

1. Fachliche Voraussetzungen für Elektroinstallationsbetriebe

Um elektrische Anlagen für Menschen und Nutztiere sicher betreiben und unzulässige Netzurückwirkungen vermeiden zu können, müssen Elektroinstallationsbetriebe eine ausreichende fachliche Qualifikation besitzen. Diese wird im § 13 der „Niederspannungsanschlussverordnung“ (NAV) gefordert und bezieht sich auf das Errichten, Erweitern, Ändern und Instandhalten von elektrischen Anlagen. Daher dürfen Arbeiten an elektrischen Anlagen nur durch den Netzbetreiber oder durch einen im Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragenen Elektroinstallationsbetrieb ausgeführt werden.

Voraussetzung für die Eintragung ist seit 2003 das bestandene Prüfungsfach „Elektro- und Sicherheitstechnik“ (ETSI) in der Meisterprüfung. Dies gilt im Handwerk für die Meister in den Bereichen Elektrotechnik, Elektromaschinenbau und Informationstechnik.

Für Meisterprüfungen im Elektrohandwerk, die vor 2003 abgelegt wurden, gelten folgende Regelungen: Elektroinstallateur-Meister bis 2003 und Elektrotechniker-Meister von 1998 bis 2003 haben die Eintragungsvoraussetzungen ebenfalls erfüllt. Für alle anderen Meister im Elektrohandwerk vor 2003 besteht die Möglichkeit, einen separaten Sachkundenachweis für den Anschluss elektrischer Anlagen an das Niederspannungsnetz zu erwerben.

Auch nachfolgende Berufsgruppen können den Sachkundenachweis erwerben, um in das Installateurverzeichnis eingetragen zu werden.

- Ingenieure
- Master und Bachelor
- Techniker und Industriemeister in der Fachrichtung Elektrotechnik

Dies gilt auch für Ausübungsberechtigungen nach § 7b Handwerksordnung (HwO) und Ausnahmegewilligungen gemäß § 8 und § 9. Die Ausübungsberechtigungen gelten für Altgesellen im Elektrohandwerk mit mindestens sechs Jahren Berufserfahrung (G6). Ausnahmegewilligungen werden individuell erteilt, beispielsweise für bestimmte Angehörige des europäischen Wirtschaftsraumes (siehe **Table 1**).

<p>1) Wer hat den TREI-Schein oder die gleichwertige Qualifikation schon?</p>	<p>1) Meisterprüfungen im Elektrohandwerk Meister (Elektroinstallateur) bis 2003 Meister (Elektrotechniker) 1998–2003</p>
<p>2) Wer braucht den TREI-Schein bzw. darf teilnehmen?</p>	<p>1) Andere Meisterprüfung im Elektrohandwerk bis einschließlich 2003 2) Die Anerkennungen gemäß § 7 (2) Handwerksordnung (HwO) in Verbindung mit der Verordnung über die Anerkennung von Prüfungen für die Eintragung in die Handwerksrolle vom 29.06.2005 in der Fachrichtung Elektrotechnik, zum Beispiel: Ingenieure, Master, Bachelor, Techniker und Industriemeister 3) Eine Ausübungsberechtigung gemäß § 7a Handwerksordnung (HwO), wie zum Beispiel: Installateur- und Heizungsbauer nach ZVEH/ZVSHK-Vereinbarung oder Altgesellen aus dem Elektrohandwerk mit mindestens sechs Jahren Berufserfahrung (G6) 4) Eine Ausnahmegewilligung gemäß § 8 Handwerksordnung (HwO) aus dem Elektrohandwerk oder § 9 Handwerksordnung (HwO) in Verbindung mit der Verordnung über die für Staatsangehörige eines Mitgliedstaates der Europäischen Union oder eines anderen Vertragsstaates des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum oder der Schweiz geltenden Voraussetzungen für die Ausübung eines zulassungspflichtigen Handwerks (EU/EWR HwV) vom 20.12.2007 (z. B. EU/EWR-Angehörige)</p>

Table 1: Sachkundenachweis



Sollte bei bestandener Meisterprüfung das Fach ETSI schlechter als „ausreichend“ bewertet worden sein, besteht auch hier die Möglichkeit zum Erwerb des Sachkundenachweises. Ist auch diese Prüfung dreimal nicht mit mindestens „ausreichend“ absolviert worden, ist die Teilnahme an diesem Eintragungsverfahren nicht mehr möglich.

Die Kurse zum Erwerb des Sachkundenachweises werden ausschließlich in autorisierten Schulungsstätten des „Zentralverbandes der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke“ (ZVEH) angeboten. Sie werden als sogenannter „TREI-Lehrgang“ (Technische Regeln Elektro-Installation) bezeichnet. Die Inhalte werden vom Bundesinstallateurausschuss in der Bundes-Muster-Verfahrensordnung (Ausgabe 2020) festgelegt:

Teil A: Schriftlicher Kenntnissnachweis über folgende Themeninhalte:

1. Rechtlicher Rahmen
2. Allgemein anerkannte Regeln der Technik und Arbeitssicherheit
3. Prüfen und Inbetriebnahme von elektrischen Anlagen
4. Schaltanlagen und Verteiler
5. Projektierung und Anmeldung elektrischer Anlagen

Teil B: Praktische Prüfung

Durchführung einer nach DIN VDE vorgeschriebenen Prüfung, Messung und Fehlersuche mit entsprechender Erstellung eines Prüf- und Inbetriebnahmeprotokolls

Teil C: Fachgespräch

mit dem Bezug auf die Teile A und B

Dabei müssen mindestens 50% der möglichen Punkte in jedem Prüfungsteil erreicht werden. Wird ein Teil mit weniger als der Hälfte der Punkte absolviert, wird der Teilnehmer von der restlichen Prüfung ausgeschlossen und muss alle Teile wiederholen.

Für die Teilnahme an der Prüfung muss ein schriftlicher Antrag beim ZVEH gestellt werden. Diesen Antrag kann nur einreichen, wer die Voraussetzungen zur Eintragung in die Handwerksrolle erfüllt.

Ausnahmen von diesem Verfahren bilden gemäß §7a HwO Installateur- und Heizungsbauermeister. Diese müssen einen 240-Stunden-Grundlehrgang „Elektroinstallationstechnik für Installateur- und Heizungsbauermeister“ durchführen. Darauf aufbauend können sie den 80-stündigen TREI-Lehrgang absolvieren und den Sachkundenachweis erwerben. Dieses Verfahren existiert ebenfalls für Elektromeister, die den Sachkundenachweis der „Technische Regeln für Gasinstallationen“ (TRGI) erwerben wollen.

Inhalt

2.	Rechtlicher Rahmen	8
2.1	Hierarchie der rechtlichen Bestimmungen	8
2.2	Abstufungen technischer Standards – Technik Klauseln	9
2.2.1	Allgemein anerkannte Regeln der Technik	10
2.2.2	Stand der Technik	10
2.2.3	Stand von Wissenschaft und Forschung	10
2.3	Regelwerke der Elektrotechnik	11
2.3.1	DIN-Normen	11
2.3.2	VDE-Vorschriftenwerk	12
2.3.3	Vorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung	15
2.3.4	Betriebssicherheitsverordnung	16
2.3.5	Technische Regeln für Betriebssicherheit	17
2.3.6	Produktsicherheitsgesetz	18
2.3.7	Handwerksordnung	18
2.3.8	Energiewirtschaftsgesetz	18
2.3.9	Stromgrundversorgerverordnung	19
2.3.10	Messstellenbetriebsgesetz	19
2.3.11	Erneuerbare-Energien-Gesetz	20
2.3.12	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz	21
2.3.13	Niederspannungsanschlussverordnung	21
2.3.14	Richtlinien der VdS Schadensverhütung GmbH	24
2.4	Bauordnungen und Sonderbauordnungen	25
2.4.1	Musterbauordnung	26
2.4.2	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie	27
2.4.3	Verordnungen für Sonderbauten	31
2.5	Rechtsgrundlagen zur Plombierung	44
2.6	Kennzeichnungen – Prüf- und Qualitätssiegel	45
2.6.1	CE-Kennzeichnung	45
2.6.2	GS-Siegel	46
2.6.3	VDE Zeichen	46
2.6.4	EU-Energielabel	46
2.6.5	Blauer Engel	47
2.6.6	EU-Ecolabel	47
2.6.7	TCO-Siegel	47
2.6.8	Energy-Star	48
2.6.9	OVE-Siegel	48
2.6.10	UL- & UR-Kennzeichnung	48
2.6.11	FCC-Siegel	48

2. Rechtlicher Rahmen



Für das Errichten und Betreiben von elektrischen Anlagen sowie die Herstellung und den Vertrieb von elektrischen Betriebsmitteln sind zahlreiche Gesetze, Verordnungen, Regeln und Richtlinien zu beachten.

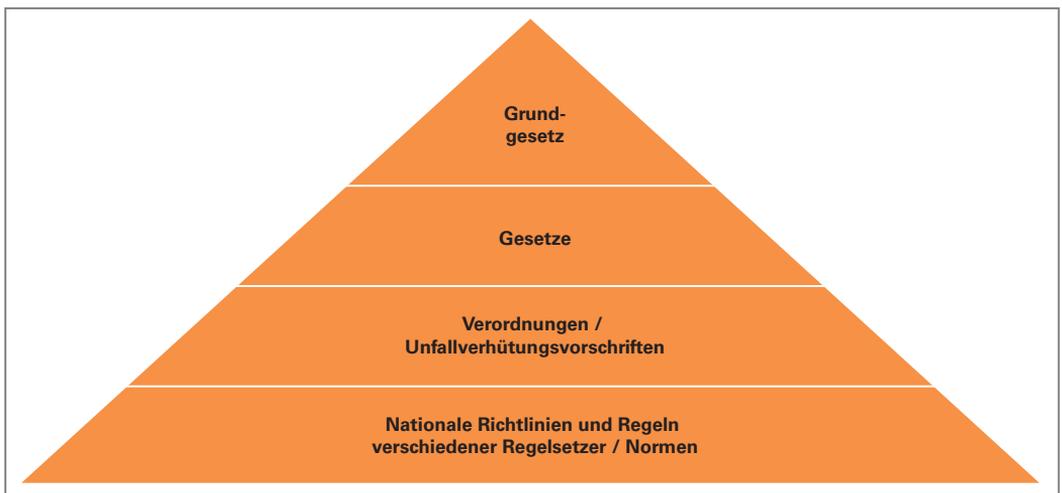
2.1 Hierarchie der rechtlichen Bestimmungen

Nach der Struktur der abgebildeten Gesetzespyramide (**Bild 1**) sind in der Bundesrepublik Deutschland alle rechtlichen Vorgaben angeordnet. Das Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland steht mit seiner Forderung nach körperlicher Unversehrtheit über allem.

Nachrangig folgen die Gesetze. Beispielsweise werden hier das „Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung“ (Energiewirtschaftsgesetz), das „Gesetz zur Neuordnung der Sicherheit von technischen Arbeitsmitteln und Verbraucherprodukten“ (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz, ProdSG) und das „Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln“ (EMVG) eingeordnet.

Wie in der Gesetzespyramide dargestellt, befinden sich unterhalb von Gesetzen die Verordnungen, wie beispielsweise die „Niederspannungsanschlussverordnung“ (NAV). Während Gesetze immer mehrheitlich durch ein Parlament beschlossen werden, können Verordnungen durch nachgeordnete Stellen (z. B. durch Ministerien, Bezirksregierungen, Regierungspräsidien) erlassen werden. Gesetze werden generell sehr allgemein gehalten. Sie werden erst durch Verordnungen präzisiert. Eine Ausnahme hierzu bildet das „Arbeitssicherheitsgesetz“ (ASiG), hier existiert keine nachrangige Verordnung.

Auf derselben Hierarchieebene der Verordnungen befinden sich die Unfallverhütungsverschriften. Diese werden als autonomes Recht von der „Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung“ (DGUV) herausgegeben. Der Begriff „autonom“ stammt vom griechischen „autonomos“ ab und kann als „eigenständig“ oder „selbstbestimmt“ beschrieben werden.



1 Gesetzespyramide

Der Dachverband der gesetzlichen Unfallversicherer erstellt eigenständig sein Regelwerk aus Vorschriften, Regeln und Informationen. Beispielsweise hat die DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ für jede Elektrofachkraft zentrale Bedeutung und ist eine verbindliche Rechtsvorschrift.

Gesetze, Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften werden kostenlos im Netz bereitgestellt, z. B.: www.gesetze-im-internet.de <https://publikationen.dguv.de/dguv/>. Dagegen sind Richtlinien, Normen und Regeln häufig nur über deren Urheber (z. B. Deutsches Institut für Normung – DIN, Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – VDE oder VdS Schadensverhütung GmbH, vormals Verband der Schadenversicherer e. V.) erhältlich.

2.2 Abstufungen technischer Standards – Technik Klauseln

Technische Regeln sind im weitesten Sinne Empfehlungen, Handlungsanleitungen oder Vorschläge zur Einhaltung von Gesetzen und Verordnungen. Sie dienen im Wesentlichen

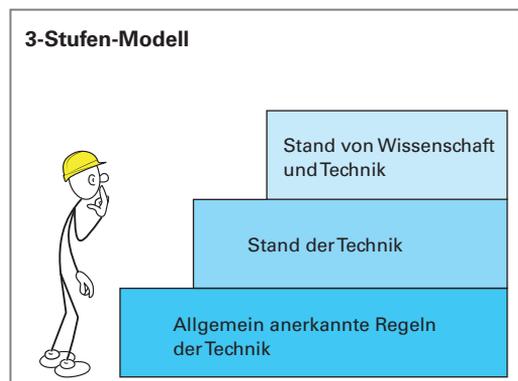
- der technischen Sicherheit zum Schutz von Gesundheit, Leben und Sachgütern,
- der Sicherung von Qualitätsstandards von Produkten und Dienstleistungen,
- dem Schutz der Umwelt sowie
- der Vergleichbarkeit von Dienstleistungen und Produkten.

In Ausschreibungen und Verträgen finden sich sehr häufig Technik Klauseln. Diese verweisen auf unterschiedliche technische Standards. Im deutschsprachigen Raum sind sie gemäß eines 3-Stufen-Modells (Bild 1) geordnet:

- Allgemein anerkannte Regeln der Technik
- Stand der Technik
- Stand von Wissenschaft und Technik

Diese Stufen wurden vom Bundesverfassungsgericht (BVerfGE) in der sogenannten „Kalkar-Entscheidung“ am 08. August 1978 verbindlich definiert (BVerfGE 49, 89 ff.). Dabei ging es um die Genehmigungsfähigkeit des Atomkraftwerks „Schneller Brüter“ (Bild 2). Obwohl der Ursprung in der Kernkraftindustrie lag, hatte dieses Urteil auch weitreichende Auswirkungen auf andere Gewerke und damit ebenso auf die Elektrotechnik.

Die technischen Standards und Technik Klauseln finden im Strafrecht für die Bestimmung von pflichtwidrigem Handeln, insbesondere bei der Prüfung der Fahrlässigkeit, Anwendung. So werden beispielsweise im §319 des Strafgesetzbuches (StGB) die „anerkannten Regeln der Technik bei der Baugefährdung“ explizit genannt.



1 Technische Standards



2 AKW „Schneller Brüter“ in Kalkar



Inhalt

3.	Arbeiten an elektrischen Anlagen	50
3.1	Gefahren des elektrischen Stromes	50
3.2	Grundlagen des Arbeitsschutzes	53
3.3	Organisation in der Elektrotechnik	54
3.3.1	Personen in der Elektrotechnik	54
3.3.2	Rollendefinitionen	57
3.3.3	Zur Prüfung befähigte Personen	60
3.4	Arbeitsmethoden	61
3.4.1	Annäherungs- und Gefahrenzone	61
3.4.2	Schutzabstände	62
3.4.3	Spannungsfreier Zustand	63
3.4.4	Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile	70
3.4.5	Arbeiten unter Spannung	71
3.4.6	Arbeiten in unterirdischen Kabelkellern und Kabelschächten	77
3.5	Störlichtbogenschutz	78
3.6	Spannungs- und Netzebenen	79
3.7	Asbest bei Arbeiten im Bestandsbau	81



3. Arbeiten an elektrischen Anlagen

Die DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ und die DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“ bilden den Rahmen für den Umgang mit elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln. Sie sind somit auch die Grundlage für ein sicheres Arbeiten. Für elektrotechnische Unternehmen inkl. der Geschäftsführung ist daher eine besondere Beachtung durch die Belegschaft von hoher Wichtigkeit.



Von zentraler Bedeutung sind für den Unternehmer die Erstellung und Fortschreibung von Gefährdungsbeurteilungen. Die Grundlage dazu liegt im § 5 des „**Arbeitsschutzgesetzes**“ (ArbSchG). Des Weiteren müssen anstehende Arbeiten unter allen Mitwirkenden besprochen werden. Alle Materialien, Werkzeuge, Geräte und Schutzausstattungen müssen in einwandfreiem Zustand sein und ihrer Bestimmung entsprechend eingesetzt werden. Ein wichtiges organisatorisches Element für die Sicherheit am Arbeitsplatz ist die Unterweisung durch die Vorgesetzten. Diese müssen gemäß § 4 der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ vor Aufnahme der Tätigkeit sowie regelmäßig in angemessenen Zeitabständen oder nach Unfällen, jedoch mindestens jährlich, die Mitarbeiter hinsichtlich möglicher Gefahren unterweisen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Mitarbeiter die Unterweisung verinnerlicht haben und ein entsprechender Nachweis über die Unterweisung geführt wird. Die Vorgesetzten sind für die Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften zuständig und verantwortlich. Diese Vorgaben müssen vor Ort durch den Vorgesetzten ebenfalls regelmäßig überprüft und dokumentiert werden.

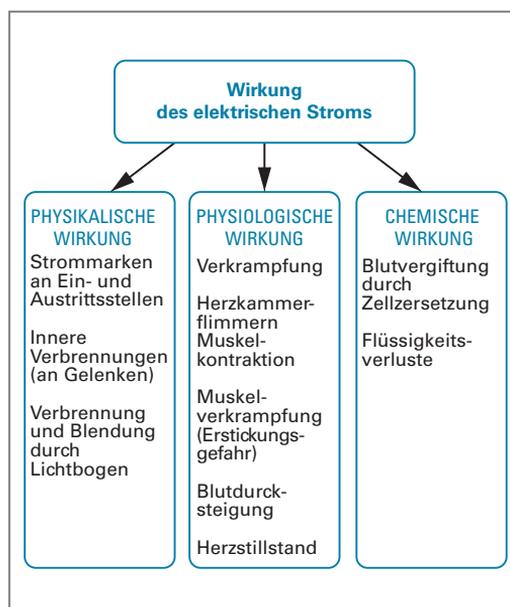
3.1 Gefahren des elektrischen Stromes

Die eigene Sicherheit und die Sicherheit anderer sind die wichtigsten Grundsätze beim Umgang mit elektrischer Energie. Bei Unfällen mit elektrischem Strom können Menschen unterschiedlichen Gefahren (**Bild 1**) ausgesetzt sein, beispielsweise durch Einwirkung eines elektrischen Schlags, Lichtbogeneinwirkung oder die Sekundärwirkung.

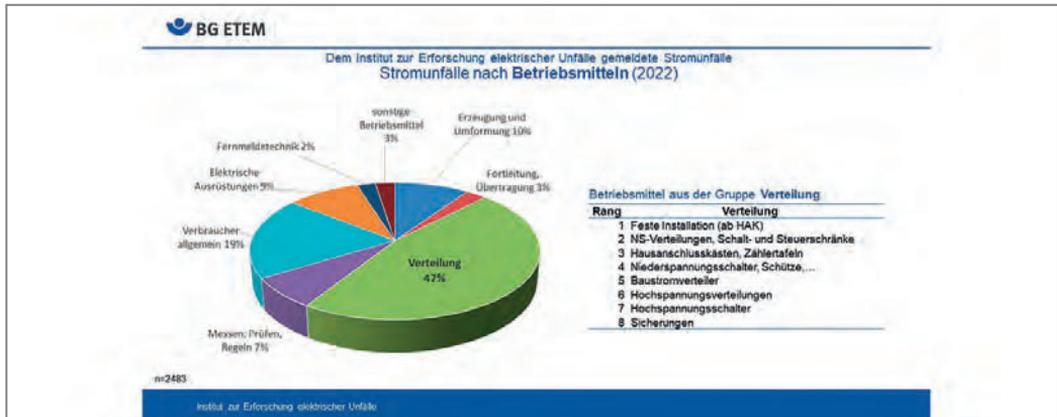
Beim Betreiben von elektrischen Anlagen gibt es zwei wesentliche Risiken:

- gefährliche Körperdurchströmungen,
- überhöhte Temperaturen, die zu Verbrennungen führen und Anlagenbrände verursachen können.

Grundsätzlich entstehen Gefahren dadurch, dass aktive Teile oder unterschiedliche Potentiale berührt werden oder Isolationsfestigkeiten unterschritten werden.



1 Wirkung des elektrischen Stromes



1 Stromunfälle nach Betriebsmitteln

Viele Unfälle werden nicht als „Stromunfälle“ (**Bild 1**) bezeichnet, weil diese nur durch eine kurzzeitige Körperdurchströmung ausgelöst wurden und damit Sekundärunfälle zur Folge hatten, zum Beispiel der Sturz von einer Leiter nach einem elektrischen Schlag.

Die Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper hängt von verschiedenen Faktoren (**Bild 2**) ab:

- Stromlaufbahn durch den Körper
- Stromart und -stärke
- Spannungsart und -ebene
- Einwirkdauer
- Frequenz

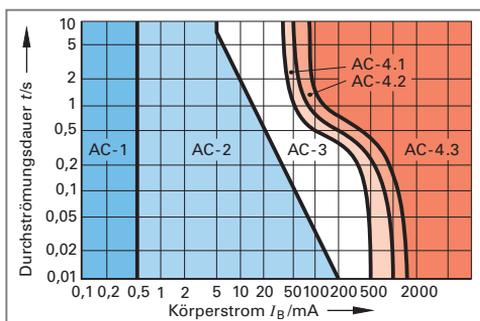
Daraus resultierend kann es zu physikalischen, physiologischen und chemischen Auswirkungen kommen. Die Verkrampfung der Handmuskulatur, der Weg des Stromes durch den Körper und die maximal zulässige Berührungsspannung von $50 V_{AC}$ und $120 V_{DC}$ spielen hierbei eine wichtige Rolle. Bei Rettungsversuchen im Zusammenhang mit (durch elektrischen Strom verursachten) Unfällen ist die Erste Hilfe insbesondere an diesen Wirkungen auszurichten.

Wird ein menschlicher Körper von einem elektrischen Strom durchflossen, kann es zu einer Verkrampfung der Handmuskulatur kommen, die ein eigenständiges Lösen der Hand unmöglich macht, die Stromstärke übersteigt die sogenannte „Loslassschwelle“. Aus diesem Grund liegt die maximal zulässige Berührungsspannung bei $50 V_{AC}$ bzw. $120 V_{DC}$.

Durch die Netzfrequenz von $f = 50 \text{ Hz}$ kann es zu Herzkammerflimmern kommen.

Stromgefährdung

vgl. VDE V 0140-479-1



2 Zeit/Stromstärke-Bereiche Wechselstrom

Zone	Physiologische Wirkung
AC-1	Normalerweise keine Wirkung.
AC-2	Normalerweise keine schädliche Wirkung.
AC-3	Meist kein organischer Schaden, Krampfartige Muskelreaktionen möglich und Schwierigkeiten beim Atmen.
AC-4.1	Wahrscheinlich von Herzkammerflimmern, ansteigend bis etwa 5%
AC-4.2	Wahrscheinlich von Herzkammerflimmern, ansteigend bis etwa 50%
AC-4.3	Wahrscheinlich von Herzkammerflimmern, über 50%
AC-4	AC-4 besteht aus den Bereichen AC-4.1, AC-4.1, AC-4.2, AC-4.3



Inhalt

4.	Schaltanlagen und Verteiler	84
4.1	Schutzklassen	84
4.2	Schutzgrad	85
4.3	Schutzart	85
4.3.1	Prüfverfahren der Schutzarten	87
4.4	Überstrom- und Kurzschlusschutz	88
4.4.1	Schmelzsicherungen	89
4.4.2	Automatische Sicherungen	95
4.4.3	Motorschutzschalter	98
4.4.4	Selektivität	100
4.4.5	Selektivitätsbetrachtung zum Überstromschutz	101
4.4.6	Selektivitätsbetrachtung zum Fehlerstromschutz	102
4.5	Projektierung und Bau von Schaltanlagen	103
4.6	Auftrennung PEN	104
4.7	Zählerplätze	105
4.7.1	Aufbau	105
4.7.2	Anlagenseitiger Anschlussraum	107
4.7.3	Zählerfeld	108
4.7.4	Raum für Zusatzanwendungen	110
4.7.5	Netzseitiger Anschlussraum	112
4.7.6	Abschlusspunkt Zählerplatz	112
4.7.7	Anordnung von Zählerschränken	113
4.8	Messeinrichtungen	113
4.8.1	Ferraris-Zähler	113
4.8.2	Elektronischer Haushaltszähler	114
4.8.3	Tarifsteuerung	114
4.8.4	Intelligente Messsysteme	115
4.8.5	Spezielle Messeinrichtungen	117
4.9	Schutzmaßnahmen	117
4.10	Basisschutz	118
4.10.1	Basisisolierung	118
4.10.2	Abdeckung oder Umhüllung	118
4.10.3	Schutz durch Hindernisse	119
4.10.4	Anordnung außerhalb des Handbereiches	119
4.11	Fehlerschutz	119
4.11.1	Automatische Abschaltung	120
4.11.2	Zusätzliche Isolierung	120
4.11.3	Schutzpotentialausgleich	120
4.12	Zusätzlicher Schutz gegen elektrischen Schlag	121
4.12.1	Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD)	123
4.12.2	RCD Typen A und AC	126
4.12.3	RCD Typ B	127
4.12.4	RCD Typ B+	128
4.12.5	RCD Typ F	128
4.12.6	Steckdose mit eingebautem RCD	128
4.13	Schutz gegen thermische Auswirkungen	129
4.14	Schutz gegen Störlichtbögen in Schaltanlagen	132



4. Schaltanlagen und Verteiler

Der Schwerpunkt bei den grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen an Schaltanlagen und Verteilern liegt beim Schutz vor Überlast und Kurzschluss.

Bei Überlast kommt es zu erhöhten Temperaturen der Betriebsmittel, die die Betriebssicherheit beeinträchtigen und zu Bränden führen können. Im Kurzschlussfall können extrem starke Ströme fließen, die zu hohen Kraftwirkungen zwischen den Betriebsmitteln führen und so große Schäden verursachen können.



1 Schaltanlage

4.1 Schutzklassen

Zum Schutz gegen elektrischen Schlag sind für alle elektrischen Betriebsmittel in der DIN EN 61140 drei Schutzklassen definiert. Die Schutzklassen (**Tabelle 1**) beschreiben Maßnahmen, welche Menschen und Nutztiere gegen gefährliche Berührungsspannungen an Teilen schützen, die im regulären Betrieb nicht unter Spannung stehen.

Bei Betriebsmitteln der Schutzklasse I sind alle leitfähigen Gehäuseteile mit dem Schutzleitersystem verbunden. Berührt ein fehlerhaftes aktives Teil leitfähige Gehäuseteile, entsteht ein Körperschluss. Bedingt durch den geringen elektrischen Widerstand des Schutzleitersystems fließt nun ein großer Fehlerstrom I_F gegen das Erdpotential ab. Dadurch wird das Überschutzorgan ausgelöst und der Stromkreis abgeschaltet.



Schutzklasse I



Schutzklasse II



Schutzklasse III

Tabelle 1: Symbole Schutzklassen



Elektrische Betriebsmittel mit einer doppelten bzw. verstärkten Isolierung entsprechen der Schutzklasse II. In der Kennzeichnung nach „IEC 60417“ wird dies durch zwei Quadrate symbolisiert. Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse II, wie beispielsweise Handbohrmaschinen, besitzen mit einem CEE 7/16 Eurostecker oder einem CEE 7/17 Konturenstecker (siehe Kap. 6.1) meist keinen Anschluss für einen Schutzleiter.

Die beiden Quadrate symbolisieren die doppelte Isolierung, welche nicht beschädigt werden darf. Dies kann am Beispiel von Abzweigdosen in „Auf-Putz-Ausführung“ sehr anschaulich verdeutlicht werden. Damit das Verschrauben der Abzweigdose mit der Wand die Schutzklasse nicht aufhebt, können die Schrauben beispielsweise außerhalb des Klemmraumes angebracht werden. Sind die Schrauben im Inneren des Klemmraumes angebracht, so sind diese mit den stets mitgelieferten Isolierkappchen abzudecken.

Mit der „Sicherheitskleinspannung“ (SELV – **S**afety **E**xtra **L**ow **V**oltage) arbeiten elektrische Betriebsmittel der Schutzklasse III. Die maximalen Betriebsspannungen betragen bei Wechselspannung 50 Volt und bei Gleichspannung 120 Volt. Dadurch werden selbst beim direkten Berühren aktiver Teile lebensbedrohliche Körperdurchströmungen ausgeschlossen. Ist es notwendig, dass die elektrischen Betriebsmittel der Schutzklasse III geerdet werden müssen, so erfolgt der Anschluss an die „Funktionskleinspannung“ (PELV – **P**rotective **E**xtra **L**ow **V**oltage). Dabei ist eine sichere Trennung der Funktionskleinspannung vom Niederspannungsnetz gewährleistet. Funktionskleinspannungen ohne sichere Trennung vom Niederspannungsnetz werden als FELV (**F**unctional **E**xtra **L**ow **V**oltage) bezeichnet.

4.2 Schutzgrad

Mit dem Begriff „Schutzgrad“ wird der Widerstand von Gehäusen elektrischer Betriebsmittel gegen Kräfte von außen beschrieben. In der VDE 0470-100 wird ein System zu deren Klassifizierung beschrieben, welche erlaubt, den zu erwartenden Schutz vor mechanischen Beanspruchungen zu beurteilen. So können Umfang und Schutzgrad unter Berücksichtigung der zu erwartenden möglichen mechanischen Beanspruchung gewählt werden. Die hier genormten Prüfverfahren erlauben es, Betriebsmittel verschiedener Hersteller vergleichen zu können. Dieser Schutzgrad wird durch eine Klassifizierung nach IK-Code angegeben. Die nichtlineare Skala des IK-Codes reicht dabei von IK01 mit einer Beanspruchungsenergie von 0,15 Joule bis hin zu IK11 mit 50 Joule. Die Prüfung wird dabei mit genormten Hämmern, wie zum Beispiel Feder-, Pendel- oder Freifallhämmern durchgeführt.

4.3 Schutzart

Bei der „Schutzart“ wird der Schutz gegen Berührung aktiver Teile gegen Eindringen fester Fremdkörper und Wasser (**Tabelle 1, Seite 86**) definiert. Da das Eindringen von Fremdkörpern oder Wasser immer mit einer einwirkenden Kraft von außen verbunden ist, sind auch hier Prüfkräfte in der dazugehörigen Norm VDE 0470-1 angegeben, die aber nicht mit den Kräften bei der Prüfung des Schutzgrades zu verwechseln sind.

In der DIN EN 60529 (VDE 0470-1 2014-09) werden Schutzarten definiert und deren Nachweise festgelegt. Es werden Anforderungen an die Beschaffenheit von Gehäusen elektrischer Betriebsmittel gestellt. Ziel ist, Gefährdungen von Personen durch das Eindringen von Festkörpern oder Wasser zu verhindern und die Funktionsfähigkeit des elektrischen Betriebsmittels zu gewährleisten.

Dabei wird unterschieden:

- Schutz von Personen gegen Zugang zu gefährlichen Teilen (Berührungsschutz)
- Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von festen Fremdkörpern (Fremdkörperschutz)
- Schutz der Betriebsmittel gegen schädliche Einwirkungen durch das Eindringen von Wasser (Wasserschutz)