektrotechnik

Der Stromlaufplan ist für alle Elektrofachleute eine wichtige Unterlage für den Zusammenbau von Geräten, die Errichtung elektrischer Anlagen und für die Fehlersuche. Die Stromlaufpläne zeigen alle Einzelheiten einer Schaltung. Es werden jedoch keine gerätetechnischen oder räumliche Zusammenhänge dargestellt, da hierdurch die Übersichtlichkeit der Darstellung beeinträchtigt wird. Die Betriebsmittel eines Stromlaufplanes werden mit Hilfe genormter Schaltzeichen wiedergegeben. In der Regel werden noch zusätzliche Vermerke eingefügt, um die Schaltung mit wichtigen Informationen zu vervollständigen.

Im Einzelnen sind folgende zusätzliche Angaben zu finden:

- Hinweisbezeichnungen von Zielorten,
- Koordinationsfeldnummern,
- Spannungs-, Strom-, Widerstands-, und Einstellwerte sowie Angaben über Auslösebereiche,
- Typenbezeichnungen von Betriebsmitteln und Leitungen,
- Darstellung von Anschlussstellen, Klemmen, Lötstellen und Messpunkte.

Die Betriebsmittel einer elektrischen Anlage und ihr Zusammenwirken werden im Stromlaufplan so dargestellt, dass ihre Wirkungsweise in möglichst einfacher Form bei der Montage, Prüfung und Reparatur zu erkennen ist.

Stromlaufpläne werden in verschiedenen Darstellungsarten gezeichnet.

Man unterscheidet die einpolige Darstellung, bevorzugt zur Darstellung einfacher Schaltungsverläufe. (in Abb. 7.5 links)

Die mehrpolige, bei umfangreichen Stromverläufen (in Abb. 7.5 mittig).

Die zusammenhängende Darstellung, bei der die Betriebsmittel unmittelbar nebeneinander sichtbar gemacht werden (in Abb. 7.5 rechts).

Mechanische Verbindungen werden als Strichlinie gezeichnet, geeignet nur für einfache Schaltungen, weil dabei die Übersichtlichkeit leicht verloren geht. Diese Darstellungsweise wurde früher als Wirkschaltplan bezeichnet und war auch für komplexe Anlagen üblich.

Die aufgelöste Darstellung wird heute häufig angewandt. Die einzelnen Betriebsmittel werden durch zugehörige Kennbuchstaben auf dem Stromlaufplan gekennzeichnet. Daher kann die räumliche Darstellungsweise verlassen werden. Folgende Merkmale kennzeichnen die zeichnerische Darstellung, der heute am meisten verwendeten Stromlaufpläne in aufgelöster Darstellung:

Hauptstromkreise und Hilfsstromkreise werden grundsätzlich getrennt dargestellt. Stromlaufpläne werden immer im stromlosen und mechanisch unbetätigten Zustand gezeichnet. Abweichungen hiervon bedürfen eines entsprechenden Vermerks in der Zeichnung.

Die Strompfade verlaufen möglichst gradlinig vom Netzpol (z. B. L1) zum Netzpol (z. B. N).

Stromwege innerhalb des Stromlaufplans sollen möglichst ohne Abzweige, kreuzungsfrei und ohne Richtungsänderungen verlaufen.

Die Anordnung der Schaltzeichen erfolgt vorzugsweise senkrecht.

Die Kennzeichnung der Bauteile und Betriebsmittel erfolgt gemäß DIN 40900.

Gerätebezeichnungen werden in der Regel links neben dem Schaltzeichen angebracht. Klemmenbezeichnungen stehen rechts neben den Klemmen.

Einzelteile eines Betriebsmittels oder eines elektrischen Bauteils, z. B. Spulen, Öffner oder Schließer. Werden durch gleiche Gerätebezeichnungen gekennzeichnet.

Unter jeder Schützspule wird das vollständige Schaltzeichen der sogenannte Kontaktspiegel angebracht. Hieraus kann man erkennen mit welchen Schaltgliedern das Schütz bestückt ist und in welchen Strompfad die Schaltglieder schalten.

Die Funktionsbeschreibung des in Abbildung 7.5 gezeigten Stromlaufplanes für den Hilfsstromkreis sieht demnach wie folgt aus:

Der Hilfsstromkreis liegt über die Steuersicherung an F2 am 220 Volt Wechselstromnetz. Die Einschaltung erfolgt über Taster S1 – Strompfad 5, die Ausschaltung über Taster S2 – Strompfad 6. Die parallel liegenden Schütze K1 und K2 haben eine Selbsthaltung K1-13/14 über Strompfad 6. Die Signalleuchte H1 wird durch den Schließer K2 – 13/14 im Strompfad 7 geschaltet. Die Signalleuchte H2 wird durch den Schließer K2 23/24 im Strompfad 7 geschaltet.

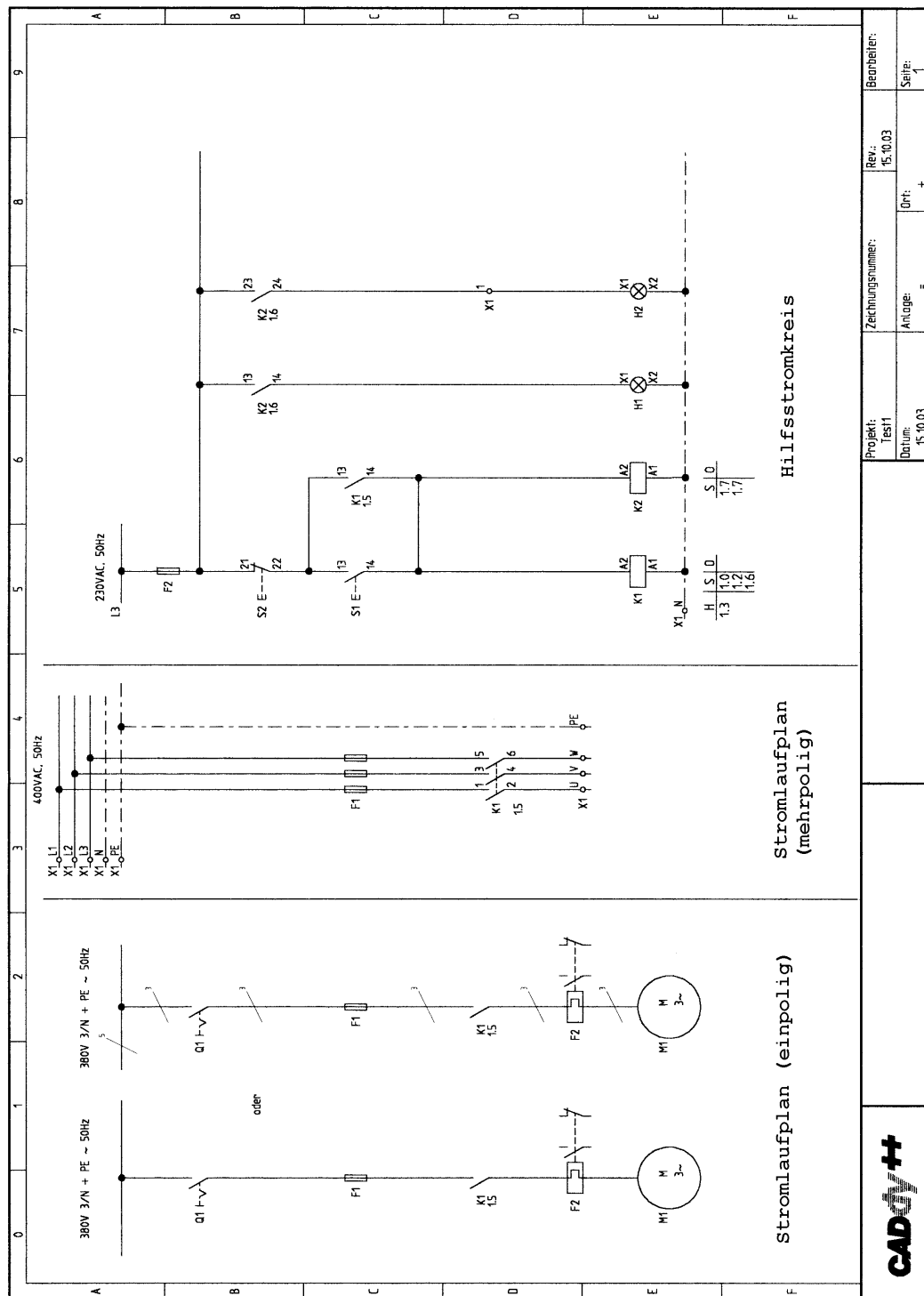
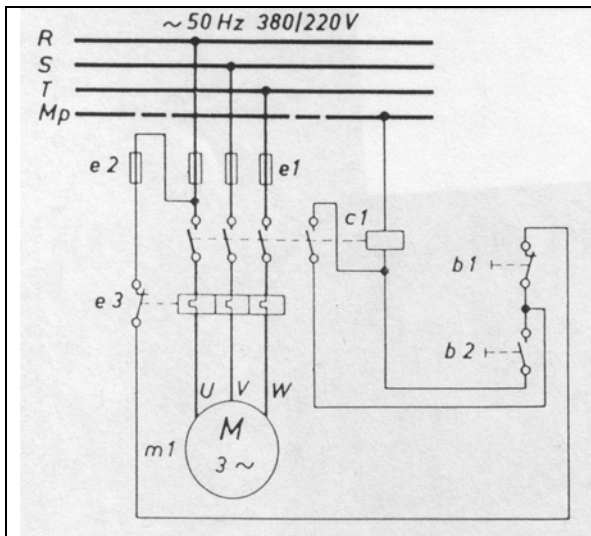
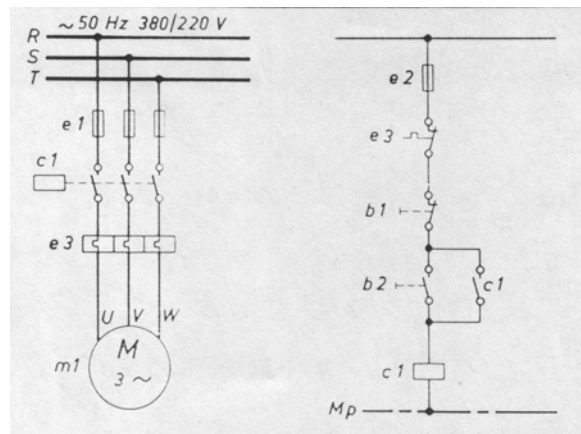


Abb. 7.5: Stromlaufplan (ein- und mehrpolig, Strompfade)

Schützsaltungen nach alter Norm

Wirkschluplan der Gesamtschaltung

Die Teile eines jeden Gerätes werden zusammenhängend gezeichnet.

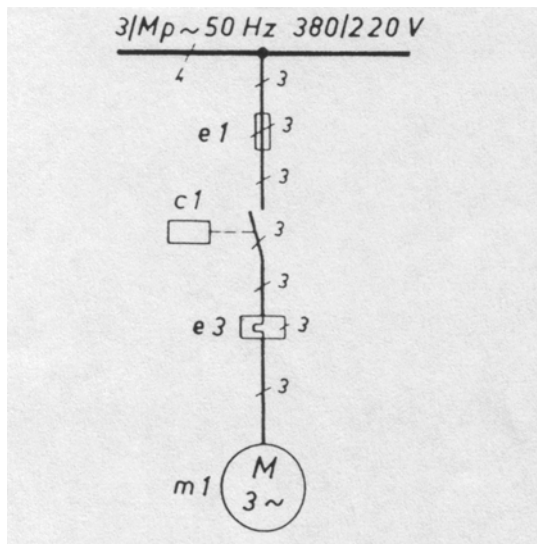
Stromlaufplan

links: des Schaltkreises

Darstellung des Schaltkreises ohne Hilfsleitungen. Nur die wesentlichen Geräte werden gezeichnet.

rechts: des Steuerkreises

Die Schaltung wird in Stromwegen dargestellt. Die Stromwege sind möglichst gradlinig und ohne Kreuzungen darzustellen.

Übersichtsplan

Übersichtspläne werden meist einpolig gezeichnet.

Abb. 7.6: Schützsaltungen nach alter Norm

Beispielprojekt

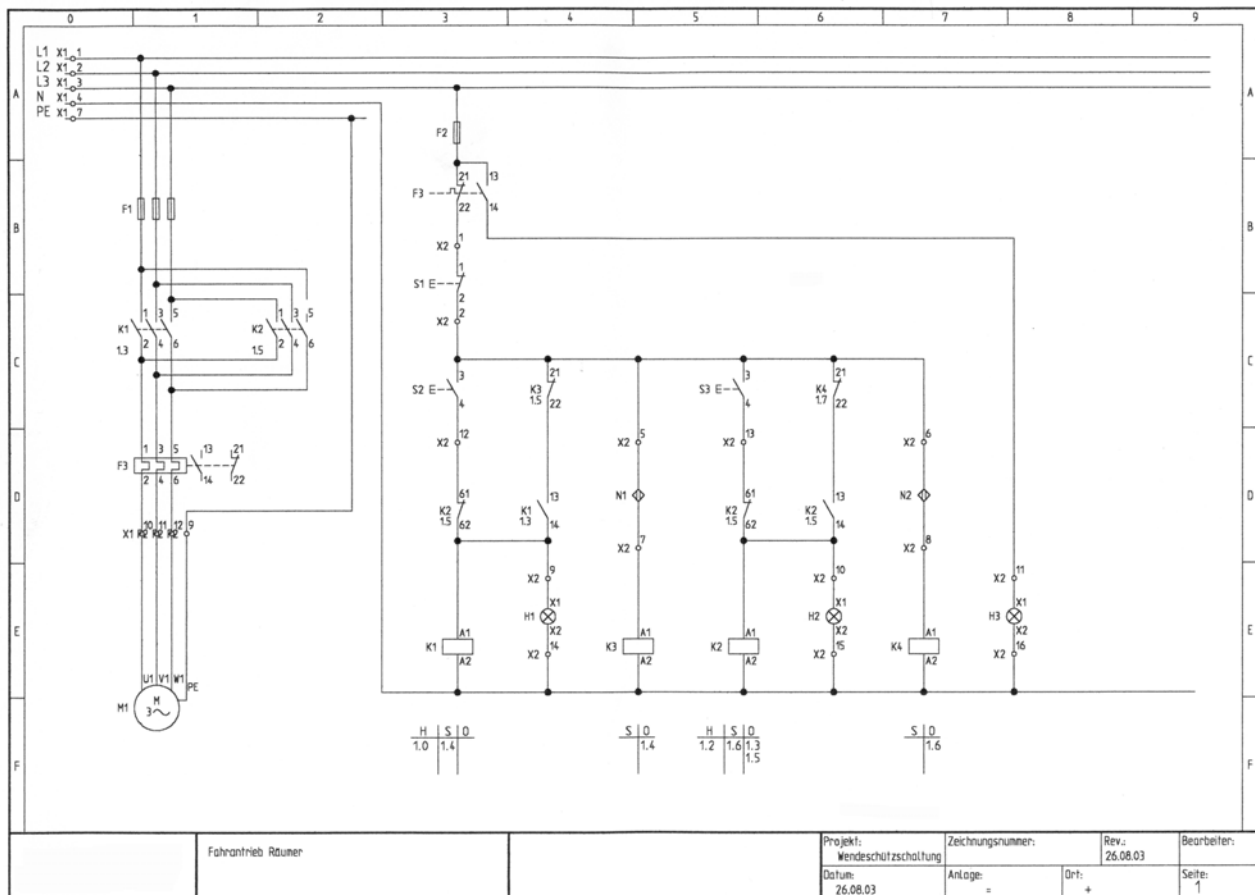


Abb. 7.7: Beispiel Wendeschützschaltung

7.5 Der Klemmenplan

Der Klemmenplan bildet in jedem Schaltschrank die Schnittstelle zur Peripherie. Alle Geräte, welche außerhalb vom Schaltschrank angeordnet sind, müssen über die Klemmleiste angeschlossen werden. Stehen mehrere Schaltschränke verschraubt zusammen in einer Reihe, so werden auch diese elektrisch über Klemmleisten verbunden. Querverkabelungen innerhalb der Schränke sind in der Regel verboten. (Transportprobleme)

Das Wichtigste auf dem Klemmenplan ist die eigentliche Klemmleiste, die in der Regel von links nach rechts quer auf dem Blatt angeordnet und natürlich durchnummeriert ist. Direkt daneben ist ein kleines Feld für die Laschenverbindungen, praktisch um einzutragen, wo Brücken gelegt sind. Nach oben werden die Leitungen, welche in den Schrank hinein gehen, mit dem Zielzeichen und der Anschlussbelegung eingetragen. Das Zielzeichen ist meist ein Schütz oder Relais in Kurzzeichen nach DIN 40719 und die Anschlussbelegung hat dann die Nummer der Klemme an dem Gerät. Nach unten werden dann die Ziele wo die Kabel hingehen eingegeben, entweder in die Peripherie wo die Geräte mit Kurzzeichen nach DIN 19227 eingetragen werden, oder zu den anderen Klemmleisten in den Nachbarschränken, welche immer nach DIN 40719 mit X und dann fortlaufend nummeriert bezeichnet werden.

Auf dem unteren Teil des Klemmenplans wird meist der Kabelplan mit ausgeführt. Dieser Plan ist wie eine Matrix aufgebaut. Ganz links stehen die Kabeltypen mit Anzahl der Adern und dem Querschnitt. Unter der eigentlichen Klemmleiste stehen dann die Adernnummern, welche an der Klemme angeschlossen sind und ganz rechts kann man dann eintragen wie viele Adern angeschlossen

7.6 Blockschaltpläne und ihre Besonderheiten

Bei der Beschreibung der Funktion von komplexen Schaltungen wird die Wirkungsweise in Form von Blockschaltbildern dargestellt. Das hat den Vorteil, dass Leitungszüge und Innenschaltungen von Anlagenteilen und Betriebsmitteln zugunsten der Übersichtlichkeit der Schaltung durch blockartige Symbole ersetzt werden können. Hierdurch darf natürlich nicht die Nachvollziehbarkeit der Schaltungsfunktionen verloren gehen.

Zusätzliche Anmerkungen und Symbole, die der Funktionsbeschreibung der Anlage dienen, werden in der Regel mit in das Blockschaltbild übernommen. Neben Schaltsymbolen der Elektrotechnik finden sich bei den Blockschaltbildern auch Symbole der Verfahrenstechnik, der Halbleitertechnik, sowie aus der Binärelementetechnik. Blockschaltbilder bieten sich aus den genannten Gründen auch für Funktionsbeschreibungen in Katalogen und technischen Unterlagen an, weil durch die Art der Darstellung die Funktion schnell nachvollzogen werden kann.

Beispiel eines Blockschaltbildes siehe Kapitel 4.9, Abbildung 4.31.

Schaltschrank 1

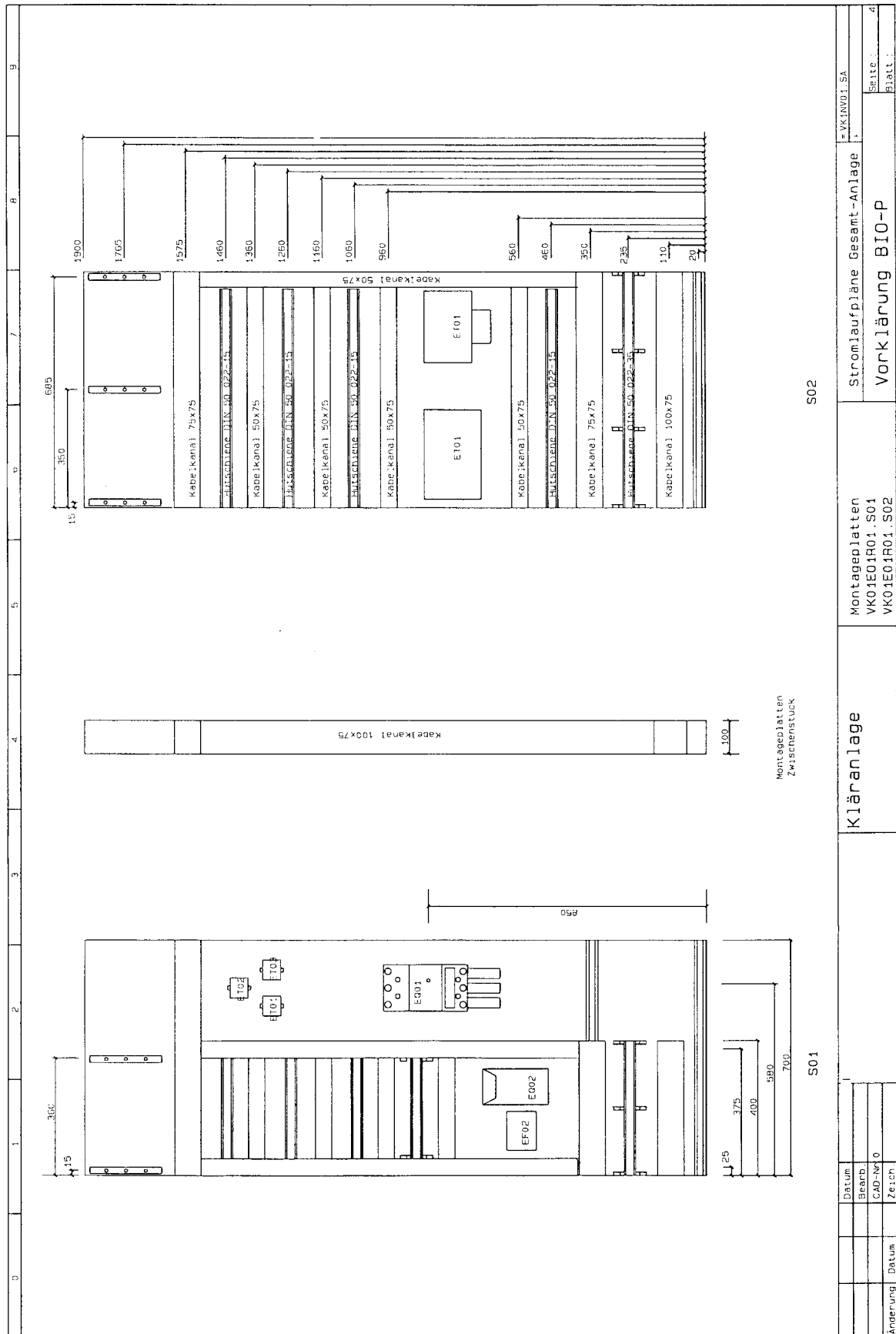


Abb. 7.9: Schaltschrank

Schaltschrank 2

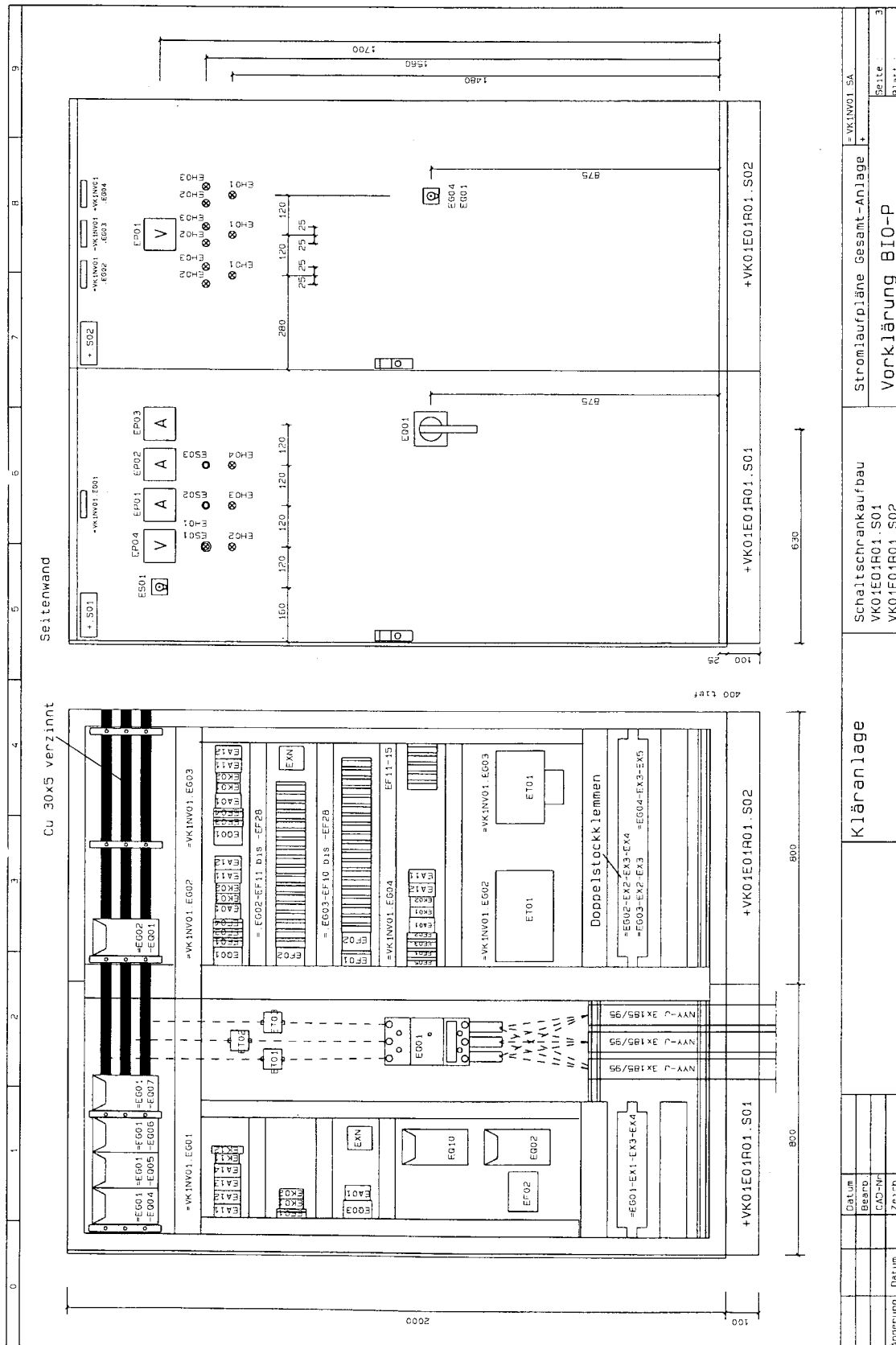


Abb. 7.10: Schaltschrank

7.7 Testfragen

1. Was versteht man unter einem Stromlaufplan in zusammenhängender bzw. aufgelöster Darstellung?
2. Worüber geben Installationspläne Auskunft?
3. Wie erfolgt im Installationsplan die Kennzeichnung der Leiterzahl?
4. Geben Sie das Schaltzeichen und Schaltkurzzeichen für Ausschalter, Serienschalter und Wechselschalter an?
5. In welchem Zustand werden Schalter und Stromkreise in Installationsschaltungen dargestellt?

7.8 Übung

Lesen und Erläutern von Zeichnungen, die vor Ort verfügbar sind.

Grundschaltungen elektrischer Steuerungen

Schütz von einer Stelle zu schalten

Aus – Befehl vorherrschend

Ein – Befehl vorherrschend

Und – Verhalten / Oder Verhalten

Taster Verriegelung / Schütz Verriegelung

Wendesaltungen

Umschaltung über Aus

Umschaltung direkt möglich

Zeitsaltungen

Ausschaltverzögerung

Einschaltverzögerung

Folgeschaltungen

Über Schütze

Über Zeitglieder

Anlassschaltungen für Motoren

Wendesaltungen für Stellantriebe mit Endlagen und Drehmoment

Stern-Dreieck-Saltungen

Pol – Umsaltungen

Dahlander- Saltungen

Bei den Anlassschaltungen nur Zeichnungen verwenden, die auch auf der Anlage vorhanden sind.

Funktionsbeschreibung zu den in diesem Kapitel dargestellten Schützsaltungen geben lassen.

Umbenennen der in der Darstellung „Schützsaltungen“, Kapitel 7.4, verwendeten Abkürzungen der alten Norm in die neue Norm.

8. Schaltgeräte und Transformatoren

8.1 Schütze

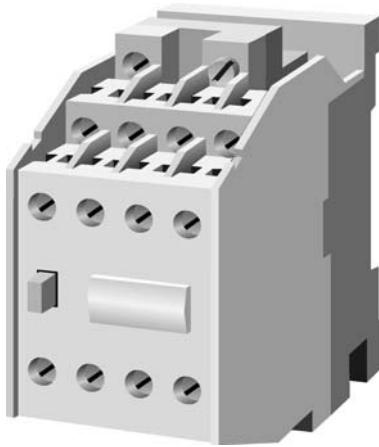


Abb. 8.1: Schütz

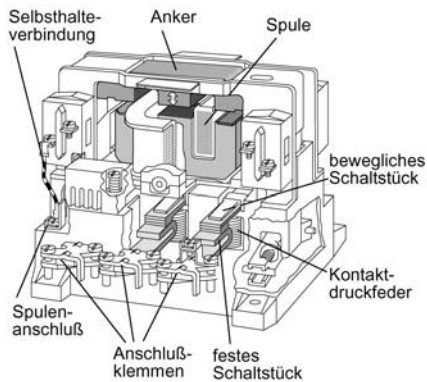


Abb. 8.2: Hilfsschütz

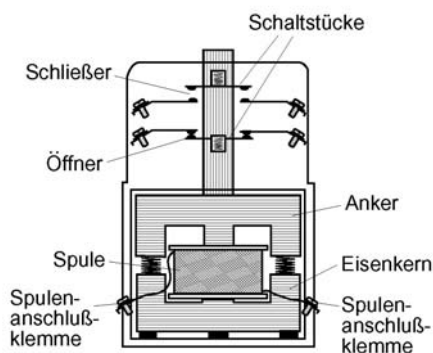


Abb. 8.3: Funktionsweise

Schütze

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

Hilfsschütze

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

Aufbau und Funktionsweise eines Schützes

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

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

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

Merksatz:

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

Erläuterung der Kontaktbeschriftung eines Schützes

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

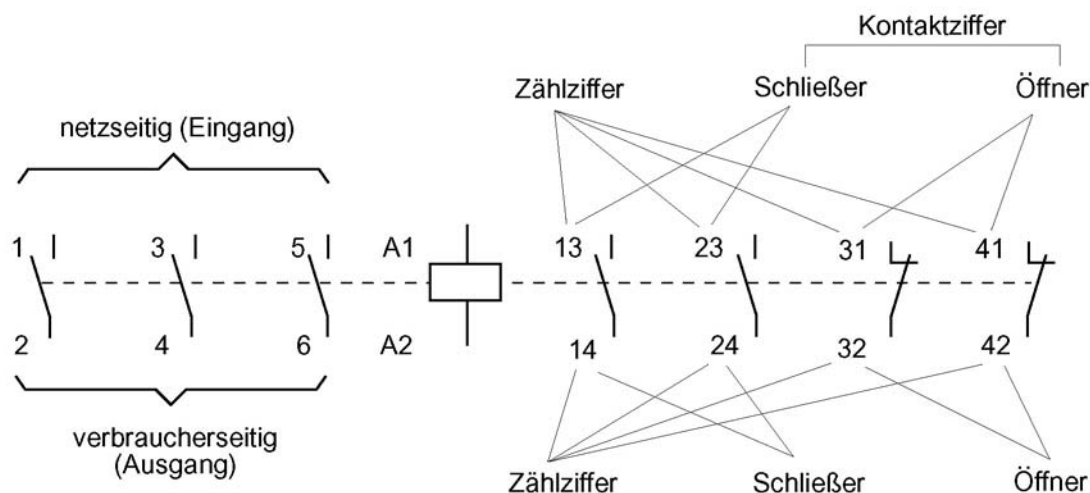


Abb. 8.4: Kontaktbeschriftung

Typenschild eines Schützes

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

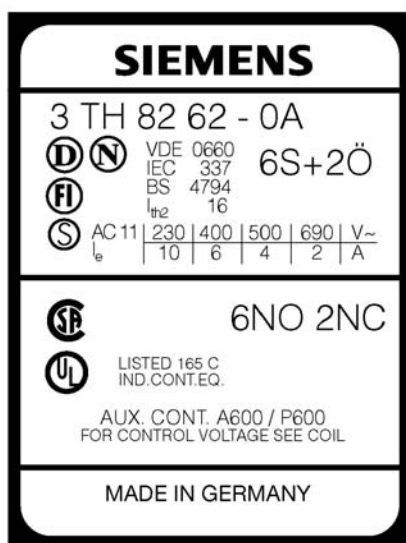


Abb. 8.5: Typenschild Siemens

3 TH 82 62 – 0A = Typen und Bestellbezeichnung

6S+2Ö = Anzahl der Schließer und Öffner

VDE 0660 = Entspricht der VDE Vorschrift 0660

IEC 337 = Entspricht der IEC – Norm

BS 4794 = Entspricht dem British Standard

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

AC 11 = Gebrauchskategorie

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

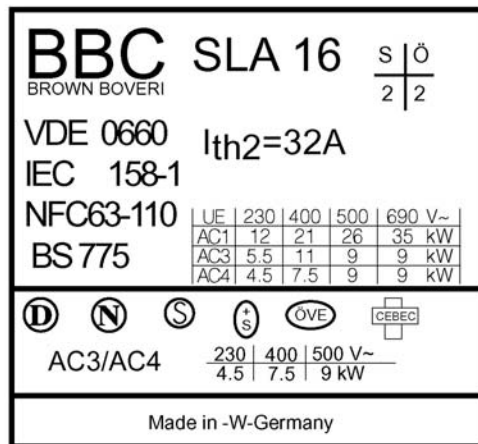


Abb. 8.6: Typenschild BBC

BBC Hersteller (Firmennamen)

SLA 16 Typenbezeichnung (Schütz)

S = Schalter / L = Luft / A = Baureihe

16 = Baugröße

Anzahl der Hilfskontakte

(2 Schließer, 2 Öffner)

VDE 0660 = Gebaut nach VDE 0660

IEC 158-1 = Gebaut nach IEC – Norm

NFC63-110 = Standard-Vorschrift

BS 775 = entspricht dem British Standard

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

UE = Betriebsspannung des Verbrauchers

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

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

8.2 Relais

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

Schaltverhalten der Relais

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

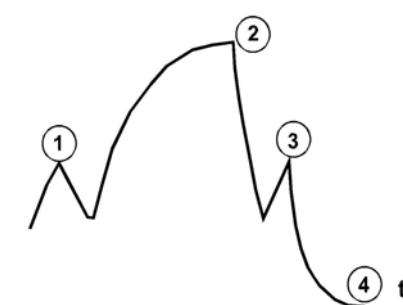


Abb. 8.7: Schaltverhalten eines Relais

1 = Spule zieht an

2 = Spule hat angezogen

3 = Spule fällt ab

4 = Spule ist abgefallen

Bauformen/Typen - Relais

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

Abb. 8.8: Relais-Bauformen

Kammrelais

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

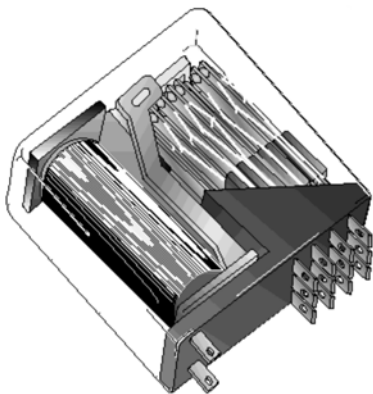


Abb. 8.9: Kammrelais

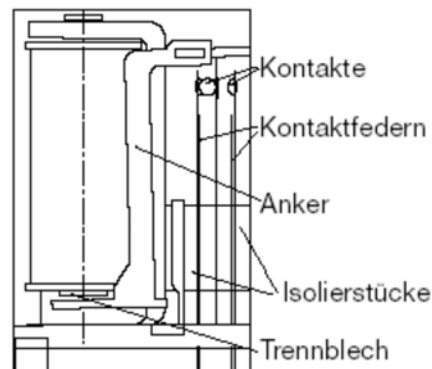


Abb. 8.10: Schnittdarstellung (Kammrelais)

Kontaktarten

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

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

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

Abb. 8.11: Kontaktarten

8.3 Stromstoßschalter

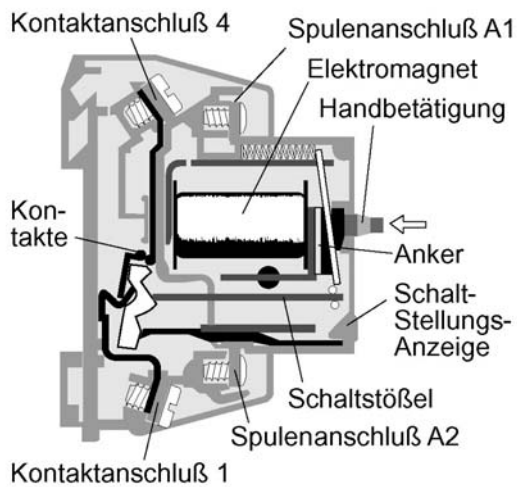


Abb. 8.12: Stromstoßschalter

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

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

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

8.4 Stromstoßrelais

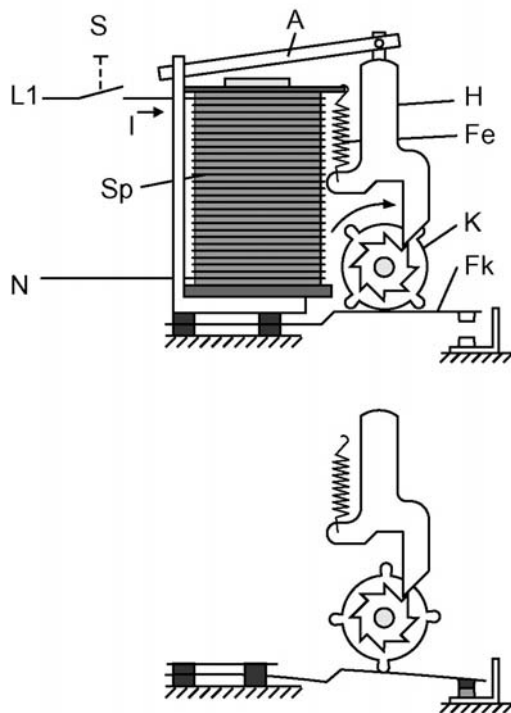


Abb. 8.13: Stromstoßrelais

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

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

8.5 Befehls- und Meldegeräte

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

Endschalter (Endlagenschalter)

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



Abb. 8.14: Endschalter (siehe Anhang)

Taster (Drucktaster)

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

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

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



Abb. 8.15: Taster (siehe Anhang)



Abb. 8.16: Taster (siehe Anhang)

Grenztaster

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



Abb. 8.17: verschiedene Grenztaster (siehe Anhang)

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

Für Endpunktbegrenzungen wird vielfach statt eines Grenztasters der Endschalter verwendet.

Näherungsschalter

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



Abb. 8.18: Näherungsschalter (siehe Anhang)

Vorteile:

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

Nachteile:

- empfindlich gegen mechanische Belastungen
- hoher Anschaffungspreis

Induktive Näherungsschalter

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

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

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

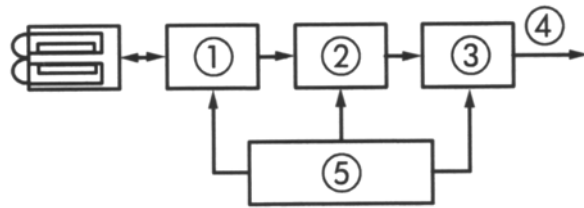


Abb. 8.19: Schaltbild
Induktiver Näherungsschalter

Betriebsart Wechselspannung

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

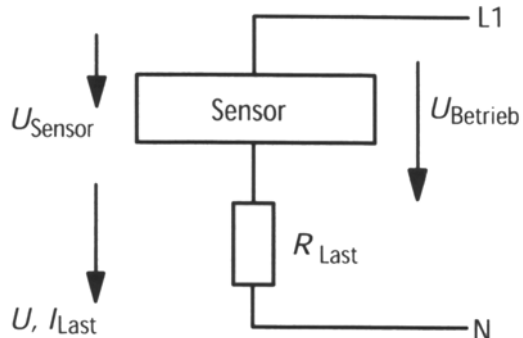


Abb. 8.20: Schaltbild
Betriebsart Wechselspannung

Betriebsart Gleichspannung

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

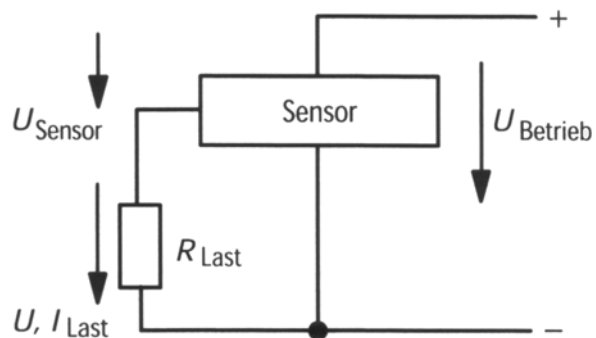


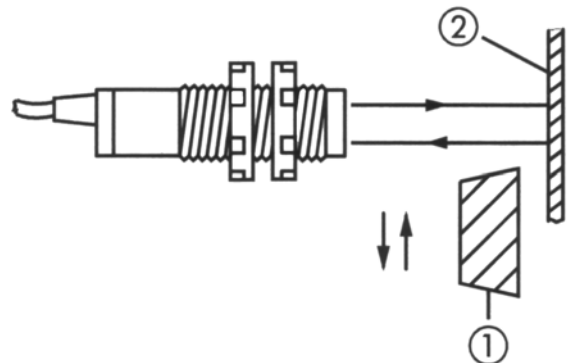
Abb. 8.21: Schaltbild
Betriebsart Gleichspannung

Optische Näherungsschalter

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

Reflexions-Lichttaster

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



- 1.) Objekt
2.) Reflektor

Abb. 8.22: Optischer Näherungsschalter

Reflexions-Lichtschranke

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

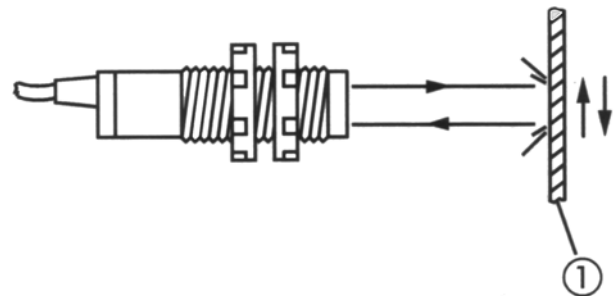


Abb. 8.23: Optischer Näherungsschalter 1) = Objekt

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

8.6 Transformatoren

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

Von einem Kraftwerk soll eine Leistung von 5500 kW zu einem Stahlwerk über eine Entfernung von 100 km übertragen werden. Bei einem $\cos \varphi = 1$ und einer Spannung von 230 V ergibt sich eine Stromstärke von ca. 24.000 A. Setzt man einen Spannungsfall von nur 10 % voraus, so ergibt sich bei einem Kupferleiter ein Querschnitt von ca. 4 m². Dieses ist technisch nicht möglich! Erhöht man jedoch die Spannung auf 220 kV so ergibt sich bei dem o. g. Beispiel eine Stromstärke von nur 25 A und daraus resultierend ein Leitungsquerschnitt von ca. 4 mm².

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

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

Einphasentransformatoren

Aufbau und Wirkungsweise

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

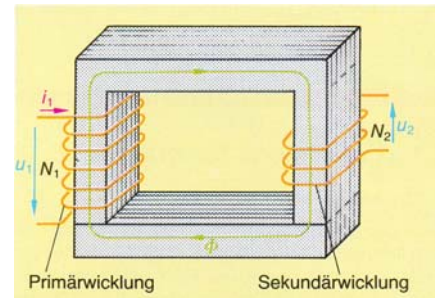


Abb. 8.24: Aufbau eines Transformators

Beispiel: Transformatorprinzip

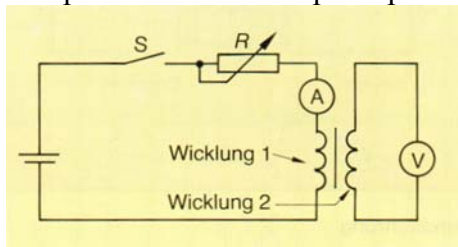


Abb. 8.25: Transformatorprinzip

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

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

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

Ergebnis:

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

Übersetzungsverhältnis der Spannungen

Zusammenhang zwischen Windungszahlen und Spannungen

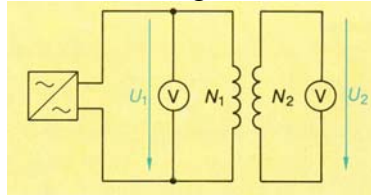


Abb. 8.26: Windungszahlen u. Spannungen

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

Ergebnisse:

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

Abb. 8.27: Übersetzungsverhältnis der Spannungen

Aus den Ergebnissen kann man folgendes ableiten:

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

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

$\ddot{u}$ = Übersetzungsverhältnis

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

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

$\ddot{u}$ = Übersetzungsverhältnis

Übersetzungsverhältnis der Ströme

Zusammenhang zwischen Windungszahlen und Stromstärken

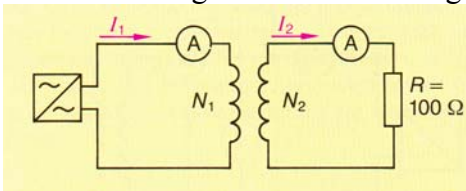


Abb. 8.28: Windungszahlen u. Stromstärken

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

Ergebnisse:

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

Abb. 8.29: Übersetzungsverhältnis der Ströme

Aus den Ergebnissen kann man folgendes ableiten:

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

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

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

8.7 Kleintransformatoren

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

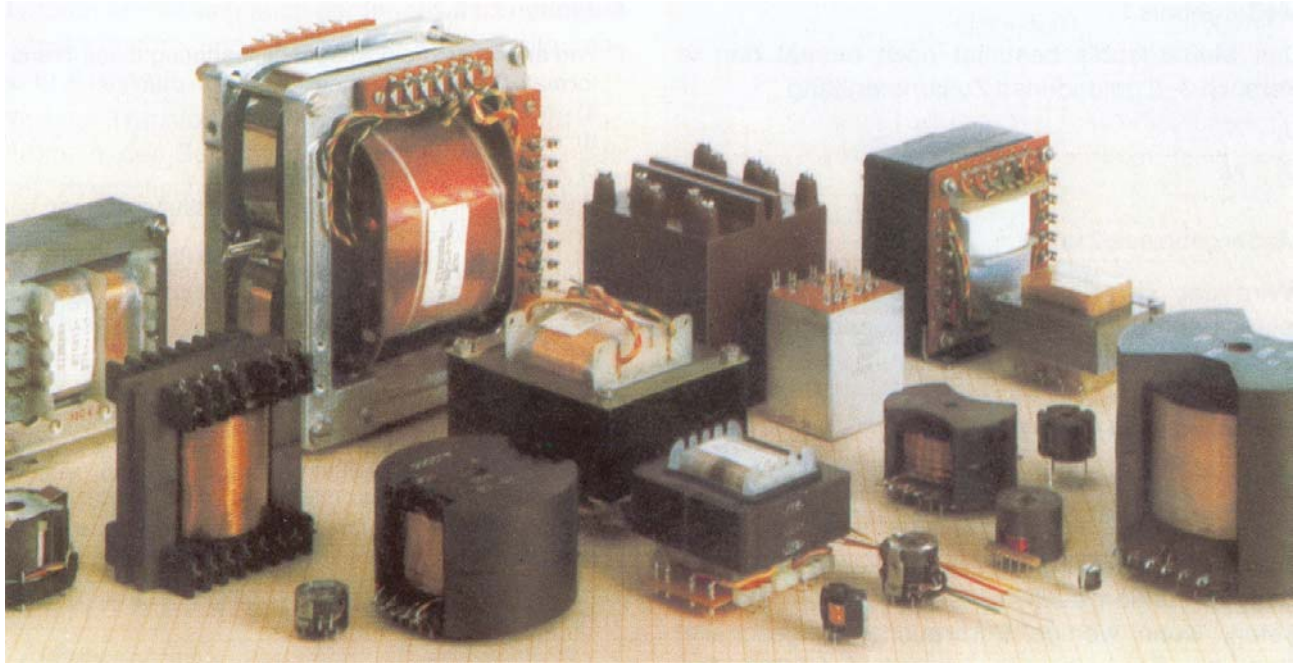


Abb. 8.30: Kleintransformatoren (siehe Anhang)

Kurzschlussverhalten

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

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

Abb. 8.31: Symbole für Kurzschlussverhalten

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

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

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

Spezielle Kleintransformatoren

Einige Beispiele der gebräuchlichsten Kleintransformatoren sollen nachfolgend beschrieben werden:

Sicherheits- oder Schutztransformatoren



Abb. 8.32: Symbole Sicherheits- oder Schutztransformatoren

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

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

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

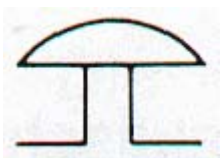


Abb. 8.33: Symbol Klingeltransformator

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

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

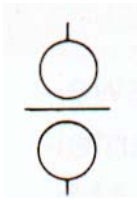


Abb. 8.34: Symbol
Trenntransformator

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

Die höchstzulässige Nennsekundärlastspannung beträgt für Trenntransformatoren

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

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

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



Abb. 8.35: Symbol
Spielzeugtransformator

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



Abb. 8.36: Symbol
Handleuchtentrans-
formator

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

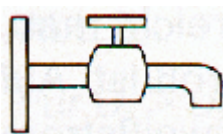


Abb. 8.37: Symbol
Aufbautransformator

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



Abb. 8.38: Symbol
Transformator für
medizinische Geräte

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

8.8 Streufeldtransformatoren

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

Sie werden eingesetzt als:

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

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

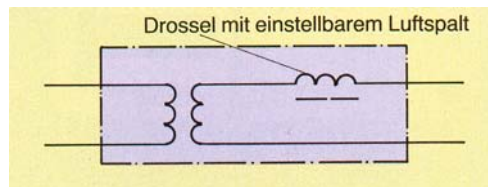


Abb. 8.39: Schweißstromeinstellung mit einer Drossel

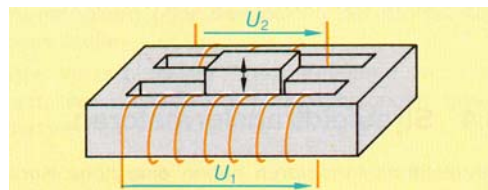


Abb. 8.40: Schweißstromeinstellung mit einem Streujoch

Schweißtransformatoren

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

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

8.9 Leistungsschild eines Transformators

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

Kurzzeichen für die Art des Transformators:

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

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

Abb. 8.41: Transformatorleistungsschild

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

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

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

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

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

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

Hersteller			
Typ	Nr.	Baujahr	1997
Nennleistung	kVA 20	Art LT	Frequenz Hz 50
Nennspg.	V 6000	230	Betrieb S1
Nennstrom	A 3,44	87	Schaltgr. Ii0
Kurzschl.-Spg.	% 5	Kurzschl.-Strom	kA

Abb. 8.42: Einphasentransformator

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

Abb. 8.43: Kleintransformator

8.10 Weitere elektronische Bauteile in Schaltschränken



Abb. 8.44: Speicherprogrammierbare Steuerung
(siehe Anhang)

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

eigenständige Steuerung für Prozessabläufe



Abb. 8.45: Sanftanläufer (siehe Anhang)

Sanftanläufer

Anstelle einer herkömmlichen Stern-Dreieck-Schaltung



Abb. 8.46: Thermistor Motorschutzrelais
(siehe Anhang)

Thermistor Motorschutzrelais

zur Temperaturüberwachung von Elektromotoren



Abb. 8.47: Zeitrelais (siehe Anhang)

Zeitrelais

Steuerungsorgan zur Einschalt- oder Ausschaltverzögerung



Abb. 8.48: Niveaurelais (siehe Anhang)

Niveaurelais

zur Niveaumessung mittels Elektroden oder Schwimmer



Abb. 8.49: Überspannungsschutz (siehe Anhang)

Überspannungsschutz

für Versorgungsstromkreise in Energienetzverteilungen



Abb. 8.50: Überspannungsschutz (siehe Anhang)

Überspannungsschutz

für eigensichere Stromkreise explosionsgeschützter Bauteile



Abb. 8.51: Überspannungsschutz (siehe Anhang)

Überspannungsschutz

für Steuerstromkreise und Messkreise



Koppelrelais

zum Entkoppeln von Signalen, Trennung von Stromkreisen

Abb. 8.52: Koppelrelais (siehe Anhang)

8.11 Testfragen

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

8.12 Übungen

1. Einfache Motorschutzschaltung mit Selbsthaltung und Signalanzeige

Erstellen Sie die gezeigte Schützschaltung nach Zeichnung und Materialliste.

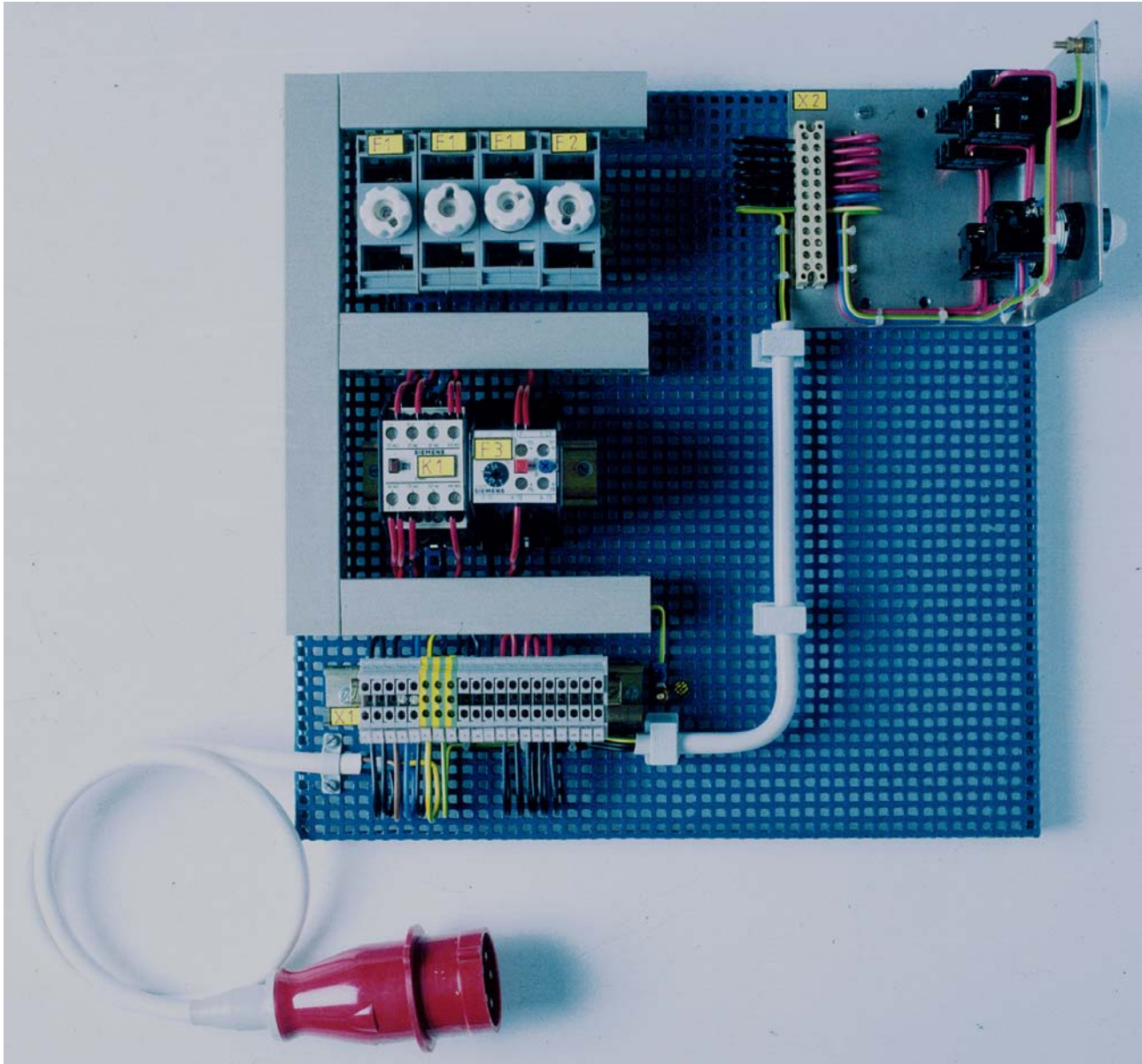


Abb. 8.53: Schaltungsaufbau auf Lochblech (siehe Anhang)

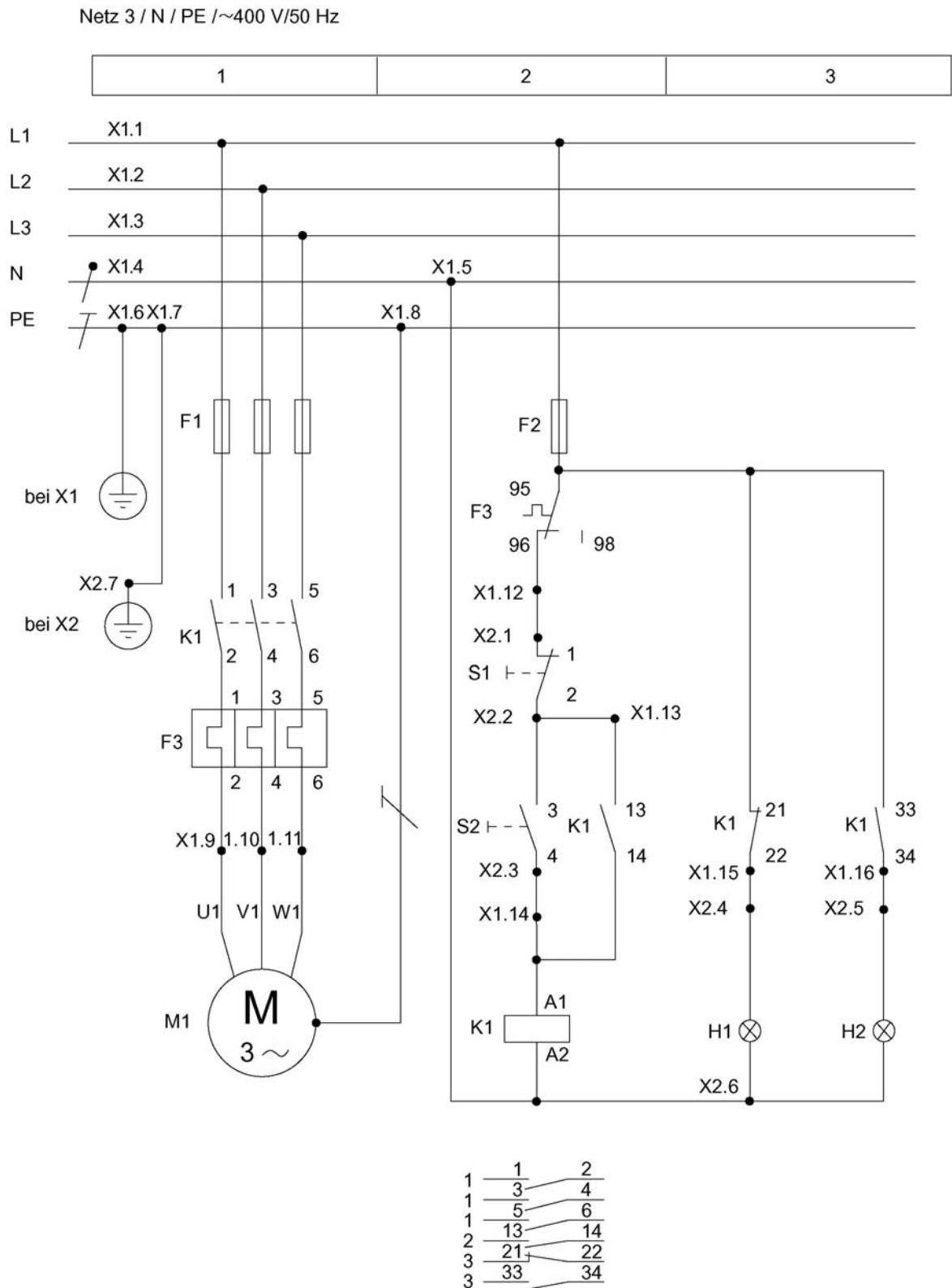


Abb. 8.54: Schaltplan

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

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

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

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

Abb. 8.55: Klemmenleistenplan

Aufgabenteil:

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

Abb. 8.56: Stückliste

2. Wendeschützschaltung für Räumierantrieb

Erstellen Sie die gezeigte Wendeschützschaltung nach Zeichnung und Materialliste!

Vorgehensweise:

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

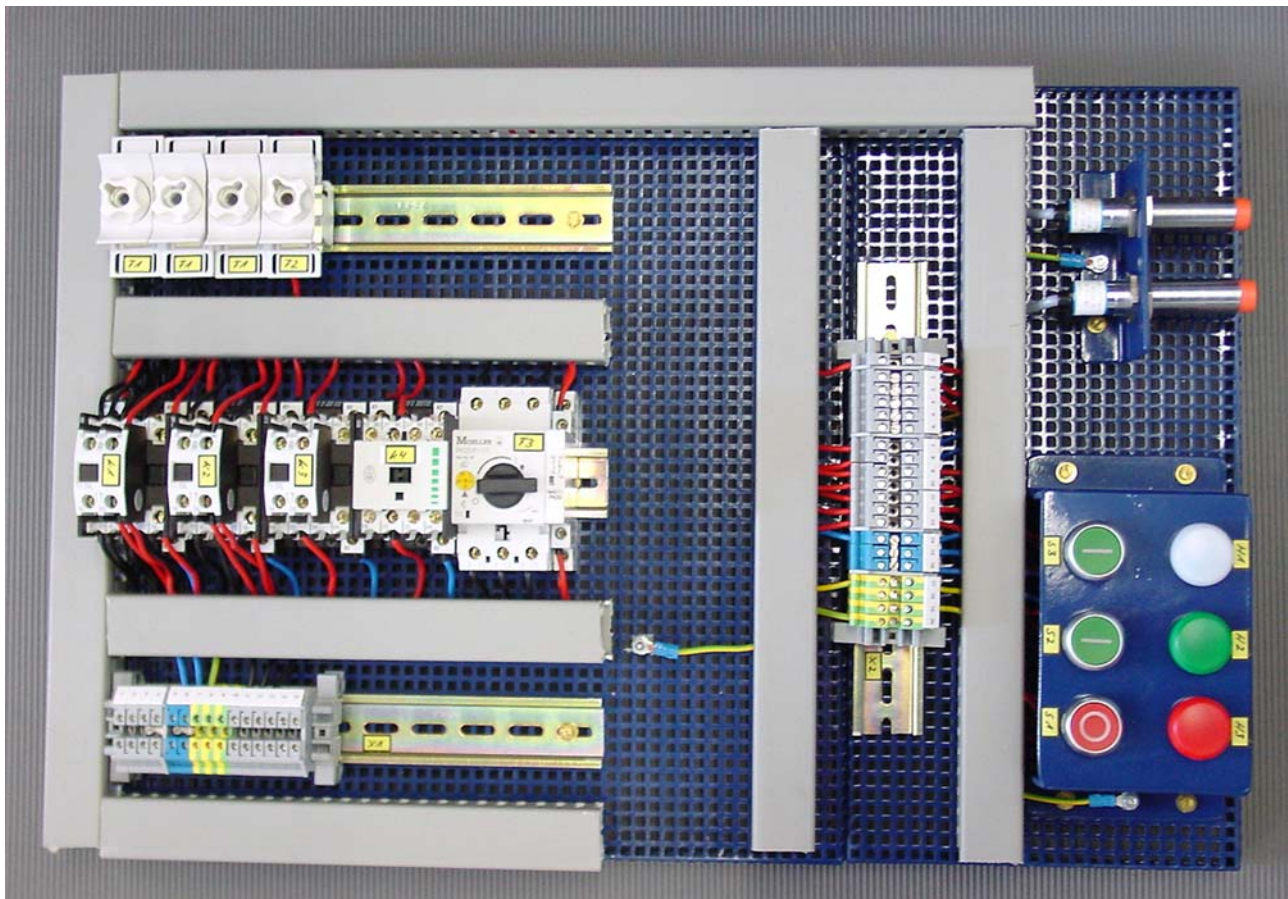
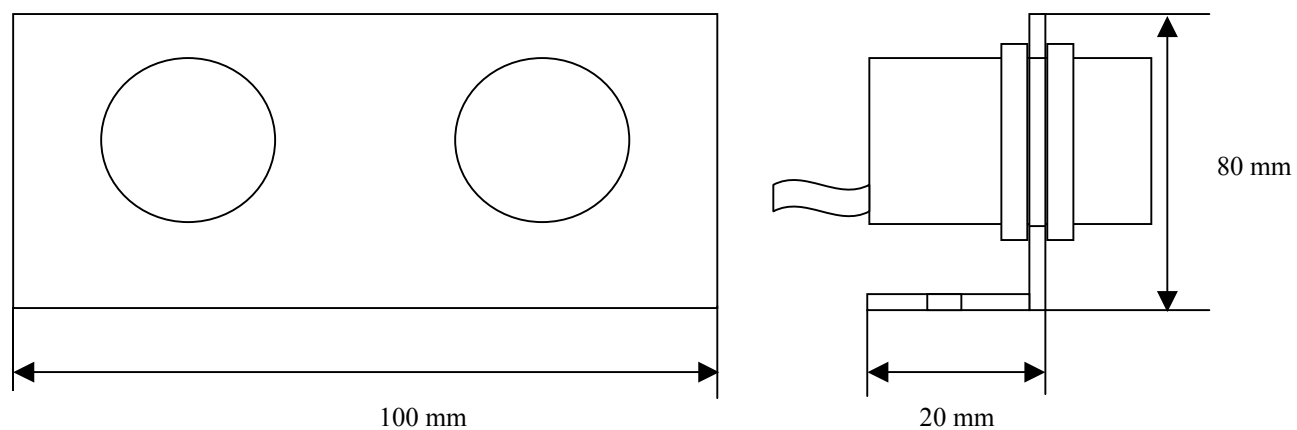


Abb. 8.57: Wendeschützschaltung (siehe Anhang)

Montageblech für Näherungsinitiatoren



Montageblech für Taster und Meldeleuchten

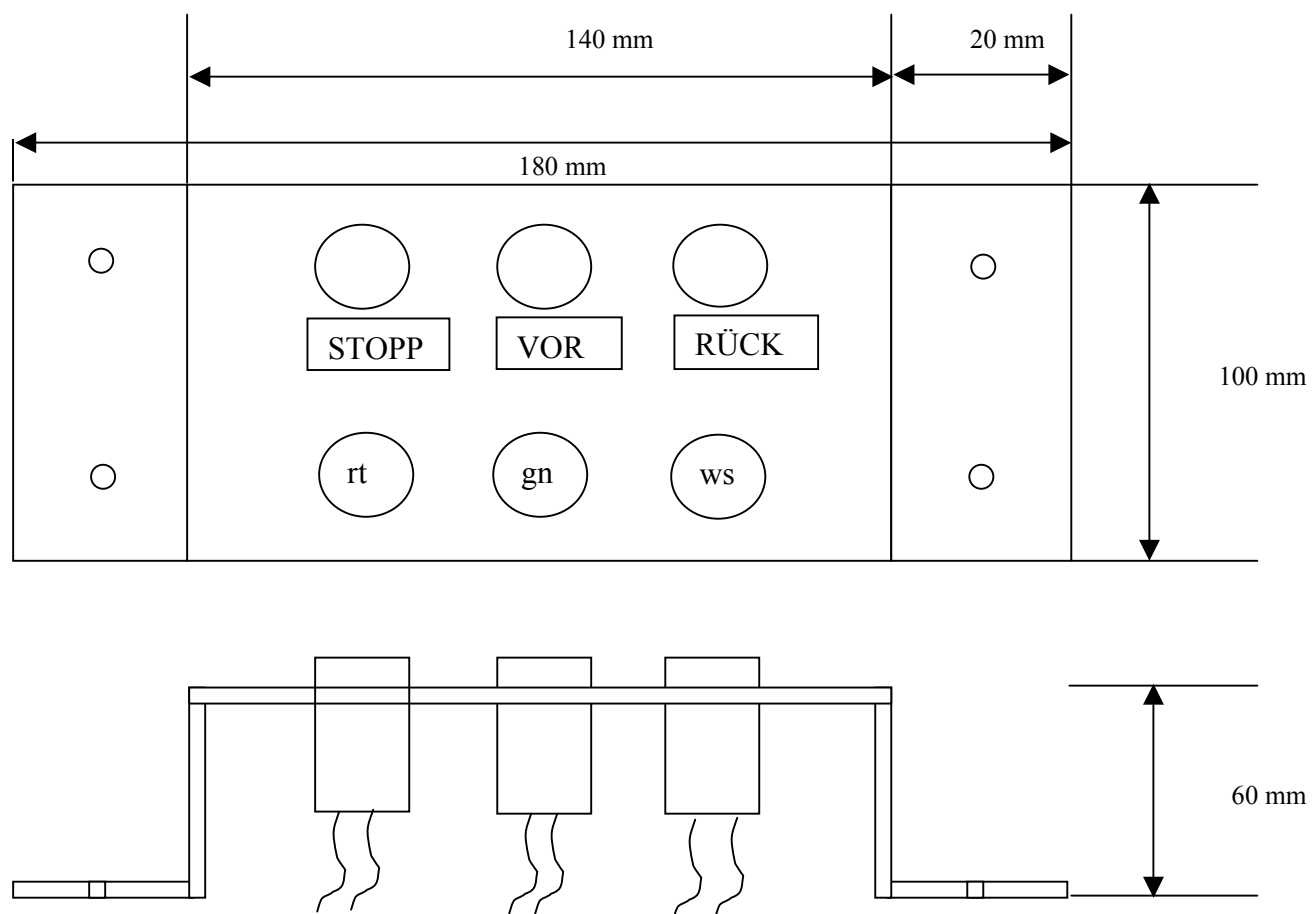


Abb. 8.58: Schema Wendeschützschtaltung

Schaltplan Wendeschützschaltung

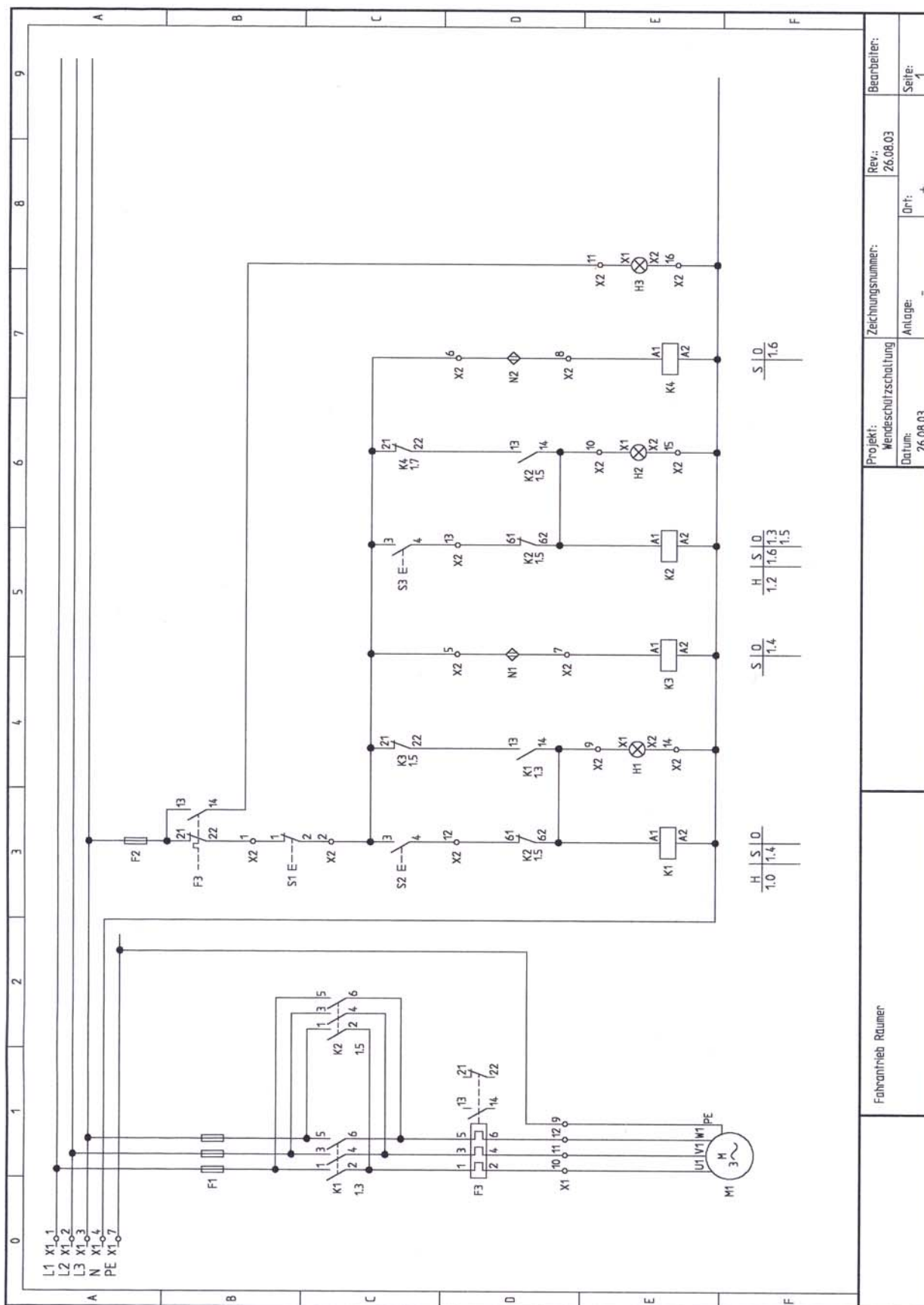


Abb. 8.59: Schaltplan Wendeschützschaltung

Klemmleistenplan: Wendeschützschtaltung für Räumierantrieb**Klemmleistenplan Wendeschützschtaltung**

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

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

Abb. 8.60: Klemmleistenplan Wendeschützschtaltung

Stückliste: Wendeschützschaltung für Räumerantrieb

lfd. Nr.	Anzahl	Material	Bemerkungen
1	1	Montageplatte (Holz)	1 m x 1 m z.B. Tischlerplatte
2	3	Doppeldrucktaster	1Ö + 1S
3	3	Leuchtmelder	grün/weiß/rot
4	2	Schütz 230V Steuerspannung	3H + 1S + 1Ö
5	2	Hilfsschütz 230V	2S + 2Ö
6	2	Näherungsinitiator 250V kapazitiv od. induktiv	z.B NBN15-30GKK-WÖ von Pepperl&Fuchs
7	1	Motorschutzrelais	1S+1Ö
8	4	Sicherungselement	Neozed
9	1	Klemmleiste	30 Klemmen davon 4 PE
10	3 m	Verdrahtungskanal	30 x 30 mm geschlitzt
11	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm² rt
12	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm² bl
13	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm² gnge
14	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm² sw
15	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm² rt
16	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm² bl
17	10 m	Kunststoffaderleitung	H07V-K 1,5 mm² gnge
18	100	Aderendhülsen	1,5 mm²
19	3 m	Kunststoffmantelleitung	NYM - J 7 x 1,5 mm
20	1	CEE Stecker 400 V 3 - N -PE	16 A
21	1	Zugentlastungsschelle	passend für Pos.19
22	1 m	Hutschiene	passend für Pos.5/6/8
23	2	Ringkabelschuh	passend für Pos. 17
24		Kabelbinder	
25	1	Montage-Blech für Pos.6	100x100x2 mm
26	1	Montage-Blech für Pos.3	100x200x2 mm
27			
28			
29			
30			

Abb. 8.61: Stückliste Wendeschützschaltung

3. Austausch eines defekten Steuertransformators

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

9. Batterieanlagen, Ersatzstromerzeuger

9.1 Primärelemente

Galvanische Zelle

Eine galvanische Zelle kann in verschiedenen äußeren Formen auftreten.

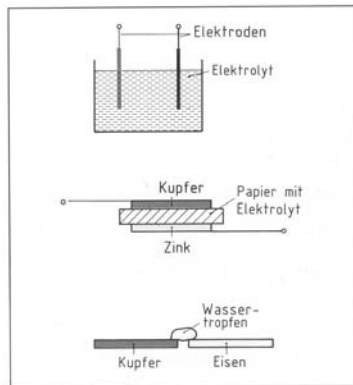


Abb. 9.1: Galvanische Zellen

Grundsätzlich sind aber immer vorhanden:

- Zwei Elektroden, die aus leitfähigem Material (meist Metallen) bestehen.
- Elektrolyt, d. h. eine leitfähige Flüssigkeit (Säure, Base oder Salz in wässriger Lösung).

Die Elektroden und der Elektrolyt müssen miteinander in Verbindung stehen. Eine galvanische Zelle kann unter bestimmten Bedingungen als Generator wirken, d. h. chemische Energie in elektrische Energie wandeln. Man nennt sie dann galvanisches Element.

Elektrolytische Spannungsreihe

Mit einer besonderen Messanordnung kann man die Spannung zwischen Metallelektrode und Metallsalzlösung messen. Man verwendet dazu eine sogenannte Wasserstoffelektrode. Dieser wird das Bezugspotential $+0\text{ V}$ zugeordnet. Die unten stehende Auflistung zeigt die dabei gemessenen Spannungen für verschiedene Metalle unter Normbedingungen. Mit Hilfe der elektrolytischen Spannungsreihe kann die zu erwartende Spannung bei einer bestimmten Elektrodenstoff-Kombination bestimmt werden.

Kalium	K	-2,92 Volt	Zinn	Sn	-0,15 Volt
Magnesium	Mg	-1,87 Volt	Blei	Pb	-0,13 Volt
Aluminium	Al	-1,45 Volt	Wasserstoff	H	0,00 Volt
Zink	Zn	-0,76 Volt	Kupfer	Cu	0,35 Volt
Chrom	Cr	-0,56 Volt	Kohlenstoff	C	0,74 Volt
Eisen	Fe	-0,43 Volt	Silber	Ag	0,80 Volt
Cadmium	Cd	-0,42 Volt	Platin	Pt	0,87 Volt
Nickel	Ni	-0,25 Volt	Gold	Au	1,5 Volt

Abb. 9.2: Spannungen verschiedener Elemente

Nach dieser Abbildung entsteht zwischen einer Kohle- und einer Zink-Elektrode in einem Elektrolyten eine Spannung von 1,5 Volt. Die größte Spannung könnte mit einem Gold-Kalium-Element erreicht werden. Sie beträgt 4,42 Volt. Die technische Ausführung scheitert sowohl an dem Preis des Goldes als auch an der Eigenschaft des Kaliums, sofort in Lösung zu gehen. Ferner bezeichnet man beim Vergleich zweier Metalle das in der Spannungsreihe im Wert höher stehende als das „edlere“ Metall von beiden.

Galvanisches Element

Setzt man in eine wässrige Salzlösung zwei verschiedenartige Elektroden ein, so hat man ein galvanisches Element. Eine hohe Spannung erhält man mit zwei Metallen, die in der Spannungsreihe weit auseinanderliegen.

Abbildung 9.3 zeigt die Ermittlung der Spannung bei Elektrodenkombinationen aus:

Kohle – Zink	1,5 V
Silber – Zink	1,56 V
Kupfer – Aluminium	2,02 V
Eisen – Aluminium	1,23 V

Abb. 9.3: Elektrodenkombinationen

Die Spannung eines galvanischen Elements ist gleich der Differenz der Spannungen in der Spannungsreihe. Man bezeichnet diese Elemente als Primärelemente, weil sie sofort nach dem chemischen Aufbau elektrische Energie abgeben und nur einmal verwendet werden können. Wiederaufladbare galvanische Elemente (Akkumulatoren, Sammler) bezeichnet man als Sekundärelemente.

Nass – und Trockenelemente

Die in Abbildung 9.4 gezeigte Ausführung eines galvanischen Elementes, in dem der Elektrolyt in flüssiger Form vorhanden ist, wird heute praktisch nicht mehr verwendet. Nur bei den sogenannten Sammlern ist diese Anordnung noch gebräuchlich. Man nennt diese Elemente „Nasselemente“.

Die heute gebräuchlichste Anordnung ist das Element mit eingedicktem Elektrolyt oder mit einer elektrolytischen Zellstofffüllung. Man nennt diese Elemente „Trockenelemente“, obwohl sie

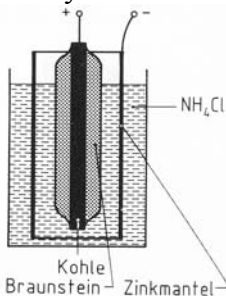


Abb. 9.4: Zink-Kohle-Element

gebundene Feuchtigkeit enthalten. Es wird nach seinem Erfinder auch Leclanché-Element genannt und wird heute nur noch als Trockenelement hergestellt.

Als Elektroden verwendet man Zink und Kohle. Als Elektrolyt dient Salmiaksalzlösung, chemisch Ammoniumchlorid (NH_4Cl).

Die Spannung beträgt 1,5 V. Man entnimmt aus der Spannungsreihe für Zn: $U = -0,76 \text{ V}$ und für Kohle: $U = +0,74 \text{ V}$. Die Differenz zwischen den Endpunkten beträgt entsprechend 1,5 V (Abb. 9.3).

Die Kohleelektrode ist meist stabförmig und von einem zylindrischen Zinkmantel oder Zinkbecher umgeben. Um den Kohlestift herum befindet sich eine Schicht Braunstein, (MnO_2), oft in einem Beutel untergebracht. Der Braunstein dient zur Beseitigung der Wasserstoffpolarisation. Die Energie wird durch den Abbau der Zinkelektrode geliefert.

Folgende Eigenschaften möchte man erreichen:

- hohe Energieausbeute,
- große Leistung bei geringer Masse und geringem Volumen,
- Beständigkeit in weiten Temperaturbereichen,
- geringe Selbstentladung,
- genügend lange Lagerfähigkeit.

Die Kombination mehrerer Zellen nennt man Batterie.

Lebensdauer, Kapazität und Energie

Zur Bestimmung der Lebensdauer wird eine untere Grenze der Spannung festgelegt, diese beträgt meist 50 % der Neuspannung. Die Abbildung 9.5 zeigt typische Entladekurven. Mit zunehmendem Entladestrom sinkt die „Lebensdauer“.

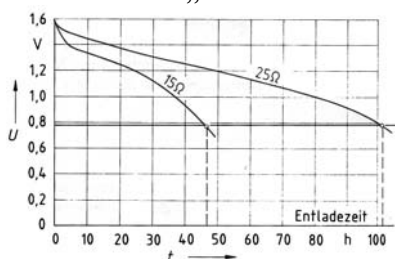


Abb. 9.5: Entladekurven für Zink-Kohle-Element

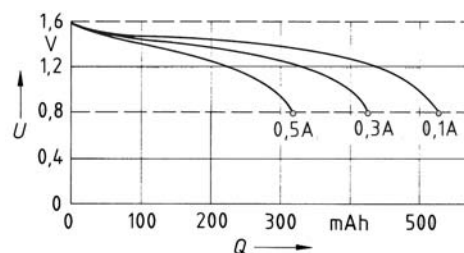


Abb. 9.6: Kapazität eines Elements bei verschiedenen Entladeströmen

Die Kapazität Q ist ein Maß für den Speicherinhalt oder das Speichervermögen des Elementes. Sie wird in Amperestunden oder Milliamperestunden angegeben.

$$Q = I_{\text{mittel}} \times t \quad W = Q \times U_{\text{mittel}}$$

Die Kapazität ist vom Entladestrom abhängig. Bei langsamer Entladung oder bei Einschub von Erholungspausen kann der Batterie eine höhere Amperestundenzahl entnommen werden (Abb. 9.6). Der Energieinhalt W ergibt sich aus der Kapazität und der mittleren Entladespannung:

$$W = Q \times U_{\text{mittel}} = U_{\text{mittel}} \times I_{\text{mittel}} \times t$$

Bauformen von Trockenelementen

Rundzelle



Abb. 9.7: Leclanché-Element
Auslaufsichere Zelle mit Stahlmantel
(siehe Anhang)

Die Rundzelle ist die häufigste Ausführungsform des Trockenelementes. Ein Zinkbecher enthält den eingedickten Elektrolyten und die Kohlenelektrode mit dem Braunsteinmantel. Ein Nachteil dieser billigen Zelle ist, dass sich der Zinkmantel bei Ende der Lebensdauer durchfrisst und der Elektrolyt nach außen dringt. Hierdurch können die Geräte Schaden leiden. Verbrauchte Batterien sind daher umgehend aus den Geräten zu entfernen und fachgerecht zu entsorgen.

Alkalische Braunstein-Zink-Zelle

Hierbei ist die beim Kohle-Zink-Element übliche Anordnung der Elektroden umgekehrt. In einem Stahlbecher, der jetzt + Pol wird, ist der Braunstein als Hohlzylinder eingepresst. Im Innern des Braunsteinzylinders befindet sich, getrennt durch eine Papierzwischenlage, die Zinkpulverelektrode als – Pol. Als Elektrolyt dient eingedickte Kaliumhydroxidlösung. Die Kapazität kann gegenüber der Paperlined-Zelle um bis zu 60 % größer sein. Die spezifische Kapazität kann 160 mAh/cm^3 betragen.

Quecksilberoxid-Zink-Element

Es enthält Zink in Pulverform gepresst und als Depolarisator Quecksilberoxid (HgO). Als Elektrolyt dient Kaliumhydroxid (Kalilauge). Die Kapazität ist erheblich größer als bei Zink-Kohle-Elementen. Verwendung finden diese Elemente in elektronischen Kleingeräten. Verbrauchte Quecksilberoxid-Zink-Elemente gehören wegen Umweltgefährdung nicht in den Hausmüll.

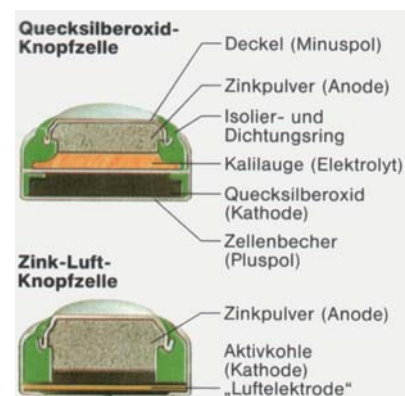


Abb. 9.8: Knopfzellen (siehe Anhang)

Silber-Zink-Element

Das elektrolytische System Silber-Kalilauge-Zink ist sowohl als Primärelement als auch als Sekundärelement zu verwenden. Es hat von allen heute bekannten Batterie-Typen den höchsten Energieinhalt (70 bis 150 Wh/kg).

Temperaturverhalten, Lagerung und Betrieb

Abbildung 9.9 zeigt die Abhängigkeit der Spannung von der Temperatur. Man sieht daraus, dass der günstigste Betriebsbereich zwischen - 10 und + 20 ° C liegt. Bei höherer Temperatur erhöht sich die Selbstentladung. Hierdurch wird die Lebensdauer der Batterie eingeschränkt.

Temperatur	Lagerung	Betrieb
unter – 20 °C	unbegrenzt, jedoch Vorsicht beim Auftauen	nicht möglich, da Elektrolyt eingefroren
- 10 bis 0 °C	praktisch keine Verluste	Entladung mit verringertem Wirkungsgrad (ca. 50 % der Kapazität)
+ 10 bis + 20 °C	Verluste in erträglichen Grenzen	normale Entladung
+ 30 bis + 40 °C	Verluste bei längerer Lagerung	normale Entladung
über 50 °C	starke Selbstentladung	Entladung noch möglich, jedoch Gefahr des Auslaufens, Undichtwerdens

Abb. 9.9: Temperaturabhängigkeiten

Luftsauerstoffelement

Als Depolarisator wird der Sauerstoff der Luft benutzt. Das Element enthält keinen Braunstein. Die Kohlelektrode ist in einen Mantel aus poröser Aktivkohle eingehüllt. Sie saugt durch Adhäsionskräfte den Luftsauerstoff an und liefert ihn zur Behebung der Wasserstoffpolarisation an die positive Kohlelektrode. Es lassen sich große Kapazitätswerte erreichen, jedoch ist das Element nur für geringe Entladeströme geeignet, z. B. Transistorradios. Für Uhren und Hörgeräte werden Luft-Zink-Miniaturzellen (Abb. 9.8) hergestellt.

Füllelement

Anwendung findet das Füllelement hauptsächlich für militärische Zwecke. Salmiaksalz und Quellmittel befinden sich ohne Wasser im Element. Vor Inbetriebnahme muss zunächst Wasser (möglichst destilliert) eingefüllt und die Bildung des Elektrolyts abgewartet werden. Füllelemente haben unbegrenzte Lagerfähigkeit in trockenem Zustand.

9.2 Sekundärelemente

Akkumulatoren, Sammler

Akkumulatoren oder Sammler sind galvanische Elemente, die wiederholt verwendet werden können. Ist die Batterie „entladen“, so kann man sie durch Anschluss an ein Ladegerät wieder „aufladen“. Man unterscheidet demnach die Betriebszustände „Aufladen“ und „Entladen“. Wegen dieser im Wechsel aufeinanderfolgenden zwei Betriebszustände bezeichnet man die Sammler auch als Sekundärelemente.

Primärelemente beruhen auf einem nicht umkehrbaren elektrochemischen Vorgang. Beim Sekundärelement ist dieser Vorgang umkehrbar.

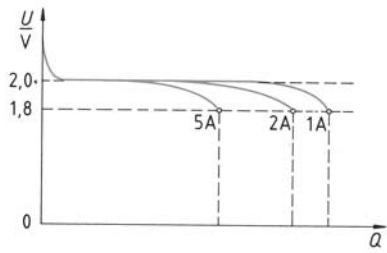


Abb. 9.10: Kapazität und Entladestrom

Die Kapazität des Sammlers wird in Amperestunden angegeben und errechnet sich nach der Formel

$$Q = I \times t.$$

Meistens werden für einen Sammler mehrere Nennkapazitäten angegeben, die z. B. für 3-stündige, 5-stündige oder 10-stündige Entladung gelten. Bei geringerem Entladestrom ist die Kapazität größer (siehe Abb. 9.10).

Nachfolgend wird auf drei Sekundärelemente eingegangen:

- Bleiakkumulator
- Stahllakkumulator
- Zink-Silber-Akkumulator

Bleiakkumulator

An den Elektroden treten je nach Ladezustand folgende Verbindungen auf:

Reines Blei in schwammiger Form	Pb
Bleiodioxid (braunschwarz)	PbO ₂
Bleisulfat (weiß)	PbSO ₄

Aufladung:

Elektrische Energie wird an den Sammler geliefert und in Form von chemischer Energie gespeichert. Hierzu wird der Sammler an eine äußere Spannungsquelle angeschlossen. Die Ionen der Schwefelsäure wandern zu den Elektroden.

Elektrolyt ist verdünnte Schwefelsäure H₂SO₄; $\rho = 1,14$ bis $1,285 \text{ kg/dm}^3$.

Entladung: Die gespeicherte chemische Energie setzt sich in elektrische Energie um. Der Sammler arbeitet als Generator.

Die mittlere Zellenspannung des Bleisammlers beträgt ca. 2 V. Bei der Ladung steigt sie bis auf 2,7 V an, und bei der Entladung geht sie bis auf 1,8 V zurück. Für den Betrieb elektrischer Geräte ergeben sich hieraus einige Schwierigkeiten. Entweder müssen die Geräte für einen entsprechend großen Spannungsbereich ausgelegt sein, oder man muss durch eine Automatik für eine Konstanzhaltung der Spannung sorgen.

Bei der Ladung des Bleisammlers (Abb. 9.11) wird der Ladestrom für Normalladung so eingestellt, dass der Sammler etwa in 10 Stunden aufgeladen ist. Bei Schnellladung, die nur für bestimmte Sammler zulässig ist, wird in 1 bis 3 Stunden aufgeladen.

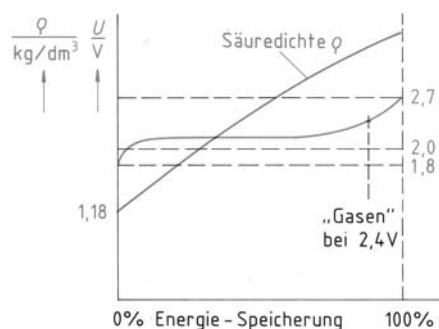


Abb. 9.11: Ladung

Dabei ist darauf zu achten, dass die Säuretemperatur 55 °C nicht überschreitet.

Ab 2,4 V beginnt die Zelle zu „gasen“, d. h. es läuft parallel zur Aufladung ein Wasserzersetzungsvorgang. Hierbei werden Wasserstoff und Sauerstoff frei (Explosionsgefahr: Knallgas!). Die Restladung, ab der Gasungsspannung von 2,4 V bis zur Ladeschlussspannung von 2,7 V, ist sorgfältig zu überwachen, damit der Akku durch Überladung keinen Schaden erleidet.

Oft setzt man für diese Überwachung eine Automatik ein.

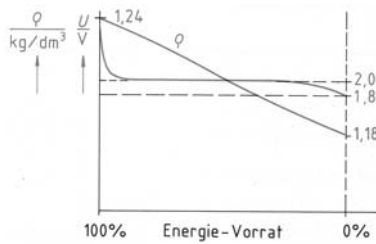


Abb. 9.12: Entladung

Bei der Entladung des Bleisammlers (Abb. 9.12) ist darauf zu achten, dass die Spannung nicht unter den Wert von 1,8 V absinkt, da sonst die Platten „verhärten“. Es bildet sich weißes Bleisulfat (Sulfatisierung).

Energieinhalt des Sammlers

$$W = Q * U_{\text{mittel}}$$

Wirkungsgrad

Sowohl bei der Ladung als auch bei der Entladung wird ein Teil der elektrischen Energie in Wärme umgesetzt. Man unterscheidet:

Amperestundenwirkungsgrad: $\eta_{\text{AH}} = \frac{\text{entnehmbare Amperestunden } (Q_{\text{ab}})}{\text{aufgewendete Amperestunden } (Q_{\text{zu}})}$

Der Amperestundenwirkungsgrad berücksichtigt nicht die gleitende Spannung der Zelle.

Wattstundenwirkungsgrad: $\eta_{\text{WH}} = \frac{\text{entnehmbare Wattstunden } (W_{\text{ab}})}{\text{aufgewendete Wattstunden } (W_{\text{zu}})}$

Ladefaktor: $F_{\text{Laden}} = 1 / \eta_{\text{AH}}$

Bauformen des Bleiakкумуляtors

Die Kapazität des Bleisammlers wird um so größer, je mehr Blei an der chemischen Umsetzung beteiligt ist. Um das gesamte in der Batterie vorhandene Blei an der Umsetzung zu beteiligen, gibt man den Platten eine möglichst große Oberfläche, oder man streicht eine lockere, vom Elektrolyten durchdringbare Masse in ein Gitter aus Blei.

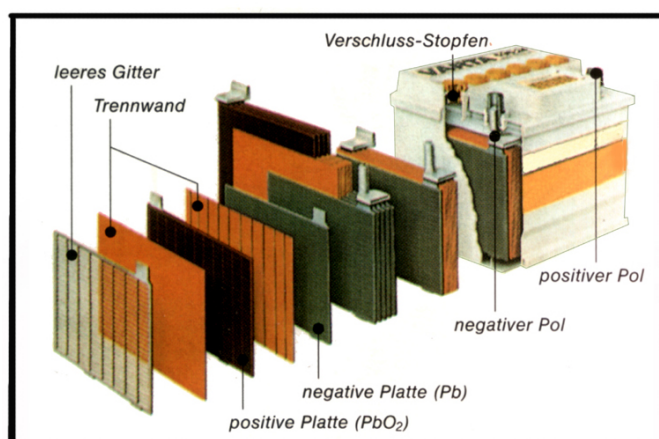


Abb. 9.13: Aufbau einer Batterie für Kraftfahrzeuge (siehe Anhang)

Die Platten werden möglichst nahe zueinander gestellt, um einen kleinen Innenwiderstand zu erhalten. Poröse Kunststoffe, auch Glasgewebe, verhindern ein Berühren. Zwischen Platten und Gefäßboden muss ein Zwischenraum sein, damit ausfallende Masse die Platten nicht kurzschließt (Abb. 9.13). In diesem Raum sammelt sich der „Schlamm“.

Großoberflächenplatten haben die Normbezeichnung „Gro“. Die positive Platte ist lamelliert ausgeführt, die negative Platte enthält die Masse in einem durchlöcherten Kasten. Die Batterie ist schwer, hat aber eine lange Lebensdauer.

Gitterplatten (Gi und GiS) tragen die aktive Masse in Bleigittern.

Panzerplatten (Pz und PzS) tragen die aktive Masse der positiven Platte in Hartgummi- oder Kunststofftaschen. Die negative Platte ist eine Gitterplatte. Im Fahrzeug erhält man eine Lebensdauer bis zu 5 Jahren.

Wartungsfreie Akkumulatoren brauchen außer Ladung und äußerlicher Reinigung keine Pflege. Katalytisch wird Wasserstoff und Sauerstoff wieder verbunden.

-agenunempfindliche Akkumulatoren erhält man durch „Eindicken“ des Elektrolyten (Gel) und gasdichten Verschluss mit Sicherheitsventil.

Wartung des Bleiakкумуляtors

Der Bleiakкумуляtor erfordert regelmäßige Wartung. Er darf nie in entladem Zustand stehen (Sulfate kristallisieren, die aktive Masse wird unwirksam also die Kapazität geringer). Beim Laden mit konstanter Spannung erfolgt Schnellladung, das Ladegerät muss sehr leistungsfähig sein. Ladegeräte mit Strombegrenzung kommen mit geringerer Leistung aus. Erhaltungsladung erfolgt bei 2,23 V/Zelle, z. B. für Notstromanlagen.

Die Entladeschlussspannung ist von der Entladezeit abhängig und liegt zwischen 1,63 V (10 Min.) und 1,87 V (10 Std.) DIN 57 510, VDE 0510.

Beim Anschließen muss auf die Polarität geachtet werden: „+“ an „+“ und „-“ an „-“!

Die erforderliche Ladespannung U_l ergibt sich aus der Zellenzahl „z“; $U_l = z \cdot 2,75 \text{ V}$.

Gegen Ende der Ladung beginnen die Zellen zu „Gasen“. Es wird Wasser zersetzt, und es entsteht das explosionsfähige Knallgas. Offenes Licht und Rauchen sind verboten; in den Akkumulatorenräumen ist für gute Lüftung zu sorgen. Nach Beginn des Gasens wird noch 1 bis 4 Stunden mit etwa 1/10 des Ladestromes nachgeladen.

Nach „Entgasung“ der Zellen werden sie verschlossen. Die Polklemmen werden mit säurefreiem Fett oder Öl überzogen.

Fehlende Flüssigkeit wird bei Beginn des Gasens durch destilliertes Wasser ersetzt. Säure ist nur nachzufüllen, wenn sie verschüttet wurde. Nach Entladung ist immer sofort aufzuladen. Auch wenn kein Strom entnommen wird, ist spätestens nach 6 Wochen nachzuladen.

Kontrolle des Ladezustandes

Der Ladezustand wird mit dem Aräometer (Senkwaage) durch Messung der Säuredichte festgestellt.

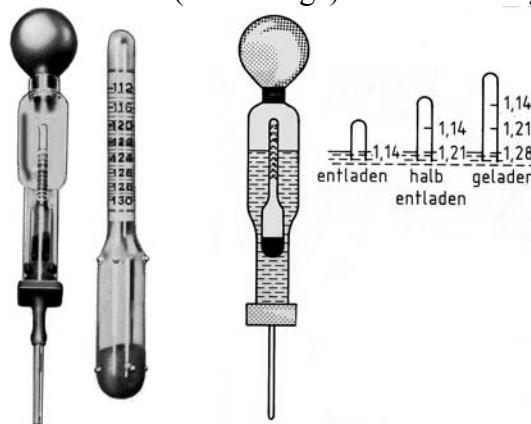


Abb. 9.14: Hebersäuremesser, Aräometer

Dabei muss auf die Säuredichteangaben des Herstellers geachtet werden. Bei dicht verschlossenen Akkumulatoren kann der Ladezustand nur ungefähr durch Spannungsmessung bei Belastung festgestellt werden.

Richtwerte für Säuredichte sind:

- Ortsfeste Batterien: entladen 1,14 kg/dm³, geladen 1,20 kg/dm³
- Fahrzeugbatterien: entladen 1,12 bis 1,13 kg/dm³; geladen 1,26 bis 1,28 kg/dm³

Die Spannung darf beim Entladen nicht unter 1,8 V pro Zelle sinken. Der Ladezustand kann auch mit einem Spannungsprüfer beurteilt werden. Die Messung muss bei Belastung erfolgen. Es gibt hierzu Spannungsprüfer, die zwischen den Messschneiden erforderlichen Belastungswiderstand enthalten. Er sollte der Kapazität angepasst sein.

Einfüllen von Säure

Es darf nur reinste Schwefelsäure verwendet werden, die mit keinem Metall in Berührung gekommen ist. Beim Abfüllen ist eine Schutzbrille zu tragen. Zum Verdünnen muss Säure immer in Wasser geschüttet werden, nie umgekehrt. Die Säure spritzt sonst aus dem Gefäß heraus.

Lagerung des Bleiakkumulators

Der Bleisammler kann in der Regel nur in trockenem, aufgeladenem (werksfrischem) Zustand gelagert werden, dann allerdings unbegrenzt. Ist er einmal mit Säure befüllt worden, muss das gesamte Wartungsprogramm beachtet werden. Eine Wiederentleerung und anschließende Lagerung ist nicht empfehlenswert. Bei der erstmaligen Füllung des werksneuen Akkus ist die vom Werk angegebene Säuredichte zu beachten; in der Regel sind dies 1,28 kg/dm³.

Lebensdauer

Fahrzeugbatterien haben eine Lebensdauer von 2 bis 5 Jahren. Stationäre Batterien können bei sorgfältiger Pflege eine Lebensdauer von 20 und mehr Jahren erreichen. Entscheidend für die Lebensdauer ist die Reinheit der verwendeten Säure.

Aufladungen und Entladungen : „+ Platten“: 1000 1500 mal
„- Platten“: 1500 3000 mal.

Temperaturverhalten des Bleisammlers

Die obere zulässige Grenze liegt bei ca. + 55 °C. Besonders empfindlich sind Bleisammler gegen tiefe Temperaturen. Der innere Widerstand nimmt dabei zu, und bei Stromentnahme bricht die Klemmspannung zusammen (z. B. Autobatterien im Winter).

Gefrierschwelle: geladen - 60 °C ; ½ geladen - 23 °C; entladen - 9 °C.

Bauformen des Stahllakkumulators

Man unterscheidet Sammler mit Taschen- und Röhrenchellen. Die aktive Masse ist hier in schwammiger Form eingepresst. Es gibt auch gesinterte Elektroden. Das Zellengefäß besteht aus Metall (Nickellegierung) oder Kunststoff. Die Isolation der Platten erfolgt in gleicher Weise wie beim Bleisammler. Für Kleingeräte verwendet man oft gasdichte Nickel-Cadmium-Akkumulatoren. Damit das Zellengehäuse bei der Ladung durch die entstehenden Gase nicht gesprengt wird, müssen diese chemisch gebunden werden. Zu diesem Zweck wird die negative Elektrode überbemessen. Trotzdem empfiehlt es sich, ein Ladegerät mit elektronischer Ladestrombegrenzung zu verwenden.

Wartung des Stahllakkumulators

Der Stahlsammler ist recht unempfindlich und nimmt eine raue Behandlung nicht übel. Die Selbstentladung ist gering, und auch bei tiefen Temperaturen ist die Kapazität noch ausreichend

groß. Der Stahllakkumulator sollte jedoch in geladenem Zustand aufbewahrt und der Elektrolyt alle zwei Jahre erneuert werden (Kalilauge $1,2 \text{ kg/dm}^3$).

Vorsicht beim Einfüllen des Elektrolyten; Schutzbrille tragen! Laugenspritzer können das Augenlicht zerstören.

Die Ladung des Nickel-Eisen-Sammlers sollte mit elektronischer Ladestrombegrenzung durchgeführt werden, da Überspannungen zur Beschädigung führen können. Der Stahlsammler ist wesentlich robuster als der Bleisammler. Er arbeitet auch bei niederen Temperaturen noch einwandfrei und kann auch längere Zeit entladen stehen. Seine Masse ist wesentlich geringer als die eines Bleiakkus gleicher Kapazität. Von Nachteil ist allerdings der hohe Preis (Nickel).

Silber-Zink-Akkumulatoren

Ausführung für Spezialzwecke, z. B. Satelliten, und als Kleinstakku für elektronische Geräte. Die Zellen sind in der Regel gasdicht, so dass eine Wartung entfällt. Es darf nur mit elektronischer Ladestrombegrenzung aufgeladen werden. Als Lebensdauer werden bis zu 20.000 Lade- / Entladefolgen angegeben.

Systemvergleiche

Entscheidend für die Anwendung eines bestimmten Elementetyps sind die entnehmbare Leistung sowie der Energieinhalt. Beide sollen auf die Masse (das Gewicht) bezogen möglichst groß sein. Die Entwicklung zielt auf wiederaufladbare oder regenerierbare Elementsysteme hin. Große Hoffnung setzt man dabei auf die Elemente Natrium, Aluminium und Lithium sowie die Brennstoffzellen.

9.3 USV-Anlage

USV-Anlage = Unterbrechungslose Stromversorgung

Bei Ausfall des Netzes übernimmt die Batterie über den Wechselrichter unterbrechungslos die Stromversorgung des Verbrauchers für eine bestimmte Zeit. Im Normalbetrieb (Netzbetrieb) wird der Verbraucher über die Gleichstromquelle und den Wechselrichter betrieben. Die Gleichstromquelle sorgt auch für die ständige Ladung der Batterie (Abb. 9.15). Es gilt:

$$\begin{aligned} I_G &= I_V + I_B & (\text{Netzbetrieb}) \\ I_V &= I_B & (\text{Netzausfall}) \end{aligned}$$

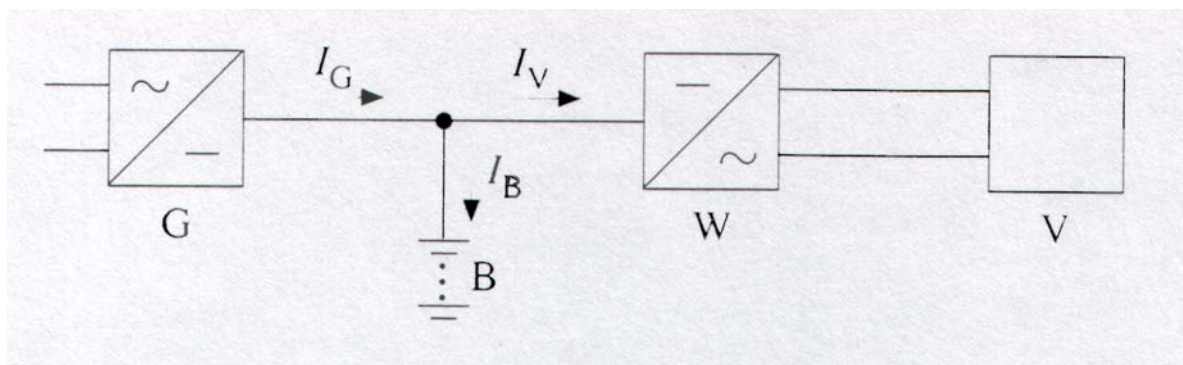


Abb. 9.15: USV-Anlage

9.4 Notstromaggregat

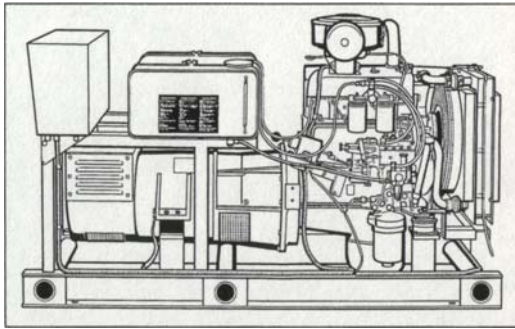


Abb. 9.16: Stromerzeuger 30 kVA Drehstromleistung mit Vier-Zylinder-Dieselmotor; Einsatz stationär und mobil

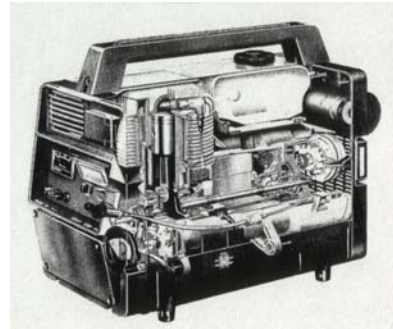


Abb. 9.17: Kompaktstromerzeuger 700 W Wechselstromleistung

Auswahl

Bei der Auswahl des Aggregates sind Art, Leistung und die Betriebsweise der Verbrauchsgeräte zu berücksichtigen, z. B. mögliche Lastströme, Anlaufströme von Motoren, Oberschwingungsströme, Blindleistungsbedarf, Schiefast.

Aufstellung

Die Aufstellung von Notstromaggregaten in feuergefährdeten Räumen ist nicht statthaft. Mobile Notstromaggregate ohne geerdeten Sternpunkt sind ausschließlich für den Betrieb im IT-System oder für die Schutzmaßnahme „Schutztrennung“ geeignet. An diese Aggregate sollten elektrische Verbrauchsgeräte nur direkt angeschlossen werden. Mobile Notstromaggregate mit geerdetem Sternpunkt dürfen unter Beachtung der angewendeten Schutzmaßnahmen in eine Installationsanlage einspeisen. Auf richtiges Drehfeld ist zu achten. Wenn für mobile Notstromaggregate ein fester Anschlusspunkt vorgesehen ist, sollte auch die erforderliche Erdungsanlage fest installiert werden. Als bewegliche Leitungen für den Anschluss von mobilen Notstromaggregaten müssen bei Nennquerschnitten bis 6 mm² Cu mindestens Leitungen NSSHÖU nach DIN VDE 0250, bei Nennquerschnitten über 6 mm² Cu mindestens Leitungen HO/RN-F nach DIN VDE 0282 oder gleichwertige verwendet werden.

Nach der Umschaltung von der allgemeinen Stromversorgung auf das Notstromaggregat und zurück können Gefahren entstehen, wenn keine einwandfreie Trennung zwischen der vom Notstromaggregat versorgten Installationsanlagen und dem EVU-Netz vorgenommen wird. Möglichkeiten der Rückspeisung in das EVU-Netz oder der Potentialanhebung des Neutralleiters (N) bzw. des PEN-Leiters des EVU-Netzes sind auszuschließen.

Vorschriftsmäßiger Anschluss eines Notstromaggregates über Stecker

Frage:

An einem Pumpwerk soll eine Ersatzenergieversorgung installiert werden. Im Fall eines Stromausfalls soll das Pumpwerk über ein Notstromaggregat versorgt werden. Der Generator soll nicht fest in die Elektroinstallation integriert werden, sondern im Bedarfsfall über eine Steckvorrichtung die Einspeisung ermöglichen. Wie muss ein normgerechter Anschluss erfolgen?

Antwort:

Für den Anschluss von nicht dauerhaft errichteten „Notstromaggregaten“ (Stromerzeugungsanlagen), in die fest (dauerhaft) installierte elektrische Anlage ist in verschiedenen Normen folgendes festgelegt:

„Niederspannungs-Stromerzeugungsanlagen“ sind zwar Anforderungen für „nicht dauerhaft errichtete Stromerzeugungsanlage“ enthalten, aber nur für „nicht dauerhaft installierte Anlage“ d. h. für elektrische Anlagen an Baustellen. Eine Aussage zum Anschluss eines Notstromaggregates über Stecker parallel zur öffentlichen Stromversorgung oder als Versorgungsalternative zur öffentlichen

Stromversorgung gibt es zur Zeit nur in der VDEW-Richtlinie Notstromaggregate, 3. Ausgabe 1996.

Dort ist unter anderem folgendes festgelegt:

- Ein fester Anschluss des Notstromaggregates ist zu bevorzugen.
- Mobile Notstromaggregate ohne geerdeten Sternpunkt sind ausschließlich für den Betrieb in IT-Systemen oder für die Schutzmaßnahme Schutztrennung geeignet.
- Mobile Notstromaggregate mit geerdetem Sternpunkt dürfen unter Beachtung der angewendeten Schutzmaßnahmen in eine Installationsanlage (fest installierte elektrische Anlage) einspeisen.
- Bei der Umschaltung der Kundenanlage vom EVU-Netz auf das Notstromaggregat muss eine zwangsläufige allpolige Trennung (Trennung aller Außenleiter und des Neutralleiters) vom EVU-Netz vorgenommen werden.

Daraus ergibt sich, dass für den Anschluss des in der Anfrage angeführten Notstromaggregates über Stecker folgende Punkte zu beachten sind:

- Das Notstromaggregat muss ein Drehstromgenerator mit herausgeführtem Sternpunkt sein.
- In der vorhandenen elektrischen Anlage muss eine Anlagenerdung (z. B. Fundamenterder) vorhanden sein, was üblicherweise gegeben sein dürfte, da in den technischen Anschluss-Bedingungen der EVUs ein Anlagenerder, anders als in den VDE-Bestimmungen, in allen Systemen nach Art der Erdverbindung gefordert wird. Mit diesem Anlagenerder muss der Sternpunkt bzw. der PEN-Leiter des Notstromgenerators, vor der Aufteilung des PEN-Leiters in Schutzleiter und Neutralleiter, verbunden werden.
- Zwischen Einspeise-Steckvorrichtung (Stecker in der festen Installation, Kupplung am Notstromgenerator, damit bei laufendem Generator keine spannungsführenden Teile berührt werden können) in der festen Installation und Anlagenteilen, die durch den Notstromgenerator gespeist werden sollen, muss eine allpolige Umschalteneinrichtung (für Außenleiter und Neutralleiter) fest installiert werden.
- Da durch den Notstromgenerator üblicherweise der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung, wegen des meist geringeren Kurzschlussstromes der Notstromaggregate, mit Überstrom-Schutzeinrichtung meist nicht erreicht werden kann, müssen entweder in der festen elektrischen Anlage RCDs vorhanden sein oder, wie in DIN 14685 aus dem Jahre 1996 für „Tragbare Stromerzeuger“, zwischen 5 kVA und 8 kVA gefordert, am Notstromaggregat selbst. Hierbei ist die RCD so auszuwählen, dass der Erdungswiderstand des vorhandenen elektrischen Anlagenerders ausreichend ist. Außerdem ist der Schutz bei Kurzschluss und Überlast für die zu versorgenden Stromkreise in der vorhandenen elektrischen Anlage zu überprüfen.

9.5 Testfragen

Galvanische Elemente (Primärelemente)

Was versteht man unter einem galvanischen Element ?

Was versteht man bei einem galvanischen Element unter Polarisation?

Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines galvanischen Elements.

Welche Aufgabe hat der Depolarisator in einem galvanischen Element?

Wovon ist die Höhe der erzeugten Spannung bei einem galvanischen Element abhängig?

Erklären Sie den Begriff Spannungsreihe.

Akkumulatoren (Sekundärelemente)

Welcher Unterschied besteht zwischen Primärelementen und Sekundärelementen?

Was versteht man unter Akkumulatorenatterie?

In welchem Fall werden Akkumulatorenbatterien verwendet?

Erklären Sie den Begriff „Kapazität“ eines Akkumulators.

Welche beiden Arten von Akkumulatoren unterscheidet man nach dem verwendeten Plattenwerkstoff?

Bleiakkumulatoren

Worauf ist beim Laden eines Bleiakkumulators zu achten?

Welcher Richtwert gilt für den Ladestrom eines Bleiakkumulators?

Welche Möglichkeiten gibt es, um den Ladezustand eines Bleiakkumulators zu prüfen?

Mit welchem Messgerät wird die Säuredichte eines Bleiakkumulators gemessen?

Wie hoch ist die Säuredichte eines Bleiakkumulators a) im geladenen, b) im entladenen Zustand?

Woran erkennt man, ob der Ladevorgang eines Bleiakkumulators beendet ist ?

Was versteht man unter dem Gasen eines Bleiakkumulators?

Welche Ladearten unterscheidet man bei Akkumulatoren?

Was versteht man unter Normalladen eines Bleiakkumulators?

Was versteht man unter Pufferladung?

Warum muss ein Bleiakkumulator etwa alle 8 Wochen nachgeladen werden, auch wenn er nicht in Betrieb war?

Worauf ist bei der Wartung eines Bleiakkumulators zu achten?

Warum darf beim Bleiakkumulator zum Nachfüllen nur gereinigtes oder destilliertes Wasser verwendet werden?

Stahlakkumulatoren

Welche zwei Arten unterscheidet man bei Stahlakkumulatoren?

9.6 Übung

Überprüfen eines Bleiakkumulators

Bevor eine Anlage die zur Notstromversorgung oder als Starterbatterie dient außer Betrieb genommen wird, muss sichergestellt sein, dass diese während der Überprüfung nicht benötigt wird, oder eine andere Stromversorgung den Betrieb gewährleistet

Ist dieses geschehen wird die nötige Sicherheitskleidung (säurefeste Handschuhe und Kittel) Gesichtsschutz (Brille) angelegt.

Prüfen der Dichte mit Säureheber

Messen der Zellenspannung mit einem Multimeter

Überprüfen der Pole auf Korrosion

Werden hier Fehler festgestellt muss der Akku ausgebaut werden

Richtiges Ab- und Anklemmen einer Batterie:

Zuerst wird der Minuspol von der Batterie abgeklemmt, danach der Pluspol. Eventuell muss der Pluspol isoliert werden.

Das Anklemmen geschieht in umgekehrter Reihenfolge.

10. Beleuchtungsmittel

10.1 Leuchten

Leuchten sind Geräte, die der Verteilung, Lenkung, Streuung und Filterung des Lichtes dienen. Sie schützen die Lichtquellen, die Lampen und deren elektrische Anschlüsse gegen äußere Einflüsse, wie Luftfeuchtigkeit, Wasser und Staub. Sie sollen eine dem Verwendungszweck des Raumes angepasste Beleuchtung erzeugen und haben die Aufgabe, die architektonische Wirkung des Raumes zu verbessern, zumindest aber nicht zu stören. In Wohnräumen sollen sie eine angenehme, entspannende Atmosphäre schaffen.

10.2 Notleuchten

Notleuchten dienen der Sicherheit des Menschen. Sie sorgen bei Ausfall der Stromversorgung für die allgemeine künstliche Beleuchtung. Notbeleuchtung wird je nach Einsatzbereich unterschiedlich definiert. Sie unterscheidet sich in Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege, Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung, Antipanikbeleuchtung und Ersatzbeleuchtung.

Notleuchten teilen sich nach Art der Stromversorgung in zwei große Gruppen:

1. Notleuchten für zentrale Notstromversorgung sind Leuchten, die bei Netzausfall aus einer Zentralbatterie, einer Gruppenbatterie oder von einem Stromerzeugungsaggregat gespeist werden.
2. Notleuchten mit Einzelbatterien sind Leuchten mit integrierten Batterien, die durch Sicherheitselektronik gesteuert werden und die bei Netzausfall die Versorgung der Lampen sicherstellen. Der Einsatz dieser Notleuchten erfordert keinen Installationsaufwand für einen Endstromkreis.

10.3 Lampen

Lampen sind die eigentlichen Lichtquellen in den Leuchten. Lampe und Leuchte müssen aufeinander abgestimmt sein. Man unterscheidet **Glühlampen** und **Gasentladungslampen**. Jede Lampe besteht aus einem Lichterzeugungssystem (Glühdraht oder Gasentladungsstrecke), dem Glaskörper und der Sockelung.



Abb. 10.1: Lampenarten (siehe Anhang)

10.4 Glühlampen

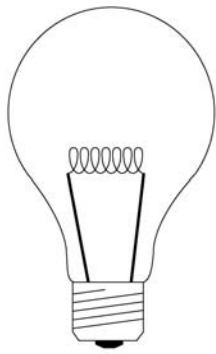


Abb. 10.2: Glühlampe

Die Glühlampe ist ein reiner Temperaturstrahler. Das Licht der Glühlampe entsteht mit Hilfe von elektrischem Strom, der einen feinen Wolframdraht in einem luftleeren Kolben zum Glühen bringt. Circa fünf Prozent der elektrischen Energie werden dabei in Licht umgewandelt. Der Rest wird als Wärme an die Umgebung abgegeben.

Die Helligkeit einer Glühlampe steigt mit der Temperatur des Leuchtfadens. Es werden sehr dünne Fäden aus Wolfram verwendet. Die Glühfadentemperaturen liegen zwischen 2200 °C und 3200 °C.

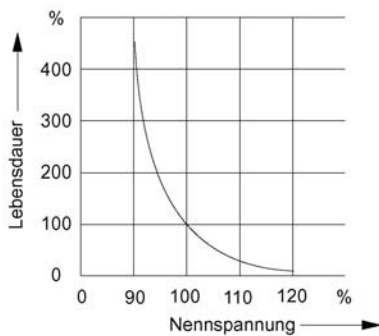


Abb. 10.3: Lebensdauer / Nennspannung

Der Leuchtfaden wird als Einfach- oder Doppelwendel in einen Glaskolben eingebracht. Damit der Leuchtfaden nicht oxydiert und dadurch durchbrennt, wird der Glaskolben mit den Gasen Stickstoff, Argon oder Krypton gefüllt. Die durchschnittliche Lebensdauer einer Glühlampe beträgt etwa 1000 Betriebsstunden. Glühlampen sind aber gegen Überspannungen sehr empfindlich. Bereits 5 % Überspannung erhöht zwar die Lichtausbeute um 20 %, erniedrigt aber die Lebensdauer der Lampen etwa auf die Hälfte. Zirka 5 % Unterspannung dagegen verdoppelt die Lebensdauer.

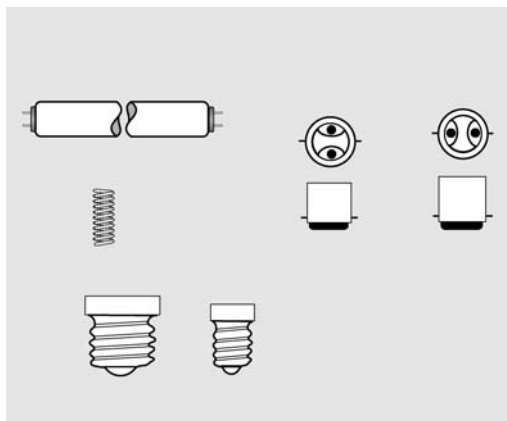


Abb. 10.4: Lampenfassungen

Die Fassungen der Glühlampen sind genormt. Man verwendet meist Schraubsockel (Edisonsockel), z. B. E 10, E 14, E 27, E 40.

Die Bezeichnung E 27 bedeutet, dass die Schraubfassung mit dem Elektrogewinde einen Außendurchmesser von 27 mm hat.

Lampen die Erschütterungen ausgesetzt sind, z. B. in Fahrzeugen, erhalten meist Bajonettsockel.

10.5 Leuchtstofflampen

Die Leuchtstofflampe ist eine Gasentladungslampe. Sie ist ein Lampentyp, der mit einer geringen Temperatur arbeitet. Die Temperatur muss sogar niedrig gehalten werden (bei etwa 25 °C – 45 °C), um maximale Lichtausbeute zu erreichen. Die Glasrohrinnenwand ist mit einem Leuchtstoff belegt, den ultraviolettes Licht zum Strahlen anregt. Als Leuchtstoffe werden Silikate, Wolframate und Phosphate verwendet. Die beiden Enden des Glasrohres sind durch je einen Glasfuß, der auch die Elektrode trägt, verschlossen. Als Elektroden werden Doppelwendeln aus Wolframdraht verwendet. Die Sockel sind aufgekittet. Um den Elektronenaustritt aus der Wendel zu erleichtern, beschichtet man diese mit einem Metalloxid, z. B. Bariumoxid. Die Wolframelektrode hat in einem kaltem Zustand einen Widerstand von etwa 1,5 Ω bis 10 Ω, der während der Vorheizung und beim Betrieb

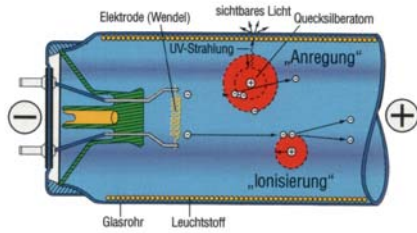


Abb. 10.5: Prinzip der Lichterzeugung
(siehe Anhang)

der Lampe bis auf das 7-fache ansteigt. Die Lampe ist mit Quecksilberdampf und einer geringen Menge Edelgas, z. B. Argon oder Krypton, gefüllt und gehört deshalb in den Sondermüll.

Wirkungsweise

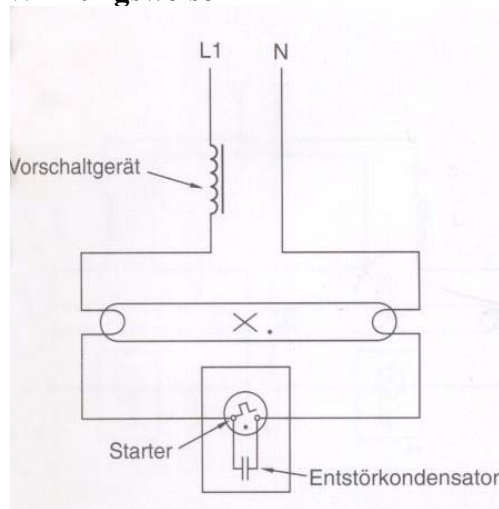


Abb. 10.6: Stromlaufplan

Zum Zünden der Lampe ist eine größere Spannung als die Nennspannung notwendig. Die Zündspannung wird durch ein Vorschaltgerät in Verbindung mit einem sogenannten Starter erzeugt. Im Betrieb dient das Vorschaltgerät zur Strombegrenzung.

Wird die Leuchtstofflampe eingeschaltet, fließt ein Strom über beide Lampenelektroden und den Starter. Der Starter ist eine kleine, mit Edelgas gefüllte Glimmlampe. Eine oder beide Elektroden des Starters bestehen aus Thermobimetall. Ab einer Spannung von etwa 160 V kommt eine Glimmentladung zustande. Die Glimmentladung erwärmt den Bimetallstreifen, der sich durchbiegt und den Stromkreis schließt. Jetzt fließt ein durch das Vorschaltgerät begrenzter Strom.

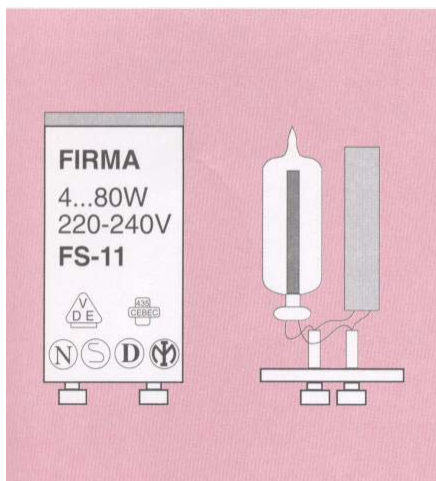


Abb. 10.7: Starter

Die Lampenelektroden werden vorgeheizt, Elektronen treten aus. Bei geschlossenen Kontakten hört die Glimmentladung auf und der Bimetallstreifen kühlt ab. Nach einiger Zeit öffnet der Starter. Diese Unterbrechung des Stromkreises hat durch die Induktionsspannung des Vorschaltgerätes einen Spannungsstoß mit einem Spitzenwert von etwa 1000 V zur Folge. Hat die Lampe gezündet, so wird am Vorschaltgerät ein so großer Spannungsfall hervorgerufen, dass eine Betriebsspannung von etwa 100 V an der Lampe liegt. Deshalb kann auch der Starter nicht wieder zünden. Zur Funkentstörung ist parallel zum Starter ein Kondensator geschaltet. Infolge der Induktivität des Vorschaltgerätes tritt beim Betrieb von Leuchtstofflampen eine Phasenverschiebung auf ($\cos \varphi \approx 0,4$). Der Leistungsfaktor kann durch Kompensation verbessert werden.

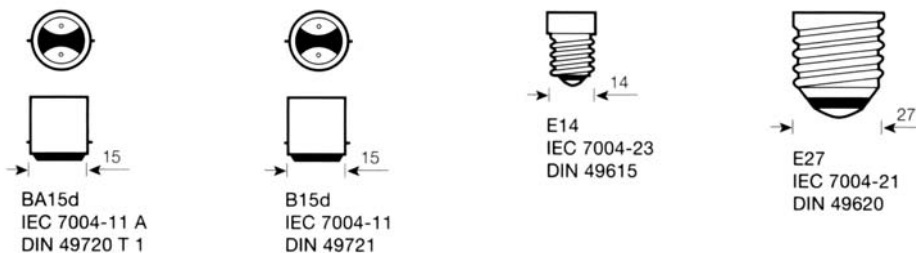


Abb. 10.8: Vorschaltgerät (siehe Anhang)

Stroboskopischer Effekt

Wird z. B. ein Rad mit vier Speichen mit einer Drehzahl von $1500 \text{ 1/min} = 25 \text{ 1/s}$ gedreht, so macht es in einer Hundertstel Sekunde eine Vierteldrehung. Bei einer Frequenz von 50 Hz wird das Rad aber nur eine hundertstel Sekunde beleuchtet, dazwischen erlischt das Licht einer einzeln geschalteten Leuchtstofflampe. So entsteht der Eindruck, das Rad stehe still. Diese Erscheinung nennt man stroboskopischen Effekt. Er lässt sich durch schaltungstechnische Maßnahmen (Verteilen der Lampe auf die drei Außenleiter eines Drehstromnetzes, Verwendung der Duo-Schaltung oder abwechselnd induktive und kapazitive Schaltung) vermindern.

10.6 Sockel



- B = Bajonettsockel, die Zahl gibt den äußeren Durchmesser an
 s = bedeutet ein Bodenkontakt (nicht abgebildet),
 d = zwei Bodenkontakte
 E = Edison-Schraubsockel, die Zahl gibt den äußeren Durchmesser an
- Abb. 10.9: Gebräuchliche Lampensockel

10.7 Natriumdampf-Niederdrucklampe

Natriumdampflampen gibt es in Niederdruck- und Hochdruckausführung. Die Natriumdampf-Niederdrucklampe besteht aus einem u-förmig gebogenen Entladungsgefäß, das neben Neon Natriumdampf enthält. Natrium-Niederdrucklampen werden für Leistungen von 18 W bis 180 W hergestellt. Sie haben eine sehr hohe Lichtausbeute (bis 183 Lm/W). Ihre mittlere Lebensdauer beträgt 5000 – 7500 Stunden. Als Vorschaltgerät dient ein Streufeldtrafo. Er erzeugt die erforderliche Leerlaufspannung von 480 V bis 660 V. Die Anlaufzeit der Lampe liegt bei ca. 10 bis 15 Minuten. Die Farbe des erzeugten Lichtes ist intensiv gelb.



Abb. 10.10: Natrium-Niederdrucklampe (siehe Anhang)

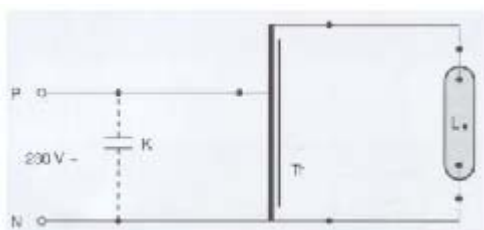


Abb. 10.11: Stromlaufplan

Bei diesem Licht lassen sich nur gelbe Körperfarben, nicht aber rot, blau und grün erkennen. Natriumdampflampen eignen sich besonders zur Beleuchtung von Außenanlagen, wie Fußgängerüberwegen und Straßenkreuzungen, weil das gelbe Licht Nebel und Dunst gut durchdringt.

10.8 Hochdruck-Entladungslampen

Hochdruck-Entladungslampen unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise deutlich von Glühlampen. Sie zeichnen sich durch eine sehr wirtschaftliche Arbeitsweise aus. Sie liefern extrem große Lichtmengen auf kleinstem Raum. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Hochdruck-Entladungslampen überall dort eingesetzt:

- wo es auf Präsentation von Waren und Gegenständen ankommt;
- wo Lichtmenge und Lebensdauer von Bedeutung sind, wie Industriehallen, Stadien und in der Straßenbeleuchtung;
- in der Pflanzenbeleuchtung.

10.9 Natriumdampf-Hochdrucklampe

Natriumdampf-Hochdrucklampen schaffen die höchste Lichtausbeute unter allen Hochdruck-Entladungslampen, bis zu 150 Lm/W. Ihre wichtigsten Vorteile sind: extrem hohe Lichtausbeute, extrem lange Lebensdauer (6000 Stunden). Sie werden für Leistungen von 50 W bis 1000 W gebaut. Zum Zünden wird ein Zündgerät gebraucht und es dauert einige Minuten bis sie den vollen Lichtstrom abgibt.



Abb. 10.12: Natrium-Hochdrucklampe (siehe Anhang)

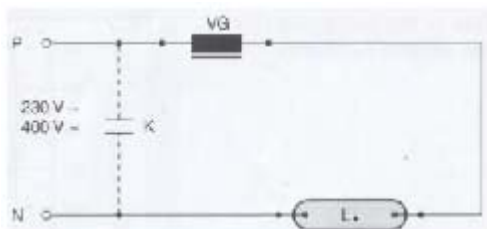


Abb. 10.13: Stromlaufplan

Nach dem Abschalten lässt sich die Lampe nicht sofort wieder zünden. Sie braucht einige Zeit zum Abkühlen, bis der Natriumdampfdruck soweit abgesunken ist, dass die Versorgungsspannung zur Zündung ausreicht.

10.10 Quecksilberdampf-Hochdrucklampe (HQL)

Die Quecksilberdampf Lampe hat einen elipsenförmigen Kolben. Im Kolben befindet sich ein Entladungsrohr aus Quarz mit zwei Hauptelektroden. Das Entladungsrohr enthält Quecksilberdampf. Die Quecksilberdampf-Hochdrucklampe benötigt kein Zündgerät. Die Zündung erfolgt mit Hilfe von zwei Zündelektroden direkt an 220 V. Die Lampe benötigt jedoch ein Vorschaltgerät, um den Strom zu begrenzen. Die HQL Lampe benötigt neben Quecksilber als Füllgas, Argon als Grundgas, für den Aufbau der Entladung. Durch die Entladungswärme des Argons verdampft Quecksilber und liefert innerhalb von 3 – 5 Minuten den vollen Lichtstrom. Wird der Strom der Lampe länger als 10 ms unterbrochen, erlischt

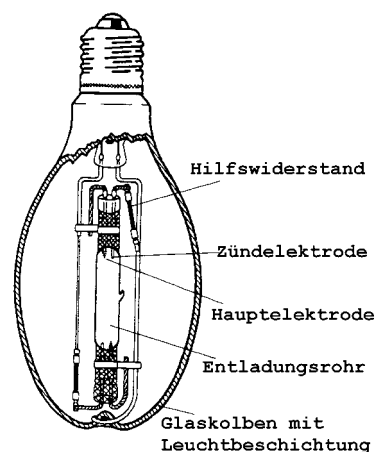


Abb. 10.14: Quecksilberdampf-Hochdrucklampe

die Lampe. Sie zündet erst wieder nach ca. 5 – 15 Minuten. Das Licht der Lampe ist ohne Leuchtstoff bläulich-weiß. Durch Auftragen eines Leuchtstoffes auf der Innenseite des Glaskolbens erhält man eine Verbesserung der Lichtfarbe.

10.11 Halogen-Metall dampflampe

Halogen-Metall dampflampen sind eine Weiterentwicklung der Quecksilber-Hochdrucklampen. Durch die Zugabe von Metallen und Jodiden ist die Farbe und Lichtausbeute der Halogen-Metall dampflampe wesentlich verbessert worden. Der Wert der Lichtausbeute beträgt ca. 95 Lm/W.

Die Farbwiedergabeeigenschaften genügen höchsten Ansprüchen. Die Versorgungsspannung soll bei diesen Lampen nicht mehr als $\pm 5\%$ schwanken.

Bei größeren Abweichungen kann sich die Lebens-

dauer und die Lichtfarbe ändern. Die Einbrennzeit beträgt 3 – 5 Minuten.



Abb. 10.15: Halogen-Metall dampflampe (siehe Anhang)

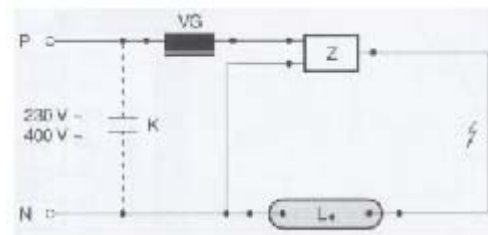


Abb. 10.16: Stromlaufplan Halogen-Metall dampflampe

10.12 Sicherheit beim Hochdruck-Entladungslampenbetrieb

Wegen der UV-Strahlung und des Betriebsüberdrucks dürfen Hochdruck-Entladungslampen nur in die dafür vorgesehenen vollständig geschlossenen Leuchten betrieben werden. Da ein Zerspringen der Lampenkolben nicht vollkommen ausgeschlossen werden kann, müssen Leuchten für die oben genannten Lampen mit einer temperaturwechselbeständigen und bruch sicheren Abdeckscheibe ausgestattet sein. Einzige Ausnahme ist, wenn die Lampen explizit für Betrieb in offenen Leuchten zugelassen sind. Der Betrieb von Lampen, die einen beschädigten Außenkolben aufweisen, ist gefährlich und unzulässig. Am Lebensende der Lampen können Gleichrichtereffekte auftreten, die zur Überhitzung des Vorschaltgeräts durch Gleichstrom führen können. Deshalb sind hier Thermoschutzschalter vorzusehen. Schaltungen, die Resonanzeffekte verursachen können, sind generell zu vermeiden. Am Ende der Lebensdauer sind die Lampen zügig zu wechseln, die durch eines der folgenden Kennzeichen auffallen: Farbveränderung, Helligkeitsverlust, keine Zündung mehr, periodisches Zünden und Verlöschen.

10.13 Bestimmungen für Leuchten und Beleuchtungsanlagen **(VDE 0100 Teil 559)**

Kennzeichen für Leuchten und Vorschaltgeräte:

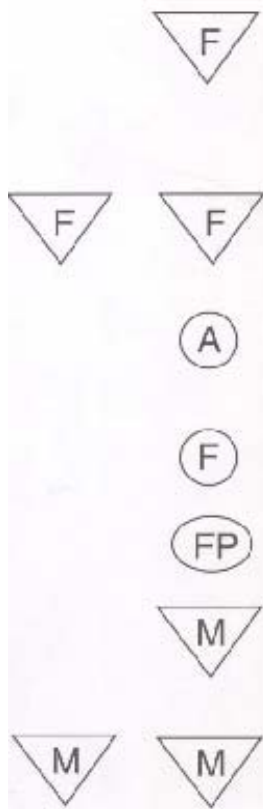


Abb. 10.17: Kennzeichen

gekennzeichnete Leuchtstofflampenleuchten sind für die direkte Anbringung auf brennbaren Baustoffen geeignet. Die Leuchte ist so konstruiert, dass selbst im Fehlerfall der Leuchte durch sie kein Brand entstehen kann.

gekennzeichnete Leuchten sind geeignet für staub- und faserstoffgefährdete Betriebsstätten.

gekennzeichnete Drosselpulen sind so gebaut, dass sie auch außerhalb von Leuchten ohne Gehäuse montiert werden können.

gekennzeichnete Kondensatoren sind flammsicher.

gekennzeichnete Kondensatoren sind flamm- und platzsicher

gekennzeichnete Leuchten gelten als Möbelleuchten und sind für direkte Montage selbst auf kunststoffbeschichteten Möbeln geeignet.

gekennzeichnete Leuchten können auf Materialien mit unbekannten Entflammungseigenschaften montiert werden.

10.14 Leuchtdioden

Leuchtdioden (LED) sind Halbleiterdioden, die Licht abstrahlen. Sie bestehen aus einem Halbleiterkristall mit PN-Übergang. Als Halbleiterwerkstoff verwendet man Galliumarsenid (GaAs),

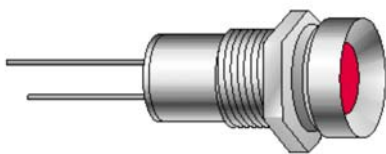
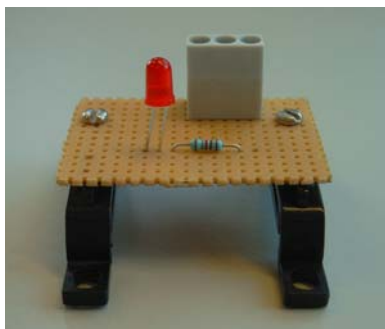


Abb. 10.18: Leuchtdiode (siehe Anhang)

Galliumphosphid (GaP) oder Gallium-Arsenidphosphid (GaASP), je nach der Lichtfarbe, welche die Leuchtdiode abstrahlen soll.

Da die LED nur Licht eines begrenzten Wellenbereiches abstrahlen, erhalten sie ein Gehäuse aus farbigem Kunststoff, in den Farben grün, gelb, orange, rot und blau, der noch ein lichtstreuenden Stoff erhält.

LED's setzt man als Signal-, Anzeige- oder Überwachungslämpchen ein. Sie vertragen Vibrationen und Stöße, arbeiten fast trägheitslos, sehr zuverlässig und haben eine sehr hohe Lebensdauer. Da durch eine Leuchtdiode grundsätzlich nur ein begrenzter Strom fließen darf, werden sie in der Regel mit einem Vorwiderstand betrieben. Die erforderliche Höhe des Widerstandes richtet sich nach der Betriebsspannung, der Durchlassspannung und dem Durchlassstrom der LED.

Abb. 10.19: Leuchtdiode mit Widerstand
(siehe Anhang)

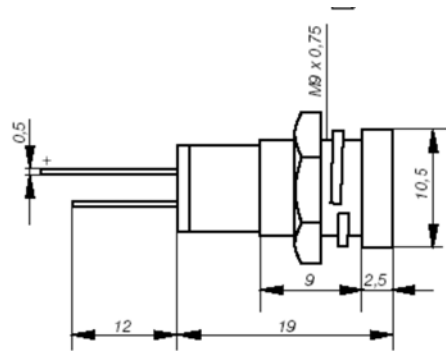


Abb. 10.20: Leuchtdiode, Abmessungen

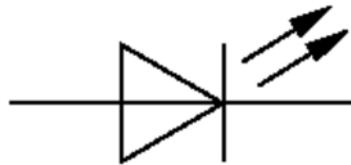


Abb. 10.21: Schaltzeichen für LED

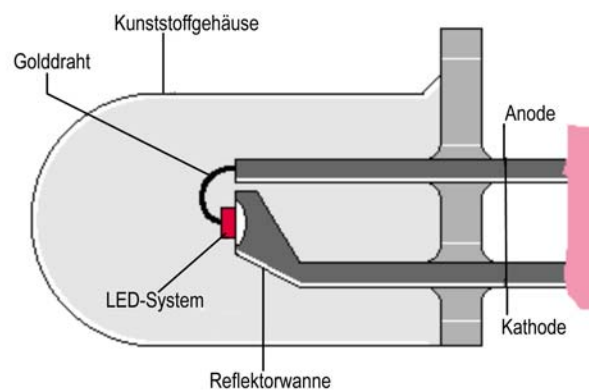


Abb. 10.22: Aufbau einer LED

10.15 Testfragen

1. Wie hoch ist die Lichtausbeute bei einer Glühlampe und wie hoch ist sie bei einer Leuchtstofflampe?
2. Erklären Sie den Stroboskopischen Effekt!
3. Zählen Sie verschiedene Sockeltypen für Glühlampen auf!
4. Welche Aufgabe hat der Starter bei der Leuchtstofflampe?
5. Welche Aufgabe hat die Drosselspule bei einer Leuchtstofflampe?
6. Was ist eine Leuchte?
7. Welche Aufgabe hat der Streufeldtrafo bei der Natrium-Niederdrucklampe?
8. Welches Gerät braucht man um eine Natriumdampf-Hochdrucklampe zum Leuchten zu bringen?
9. Womit müssen Leuchten für Hochdruckentladungslampen ausgestattet sein?
10. Wofür werden Leuchtdioden hauptsächlich eingesetzt?

10.16 Übung

Anfertigen einer Leuchtstofflampenschaltung

Erstellen Sie die gezeigte Leuchtstofflampenschaltung nach anliegendem Stromlaufplan, Installationsplan und Materialliste.

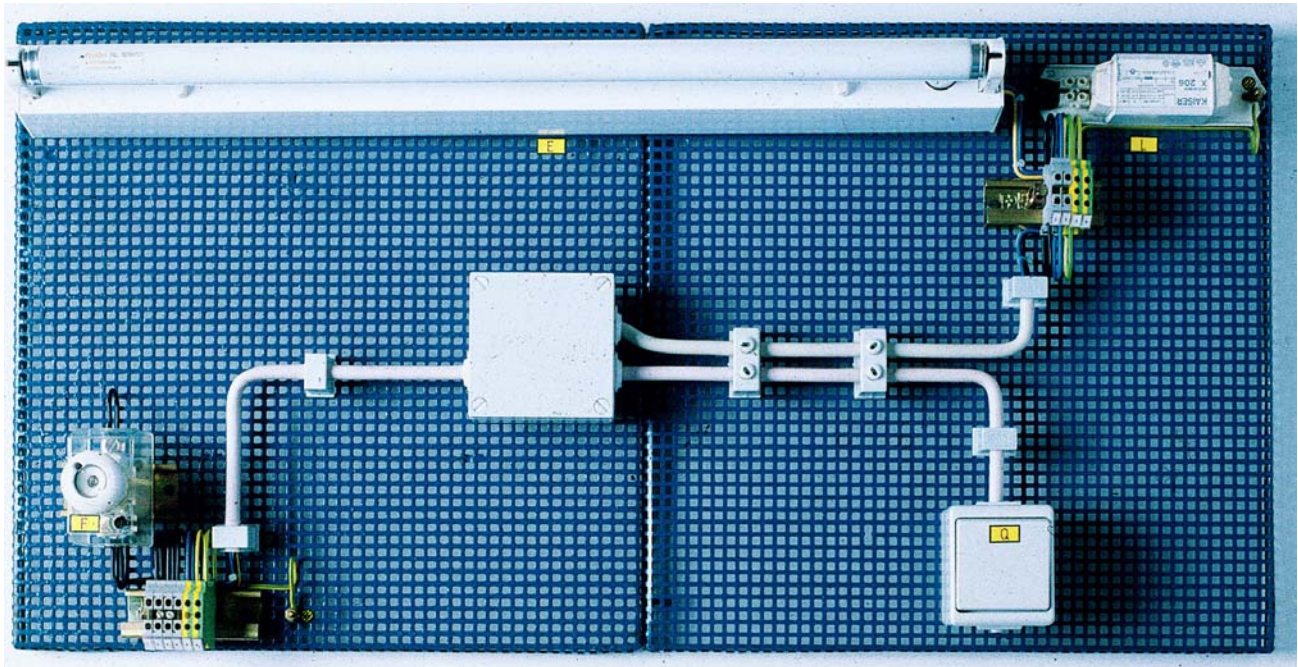


Abb. 10.23: Leuchtstofflampenschaltung (siehe Anhang)

Leuchtstofflampen – Schaltung

Lfd. Nr.	Vorgehensweise	Werkzeuge / Hilfsmittel	Arbeitssicherheit
1.	Alle Bauteile wie in der Zeichnung dargestellt, nach den vorgegebenen Massen aufbauen. (Leuchtstofflampe, Schalter, Abzweigdose, Klemmen, Vorschaltgerät, Klemmschellen, Sicherung)	Schraubendreher, Maßstab, Maulschlüssel	
2.	Die NYM – Leitung verlegen	Seitenschneider, Kabelmesser, Schraubendreher, Absetz-Zange	Kabelmesser nach Gebrauch schließen
3.	Die Leuchtstofflampe verdrahten	Seitenschneider, Kombizange, Schraubendreher, Absetz-Zange	Gefahr durch abspringende Leitungsstücke
4.	Die einzelnen Bauteile durch anschließen der Leitungen verbinden	Seitenschneider, Schraubendreher, Absetz-Zange	
5.	Die Verdrahtung überprüfen	Durchgangs-Prüfer	
6.	Inbetriebnahme der Schaltung		

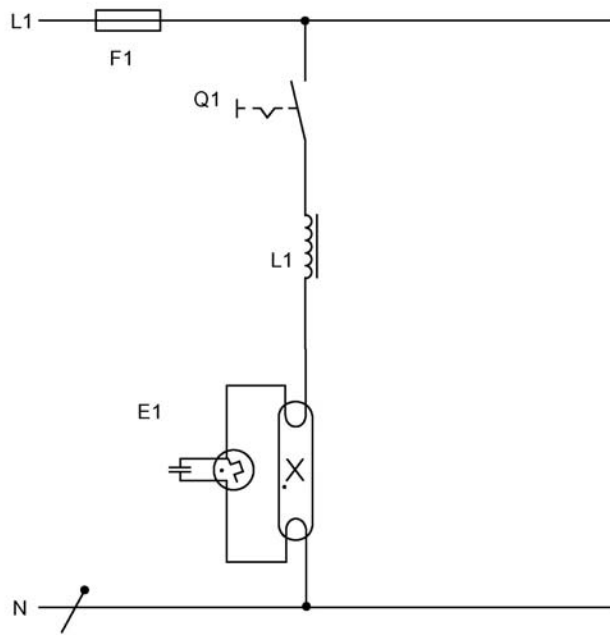


Abb. 10.24: Stromlaufplan

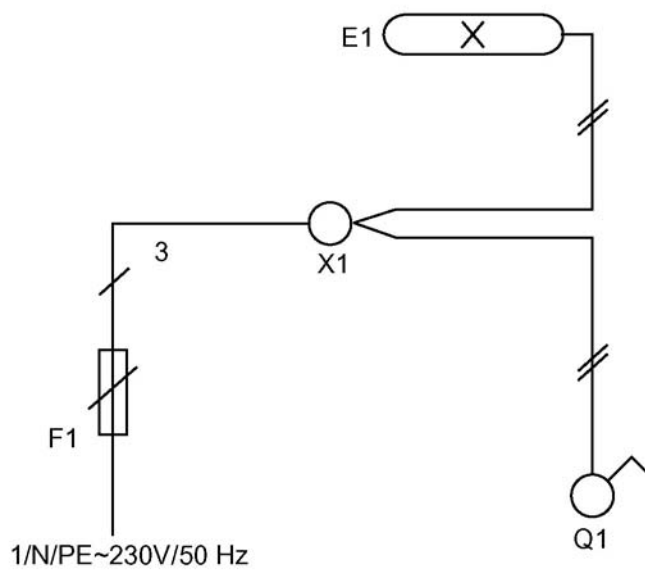


Abb. 10.25: Installationsplan

Materialliste:

lfd. Nr.	Anzahl	Material	Bemerkungen
1	1	Montageblech	400 x 400
2	2	Leuchtstofflampenfassung	(eine mit Starterfassung)
3	1	Vorschaltgerät	für 18 W L-Lampe
4	1	Reihenklemmleiste	komplett
5	1	Verteilerdose a. P.	
6	1	Ausschalter a. P.	
7	1	Sicherungselement	komplett
8	4	ISO-Druckschelle bis 16 mm	einfach
9	2	ISO-Druckschelle bis 16 mm	doppelt
10	1,5 m	Kunststoffmantelleitung	NYM-J3 x 1,5 mm ²
11	1,0 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm ² sw
12	0,3 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm ² gnge
13	1,0 m	Kunststoffaderleitung	H07V-U 1,5 mm ² bl
14	1	Einzelheit „Z“ nach Zeichnung	
15	1	Leuchte	18 W
16	1	Reihenklemmleiste	komplett
17	1	Leuchtstofflampe	z. B. L 18 / W 11
18	6	Kabelband	Insuluk

Abb. 10.26: Materialliste Leuchtstofflampenschaltung

11. WHG, Ex-Zonen

11.1 Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Die wissenschaftliche und technische Entwicklung und das damit verbundene Wirtschaftswachstum haben nicht nur zum Wohlstand unserer Gesellschaft beigetragen, sondern sie bringen auch erhebliche Risiken für die Menschen und die Umwelt mit sich.

Da zum Betrieb von abwassertechnischen Anlagen der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wie z.B. Schmier- / Hydrauliköle, Fette, Fällmittel usw. unumgänglich und der Betreiber für diese Anlagen verantwortlich ist, soll das Betriebspersonal über die nötigen Kenntnisse verfügen, die daraus resultierenden Gefahren einschätzen und die richtigen Schritte einleiten zu können.

Besonderem Schutz gilt dem Wasser, unserer natürlichen Lebensgrundlage!

Um diese Lebensgrundlage zu schützen, wurde das WHG verabschiedet. Es schreibt vor, wie wassergefährdende Stoffe gelagert, abgefüllt und transportiert werden müssen. Danach dürfen Stoffe nur so gelagert bzw. transportiert werden, dass eine Verunreinigung des Wassers ausgeschlossen ist. Es ist weiterhin zu beachten, dass beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (z. B. Benzin, Öl, Lösungsmittel, Fällmittel etc.) drei Rechtsgebiete berührt werden:

Wasserrecht, Baurecht, Gewerberecht.

In der Rechtssprechung spielt der Besorgnisgrundsatz eine herausragende Rolle. Er ist so zu verstehen, dass keine auch noch so wenig naheliegende Wahrscheinlichkeit der Verunreinigung des Wassers bestehen darf. Der Schadenseintritt muss nach menschlicher Erfahrung stets unwahrscheinlich sein!

Gemäß § 19 g Abs. 1 WHG werden die nachfolgend aufgeführten Anlagen diesem Besorgnisgrundsatz unterworfen:

- Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe
- Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen
- Rohrleitungsanlagen, die den Bereich eines Werksgeländes nicht überschreiten

Der Betreiber solcher Anlagen ist dafür verantwortlich, dass Tätigkeiten an diesen Anlagen nur von Fachbetrieben ausgeführt werden dürfen (z. B. Instandsetzung der Grenzwertgeber, der Überfüllsicherung oder des Leckanzeigerates).

Fachbetrieb ist nur, wer über die erforderlichen Geräte und Ausrüstungsteile sowie über das sachkundige Personal verfügt und berechtigt ist, das Gütezeichen einer baurechtlich anerkannten Überwachungs- oder Gütegemeinschaft zu führen oder einen Überwachungsvertrag mit einer technischen Überwachungsorganisation (z. B. TÜV) abgeschlossen hat.

11.2 Grundlagen des Explosionsschutzes

Explosionsfähige Atmosphäre

Eine explosionsfähige Atmosphäre besteht aus einem Gemisch von brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebel oder Stäuben mit Luft einschließlich üblicher Beimengungen von z. B. Feuchte. In der explosionsfähigen Atmosphäre pflanzt sich eine Reaktion nach erfolgter Zündung unter atmosphärischen Bedingungen selbständig fort. Atmosphärische Bedingungen sind zurzeit nur in der VDE 0165 (2/91) und in der ExRL konkretisiert.

Als atmosphärische Bedingungen gelten Gesamtdrucke von 0,8 bis 1,1 bar und Gemischtemperaturen von -20 °C bis + 60 °C. Auf dieser Festlegung basieren die europäischen Richtlinien sowie deren umsetzende Verordnungen.

Die Gefahr einer Explosion besteht, wenn außerdem folgende Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind:

- Der Anteil des brennbaren Stoffes ist so hoch, dass sich ein explosionsfähiges Gemisch bilden kann.
- Im gleichen Raum befindet sich eine Zündquelle, die das Gemisch entzünden kann.

Explosionsfähig ist ein Gemisch, wenn die Konzentration unter atmosphärischen Bedingungen innerhalb bestimmter stoffspezifischer Grenzen liegt. Die untere Explosionsgrenze nennt die Konzentration, bis zu der ein Gemisch noch nicht explosionsfähig ist. Die obere Explosionsgrenze bezeichnet die Konzentration, bis zu der das Gemisch explosionsfähig ist. Bei anderen als atmosphärischen Bedingungen ändern sich die Explosionsgrenzen. Mit zunehmendem Sauerstoffanteil nimmt z. B. die obere Explosionsgrenze zu.

Die Explosionsgrenzen werden in der Regel in Volumen-Prozent angegeben. Mit Volumen-Prozent (abgekürzt Vol.-%) ist der Volumenanteil des brennbaren Stoffes im Gemisch mit Luft gemeint. Für Wasserstoff beträgt die untere Explosionsgrenze 4,0 Vol.-%, die obere Explosionsgrenze 75,6 Vol.-%. In den sicherheitstechnischen Kennzahlen sind für die meisten bekannten Stoffe quantitative Aussagen über ihre Eigenschaften festgehalten.

Besteht bei der Entzündung eines explosionsfähigen Gemisches direkt oder indirekt eine Gefahr für Menschen, dann liegt eine **gefährliche explosionsfähige Atmosphäre** vor. Ob eine Atmosphäre gefährlich ist, lässt sich grob abschätzen. In geschlossenen Räumen, unabhängig von der Größe, sind 10 l explosionsfähige Atmosphäre bereits gefährlich. Bei kleineren Raumvolumen als 100 m³ gilt dies auch für kleinere Mengen.

Zündquellen

Zündquellen, die eine Explosion auslösen können, sind:

- **elektrische Funken und Lichtbögen**, z. B.
 - beim Öffnen und Schließen von Stromkreisen
 - beim Entladen aufgeladener Anlagenteile
 - an den Schaltstücken /-kontakten von Schaltgeräten
 - beim Zerstören von Leitungen und Kabeln
 - bei Kurzschluss, bei elektrischen Ausgleichsströmen
- **mechanisch erzeugte Funken**, durch Reib-, Schlag- und Schleifvorgänge
- **heiße Oberflächen** wie stromführende Leiter in Wicklungen von Motoren, Heizleiter, Lager, Wellendurchführungen
- **elektrostatische Aufladungen** als Folge von Trennvorgängen, an denen mindestens ein aufladbarer Stoff beteiligt ist, (Ablaufen von Folien über Walzen, Treibriemen, Be- und Entladevorgänge von Flüssigkeiten und pulverförmigen Stoffen).

Obwohl sie nicht so bedeutend sind, sollen hier noch folgende Zündquellen genannt werden:

- glühende Teilchen (Partikel)
- Flammen
- Verdichtung und Stoßwellen, z. B. durch zerbrechende Vakuumgefäße und Leuchtstofflampen
- Elektromagnetische Wellen im optischen Spektralbereich
- Ultraschall (führt zur Erwärmung)
- Strahlung
 - Hochfrequenz
 - radioaktive Strahlung
 - Röntgenstrahlung
- chemische Reaktion

Flammpunkt

Eine Explosionsgefahr kann auch entstehen, wenn eine brennbare Flüssigkeit an ihrer Oberfläche verdampft. Dabei kommt es zu einem Dampf-Luft-Gemisch, das unter bestimmten Bedingungen eine explosionsfähige Atmosphäre bildet.

Die Temperatur dafür muss den Flammpunkt der Flüssigkeit erreicht haben. Unter Flammpunkt wird bei einem Druck von 1013 hPa (normaler Luftdruck) die niedrigste Temperatur verstanden, bei der sich Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass sich über der Flüssigkeit ein entflammbares Gemisch bildet.

Brennbare Flüssigkeiten werden gemäß „Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten“ (TRbF) nach dem Flammpunkt in vier Gefahrenklassen eingeteilt:

Gefahrenklasse Flammpunkt gemäß Verordnung für brennbare Flüssigkeiten (VbF)

Gefahrenklasse Flammpunkt

AI	< 21 °C
AII	21 bis 55 °C
AIII	> 55 bis 100 °C
B	< 21 °C, bei 15 °C in Wasser löslich

Auch brennbare Stäube können bei einer gleichmäßig verteilten Schichtdicke von weniger als 1 mm und normalen Raumhöhen nach Aufwirbelung den gesamten Raum mit einem explosionsfähigen Staub-Luft-Gemisch vollständig ausfüllen.

Aktuelle Definition brennbarer Flüssigkeiten gemäß Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV):

entzündliche Flüssigkeiten	21 °C bis 55 °C
leichtentzündliche Flüssigkeiten	< 21 °C, Siedepunkt > 35 °C
hochentzündliche Flüssigkeiten	< 0 °C, Siedepunkt ≤ 35 °C

Entgegen der VbF erfolgt eine Einstufung nicht über den Flammpunkt und die Löslichkeit in Wasser, sondern über die Gefahrstoffverordnung.

Primärer und sekundärer Explosionsschutz

Die Vermeidung der Gefahr einer Explosion ist immer besser als jeglicher Schutz vor Explosionen. Eine Explosion lässt sich verhindern, wenn man das Entstehen einer explosionsfähigen Atmosphäre ausschließen kann. Maßnahmen mit diesem Ziel werden **Primärer Explosionsschutz** genannt und müssen vordringlich umgesetzt werden.

Vermeiden brennbarer Stoffe

Wann immer es möglich ist, sollten brennbare Stoffe durch solche ersetzt werden, die keine explosionsfähigen Gemische bilden können.

Beachtung des Flammpunktes

Hier unterscheidet man zwei Verfahren.

- **Heraufsetzung des Flammpunktes**
Hier muss der Flammpunkt einer brennbaren Flüssigkeit um mindestens 5 – 10 K über der Verarbeitungstemperatur oder der Raumtemperatur liegen. Bei wasserlöslichen, brennbaren Stoffen lässt sich dieses durch Beimengen von Wasser erreichen.
- **Heruntersetzen der Verarbeitungstemperatur**
Bei diesem Verfahren muss sichergestellt werden, dass die Verarbeitungstemperatur durch technische Maßnahmen (z. B. Kühlung) immer mindestens 5 – 10 K unterhalb des Flammpunktes verbleibt. Störungen, Stillstände, Leckagen und sonstige Einflussgrößen müssen jedoch sicher beherrscht werden.

Konzentrationsbegrenzung

Lässt sich die Konzentration eines Stoffes auf den Bereich unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze begrenzen, kann die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre verhindert werden.

Bei Gasen lässt sich dieses Ziel häufig verwirklichen. Schwierigkeiten entstehen, wenn Gas austritt oder der Zündbereich beim Anfahren oder Abstellen der Anlage durchfahren werden muss.

Bei flüssigen Stoffen hält man die Konzentration meist unterhalb der unteren Explosionsgrenze, da der obere Bereich einen sehr hohen Aufwand erfordert.

Bei Stäuben kommt diese Maßnahme nicht in Frage, da eine gleichmäßige Verteilung praktisch nicht zu erreichen ist.

Inertisierung

Ist der Sauerstoffanteil eines Gemisches kleiner als 10 Vol.-%, liegt in der Regel kein explosionsfähiges Gemisch vor. Um einen so geringen Anteil zu erreichen, werden dem Gemisch sogenannte gasförmige Inertstoffe wie Stickstoff, Kohlendioxid, Wasserdampf oder Halogen-Kohlen-Wasserstoff zugegeben, bis die gewünschte Konzentration erreicht wird.

Wenn das Verhältnis des Volumenanteils des Inertgases zu brennbarem Gas mindestens 25 : 1 beträgt, kann keine explosionsfähige Atmosphäre entstehen, unabhängig davon, welche Luftmenge zugemischt wird.

Lüftung

Durch Lüften lässt sich die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre verhindern oder einschränken. In Räumen oberhalb der Erdgleiche und ohne besondere Be- und Entlüftungsöffnungen erneuert sich die Luft durch natürliche Belüftung einmal pro Stunde. In Kellerräumen dauert der Luftaustausch dagegen bis zu 2,5 Stunden. Die Konzentration des Gemisches ist jedoch nur dann berechenbar, wenn die ausströmende Menge eines brennbaren Stoffes pro Zeiteinheit bekannt ist und eine gleichmäßige Durchmischung vorausgesetzt werden kann.

Die natürlichen Strömungsverhältnisse in einem Raum kann ein Fachmann für Lüftungsfragen beurteilen, der dann meist die technische Lüftung empfiehlt. Diese sorgt für den Austausch größerer Luftmengen und eine gezieltere Luftführung im Vergleich zur natürlichen Belüftung. Außerdem lässt sich die auftretende Konzentration mit wesentlich größerer Sicherheit bestimmen. Durch Störungen austretende Gaswolken können mit einer technischen Lüftung schnell auf unkritische Werte verdünnt werden. Die technische Lüftung hat aber den Nachteil, ständig gewartet und überwacht werden zu müssen. Außerdem muss Vorsorge für den Fall getroffen werden, dass die Anlage mit geringerer Leistung arbeitet oder ganz ausfällt.

Explosionsdruckfeste Bauweise

Die explosionsdruckfeste Bauweise ist eine konstruktive Maßnahme, die eine Explosion zwar nicht verhindert, aber deren Auswirkung auf ein unbedenkliches Maß einschränkt. Die Apparatur muss so gebaut sein, dass sie dem maximalen Explosionsdruck und im Extremfall sogar dem Detonationsdruck standhält. Bei Rohr- und auch bei langgestreckten Konstruktionen kann es schnell zur Detonation kommen. Wenn die druckfeste Bauweise dem erhöhten Druck nicht gewachsen ist, müssen wirksame Explosionsdruckentlastungen eingebaut werden.

Sekundärer Explosionsschutz

Nach Ausschöpfung aller Möglichkeiten des primären Explosionsschutzes kann es immer noch Bereiche geben, in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftritt. Diese Bereiche nennt man **explosionsgefährdete Bereiche**. Hier greift der sekundäre Explosionsschutz mit seinen Zündschutz-Maßnahmen, die Zündquellen unwirksam machen. Alle elektrischen Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche zählen zum sekundären Explosionsschutz.

Explosionsgefährdete Bereiche

Einteilung in Zonen (Ex-Zonen)

Explosionsgefährdete Bereiche werden in sechs Zonen eingeteilt. Die Einteilung richtet sich nach der Wahrscheinlichkeit, mit der eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftritt. Außerdem wird zwischen brennbaren Gasen, Dämpfen und Nebeln einerseits und brennbaren Stäuben andererseits unterschieden.

Brennbare Gase, Dämpfe und Nebel

- Zone 0 eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist **ständig** oder **langzeitig** vorhanden
- Zone 1 es ist damit zu rechnen, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre **gelegentlich** auftritt
- Zone 2 es ist damit zu rechnen, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur **selten** und dann auch **nur kurzzeitig** auftritt

Brennbare Stäube

- Zone 20 Bereiche, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre, die aus Staub-Luft-Gemischen besteht, **ständig, langzeitig oder häufig** vorhanden ist
- Zone 21 Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Staub-Luft-Gemischen **gelegentlich kurzzeitig** auftritt
- Zone 22 Bereiche, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch aufgewirbelten Staub auftritt, aber, wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur **selten** und während eines **kurzen Zeitraums**

Zone 0

Zur Zone 0 gehören hauptsächlich die Bereiche innerhalb geschlossener Behälter, Rohrleitungen und Apparaturen, in denen sich brennbare Flüssigkeiten befinden. Dabei liegt die Betriebstemperatur über dem Flammpunkt. Der explosionsgefährdete Bereich liegt dabei oberhalb des Flüssigkeitsspiegels, nicht innerhalb der Flüssigkeit. Die meisten Gase brennbarer Flüssigkeiten sind schwerer als Luft und breiten sich ähnlich wie Flüssigkeiten aus. Vertiefungen wie Gruben oder ein Pumpensumpf können diese explosionsfähigen Gase über längere Zeiträume beherbergen, so dass auch hier mit einer Zone 0 gerechnet werden muss.

Bei den **Betriebsmitteln für Zone 0** müssen Zündquellen auch noch bei selten auftretenden Betriebsstörungen explosionsschutzgeschützt sein. Deshalb müssen die Betriebsmittel folgenden Anspruch erfüllen:

Beim Versagen einer Zündschutzart oder bei gleichzeitigem Auftreten von zwei Fehlern muss noch ein ausreichender Explosionsschutz sichergestellt sein.

Den Baubestimmungen DIN EN 50284 (VDE 0170/0171/Teil 12-1) ist zu entnehmen, dass der erforderliche Explosionsschutz erzielt wird, wenn das Betriebsmittel

- in der Zündschutzart „ia“ nach EN 50 020 gebaut ist oder
- mindestens in einer Zündschutzart nach EN 50 015 bis EN 50 020 ausgeführt ist und der Schutzzumfang durch eine zweite unabhängige Schutzart erweitert wurde.

So wurden z. B. druckfeste Leuchten zusätzlich überdruckgekapselt oder eigensichere Betriebsmittel zusätzlich vergossen nach EN 50 028. Betriebsmittel für die Zone 0 müssen nach Richtlinie 94/9/EG der Kategorie 1G entsprechen.

In der Zone 0 ist die Gefahr der Zündung durch elektrostatische Aufladung besonders groß. Aus diesem Grunde sind in der maßgebenden Norm DIN EN 50284 sehr detaillierte, über die Anforderungen der DIN EN 50014 hinausgehende Anforderungen enthalten.

Zone 1

In der Zone 1 werden brennbare oder explosionsfähige Stoffe hergestellt, verarbeitet oder gelagert. Dazu zählen die Umgebung von Beschickungsöffnungen und der nähere Bereich von Füll- und Entleerungseinrichtungen, der nähere Bereich um zerbrechliche Apparaturen, Leitungen und um nicht ausreichend dichtende Stopfbuchsen an Pumpen und Schiebern. Es ist wahrscheinlich, dass während des normalen Betriebes eine zündfähige Konzentration auftritt. Zündquellen, die bei normalem, störungsfreiem Betrieb auftreten und solche, die üblicherweise bei Betriebsstörungen auftreten, müssen explosionssicher ausgeführt sein.

Betriebsmittel für die Zone 1 müssen nach Richtlinie 94/9/EG der Kategorie 2 G entsprechen.

Zone 2

Zur Zone 2 zählen weitere Bereiche um die Zonen 0 und 1 sowie Bereiche um Flanschverbindungen bei Rohrleitungen in geschlossenen Räumen. Außerdem kommen die Bereiche in Frage, in denen durch natürliche oder technische Lüftung die untere Explosionsgrenze nur in Ausnahmefällen erreicht wird, wie in der Umgebung von Anlagen im Freien. In Zone 2 werden brennbare oder explosionsfähige Stoffe hergestellt oder gelagert. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine zündfähige Konzentration auftritt, ist selten und dann auch nur für kurze Zeit gegeben. Zündquellen bei normalem, störungsfreiem Betrieb müssen explosionssicher ausgeführt sein. Zugelassen sind alle Betriebsmittel, die den Bestimmungen für Betriebsmittel der Zone 0 oder 1 genügen.

Die Betriebsmittel der Zone 2 müssen nach Richtlinie 94/9/EG der Kategorie 3 G entsprechen.

Zone 20

Betriebsmittel für die Zone 20 müssen speziell für diesen Einsatz, z. B. in Getreidesilos, zugelassen sein. Baubestimmungen für Betriebsmittel für diese Zone bei einem Schutz durch das umgebende Gehäuse sind in DIN EN 50281-1-1 enthalten. Weitere Normen, z. B. für Betriebsmittel in der Zündschutzart Eigensicherheit sind in Vorbereitung.

Betriebsmittel für die Zone 20 müssen nach Richtlinie 94/9/EG der Kategorie 1 D entsprechen.

Zone 21

Mühlen, Lagerhäuser für Kohle oder Getreide und die Umgebung von Abfüllstellen zählen unter anderem zur Zone 21. Hier können, z. B. durch gelegentlich an Öffnungen austretendem Staub, explosionsfähige Staubwolken entstehen. Oft werden bei der Beurteilung der Gefahr die Gefahren durch Staubablagerungen unterschätzt. Durch Glimmnestbildung, Schwelgasbildung, Schwelgasverpuffung und Aufwirbelung von Staub durch Glimmbrand können explosionsfähige Staub-Luft-Gemische entstehen.

Betriebsmittel für die Zone 21 müssen nach Richtlinie 94/9/EG der Kategorie 2 D entsprechen.

Zone 22

In Zone 22 ist im normalen Betrieb nicht mit dem Auftreten eines explosionsfähigen Staub-Luft-Gemisches zu rechnen. Nur bei Betriebsstörungen ist mit einer explosionsfähigen Atmosphäre, z. B. durch aufgewirbelten Staub, zu rechnen.

Betriebsmittel für die Zone 22 müssen nach Richtlinie 94/9/EG der Kategorie 3 D entsprechen. Sollten in der Anlage leitfähige Stäube vorhanden sein, sind nach DIN/EN 50281-1-2 Betriebsmittel der Kategorie 2 D einzusetzen.

EG EX-Richtlinien

	Richtlinie 79/196/EWG	Richtlinie 94/9/EG -ATEX 100a-
Geltungsbereich	Elektrische Betriebsmittel Gas-explosionsgefährdete Bereiche	Elektrische und nicht elektrische Geräte und Schutzsysteme Gas- und staubexplosionsgefährdete Bereiche
Gemeinschaftliches Unterscheidungszeichen für den freien Warenverkehr		
Bescheinigung	Konformitätsbescheinigung Kontrollbescheinigung durch benannte Prüfstelle	Konformitätserklärung des Herstellers Basis ist eine Bauartzulassung der benannten Prüfstelle
QS-System	nicht angesprochen	gefordert
Einsatzbereiche und Ausführung der Betriebsmittel	geregelt durch Normen	direkte Regelung in der Richtlinie - Gerätegruppen - Gerätekategorien - Grundlegende Sicherheitsanforderungen
Gerätekennzeichen	geregelt durch Normen	Festlegung durch Richtlinie

Auszug aus den Explosionsschutzregeln -BGR 104- „Abwassertechnische Anlagen“

Lfd.Nr. (Sp. 1)	Beispiel (Sp. 2)	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen (Sp. 3)	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1 (Sp. 4)	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen (Sp. 5)	E 3 (Sp. 6)
4	Spezielle Anlagen Abwassertechnische Anlagen	Zu Geltungsbereich und Begriffsbestimmungen siehe UVV „Abwassertechnische Anlagen“ GUV 7,4/BGV C 5.			
4.1					
4.1.1	Abwasserableitung	In den Abwasserableitungsanlagen ist im Normalbetrieb mit dem Auftreten einer g.e.A. zu rechnen (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten (Annahme bis 100 Liter Benzin oder andere relevante Stoffe), Faulgasbildung). Bei extremen Störungen oder Zugang von reinem Sauerstoff sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich.			
4.1.1.1	Umschlossene Räume, in denen Abwasser gespeichert wird sowie das Innere von Apparaten, Behältern und Leitungen geschlossener Abteilungs-systeme (z.B. Pumpenvorlagen, Pumpensümpfe, Stollen, Regenbecken, Stauraumkanäle, Schächte, in die Druckrohre entlüftet werden, Dükerbauwerke).	a) Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten einer g.e.A. zu rechnen (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Faulgas). b) wie a) c) wie a)	E 1.3.4.1 E 1.3.4.2 E 1.3.4.2) E 1.4.3)	Zone 1: gR Zone 2: gR (keine, im Nahbereich Zone 1 (gem. E 1.4 Punkt e)	keine keine keine
4.1.1.2	Vom Abwasser durchflossene Einrichtungen (z. B. Kanäle, Druckrohrleitungen, durchflossene Schächte, Absturzbauwerke, tiefe offene Kanäle (T > 2 m)).	In durchflossenen kommunalen Abwasserteinrichtungen können Anlagen und Betriebsmittel bestimmungsgemäß überflutet werden: a) In nicht belüfteten Einrichtungen ist oberhalb der Flüssigkeit mit dem Auftreten einer e.g.A. zu rechnen (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten). Die natürliche Belüftung ist (z. B. durch gasdichte oder tagwasserdichte Schachtabdeckungen) behindert; b) Eine ausreichende Belüftung ist gegeben. Die Bildung einer g.e.A. z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten ist nur selten zu erwarten; c) Die technische Lüftung ist so ausgelegt, dass oberhalb der Flüssigkeit nicht mit dem Auftreten einer g.e.A. zu rechnen ist.	keine E 1.3.4.1 E 1.3.4.2	Zone 1: gR Zone 2: gR keine	keine keine keine

Lfd.Nr.	Beispiel	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen	E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.1.1.3	Räume, die über Öffnungen mit den unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen in Verbindung gebracht werden können (z. B. Räume mit trocken aufgestellten Abwasserpumpen oder geschlossenen Ableitungssystemen, Zugänge zu Regenbecken oder Stauräumen).	Beim Öffnen der unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen ist die Bildung einer g.e.A. nicht auszuschließen. Bei Instandsetzungs- oder Wartungsarbeiten (vgl. Abschnitt E 5): a) Die Öffnung ist bestimmungsgemäß dicht geschlossen und nur mit speziellen Hilfsmitteln zu öffnen; b) Die Öffnung ist bestimmungsgemäß dicht geschlossen; c) Die Öffnung ist bestimmungsgemäß geschlossen, aber nicht gedichtet; d) wie c); e) wie c); f) wie c) jedoch mit Absaugung der unter 4.1.1.1 genannten Einrichtungen.	E 1.3.4.1 E 1.3.4.1 E 1.3.4.1 E 1.3.4.2 E 1.3.4.2) E 1.4.3) E 1.3.4.1	keine Zone 2: gR Zone 1: 1 m um Öffnung Zone 2: gR Zone 2: 1 m um Öffnung keine: übriger Raum (keine, im Nahbereich Zone 2 (gem. E 1.4 Punkt e) keine	keine keine keine keine keine keine
4.1.2	Abwasserbehandlung	Mit dem Auftreten einer g.e.A. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten ist vor allem in den Einlaufbereichen von Abwasserbehandlungsanlagen zu rechnen. Die Bildung einer g.e.A. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten ist auszuschließen, nachdem eine Abwasserbehandlung (z. B. in belüfteten Sandfängen, Belebungsbecken, offenen Schneckenpumpwerken oder anderen Einrichtungen mit intensiver natürlicher oder technischer Lüftung) durchgeführt worden ist. Faulgase können durch lange Transportwege in der Abwasserableitung oder bei langen Verweilzeiten des Abwassers oder Klärschlammes in der Abwasserbehandlungsanlage auftreten.			
4.1.2.1	Oberirdische Räume im Einlaufbereich von Abwasserbehandlungsanlagen, die von Abwasser durchflossen werden (z. B. Einlaufbauwerke, Rechengebäude, Sandfänge in Gebäuden)	Für geschlossene Gerinne und gekapselte Anlagenteile siehe 4.1.2.2: a) Im Einlaufbereich von Abwasserbehandlungsanlagen ist oberhalb der Flüssigkeit mit dem Auftreten einer g.e.A. (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Faulgas) zu rechnen; b) wie a); c) wie a); d) wie a);	keine E 1.3.4.1 E 1.3.4.2 E 1.3.4.2) E 1.4.3)	Zone 1: gR Zone 1: im Gerinne Zone 2: gR Zone 2: gR (keine, im Nahbereich Zone 2 (gem. 1.4 Punkt e)	keine keine keine keine

Lfd.Nr.	Beispiel	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen	E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.1.2.2	Das Innere von Apparaten, Behältern und Leitungen sowie umschlossene Räume, die von Abwasser oder Klärschlamm durchflossen werden oder in denen sich Abwasser oder Klärschlamm befindet (z. B. gekapselte Anlagenteile, geschlossene Becken und Gerinne, Pumpensümpfe, Schieber- und Verteilerbauwerke).	a) Oberhalb der Flüssigkeit ist mit dem Auftreten einer g.e.A. zu rechnen (z. B. durch Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten und/oder Faulgas); b) wie a); c) wie a);	keine E 1.3.4.2 E 1.3.4.2) E 1.4.3)	Zone 1: gR Zone 2: gR (keine, im Nahbereich Zone 2 (gem. E 1.4 Punkt e)	keine keine keine
4.1.2.3	Räume, die über Öffnungen mit den unter 4.1.2.2 genannten Einrichtungen in Verbindung gebracht werden können (z. B. Gebäude mit geschlossenen Gerinnen und gekapselten Anlagenteilen, Maschinenräume über abgedeckten Pumpensümpfen, Räume mit zu öffnenden Schlammvorlagebehältern)	vgl. Fallbeispiele unter 4.1.1.3			
4.1.2.4	Schlammvorlagebehälter im Freien	Durch die gegebene Lüftung ist die Bildung einer g.e.A. nicht zu erwarten.		keine	keine
4.1.3	Schlammfaulung	Das in geschlossenen Faulbehältern erzeugte Faulgas wird im Faulbehälterkopf gesammelt und abgeleitet, sowie ggf. aufbereitet, gespeichert, verwertet oder abgepackelt. Für offene Faulbehälter gilt 4.1.3.2			
4.1.3.1	Geschlossene Faulbehälter	Eine g.e.A. kann im Faulbehälter durch Eindringen von Luft und in seiner Umgebung durch Ausströmen von Faulgas entstehen.			
4.1.3.1.1		Im Normalbetrieb verhindert ein geringer Überdruck im Faulbehälterkopf ein Eindringen von Luft und damit die Bildung einer e.g.A. im Faulbehälter: a) Unterdruck kann beim Absenken des Schlammpegels entstehen; b) Das Entstehen von Unterdruck (Eindringen von Luft) wird verhindert (z. B. durch Normalbetrieb mit Schlammüberlauf und Druck- oder Füllstandsüberwachung mit Auslösung von Notfunktion, z. B. Schließen von Ablässen).	keine E 1.3.1	Zone 1: gesamtes Gassystem keine	keine keine

Lfd.Nr.	Beispiel	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen	E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.1.3.1.2	Im Inneren	Ausströmen von Faulgas über in den Faulbehälter führende Leitungen wird verhindert (z. B. durch Füllstandsüberwachung mit Auslösung von Notfunktion oder durch ständig wirksamen Verschluss der Leitungen mit Wasser oder Schlamm).	E 1.3.1	keine	keine
4.1.3.1.3		Nach dem Öffnen des Faulbehälters oder teilweiser Entleerung ist mit einer g.e.A. im Faulbehälter und in seiner Umgebung zu rechnen:			
		a) Nach dem Öffnen oder wenn Luft beim Ablassen von Schlamm (z. B. über den Notüberlauf oder bei Schwimmschlammabzug) eintreten kann;	keine	Zone 0: gR über Schlamm- spiegel	keine
		b) wie a), bei natürlicher Durchlüftung;	E 1.3.4.1	Zone 1: gR über Schlamm- spiegel	keine
		c) wie a), bei technischer Lüftung;	E 1.3.4.2	Zone 2: gR über Schlamm- spiegel	keine
		d) Während des Verdrängens der g.e.A. durch neu gebildetes Faulgas ins Freie.	keine	Zone 0: gR über Schlamm- spiegel	keine
		a) Öffnung unmittelbar ins Freie;	keine	Zone 1: 1 m um Austritts- öffnung Zone 2: 3 m um Austritts- öffnung	keine
		b) Öffnung zu Räumen;	E 1.3.4.1	Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen des Raumes	keine
		c) wie b);	E 1.3.4.2	Zone 2: gR	keine
		d) Öffnung zu offenen Schächten im Freien (z. B. Schwimmschlamm-schacht);	E 1.3.4.1	Zone 1: gR im Schacht Zone 2: 3 m um Schacht- oberkante	keine
	In der Umgebung	e) wie d).	E 1.3.4.2	Zone 2: gR im Schacht	keine
4.1.3.2		Räume, die mit Faulschlamm oder Faulwasser gefüllt sind oder von diesen Medien durchflossen werden (z. B. Faulschlamm /Faulwasser-schacht, Nacheindicker			
		Es muss mit dem Ausgasen und Bildung einer g.e.A. gerechnet werden:			
		a) umschlossene Räume;	E 1.3.4.1	Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen des umschlossenen Raumes	keine
		b) wie a);	E 1.3.4.2	Zone 2: gR	keine
		c) offene Schächte oder Becken.	E 1.3.4.1	Zone 2: gR	keine
4.1.3.3	Räume, die faulgas-führende technische Ausrüstungen enthalten (z. B. Gasleitungen, Armaturen, Messgeräte).	Faulgasführende technische Ausrüstungen sind dauerhaft dicht und mechanisch, chemisch und thermisch beständig:			
		a) in geschlossenen Räumen ohne Lüftung;	keine	Zone 2: gR	keine
		b) in Räumen mit ständiger natürlicher Lüftung.	E 1.3.4.1	keine	keine

Lfd.Nr. (Sp. 1)	Beispiel (Sp. 2)	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen (Sp. 3)	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1 (Sp. 4)	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen (Sp. 5)	E 3 (Sp. 6)
4.1.3.4	Faulgasführende technische Ausrüstungen, die zum Betrieb oder zur Wartung geöffnet werden (z. B. Gasfilter, -entschwefeler, -trockner).	Im Inneren ist mit der Bildung einer g.e.A. durch Einströmen von Luft zu rechnen.			
		a) nach dem Öffnen;	keine	Zone 0: Im Inneren	keine
		b) wie a), jedoch nach Inertisierung vor dem Öffnen;	E 1.2.2	keine	keine
		c) wie a), jedoch nach Beseitigung der g.e.A. durch Belüften;	E 1.3.4.2	keine	keine
		d) Während des Verdrängens der g.e.A. durch Faulgas ins Freie.	keine	Zone 0: Im Inneren	keine
		In der Umgebung ist mit Bildung einer g.e.A. durch Ausströmen von Faulgas zu rechnen:			
		e) Öffnung unmittelbar ins Freie;		Zone 1: 1 m um Austritts- öffnung Zone 2: 3 m um Austritts- öffnung	keine
		f) Öffnung zu Räumen;	E 1.3.4.1	Zone 1: 3 m um Austritts- öffnung Zone 2: gR	keine
		g) wie f);	E 1.3.4.2	Zone 2: 3 m um Austritts- öffnung	keine
		h) wie f), jedoch Inertisierung vor dem Öffnen	E 1.2.2	keine	keine
4.1.3.5	Räume, die Kondensatableiter enthalten	i) Nach dem Schließen wird eine g.e.A. im Inneren mit Faulgas ins Freie verdrängt.	keine	Zone 1: 1 m um Austritts- öffnung Zone 2: 3 m um Austritts- öffnung	keine
		Bei Entwässerungshähnen oder offenen Wasserverschlüssen ist mit der Bildung einer g.e.A. infolge von Durchschlag oder Austrocknen der Wasserverschlüsse oder infolge von Fehlbedienung zu rechnen:			
		a) bei Ableitung in umschlossene Räume;	E 1.3.4.1	Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen des umschlossenen Raumes	keine
		b) wie a);	E 1.3.4.2	Zone 2: gR	keine
		c) Bei Ableitung ins Freie;	E 1.3.4.1	Zone 1: 1 m um Austritts- öffnung Zone 2: 3 m um Austritts- öffnung	keine
		d) Durch den Einsatz von geschlossenen Entwässerungssystemen, Schleusen mit Doppelsperrarmaturen oder Entwässerungsautomaten ist ein Gasaustritt verhindert.	E 1.3.1	keine	keine

Lfd.Nr.	Beispiel	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen	E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.1.3.6	Bereiche, in die Gasüberdruckentlastungen münden	Unmittelbar ins Freie mündende Überdruckentlastungen.	E 1.3.4.1	Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung Zone 2: 3 m um Austrittsöffnung	keine
4.1.3.7	Gasbehälter für Faulgas	a) freistehende Membrangasbehälter; b) Membrangasbehälter in einem Raum; c) freistehende Glockengasbehälter; d) freistehende Hochdruckgasbehälter (siehe DVGW – Arbeitsblatt G 433).	E 1.3.4.1 E 1.3.4.1 E 1.3.4.1 E 1.3.4.1	Zone 1: oberhalb der Membran Zone 2: 6 m um den Behälter Zone 1: gR Zone 2: 6 m um den Behälter Zone 1: 1 m um den gasführenden Teil der Behälter Zone 2: 6 m um den Behälter; nach unten 1 m Zone 1: 5 m um mögliche Austrittsstellen Zone 2: a) bei Behältern bis 100 m³ Inhalt 6 m von Behälterprojektion b) bei Behältern über 100 m³ Inhalt 10 m von Behälterprojektion	keine keine keine keine
4.1.3.8	Gasfackeln	a) Das Rückschlagen der Flammen in die Gaszuleitung wird durch eine Flamedurchschlagsicherung verhindert; b) fortgesetztes Ausströmen von Gas in die Umgebung bei nicht brennender Flamme wird verhindert durch eine automatische Absperreinrichtung in Verbindung mit selbsttätig wirkender Zündeinrichtung und Flammenüberwachung; c) bei Gasfackeln mit umschlossenem Flammenraum ist sichergestellt, dass vor der Zündung eine ausreichende Luftpülung des Flammenraumes erfolgt und dass die Gaszuleitung erst nach dem Zünden geöffnet wird.	E 3.4.1 E 1.3.1 E 1.3.1	keine keine keine	keine keine keine
4.1.3.9	Gasentschwefler	a) Entschwefler, die zu Wartungszwecken geöffnet werden, siehe 4.1.3.4; b) bei Entschweflern mit Luftbeimischung ist die Bildung einer g.e.A. verhindert durch geeignete Steuerung und Überwachung der Luftzufuhr; c) bei Entschweflern mit einer Masse, die sich bei der Regeneration selbst erwärmt, wird die Zündgefahr durch Temperaturüberwachung und Unterbrechung der Luftzufuhr verhindert; d) Entschwefler, die eine Zündquelle sein können und bei denen ein Zustrom einer g.e.A. nicht ausgeschlossen ist. In den Zu- und Ableitungen sind flamedurchschlagsichere Armaturen vorhanden. Explosionsfeste Bauweise (6 bar).	E 1.3.1) E 1.4.2) E 1.3.1 keine	keine keine keine	keine keine E 3.4.1 E 3.1

Lfd.Nr.	Beispiel	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen	E 3
(Sp. 1)	(Sp. 2)	(Sp. 3)	(Sp. 4)	(Sp. 5)	(Sp. 6)
4.1.3.10	Faulgasbetriebene Einrichtungen (z. B. Gasmaschinen, Brenner)	Die Einrichtungen sind als mögliche Zündquellen anzusehen:			
		a) Das Austreten von Gas ist verhindert durch eine automatische Absperreinrichtung in Verbindung mit Zünd- und Gasmangelsicherung;	E 1.3.1	keine	keine
4.1.3.11	Gebläse und Verdichter für Faulgas	b) In der Gasleitung ist eine Flammendurchschlagsicherung vorhanden.	keine	keine	E 3.4.1
		Im Inneren ist mit Bildung einer g.e.A. durch Einsaugen von Luft (z. B. über die Unterdrucksicherung) zu rechnen:			
		a) Einsaugen von Luft (z. B. über die Unterdrucksicherung) ist möglich;	keine	Zone 1: gesamtes Gassystem	keine
		b) wie a) Das Gebläse oder der Verdichter ist eine mögliche Zündquelle. Explosionsfeste Bauweise (6 bar) und saug- und druckseitig Flammendurchschlagsicherungen;	keine	keine	E 3.1.1 E 3.4.1
4.1.3.12	Druckregler für Faulgas	c) Einsaugen von Luft ist durch Abschalten über redundant ausgeführte Druckschalter verhindert. In der Umgebung ist mit Bildung einer g.e.A. infolge von Undichtheit (z. B. an Wellendurchführungen) zu rechnen; wenn die Dichtheit der Apparatur gemäß E 1.3.2 nicht gegeben ist.	E 1.3.1	keine	keine
		a) Gas kann bei schadhafter Membran in einen Raum austreten;	E 1.3.4.1	Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen des Raumes	keine
		b) wie a);	E 1.3.4.2	Zone 2: gR	keine
		c) wie a), jedoch Austritt ins Freie;	keine	Zone 1: 1 m um Austrittsöffnung Zone 2: 3 m um Austrittsöffnung	keine
		d) Sicherheitsmembrane zusätzlich zur Arbeitsmembrane.	E 1.3.1) E 1.3.4.1)	keine	keine

Lfd.Nr. (Sp. 1)	Beispiel (Sp. 2)	Merkmale/Bemerkungen/Voraussetzungen (Sp. 3)	Schutzmaßnahmen nach		
			E 1 (Sp. 4)	E 2 in den nachstehend aufgef. (verbleibend.) Zonen (Sp. 5)	E 3 (Sp. 6)
4.1.3.13	Räume, in denen Faulschlamm maschinell entwässert wird	Die Bildung einer g.e.A. ist nicht zu erwarten.	E 1.3.4.1	keine	keine
4.1.3.14	Bereiche, in denen entwässerter Faulschlamm gelagert wird	Es ist mit fortgesetzter Gasbildung zu rechnen, es sei denn, der Faulschlamm wurde mit Kalk konditioniert: a) Lagerung im Freien (z. B. Schlammlagerplatz oder offener Container; b) Lagerung in einem Behälter (z. B. Silo); c) wie b); d) Lagerung in einem Raum (z. B. in einer Halle); e) wie d).	E 1.3.4.1 E 1.3.4.2 E 1.3.4.1 E 1.3.4.2	keine Zone 1: gR Zone 2: 1 m um Öffnungen Zone 2: gR Zone 2: gR keine	keine keine keine keine keine
4.1.3.15	Schlammrockner und Räume, in denen getrockneter Schlamm gelagert wird	In Schlammrocknungsanlagen ist mit einer g.e.A. durch Stäube zu rechnen.			
5	Hinweise auf weitere Beispiele in Regeln, Merkblättern und Informationen, die mit dem Fachausschuss Chemie, Sachgebiet Explosionsschutz abgestimmt sind				
5.1	Explosionsschutzmaßnahmen bei der Arbeit auf und in Deponien	Siehe GUV 17.4 A			

Erläuterungen zu Abkürzungen in der BGR 104 „Abwassertechnische Anlagen“

Schutzmaßnahmen nach

E 1 (Sp. 4)	Vermeiden explosionsfähiger Atmosphäre
E 2 (Sp. 5)	Vermeiden wirksamer Zündquellen
E 3 (Sp. 6)	Konstruktiver Explosionsschutz
A	Als mögliche Voraussetzung für eine ggf. zu erteilende Ausnahmegenehmigung von bestehenden Vorschriften (s. Vorbemerkung)
Keine	Schutzmaßnahmen nach E 1, E 2 bzw. E 3 sind nicht erforderlich.
gR	Schutzmaßnahmen nach E 2 sind im ganzen Raum durchzuführen.
Ausdehnung der Zonen	Die Zahlenangabe für die Ausdehnung der Zonen ist stets in Metern zu verstehen. Sofern keine besondere Angabe über die geometrische Ausdehnung der Zone gemacht ist, bedeutet die Zahl den Radius einer Kugel um die Quelle für die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre (Austrittsstelle brennbarer Stoffe oder dgl.).
g.e.A.	gefährliche explosionsfähige Atmosphäre.
b) wie a)	bedeutet in Sp. 3 (Merkmale, Bemerkungen/Voraussetzungen) gleicher Sachverhalt wie unter a) angegeben. In Sp. 4 wird jedoch eine andere Schutzmaßnahme vorgesehen; hieraus ergibt sich in Sp. 5 eine andere Zoneneinteilung als bei a); u.U. kann sie sogar entfallen.

E 1.1	Vermeiden oder Einschränken von Stoffen, die explosionsfähige Gemische zu bilden vermögen
E 1.2	Verhindern oder Einschränken der Bildung explosionsfähiger Gemische im Innern von Apparaturen
E 1.2.1	Konzentrationsbegrenzung
E 1.2.2	Inertisieren
E 1.2.2.1	Inertisieren explosionsfähiger Atmosphäre brennbarer Gase und Dämpfe
E 1.2.2.2	Inertisieren brennbarer Stäube
E 1.2.2.3	Inertisieren hybrider Gemische
E 1.2.3	Anwendung von Vakuum-/Unterdruckfahrweise
E 1.3	Verhindern oder Einschränken der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Umgebung von Apparaturen
E 1.3.1	Verfahrenstechnische Maßnahmen, Bauart und räumliche Anordnung der Betriebsanlagen
E 1.3.2	Dichtheit von Apparaturen
E 1.3.2.1	Auf Dauer technisch dichte Apparaturen
E 1.3.2.2	Technisch dichte Apparaturen
E 1.3.2.3	Apparaturen mit betriebsbedingten Austritten brennbarer Stoffe
E 1.3.3	Prüfen der Apparatur auf Dichtheit
E 1.3.4	Lüftungsmaßnahmen
E 1.3.4.1	Natürliche Lüftung
E 1.3.4.2	Technische Lüftung (Raumlüftung)
E 1.3.4.3	Objektabsaugung
E 1.4	Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Apparaturen
E 1.4.1	Gaswarnanlagen mit Alarmgabe
E 1.4.2	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Schaltungen
E 1.4.3	Gaswarnanlagen mit automatischer Auslösung von Notfunktionen
E 1.5	Maßnahmen zum Beseitigen von Staubablagerungen in der Umgebung staubführender Apparaturen und Behälter

11.3 Testfragen

1. Ist es zulässig, das Leckanzeigergerät an einem „Fällmittelbunker“ durch das eigene Betriebspersonal instand setzen zu lassen? Sind für die Instandsetzung vom Betriebspersonal oder von der beauftragten Firma Voraussetzungen zu erfüllen?
2. Was sagt der Besorgnisgrundsatz aus und für welche Anlagen hat er Gültigkeit?
3. Welche beiden Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit die Gefahr einer Explosion besteht?
4. Nennen Sie verschiedene Zündquellen (Beispiele), die eine Explosion auslösen können.
5. Was versteht man unter „primärem Explosionsschutz“ und welche Maßnahmen sind damit gemeint?
6. Was versteht man unter „sekundärem Explosionsschutz“ und wann wird er angewandt?
7. Welche explosionsgefährdeten Bereiche kommen auf einer Kläranlage vor?
8. Überlegen Sie anhand der Beispielsammlung aus den Explosionsschutzregeln - BGR 104 - , wann und wo bei abwassertechnischen Anlagen die Zone 0 auftritt?

12. Begriffserläuterungen

Begriff	Erläuterung
Abdeckungen	Ein Teil, durch den Schutz gegen direktes Berühren in allen üblichen Zugangs- oder Zugriffsrichtungen gewährt wird.
Abgeschlossenen elektrische Betriebsstätten	...sind Räume oder Orte, die ausschließlich dem Betreiben elektrischer Anlagen dienen und unter Verschluss gehalten werden, z. B. abgeschlossene Schalt- und Verteilungsanlagen, Transformatorzellen, Schaltfelder, Verteilungsanlagen in Blechgehäusen oder in anderen abgeschlossenen Anlagen. Zutritt haben nur Elektrofachkräfte und unterwiesene Personen, Laien nur in deren Begleitung.
Ableitstrom (in einer Anlage)	Ein Strom, der in einem fehlerfreien Stromkreis zur Erde oder zu einem fremden leitfähigen Teil fließt. Hinweis: Dieser Strom kann eine kapazitive Komponente haben, insbesondere bedingt durch die Verwendung von Kondensatoren.
Absenkung / Derating	...ist erforderlich, wenn ein Gerät bei reduzierten Leistungswerten (normalerweise bei reduzierter Stromstärke) aufgrund hoher Umgebungstemperatur oder großer Höhe betrieben werden muss.
AC	Wechselstrom (Alternating Current)
Aktives Teil	Jeder Leiter oder jedes leitfähige Teil, das dazu bestimmt ist, bei ungestörtem Betrieb unter Spannung zu stehen, einschließlich des Neutralleiters, aber vereinbarungsgemäß nicht der PEN – Leiter Hinweis: Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass die Gefahr des elektrischen Schlags besteht.
Anlagenverantwortlicher	...ist ferner derjenige, der die unmittelbare Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage trägt.
Anlauf unter hoher Belastung	Anlauf mit einer Last mit hohem oder sehr hohem Trägheitsmoment. Eine Anlaufzeit von über 5 Sekunden beim Anlauf mit direktem Einschalten kann als Anlauf unter hoher Belastung definiert werden.
Arbeiten unter Spannung	...sind solche, bei denen Personen mit Körperteilen oder Gegenständen unter Spannung stehende Teile berühren oder in die Gefahrenzone gelangen.
Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile	...sind solche, bei denen Personen mit Körperteilen oder Gegenständen in die Annäherungszone gelangen, ohne die Gefahrenzone zu erreichen.
Arbeiten im spannungsfreien Zustand	...sind Arbeiten an elektrischen Anlagen, deren spannungsfreier Zustand zur Vermeidung elektrischer Gefahren hergestellt und sichergestellt ist.
Arbeitskontakt	Ein Kontakt bzw. eine Reihe von Kontakten, die (NO) offen sind, wenn das Relais bzw. der Schalter unerregt ist. Der (die) Kontakt(e) wird (werden) geschlossen, wenn das Relais bzw. der Schalter erregt wird.
Arbeitsverantwortlicher	...ist die Person, die die unmittelbare Verantwortung für die Durchführung der Arbeiten zu tragen hat. Gegebenenfalls können diese Arbeiten auch an andere Personen übertragen werden.
Asynchrondrehzahl	Die Drehzahl eines Wechselstrom-Asynchronmotors bei voller Last und voller Spannung; auch als Nenndrehzahl definiert.

Begriff	Erläuterung
Asynchronmotor	Ein Wechselstrommotor mit einer Primärwicklung (normalerweise im Stator), die an der Stromversorgung angeschlossen ist, und einer Sekundärwicklung (normalerweise im Rotor), die den induzierten Strom transportiert.
Ausbreitungswiderstand	Ausbreitungswiderstand eines Erders ist der Widerstand der Erde zwischen der Erde und der Bezugserde. Abhängig von der Beschaffenheit des Erdreichs, den Abmessungen des Erders und der Anordnung des Erders im Erdreich.
Auslöseklasse	Die Auslöseklasse definiert die Anlaufzeit bei einem bestimmten Strom, bevor die Auslösung erfolgt. Es gibt verschiedene Klassen, z. B. 10, 20, 30, usw., wobei Klasse 30 die längste Anlaufzeit gestattet
Außenleiter (L)	Leiter, die Stromquellen mit Verbrauchsmitteln verbinden, aber nicht vom Mittel- oder Sternpunkt ausgehen.
Basisisolierung	Basisisolierung ist die Isolierung von aktiven Teilen, um den grundlegenden Schutz gegen gefährliche Körperströme sicherzustellen.
Berührungsspannung	Spannung, die zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen während eines Isolationsfehlers auftreten kann. Hinweise: 1.) Vereinbarungsgemäß wird dieser Begriff nur im Zusammenhang mit Schutzmaßnahmen bei indirekten Berühren angewendet. 2.) Es gibt Fälle, in denen der Wert der Berührungsspannung durch die Impedanz der Person, die mit diesem Teil in Berührung ist, erheblich beeinflusst werden kann.
Betrieb von elektrischen Anlagen	...umfasst das Bedienen sowie elektrotechnische und nicht elektrotechnische Arbeiten.
Betriebserdung	Betriebserdung ist die Erdung eines Punktes des Betriebsstromkreises, die für den ordnungsgemäßen Betrieb von Geräten oder Anlagen notwendig ist. Sie wird bezeichnet: Als unmittelbar, wenn sie außer dem Erdungswiderstand keine weiteren Widerstände enthält. Als mittelbar, wenn sie über zusätzliche ohmsche, induktive, oder kapazitive Widerstände hergestellt ist.
Bypass	Ein Bypass Schütz wird dazu verwendet, eine andere Vorrichtung, z. B. einen Sanftanlasser, zu umgehen, um Leistungsverluste zu reduzieren.
CSA	C anadian S tandard A ssociation (Kanadischer Normungsverband)
D.O.L	Direktes Einschalten (D irect- o n- l ine)
DC	Gleichstrom (D irect C urrent)
Differenzstrom	Die Summe der Momentanwerte von Strömen, die an einer Stelle der elektrischen Anlage durch alle aktiven Leiter eines Stromkreises fließen. Hinweise: 1.) Bei Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen nach den Normen der Reihe DIN VDE 0664 wird der Differenzstrom mit Fehlerstrom bezeichnet. 2.) Bei der Summe handelt es sich um die vektorielle Summe (Betrag und Phasenlage) der Ströme, die in anderen Sprachen algebraische Summe genannt wird.
Direktes Berühren	Berühren aktiver Teile durch Personen oder Nutztiere (Haustiere).
Drehmoment	Maß für die Drehkraftleistung eines Geräts.
Begriff	Erläuterung
Dreieckschaltung	Anschlusstyp, bei dem die Geräte in den Dreieckstromkreis des Motors geschaltet sind. Der Strom ist im Vergleich zur In-Line-Schaltung auf $1/\sqrt{3} = 58\%$ reduziert.

D-Seite	Die Seite, die normalerweise die Antriebseite eines Elektromotors ist.
Elektrisch unabhängige Erder	Erder, die in einem solchen Abstand voneinander angebracht sind, dass der höchste Strom, der durch einen Erder fließen kann, das Potential der anderen Erder nicht nennenswert beeinflusst.
Elektrische Anlagen	...sind Anlagen mit Betriebsmitteln zum Erzeugen, Umwandeln, Speichern, Fortleiten, Verteilen und Verbrauchen elektrischer Energie mit dem Zweck des Verrichtens von Arbeiten – z. B. in Form von mechanischer Arbeit, zur Wärme- und Lichterzeugung oder bei elektrochemischen Vorgängen.
Elektrische Betriebsmittel	Alle Gegenstände, die zum Zwecke der Erzeugung, Umwandlung, Verteilung und Anwendung von elektrischer Energie benutzt werden, z. B. Maschinen, Transformatoren, Schaltgeräte, Messgeräte, Schutzeinrichtungen, Kabel und Leitungen, Stromverbrauchsgeräte.
Elektrische Betriebsstätten	...sind Räume oder Orte, die im Wesentlichen zum Betrieb elektrischer Anlagen dienen und in der Regel nur von unterwiesenen Personen betreten werden. Hierzu gehören z. B. Schalträume, Schaltwarten, Verteilungsanlagen in abgetrennten Räumen, abgetrennte elektrische Prüffelder und Laboratorien, Maschinenräume oder Kraftwerken und dergleichen.
Elektrische Verbrauchsmittel	Betriebsmittel, die dazu bestimmt sind elektrische Energie in andere Formen der Energie umzuwandeln, z. B. in Licht, Wärme, oder mechanische Energie.
Elektrischer Schlag	Pathophysiologischer Effekt, ausgelöst von einem elektrischen Strom, der den menschlichen Körper oder den Körper eines Tieres durchfließt.
Elektrischer Stromkreis (einer Anlage)	Alle elektrischen Betriebsmittel einer Anlage, die von demselben Speisepunkt versorgt und die durch dieselbe(n) Überstrom – Schutzeinrichtung(en) geschützt wird (werden).
Elektrofachkraft	Als Elektrofachkraft gilt, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.
Elektrotechnisch unterwiesene Person	Als elektrotechnisch unterwiesene Person gilt, wer durch eine Elektrofachkraft über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen belehrt wurde.
ELV	...Extra Low Voltage; siehe Kleinspannung
EMK	Elektromotorische Kraft; eine andere Bezeichnung für Spannung bzw. Potenzialdifferenz, z. B. die von einem Motor erzeugte Spannung.
Endstromkreis	Ein Stromkreis, an dem unmittelbar Stromverbrauchsmittel oder Steckdosen angeschlossen sind.
EPD	Umweltproduktdeklaration (E nvironmental P roduct D eclaration), eine Beschreibung der Einflüsse eines bestimmten Produkts auf die Umwelt.

Begriff	Erläuterung
Erde	Das leitfähige Erdreich, dessen elektrisches Potential an jedem vereinbarten Punkt vereinbarungsgemäß gleich Null gesetzt wird. Hinweise: 1.) Das Wort Erde ist auch die Bezeichnung sowohl für die Erde als auch Ort, als auch für die Erde als Stoff, z. B. die Bodenarten Humus, Lehm, Sand, usw.. 2.) Der Definitionstext setzt vereinbarungsgemäß den stromlosen Zustand des Erdreichs voraus. Im Bereich von Erdern oder Erdungsanlagen kann das Erdreich ein von Null abweichendes Potential haben. Für diesen Begriff wurde früher der Begriff Bezugserde verwendet
Erden	Erden heißt alle elektrisch leitfähigen Teile über eine Erdungsanlage mit der Erde zu verbinden.
Erder	Ein leitfähiges Teil oder mehrere leitfähige Teile, die in guten Kontakt mit Erde sind und mit dieser eine elektrische Verbindung bilden. Erdschluss ist eine durch einen Fehler, auch über einen Lichtbogen entstandene leitfähige Verbindung eines Außenleiters oder eines betriebsmäßig isolierten Neutralleiters mit Erde oder geerdeten Teilen.
Erderspannung	...ist die Spannung zwischen Erder und Bezugserde RB.
Erdschluss	...ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung eines Außenleiters oder eines betriebsmäßig isolierten Neutralleiters mit der Erde oder geerdeten Teilen.
Erdschlussstrom	Erdschlussstrom ist der Strom, der infolge eines Erdschlusses zum Fließen kommt.
Erdung	Erdung ist die Gesamtheit aller Mittel und Maßnahmen zum Erden. Sie wird als offen bezeichnet, wenn Überspannungs- Schutzeinrichtungen, z. B. Schutzfunkenstrecken, in die Erdungsleitung eingebaut sind.
Erdungsanlage	Erdungsanlage ist eine örtlich abgegrenzte Gesamtheit miteinander leitend verbundener Erder oder in gleicher Weise wirkender Metallteile (z. B. Mastfüße, Bewehrungen, Kabelmetallmäntel und Erdungsleiter).
Erdungsleiter	Ein Schutzleiter, der die Haupterdungsklemmen oder -schiene mit dem Erder verbindet.
ESD	Elektrostatische Entladungen (E lectro S tatic D ischarge)
Fehler	Jede auftretende Funktionsstörung, die den normalen Betrieb beeinträchtigt.
Fehlerspannung	...ist die Spannung, die bei einem Isolationsfehler, z. B. einem Körperschluss, an einem Betriebsmittel zwischen Körper oder zwischen Körpern und einer Bezugserde mit dem Widerstand RB gemessen wird.
Fehlerstrom	Fehlerstrom, ist der Strom, der durch einen Isolationsfehler zum Fließen kommt. Siehe Differenzstrom.
Freischalten	...ist das allseitige Ausschalten oder Abtrennen eines Betriebsmittels oder Stromkreises von allen nicht geerdeten Leitern.
Fremdes leitfähiges Teil	Ein leitfähiges Teil, das nicht zur elektrischen Anlage gehört, das jedoch ein elektrisches Potential, einschließlich des Erdpotentials, einführen kann. Hinweis: Zu den fremden leitfähigen Teilen gehören auch leitfähige Fußböden und Wände, wenn über diese Erdpotential eingeführt werden kann.

Begriff	Erläuterung
Feuchte und nasse Räume	Räume und Orte, in denen die Sicherheit der Betriebsmittel durch Feuchtigkeit, Kondenswasser, chemische oder ähnliche Einflüsse beeinträchtigt werden kann.
Frequenz	Zahl der periodischen Zyklen pro Zeiteinheit.
Fundamenterder	Fundamenterder ist ein Leiter, der in Beton eingebettet ist, der mit Erde großflächig in Verbindung steht.
Gate	Steuerelement eines SCR (Thyristors). Wenn eine kleine positive Spannung an den SCR gesendet wird, wird er leitend.
Gefahr	Gefahr ist eine Sachlage, bei der das Risiko größer ist als das Grenzkrisiko.
Gefährliches aktives Teil	Ein aktives Teil, das unter bestimmten äußeren Einflüssen einen elektrischen Schlag geben kann.
Gefährliche Körperströme	Ein Strom der den Körper eines Menschen oder Tieres durchfließt und der Merkmale hat, die üblicherweise einen pathophysiologischen (schädigenden) Effekt auslösen.
Gefährliches mechanisches Teil	Ein sich bewegendes Teil, außer einer glatten sich drehenden Welle, das zu berühren gefährlich ist.
Gefährliches Teil	Ein Teil, von dem bei Annäherung oder Berührung eine Gefahr ausgeht.
Gesamtarbeitstakt	Der Gesamtakt von einem Anlauf zum nächsten, einschließlich der Rampenzeit für Start und Auslauf, der Betriebs- und der Pausenzeit, falls vorhanden.
Güteklasse	...gibt bei Messgeräten den höchstzulässigen Fehler in % vom Messbereichsendwert an.
Halbleitersicherungen	Eine spezielle Art Schnellsicherung, die als Schutz für Thyristoren verwendet wird, da normale Sicherungen (gG/gL oder aM) nicht schnell genug sind.
Handbereich	...ist der Bereich, in den ein Mensch ohne besondere Hilfsmittel von üblicherweise betretenen Stätten aus mit der Hand nach allen Richtungen hin gelangen kann. Als Reichweite eines Menschen von der Standfläche aus gemessen gilt nach oben mindestens 2,5 m, in seitlicher Richtung sowie nach unten mindestens 1,25 m.
Hauptstromkreis	Stromkreise, die Betriebsmittel zum Erzeugen, Umformen, Verteilen, Schalten und Verbrauch elektrischer Energie enthalten.
Hilfsstromkreis	Stromkreise für zusätzliche Funktionen, z. B. Steuerstromkreise, Melde- und Messstromkreise.
Hochspannung	...(HV – High Voltage) ist Wechselspannung größer als 1 kV oder Gleichspannung größer als 1,5 kV.
Hohes Lastmoment	Bremsmoment auf der Motorwelle, das durch die Last verursacht wird. Wenn das Bremsmoment gleich oder fast gleich wie das Nenndrehmoment des Motors ist, kann es als hohes Lastmoment definiert werden.
IEC	International Electrotechnical Commission, Teil der International Standard Organisation.
Indirektes Berühren.	Berühren von Körpern elektrischer Betriebsmittel, die infolge eines Fehlers unter Spannung stehen, durch Personen oder Nutztiere.
In-Line-Schaltung	Anschlusstyp, bei dem die Geräte in Reihe in den Hauptstromkreis geschaltet sind.
Integrierter Schaltkreis (IC)	Kleines elektronisches Bauelement, das aus Tausenden von Transistoren bestehen kann, die normalerweise auf einer Leiterplatte aufgebracht sind.

Begriff	Erläuterung
Intermittenzfaktor	Verhältnis zwischen der Zeit in einem Takt, während der eine Maschine in Betrieb ist (Zeit im eingeschalteten Zustand) und der Zeit, während der sie ruht (Zeit im ausgeschalteten Zustand).
Isolationsfehler	...ist ein fehlerhafter Zustand der Isolierung.
Kleinspannung	...(ELV - Extra Low Voltage) ist Wechselspannung (AC – alternative current) bis 50 V oder oberschwingungsfreie Gleichspannung (DC – direct current) bis 120 V zwischen den Leitern oder zwischen Leiter und Erde.
Körper (eines elektrischen Betriebsmittel)	Ein berührbares, leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das normaler Weise nicht unter Spannung steht, das jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen kann.
Körperschluss	...ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen Körper und aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel.
Kühlrippen	Bauteil, das häufig aus Aluminium hergestellt wird. Es dient zur Ableitung der Wärme in einem elektrischen Gerät, die durch Strom erzeugt wird.
Kurzschluss	...ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig gegeneinander unter Spannung stehenden Leitern (aktiven Teilen), wenn im Fehlerstromkreis kein Nutzwiderstand liegt.
Kurzschlussfest	...ist ein Betriebsmittel, das den thermischen und dynamischen Wirkungen des an seinen Einbauort zu erwartenden Kurzschlussstromes ohne Beeinträchtigung seiner Funktionsfähigkeit standhält.
Kurzschlussstrom	Strom im Hauptstromkreis, wenn der Rotor bei Nennspannung und -frequenz stillsteht. Dies ist der Strom beim direkten Einschalten des Motors.
Lagefehler	...tritt bei Messgeräten auf, wenn eine falsche Gebrauchslage gewählt wird.
Lager	Ein Bauteil, das zur Reduzierung der Reibung und des Verschleisses zwischen sich drehenden Vorrichtungen verwendet wird.
Laie	Als Laie gilt, wer weder als Elektrofachkraft noch als elektrotechnisch unterwiesene Person qualifiziert ist.
LCA	Lebensdauerzyklusbewertung (Life Cycle Assessment); Analyse der Einflüsse eines Produkts auf die Umwelt von der "Wiege bis zur Bahre".
LCD	Flüssigkristallanzeige (Liquid Crystal Display), eine Anzeigetechnik, die bei Digitaluhren und Laptop- Computern verwendet wird.
LED	Leuchtdiode (Light-Emitting Diode)
Leistung	Verrichtete Arbeit pro Zeiteinheit, gemessen in Watt (W), früher in Pferdestärken (PS).
Leistungsfaktor	Zwischen der Spannung und dem Strom in einem Wechselstromkreis gemessene Phasendifferenz, die mit dem Kosinuswinkel dargestellt wird.
Leiterschluss	...ist eine durch einen Fehler entstandene leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig gegeneinander unter Spannung stehenden Teilen, wenn im Fehlerstromkreis ein Nutzwiderstand liegt.
MCCB	Sicherungs-Lasttrennschalter (Moulded Case Circuit Breaker)
Megger-Test	...wird normalerweise in Megaohm bei voller Spannung mit geringem Strom gemessen; wird zur Messung des Widerstands in einem Isolierungssystem verwendet. Dieses Verfahren kann z. B. zur Überprüfung der Thyristoren verwendet werden.

Begriff	Erläuterung
Messen	Messen heißt vergleichen mit einer anderen Größe
Messgerät	Messinstrument einschließlich Zubehör. Das Zubehör kann vom Messinstrument trennbar sein.
Messinstrument	...besteht aus dem Gehäuse und eingebautem Zubehör
Mikroprozessor	Eine Zentraleinheit, bei der die Miniaturisierungstechnologie in hohem Maß eingesetzt wird.
MMS	Manueller Motoranlasser (Manual Motor Starter)
NEMA	US-amerikanischer Elektroindustrieverband (National Electrical Manufacturers Association)
Netzwerk	Eine Reihe von Knoten, die miteinander über eine Art von Kommunikationsmedium verbunden sind. Ein Netzwerk kann in Einfach- oder in Vielfachverbindung ausgeführt sein.
Neutralleiter (N)	Ein mit dem Mittel- oder Sternpunkt verbundener Leiter, der elektrische Energie übertragen kann.
Nicht stationäre Anlagen	...sind solche, die entsprechend ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch nach dem Einsatz wieder abgebaut (zerlegt) und am neuen Einsatzort wieder (durch eine Elektrofachkraft) aufgebaut werden, z. B. Bau- und Montagestellen.
Niederspannung	...(LV – Low Voltage) ist Wechselspannung bis 1000 V oder Gleichspannung bis 1500 V.
Normaler Anlauf	Anlauf mit einer Last mit geringem oder mittelgroßem Trägheitsmoment. Eine Anlaufzeit von unter 5 Sekunden beim Anlauf mit direktem Einschalten kann als normaler Anlauf definiert werden.
N-Seite	Die Seite, die normalerweise nicht die Antriebseite eines Elektromotors ist.
Ortsfeste elektrische Betriebsmittel	...sind fest angebrachte Betriebsmittel oder Betriebsmittel, die keine Tragevorrichtung haben und deren Masse so groß ist, dass sie nicht leicht bewegt werden können. Dazu gehören auch elektrische Betriebsmittel, die vorübergehend fest angebracht sind und über bewegliche Anschlussleitungen betrieben werden.
Ortsveränderliche (nicht ortsfeste) elektrische Betriebsmittel	... sind Betriebsmittel, die während des Betriebes bewegt werden oder die leicht von einem Platz zum anderen gebracht werden können, während sie an den Versorgungsstromkreis angeschlossen sind.
Parallaxenfehler	...kann beim Ablesen von analogen Messinstrumenten auftreten.
Paralleles Anlassen	Beim parallelen Anlassen von Motoren werden normalerweise zwei oder mehr Motoren gleichzeitig mit derselben Anlassvorrichtung gestartet.
PCB	Leiterplatte (Printed Circuit Board).
PELV	(Protective Extra Low Voltage) stellt den Schutz von Personen vor direktem oder indirektem Berühren von elektrischer Energie auch ohne PE (Schutzleiter) sicher, wenn bestimmte Anforderungen, u. a. Verwendung nur in trockenen Innenräumen, erfüllt sind.
PEN – Leiter	Ein geerdeter Leiter, der zugleich die Funktionen des Schutzleiters und des Neutralleiters erfüllt.
Potentialausgleich	Elektrische Verbindung, die die Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf gleiches oder annähernd gleiches Potential bringt.

Begriff	Erläuterung
Protokoll	Reihe von Konventionen, die das Format und den zeitlichen Ablauf von Daten zum Austausch zwischen verschiedenen Kommunikationsvorrichtungen regeln.
Rauschen	Unerwünschte Störungen in einem Kommunikationsmedium, die den Dateninhalt stören.
Ruhestromkontakt	Ein Kontakt bzw. eine Reihe von Kontakten, die (NC) geschlossen sind, wenn das Relais bzw. der Schalter unerregt ist. Der (die) Kontakt(e) wird (werden) geöffnet, wenn das Relais bzw. der Schalter erregt wird.
Schleifenimpedanz (Impedanz einer Fehlerschleife) Zs. Rsch	...ist die Summe der Impedanzen (Scheinwiderstände) in einer Stromschleife, bestehend aus der Impedanz der Stromquelle, der Impedanz des Außenleiters von einem Pol der Stromquelle bis zur Messstelle und der Impedanz der Rückleitung (z. B. Schutzleiter, Erder und Erde) von der Messstelle bis zum anderen Pol der Stromquelle.
Schlupf	Differenz (normalerweise als Prozentwert angegeben) zwischen der Synchrondrehzahl und der Rotordrehzahl eines Wechselstrom-Asynchronmotors.
Schutzgrad	Definiert und angegeben als IP-Klasse (International Protection - Internationaler Schutz); diese zeigt den Grad des Schutzes gegen Kontakt und Eindringen von Festkörpern und Wasser an.
Schutzleiter (PE)	Ein Leiter für einige Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme zur elektrischen Verbindung zu Körpern, fremden leitfähigen Teilen, Erden usw..
Schwungmasse	Gesamtmasse (mD^2 oder GD^2) eines sich drehenden Körpers; wird normalerweise in kpm^2 oder in kgm^2 angegeben. Der Wert der Schwungmasse ist das 4-fache des Trägheitsmoments.
SCR	Siliziumgesteuerter Gleichrichter, oft Thyristor genannt.
SELV	(Safety Extra Low Voltage) Sicherheitskleinspannung; beinhaltet eine Schutzmaßnahme gegen direktes und indirektes Berühren gefährlicher Spannungen durch eine im Gerät realisierte „sichere Trennung“.
Sequentielles Anlassen	Beim sequentiellen Anlassen von Motoren werden normalerweise zwei oder mehr Motoren nacheinander mit derselben Anlassvorrichtung gestartet.
Serielle Kommunikation	Art der Datenübertragung in einem Netzwerk zwischen verschiedenen Knoten, bei der ein bestimmtes Protokoll verwendet wird.
Spannung gegen Erde ist	...in Netzen mit geerdeten Mittel- oder Sternpunkt die Spannung eines Außenleiters gegen den geerdeten Mittel- oder Sternpunkt. In den übrigen Netzen die Spannung, die bei Erdschluss eines Außenleiters an den übrigen Außenleitern gegen Erde auftritt.
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung, bestehend aus einem zentralen Prozessor, Eingabe-/Ausgabe-Schnittstellen sowie einem Speicher; Steuerungssystem in der Industrie. Ein SPS-System wird u. a. zur Speicherung von Anweisungen, zur Zeitsteuerung, zum Zählen, zur Berichterstellung und zur E/A-Steuerung verwendet.
Stationäre Anlagen	...sind mit ihrer Umgebung fest verbunden, z. B. Installationen in Gebäuden, Baustellenwagen, Containern und auf Fahrzeugen.
Sternschaltung	Anschlusstyp, bei dem jede Wicklung eines mehrphasigen Stromkreises an einem Ende an einem gemeinsamen Punkt angeschlossen ist.
Stoß	Kurzfristige Bewegung des Motors durch wiederholtes Schließen einer Schaltung mit einem Schaltelement oder einem Tastschalter.

Begriff	Erläuterung
Strombegrenzung	Elektronische Methode zur Begrenzung des Anlaufstroms des Motors beim Anlauf. Normalerweise kann die Funktion so justiert werden, dass das Drehmoment des Motors zum Anlaufen ausreicht.
Stromkreis	Alle elektrischen Betriebsmittel einer Anlage, die von dem selben Speisepunkt (Punkt, an dem elektrische Energie in die Anlage eingespeist wird) versorgt und die durch die selbe(n) Überstrom-Schutzeinrichtung(en) geschützt wird (werden)
Synchrondrehzahl	Drehzahl des sich drehenden Magnetfelds eines Wechselstrom-Asynchronmotors; hängt von der Frequenz und der Zahl der Magnetpole jeder der Phasen der Statorwicklungen ab.
Takt	Eine Betriebssequenz, die regelmäßig wiederholt wird, bzw. die Zeit, die zur Durchführung eines Betriebstakts erforderlich ist.
Teil einer elektrischen Anlage	Als Teil einer elektrischen Anlage gilt ein einzelnes Betriebsmittel oder die Zusammenfassung mehrerer miteinander verbundener Betriebsmittel, soweit das oder die Betriebsmittel funktionsmäßig mit der elektrischen Anlage verbunden sind.
Thyristor	Halbleiterschalter, der über eine Anode, eine Kathode und ein Steuerelement, das sogenannte Gate, verfügt, über das der Thyristor nach Bedarf eingeschaltet werden kann. Mit ihm können große Ströme bei hohen Spannungen schnell geschaltet werden (siehe auch SCR).
Trägheit	Maß für den Widerstand eines Körpers gegen eine Änderung seiner Geschwindigkeit, unabhängig davon ob der Körper sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt oder in Ruhe ist. Bei der Geschwindigkeit kann es sich um eine Drehgeschwindigkeit oder um eine lineare Geschwindigkeit handeln.
Trockene Räume	Räume oder Orte in denen in der Regel kein Kondenswasser auftritt oder in denen die Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt ist.
Überlastrelais	Vorrichtung zur Vermeidung von Überhitzungen des Motors. Kann als elektronisches oder thermisches Relais ausgeführt sein.
UL	Underwrites Laboratories (eine Zertifizierungsagentur).
Umgebungstemperatur	Die Umgebungstemperatur ist die Temperatur von Wasser, Luft oder eines umgebenden Mediums, in dem ein Gerät betrieben oder gelagert wird.
Umkehr	Änderung der Drehrichtung des Rotors oder Motorläufers.
Verbraucheranlagen	Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel hinter dem Hausanschlusskasten oder, wo dieser nicht benötigt wird, hinter den Ausgangsklemmen der letzten Verteilung vor den Verbrauchsmitteln.
Vereinbarte Grenze der Berührungsspannung	Höchstwert der Berührungsspannung, der zeitlich unbegrenzt bestehen bleiben darf. (z. B. 50 Volt oder 25 Volt Wechselspannung)
Vereinbarter Ansprechstrom (Abschaltstrom)	Ein festgelegter Wert des Stromes, der die Schutzeinrichtung innerhalb einer festgelegten Zeit, der sogenannten > vereinbarten Zeit < zum Ansprechen bringt.
Verteilungsnetz	Gesamtheit aller Leitungen vom Stromerzeuger bis zur Verbraucheranlage (einschließlich Hausanschlusskasten)
Vollkommener Körper-, Kurz- oder Erdschluss	...liegt vor, wenn die leitende Verbindung an der Fehlerstelle nahezu widerstandslos ist.
Wirkungsgrad	Verhältnis zwischen mechanischer Ausgangsleistung und elektrischer Eingangsenergie. Der angegebene Prozentwert zeigt an, wie effizient der Motor elektrische in mechanische Energie verwandelt.
Y-Schaltung	Siehe Sternschaltung

13. Stichwortverzeichnis

A

Anlagenverantwortlicher	30
Abisolieren	73
Abisolierzange	71
Abschaltzeiten, Kennlinie	135
Aderendhülsen	74
Aderendhülsen	96
Akkumulatoren	222
Akkumulatoren, wartungsfreie	225
Amperestunden	223
Amperestundenwirkungsgrad	224
Anlaufstrom	105
Anschlussklemmen	95
Anschlussleitungen	59
Anwurfmotor	117
Anzeigen, analog und digital	147
Aräometer	225
Arbeitsschutz	13
Arbeitssicherheit	13
Arbeitsverantwortlicher	30
Asynchronmaschine	102
Auftautransformatoren	201
Außenkabel	92

B

Basisschutz	41
Batterie, Einfüllen von Säure	226
Berufsgenossenschaft	14
Betriebsmittel, Beschriftung	175
Betriebsmittel, ortsveränderliche	158
Biegen	75
Bleiakkumulator	224
Bleiakkumulator, Lagerung	226
Bleiakkumulator, Lebensdauer	226
Bleiakkumulator, Temperaturverhalten	226
Bleisammler	223
Blockschaltplan	182
Braunstein-Zink-Zelle	221

D

D-System	128
Diazed	128
DO-System	128
Dosenklemmen	95
Dreheisenmessgerät	152
Drehfeld	101
Drehfeld, Entstehung	102
Drehmomentenkennlinie	104
Drehspulmesswerk	151
Drehstromamplitude	101
Dreieckschaltung, offene	121
Dreieckschaltung, Schaltplan	106
Drucktaster	192
Durchsteckstromwandler	156

E

Einphasenmotor mit Hilfswicklung	117
Einphasentransformator	196
Elektrolyt	219
Elektrolytische Spannungsreihe	219
Elektrostatische Aufladungen	246
Endlagenschalter	192
Endschalter	192
Energieinhalt (W)	221
Entgasung	225
Entladeschlussspannung	225
Entladespannung	221
Entladestrom	221
Erden und Kurzschließen	22
Erhaltungsladung	225
Explosionsfähige Atmosphäre	246
Explosionsgefahr	247
Explosionsgefährdete Bereiche	249
Explosionsgrenze	246
Explosionsschutzregeln (BGR 104)	253
Explosionsschutzregeln, Erläuterungen	260
Ex-Zonen	249

F

Farbkennzeichnung der Aderisolation	92
Fassungen	234
Fehlerschutz	41
Fehlerstromschutzeinrichtung	62
Feinsicherungen	131
Feldspulen	122
FI – Schutzschalter	62
Flachzange	71
Flammpunkt	247
Freigabeschein	24
Freischalten	21
Füllelement	222

G

Galvanische Zelle	219
Galvanisches Element	219
Gegen Wiedereinschalten sichern	22
Geräteschutzsicherungen	131
Glasfaserkabel	91
Glassicherungen	131
Glühlampe	233
Grenztaster	193
Grip-Quetschzange, Handhabung	77

H

Halbleiterdioden	239
Halogen-Metall dampflampen	238
Handleuchtentransformatoren	201
Hebel-Vornschneider	70
Hilfsschutz	187
Hochdruck-Entladungslampen	237
Hochdruck-Entladungslampen, Betriebssicherheit	238

I

IM-Code	114
IM-Code, Aufbau	115
Inertisierung	248
Innenkabel	91

Isolationsmessgeräte	159
Isolationsmessung	158
Isolationsmessung, praktische Hinweise	163
Isolationsüberwachungsgeräte	161
Isolationswiderstand	158

K

Kabel	85
Kabel und Leitungen, Kurzzeichen	86
Kabel und Leitungen, Verlegearten	93
Kabel- und Leitungsarten	88
Kabel, Abmanteln	72
Kabel, NYY-Bauart	89
Kabelarten, Darstellung	90
Kabelmesser	69
Kabelplan	180
Kabelschuh	75
Kammrelais	190
Kapazität (Q)	221
Kennbuchstaben der Gerätearten	174
Kleintransformatoren	199
Klemmen, schraubenlos	96
Klemmenplan	180
Klingeltransformatoren	200
Knallgas	223
Knopfzelle	221
Kombinationszange	70
Kondensator	235
Konzentrationsbegrenzung	248
Koppelrelais	206
Körperstrom	17
Körperwiderstand	16
Kurzschlussfestigkeit	199
Kurzschlussläufermotor	102
Kurzschlussströme	200
Kurzschlussverhalten	199

L

Ladefaktor	224
Ladespannung	225
Ladestrom	223

Ladezustand, Kontrolle	225
Lagefehler	149
Lampen	233
Leclanché-Element	220
LED	239
LED, Aufbau	240
LED, Schaltzeichen	240
Leistungsschild	113
Leitung, Mantel mit PVC-Isolierung	88
Leitung, Mantel mit VPE –Isolierung	88
Leitungen	85
Leitungen, PVC – Aderleitungen	88
Leitungen, Schwachstromleitung	91
Leitungen, Stegleitung	88
Leitungen, Steuerleitung	89
Leitungen, Telefonleitung	91
Leitungsarten, Darstellung	89
Leitungsschutzschalter (LS – Schalter)	133
Leistungsverbindungen	95
Leuchtdioden	239
Leuchten	233
Leuchten, Kennzeichen	239
Leuchtstofflampe	234
Lüftung	248

M

Messbereich	150
Messeinrichtung	145
Messgerät	69
Messgeräte, Sinnbilder	148
Messinstrument	150
Messkette	145
Messung des Effektivwertes	152
Messung des Mittelwertes	151
Messung des Schutzleiterwiderstands	162
Messverfahren, direkt	146
Messverfahren, indirekt	146
Messwandlerzähler	157
Messwerk	150
Messwertübertragung, analog	146
Messwertübertragung, digital	147
Motor, Anschlussbezeichnungen	112

Motoren, Betriebsarten	116
Motoren, Fehlersuche	121
Motorschutzrelais	134
Motorschutzscharter	134
Motorvollschutz	136

N

Näherungsscharter	193
Näherungsscharter, induktiv	193
Näherungsscharter, optisch	194
Nasselemente	220
Natriumdampf-Hochdrucklampen	237
Natriumdampflampen, Stromlaufplan	236
Natriumdampf-Niederdrucklampe	236
Nennkapazität	223
Nennspannung	85
Neozed	128
Netzformen	45
NH-Sicherungen	129
NH-Sicherungen, Auslösecharakteristik	133
NH-System	129
Niveaurelais	205
Notleuchten	233
Notstromaggregat	228
Notstromaggregat, Anschluss	228
Notstromaggregat, Aufstellung	228
Notstromaggregat, Auswahl	228

O

Ortsfeste elektrische Anlagen	25
Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel	26
Ösen	75

P

Parallaxenfehler	149
Polarität	225
Primärelement	219
Prinzip der dreifachen Sicherheit	40
Prüffristen nicht ortsfester Betriebsmittel	158
Pulsumrichter	119

Q

Quadranteneinteilung	176
Quecksilberdampfampe	237
Quecksilberoxid-Zink-Element	221
Quetschen, Aderendhülse	74
Quetschen, Kabelschuh	75
Quetschzange	72

R

Reflexions-Lichtschranke	195
Reflexions-Lichttaster	195
Reihenklemmen	95
Relais	189
Rundzange	71
Rundzelle	221

S

Sammler	222
Sanftanlasser, Funktionsweise	109
Sanftanläufer	204
Säuredichte	225
Schaltpläne, betriebsspezifisch	169
Schaltzeichen	170
Schmelzeinsätzen	131
Schmelzsicherungen	127
Schmelzsicherungen, Auslöseströme	132
Schmelzsicherungen, Betriebsklassen	132
Schmelzsicherungen, Kennfarben	127
Schraubendreher	70
Schütz	187
Schutz bei Kurzschluss	127
Schutz bei Überlast	127
Schutz gegen direktes Berühren	42
Schutz gegen indirektes Berühren	45
Schutz- und Hilfsmittel	26
Schütz, Aufbau und Funktionsweise	187
Schütz, Kontaktbeschriftung	188
Schütz, Typenschild	188
Schutzarten	42
Schutzarten elektrischer Betriebsmittel	44
Schutzisolierte Betriebsmittel	52

Schutzisolierung des Standorts	52
Schutzklassen	56
Schutzkleinspannung	61
Schützsicherungen	179
Schweißtransformatoren	202
Seitenschneider	70
Sekundärelemente	222
Sensor	145
Sicherheitsbeleuchtung	233
Sicherheitsregeln	21
Sicherheitstransformatoren	200
Sicherungen (D- System)	128
Sicherungen (DO – System)	128
Sicherungen, Auslöseverhalten	131
Sicherungen, NH-System	129
Silber-Zink-Akkumulatoren	227
Silber-Zink-Element	222
Sockel	236
Spannungen verschiedener Elemente	219
Spannungsfreiheit feststellen	22
Spannungsmessung	154
Spannungsprüfer	69
Spielzeugtransformatoren	201
SPS	204
Stahlakkumulator , Bauformen	226
Stahlakkumulator, Wartung	226
Starter	235
Stern-Dreieckschaltung	106
Sternschaltung, falsche	122
Sternschaltung, Schaltplan	106
Steuertransformator	139
Streufeldtransformatoren	202
Stroboskopischer Effekt	235
Stromlaufplan	177
Strompfade	177
Stromstoßrelais	191
Stromstoßschalter	191
Stromwandler	155
Stromzange	69
Sulfatisierung	224

T

Taster	192
Teile abdecken oder abschränken	22
Telefonzange	71
Thermisches Überlastrelais	135
Thermistor - Maschinenschutz	136
Thermistor Motorschutzrelais	204
Thyristor	108
TN-Netz	46
TN-System	47
Transformator	195
Transformator, Leistungsschild	203
Transformatorprinzip	196
Trenntransformator	201
Trockenelemente	220
TT-Netz	47
TT-System	49

U

Überladung	223
Überlastrelais	136
Übersetzungsverhältnis der Spannungen	197
Übersetzungsverhältnis der Ströme	197
Überspannungsschutz	205
Überstromschutzeinrichtungen	127
Unfallursachen	20
Unfallverhütung	15
USV-Anlage	227

V

Verbinder	77
Verbindungen, lösbar	78
Verbindungen, unlösbar	78
Verbindungsklemmen	95
Verbindungsstellen, Zugänglichkeit	95
Verbindungstechniken	78
Vergleichsmessungen an Maschinen	122
Vielfachmessgerät	154
Vorschaltgerät	235
V-Schaltung	121

W

Wassergefährdende Stoffen	245
Wattstundenwirkungsgrad	224
Wechselrichter	119
Wendeschutzschaltung	212
Werkzeuge	69
WHG	245
Wicklungsschluss	123
Widerstandsmessung	157
Widerstandswert	123
Wiedereinschalten	23
Windungsschlüsse	122

Z

Zangenstromwandler	156
Zeigermessinstrumente	150
Zeitrelais	204
Zink-Kohle-Element	220
Zugentlastungsvorrichtung	96
Zündquellen	246

14. Literatur

- ATV-DVWK „Lehrgang Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten“, Hennef, 2003
- BGI 548, Sicherheitslehrbrief für Elektrofachkräfte, Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften, Carl Heymanns Verlag KG, Ausgabe 2000
- BGI 600, Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Einsatzbereichen, Berufsgenossenschaft der Gas, Fernwärme- und Wasserwirtschaft, Aktualisierte Fassung 2000
- BGV A2, Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, Berufsgenossenschaft der Gas, Fernwärme- und Wasserwirtschaft, Ausgabe 2001
- CEAG Sicherheitstechnik GmbH „Grundlagen Explosionsschutz“, Soest
- Der Elektro- und Gebäudetechniker, Hüthig und Pflaum Verlag
- Der Industriemeister, Rolf-Heinz Schaper, Feldhausverlag, 1991
- Die bestimmungsgerechte Elektroinstallationspraxis, Hoppmann, Pflaum-Verlag, 2002
- DIN VDE 0100-410 VDE 0100 Teil 410:1997-01 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, – Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 364-4-41:1992, mod.); Deutsche Fassung HD 384.4.41 S2:1996
- DIN VDE 0100-410/A1 VDE 0100 Teil 410/A1:2003-06, Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4: Schutzmaßnahmen - Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:1992/A2:1999, modi.ziert); Deutsche Fassung HD 384.4.41 S2:1996/A1:2002
- DIN VDE 0100-610 VDE 0100 Teil 610:1994-04 – Teil 610: Prüfungen; Erstprüfungen
- DIN VDE 0701-1 VDE 0701 Teil 1:2000-09, Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Elektrotechnik, Fachbildung Energieelektronik; Müller, Hörnemann, Hübscher, Jagla, Larisch, Pauly; Verlag Georg Westermann, Braunschweig, 2000
- Elektrotechnik Fachstufe 1, ISBN 3-14-201230-3, Verlag Georg Westermann
- Fachkunde Elektrotechnik, ISBN 3-8085-3019-7, Verlag Europa Lehrmittel
- Gesamtkatalog 2002/2003 sowie Prospekt "Schneiden-Abisolieren-Crimpen", KNIPEX-WERK, Wuppertal
- Grundlagen Elektrotechnik, HT 3236, Verlag Handwerk und Technik, 1982
- Lehrgänge zur betrieblichen Ausbildung, Teil 1: Elektrotechnik; Teil 2: Elektronik; RAG Aktiengesellschaft, Essen

- Lichtprogramm 2002/2003, OSRAM GmbH, München
- Moeller Schaltungsbuch, Ausgabe 04/03, Moeller GmbH, Bonn
- Sanftanlasser-Handbuch, ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, Heidelberg, 2003
- Schutz in elektrischen Anlagen, Biegelmeier, Kiefer, Krefter, VDE-Verlag, 1998

15. Anhang

Um die Herstellungskosten für das vorliegende Handbuch niedrig zu halten, wurde die Ausfertigung als Schwarz-Weiss-Druck gewählt.

In diesem Handbuch sind jedoch einige Abbildungen enthalten, die als Farbdarstellung aussagekräftiger sind. Diese sind zusätzlich als Farbdruck hergestellt und in diesem Anhang kapitelweise zusammengefasst.

In der jeweiligen Bildunterschrift wird auf diesen Anhang verwiesen.

Abbildungen aus Kapitel 1



Abb. 1.37: Bauformen von Steckern für schutzisolierte Geräte



Abb. 1.39: Internationale Rundsteckvorrichtung

Abbildungen aus Kapitel 2



Abb. 2.1: Spannungsprüfer



Abb. 2.2: Spannungsprüfer



Abb. 2.3: Messgerät



Abb. 2.4: Stromzange

Abbildungen aus Kapitel 2



Abb. 2.5: Kabelmesser



Abb. 2.6: Kabelmesser mit Hakenklinge



Abb. 2.7: Schraubendreher
für Schlitzschrauben



Abb. 2.8: Schraubendreher
für Kreuzschlitzschrauben



Abb. 2.9: Seitenschneider



Abb. 2.10: Kombinationszange



Abb. 2.11: Hebel-Vornschneider



Abb. 2.12: Flachzange



Abb. 2.13: Telefonzange



Abb. 2.14: Abisolierzange

Abbildungen aus Kapitel 2



Abb. 2.15: Selbstregulierende
Abisolierzange mit
Drahtschneider



Abb. 2.16: Rundzange



Abb. 2.17: Aderendhülsen-Quetschzange



Abb. 2.18: Grip-Quetschzange



Abb. 2.19: Handhabung des Kabelmessers



Abb. 2.20: Längs- und Umfangsschnitt



Abb. 2.21: Abisolieren mit dem Kabelmesser

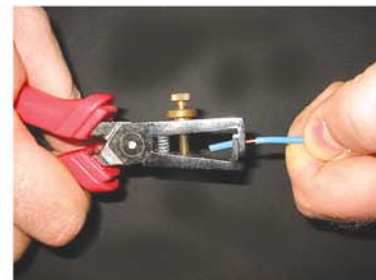


Abb. 2.22: Abisolieren mit der Abisolierzange

Abbildungen aus Kapitel 2



Abb. 2.23: Abisolieren mit selbstregulierender Abisolierzange



Abb. 2.26: Kabelschuh einsetzen



Abb. 2.27: Leiterende einführen



Abb. 2.28: Quetschzange bis zum Anschlag durchdrücken

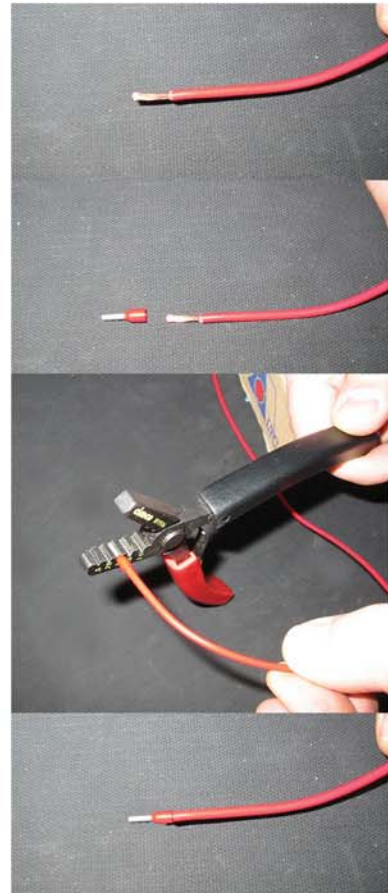


Abb. 2.24: Quetschen von Aderendhülsen



Abb. 2.30: Grip-Quetschzange

Abbildungen aus Kapitel 2

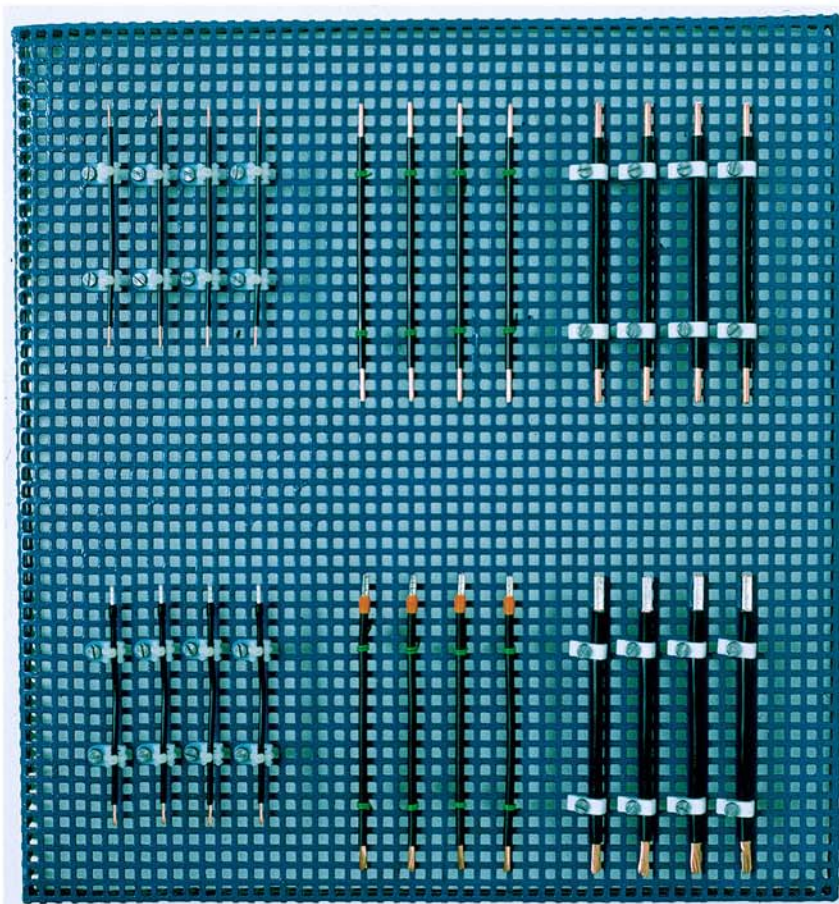


Abb. 2.32: Lochblech mit Kunststoffaderleitungen

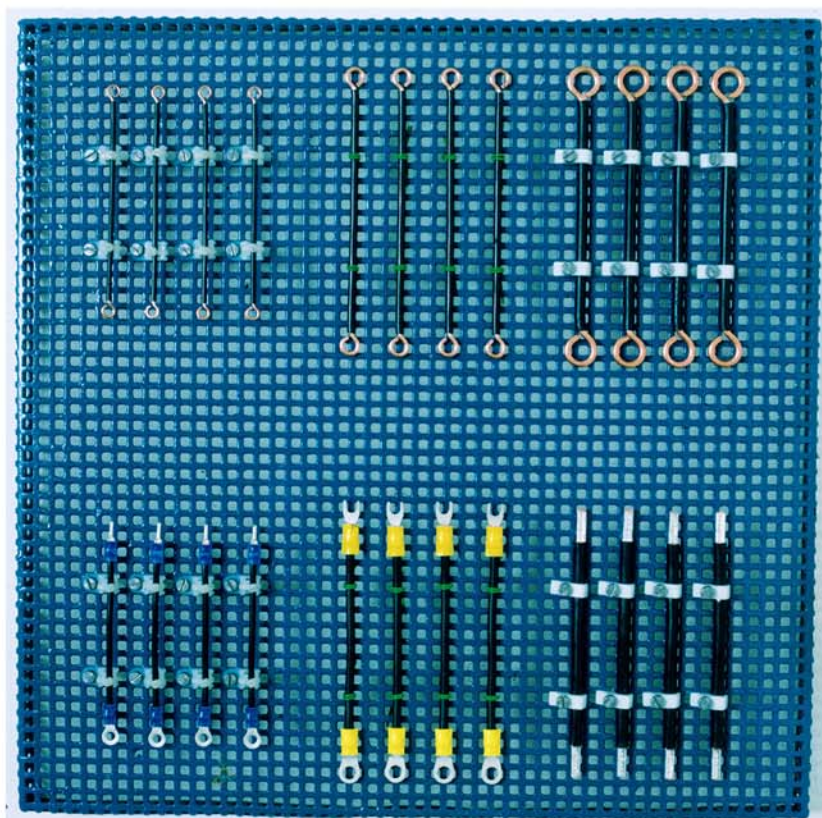


Abb. 2.34: Lochblech mit Kunststoffaderleitungen

Abbildungen aus Kapitel 3

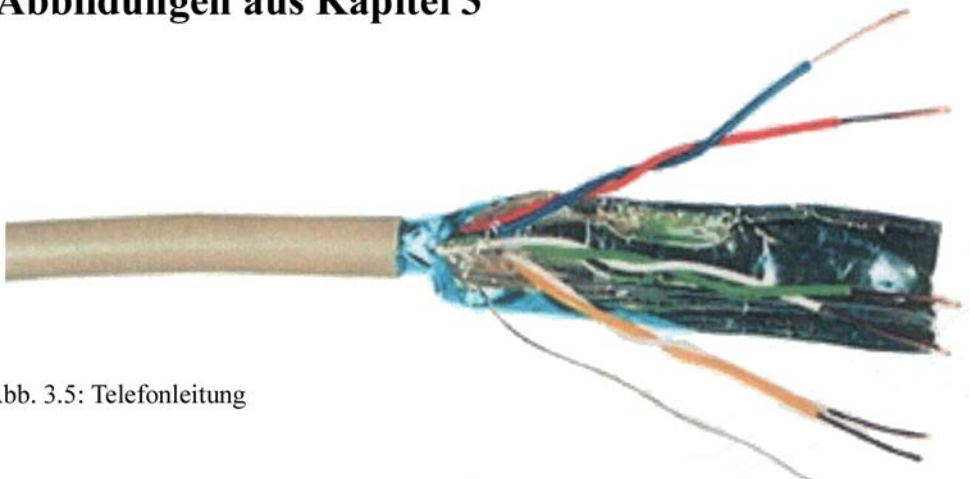


Abb. 3.5: Telefonleitung



Abb. 3.6: Innenkabel I-D(ZN)H n



Abb. 3.7: Außenkabel A-D(ZN)2Y n x m

Abbildungen aus Kapitel 5

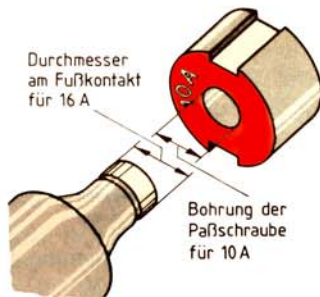


Abb. 5.2: Schmelzsicherung mit Passeinsatz



Abb. 5.6 : Auswechseln von NH-Sicherungseinsätzen
Abb. 5.24: Ziehen einer NH-Sicherung



Abb. 5.7: NH-Sicherungs-Lasttrennschalter



Abb. 5.9: NH-System



Abb. 5.10: NH-Sicherungen

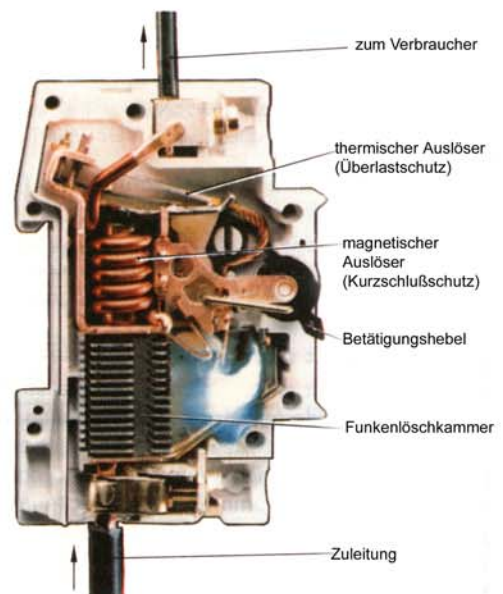


Abb. 5.12: Leitungsschutzschalter

Abbildungen aus Kapitel 5

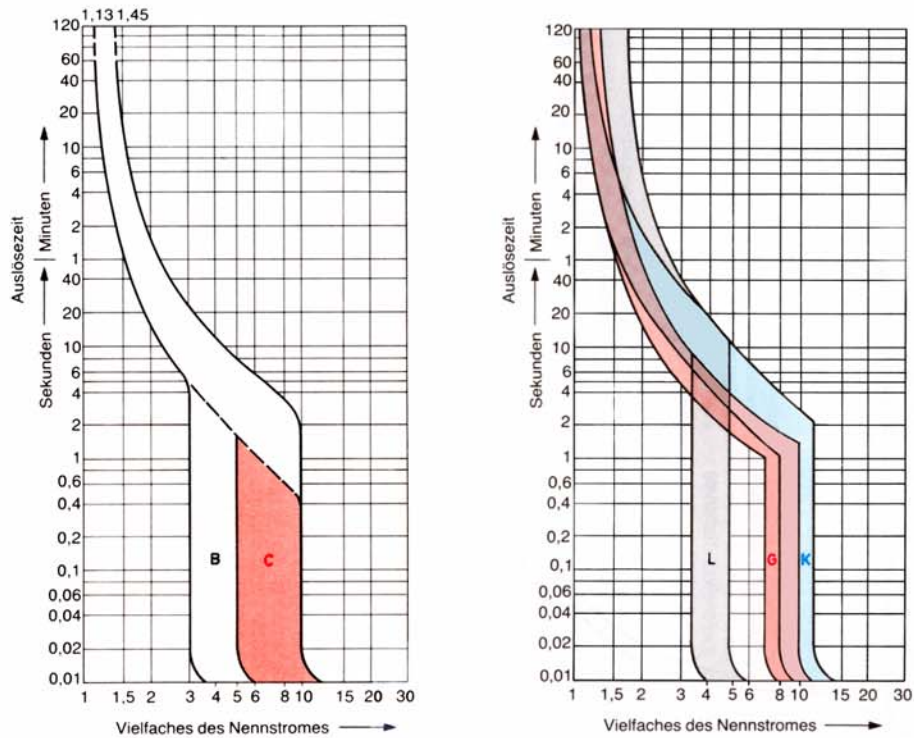


Abb. 5.13: Strom-Zeit-Kennlinien

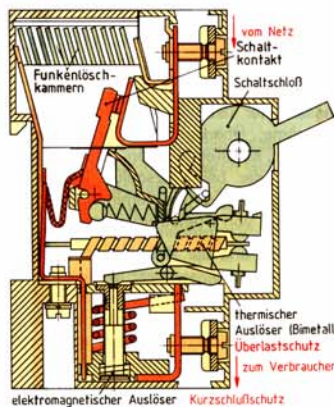


Abb. 5.15: Schnitt durch Motorschutzschalter



Abb. 5.16: Motorschutzschalter

Abbildungen aus Kapitel 6



Abb. 6.20: Messwandlerzähler

Abbildungen aus Kapitel 8



Abb. 8.14: Endschalter



Abb. 8.15: Taster



Abb. 8.16: Taster



Abb. 8.17: verschiedene Grenztaster



Abb. 8.18: Näherungsschalter

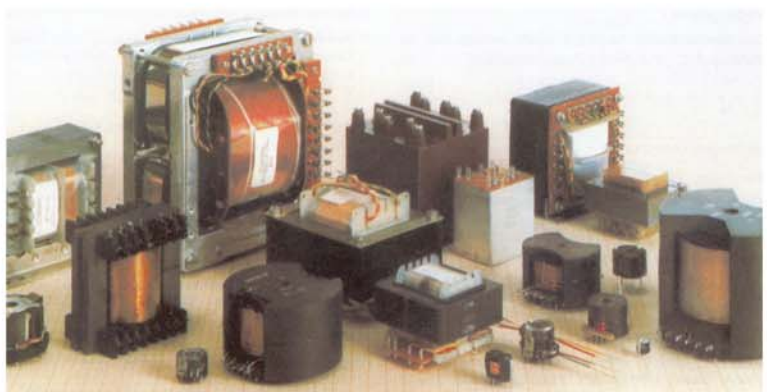


Abb. 8.30: Kleintransformatoren

Abbildungen aus Kapitel 8



Abb. 8.44: Speicherprogrammierbare Steuerung



Abb. 8.45: Sanftanläufer



Abb. 8.46: Thermistor Motorschutzrelais



Abb. 8.47: Zeitrelais



Abb. 8.48: Niveaurelais



Abb. 8.49: Überspannungsschutz



Abb. 8.50: Überspannungsschutz



Abb. 8.51: Überspannungsschutz



Abb. 8.52: Koppelrelais

Abbildungen aus Kapitel 8

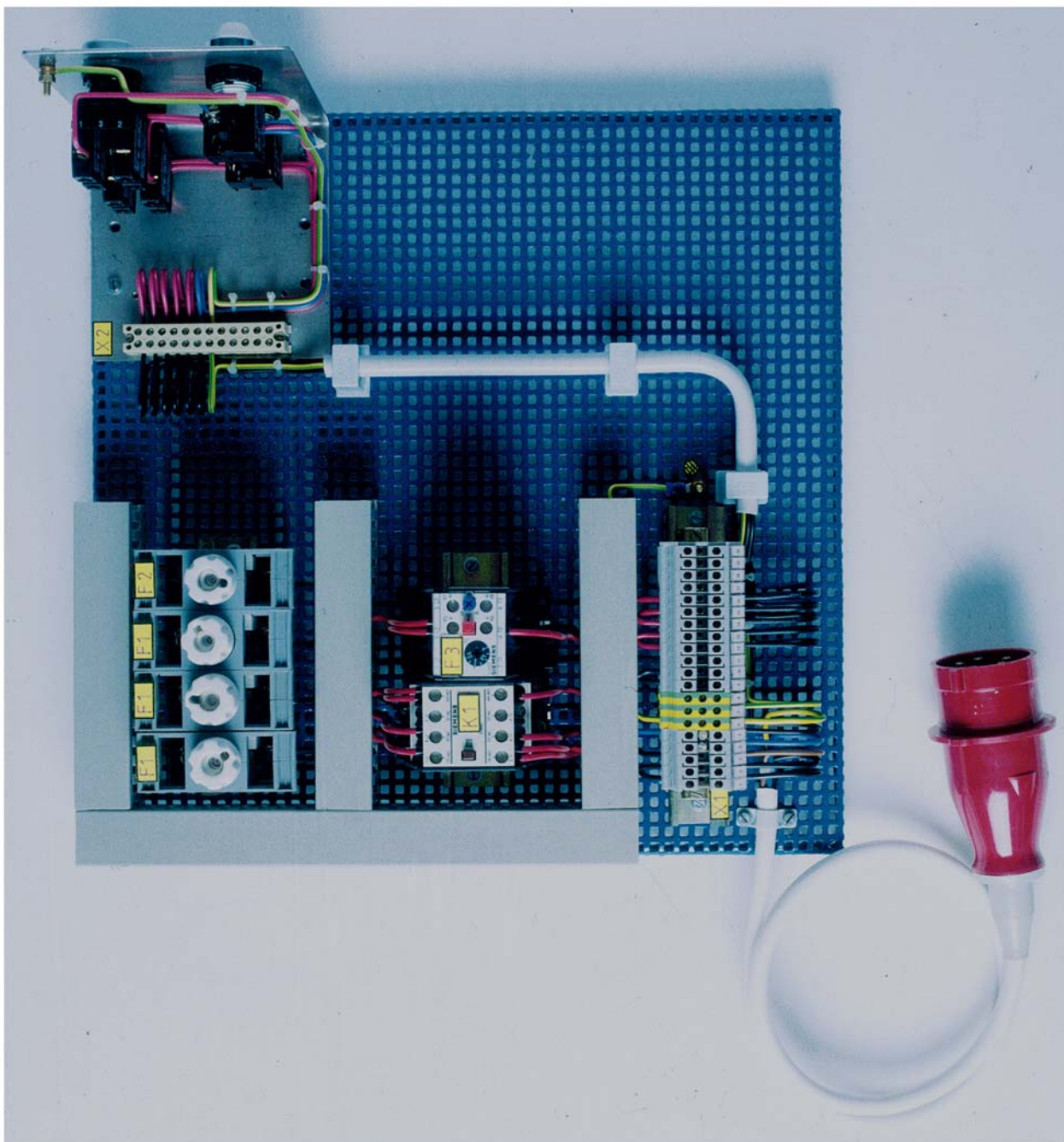


Abb. 8.53: Einfache Motorschutzschaltung

Abbildungen aus Kapitel 8

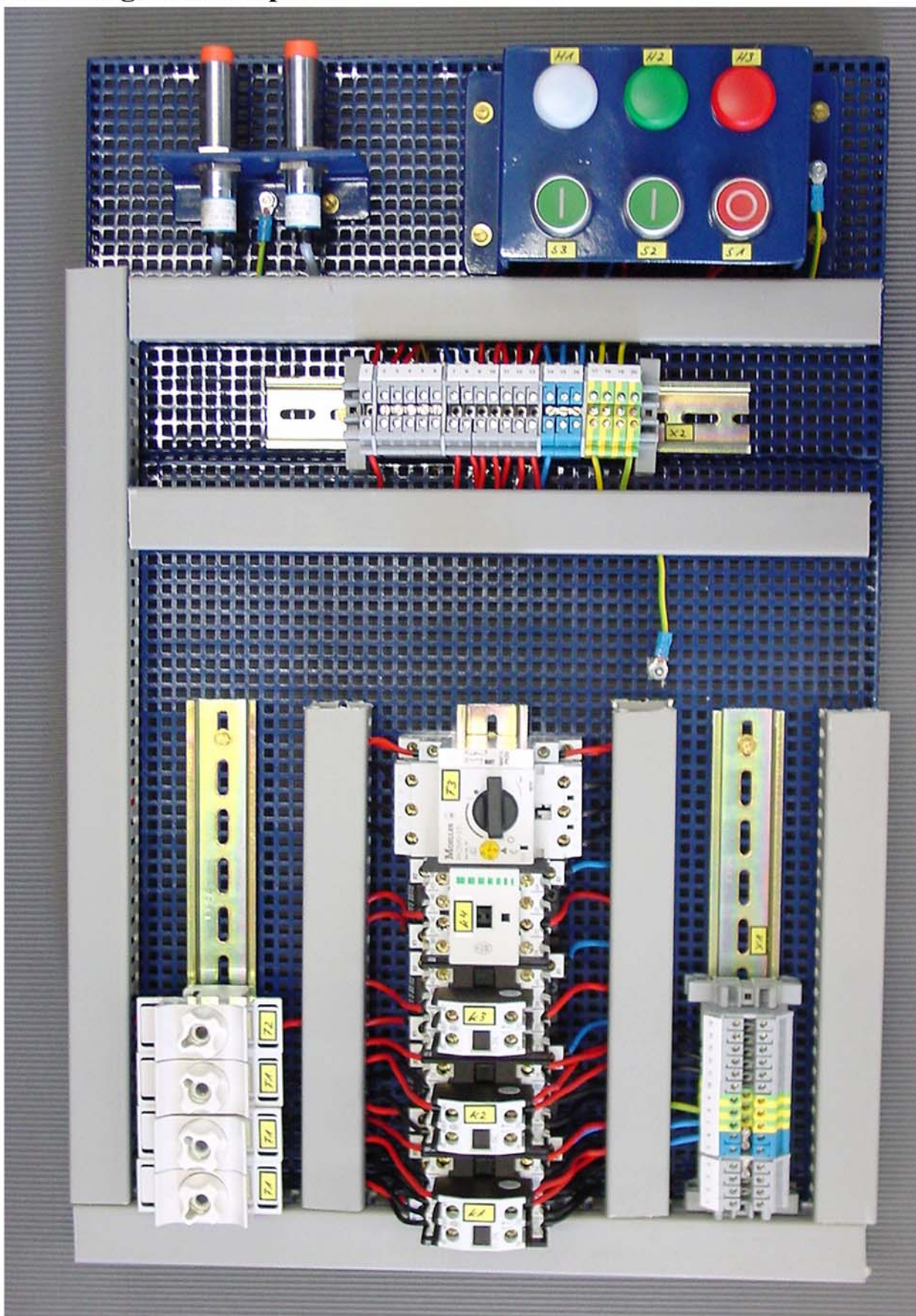


Abb. 8.57: Wendeschützschaltung

Abbildungen aus Kapitel 9



Abb. 9.7: Leclanché-Element
Auslaufsichere Zelle mit
Stahlmantel

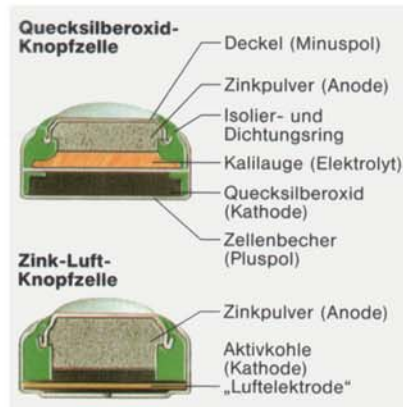


Abb. 9.8: Knopfzellen

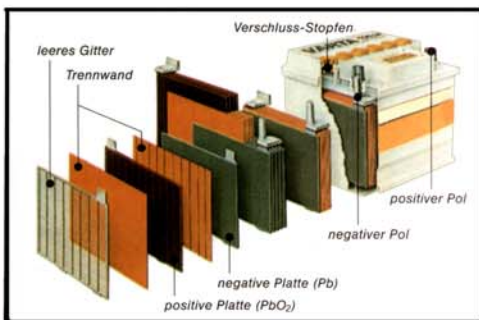


Abb. 9.13: Aufbau einer Batterie für Kraftfahrzeuge

Abbildungen aus Kapitel 10

Glühlampe



Energiesparlampe



Leuchtstofflampe,
hier in Stabform



Natriumdampf-
Hochdrucklampe



Abb. 10.1: Lampenarten

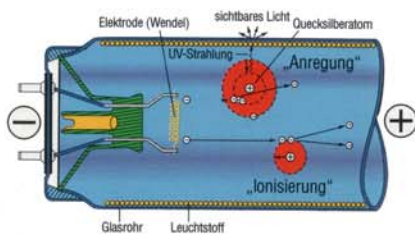


Abb. 10.5: Prinzip der Lichterzeugung



Abb. 10.8: Vorschaltgerät

Abbildungen aus Kapitel 10



Abb. 10.10: Natrium-Niederdrucklampe



Abb. 10.12: Natrium-Hochdrucklampe



Abb. 10.15: Halogen-Metalldampf Lampe

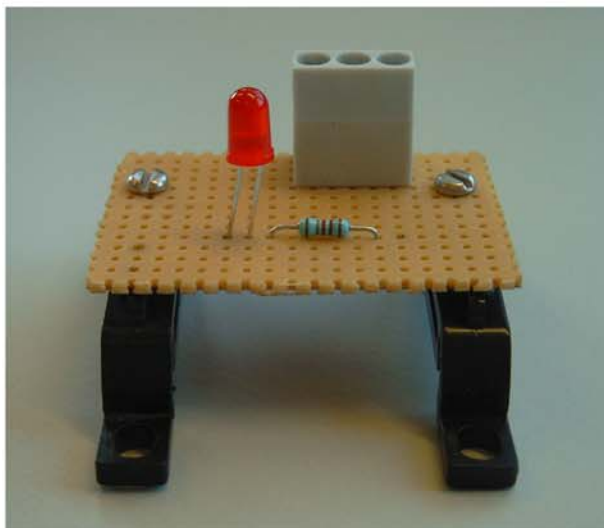


Abb. 10.19: Leuchtdiode mit Widerstand

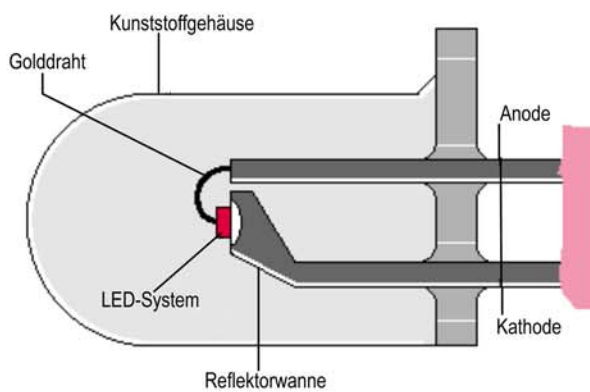


Abb. 10.22: Aufbau einer LED

Abbildungen aus Kapitel 10

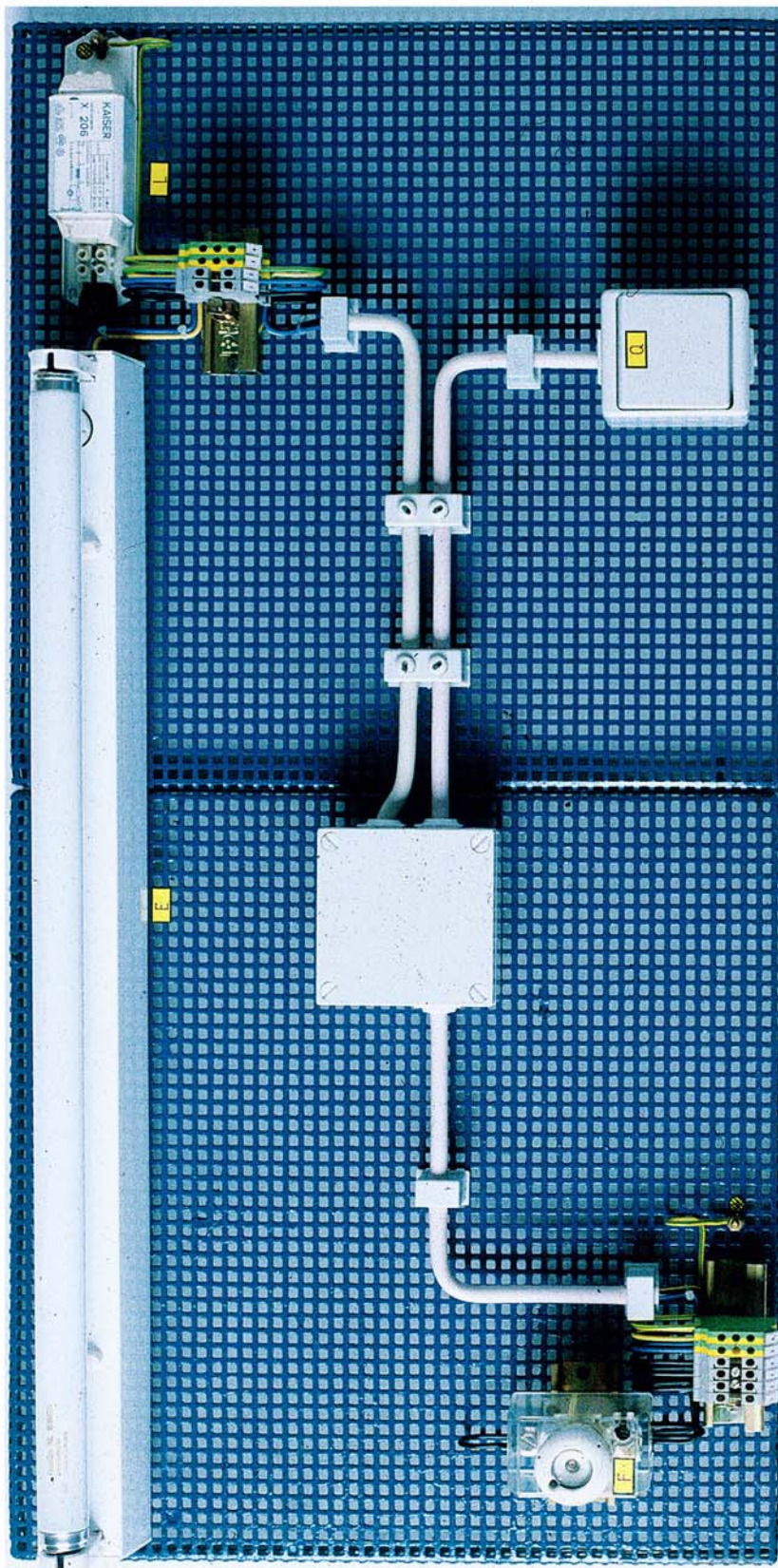


Abb. 10.23: Leuchtstofflampenschaltung

