



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektronische, mechatronische  
und informationstechnische Berufe

# Fachwissen Elektrofachkraft

Grundlagen · Vorschriften · Installationen · Sicherheit · Prüfungen

1. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 32719

**Autor:**

Dr.-Ing. Gregor Häberle, VDE, 88069 Tettngang

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, und Kamekestraße 2-8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-VERLAG GMBH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

1. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-3271-9

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2024 by Verlag Europa-lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagbilder: Siemens AG und Fotos des Autors

Satz: Dipl. Des. Susanne Beckmann, 59514 Welper

Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

## Vorwort zur 1. Auflage

Die Ausbildung der verschiedenen elektronischen bzw. informationstechnischen sowie mechatronischen Berufe enthält in fast allen dieser Berufe die Lernfelder „Elektrische Systeme planen und installieren“ sowie „Elektroenergieversorgung und Sicherheit von gebäudetechnischen Systemen, Anlagen und Geräten konzipieren und gewährleisten“. Darüber hinaus ist das Lernfeld „Energietechnische Systeme errichten, in Betrieb nehmen und instand halten“ von besonderer Bedeutung. Daher ist dieses Buch u. a. auch auf diese Lernfelder ausgerichtet.

Bei den resultierenden Praxistätigkeiten zu diesen Themen ist die Qualifikation der damit betrauten Personen von ganz wesentlicher Bedeutung. Die unterschiedlichen **elektrotechnischen Qualifikationen und Verantwortungen** einer

- verantwortlichen Elektrofachkraft VEFK,
- Elektrofachkraft EFK,
- Elektrofachkraft für begrenzte Aufgabengebiete EFKfBA,
- Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten EFKfFT,
- elektrotechnisch unterwiesenen Person EuP sowie einer
- befähigten Person bP

spielen bei der Ausübung der Tätigkeiten hinsichtlich der Sicherheit gegenüber den elektrischen Gefahren durch Strom und Spannung sowie in Schadensfällen eine herausfordernde Rolle.

**Ziel des Buches** ist, neben technischen und elektrotechnischen **Grundlagen** auch **Wissen** bzgl. Normen, Regeln, Bestimmungen und Vorschriften, z. B. Normen zu Schutzmaßnahmen, Unfallverhütungsvorschriften, zu vermitteln. Dieses Wissen ist zum Ausüben der verschiedenartigen Tätigkeiten bei den unterschiedlichen Anwendungen der Elektroinstallation und ähnlicher elektrotechnischer Tätigkeiten erforderlich. Ebenso unterstützt das Buch das Erlangen des **Sachkundenachweises TREI (Technische Regeln Elektroinstallation)**.

Zahlreiche praxisorientierte Beispiele, Vertiefungsfragen und Arbeitsaufgaben sowie didaktisch aufbereitete Bilder erleichtern dem Lernenden und Interessierten das Herangehen an elektrotechnische Aufgabenstellungen. Ein Überprüfen des Wissens, auch zur Prüfungsvorbereitung, ist dadurch leicht möglich.

Das vorliegende Buch ist ein Lehrbuch und Arbeitsbuch, das die wichtigsten fachlichen und normativen Inhalte für die Elektroinstallation enthält. **Das Buch ist gegliedert in die Kapitel**

- |  |  |
|--|--|
| 1 Fachliche Qualifikationen für Arbeiten in elektrischen Anlagen | 10 Einfache Installationsschaltungen             |
| 2 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln, Normen               | 11 Beleuchtungsanlagen                           |
| 3 Grundlagen der Elektrotechnik                                  | 12 Elektrische Installationen besonderer Orte    |
| 4 Versorgung mit elektrischer Energie                            | 13 PV-Anlagen                                    |
| 5 Planung von elektrischen Anlagen                               | 14 Arbeiten an elektrischen Anlagen              |
| 6 Schutzmaßnahmen, Schutzeinrichtungen                           | 15 Prüfungen elektrischer Anlagen                |
| 7 Verbindungssysteme   | 16 Prüfungen bei elektrischen Geräten            |
| 8 Erdung, Hausanschluss, Blitzschutz                             | 17 Fehlersuche in elektrischen Anlagen           |
| 9 Elektromagnetische Verträglichkeit EMV                         | 18 Elektrische Maschinen und maschinelle Anlagen |
|  | 19 Arbeitsaufgaben                               |
|  | 20 Anhang  |

Die Bilder und Tabellen des Buches sind im virtuellen Medienregal EUROPATHEK z. B. für Präsentationen zum Download erhältlich (siehe Hinweise auf der vorderen Umschlaginnenseite). Ebenso sind dort die Lösungen zu den Aufgaben „Wiederholung und Vertiefung“ sowie zu den Arbeitsaufgaben (Kapitel 19) als digitales Buch „Fachwissen Elektrofachkraft Lösungen“ erhältlich, Europa-Nr. 33044L und 33044V ([www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)).

Konstruktive Vorschläge zur Verbesserung des Buches werden dankbar entgegengenommen. Diese können schriftlich mit E-Mail gerichtet sein an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Fachliche Qualifikationen für Arbeiten in elektrischen Anlagen</b>	
1.1	Anforderungen	7
1.2	Betroffene Personen	8
1.3	Fach- und Führungsverantwortung	9
<b>2</b>	<b>Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln, Normen</b>	
2.1	Allgemeines	10
2.2	DGUV-Vorschriften	11
2.3	Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)	12
2.4	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)	13
2.5	Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	14
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik</b>	
3.1	Stromstärke, Widerstand, Spannung	15
3.2	Schaltungen von Zweipolen	18
3.3	Bezugspfeile	20
3.4	Leistung, Arbeit, Energie, Wirkungsgrad, Wärme	22
3.5	Elektrisches Feld	28
3.5.1	Elektrische Ladung	28
3.5.2	Elektrische Feldstärke	29
3.5.3	Elektrische Flussdichte	30
3.5.4	Kapazität	30
3.5.5	Kapazitiver Blindwiderstand	30
3.5.6	Elektrisches Feld als Energiespeicher	33
3.5.7	Gleichstrom-Schalten von Kondensatoren	33
3.6	Magnetisches Feld	35
3.6.1	Arten magnetischer Stoffe	35
3.6.2	Elektrische Durchflutung	36
3.6.3	Magnetische Feldstärke und Flussdichte	37
3.6.4	Magnetischer Fluss	39
3.6.5	Lorentzkraft	40
3.6.6	Induktion	41
3.6.7	Induktiver Blindwiderstand	45
3.6.8	Magnetisches Feld als Energiespeicher	46
3.6.9	Gleichstrom-Schalten von Spulen	47
3.7	Wirkungen des Wechselstroms	48
3.7.1	Darstellung mit Zeigern	48
3.7.2	Wechselstromleistungen	49
3.7.3	Wechselstromwiderstände	50
3.8	Grundlagen des Transformators	51
<b>4</b>	<b>Versorgung mit elektrischer Energie</b>	
4.1	Grundlagen der Stromversorgung	53
4.1.1	Allgemeines	53
4.1.2	Wärmeleistung	54
4.1.3	Regenerative Stromerzeugung	55
4.2	Stromtransport	59
4.2.1	Zweck der Spannungstransformation	59
4.2.2	Spannungsebenen	59
4.2.3	Umspanwerke	60
4.2.4	Netzformen von Übertragungsnetzen	61
4.2.5	Intelligente Stromnetze (Smart Grids)	62
4.3	Ströme in öffentlichen Netzen	63
4.3.1	Stromarten für die Stromversorgung	63
4.3.2	Erzeugung von Drehstrom	63
4.3.3	Spannungen beim Drehstromnetz	64
4.3.4	Schaltungen bei Drehstrom	65
4.3.5	Leistungen bei Drehstrom	66
4.3.6	Unsymmetrische Belastung bei 3AC	67
4.4	Netzqualität	68
4.4.1	Stromqualität	68
4.4.2	Regelung der Netzspannung	71
4.4.3	Regelung der Netzfrequenz	73
4.5	Verteilungssysteme	74
4.5.1	Arten von Leitern	74
4.5.2	TN-System	75
4.5.3	TT-System	76
4.5.4	IT-System	77
4.5.5	DC-Systeme mit Mittelpunkterdung	77
4.6	SSV-Anlagen	79
<b>5</b>	<b>Planung von elektrischen Anlagen</b>	
5.1	Anforderungen	82
5.2	Gefahren in elektrischen Anlagen	82
5.3	Installationsausführungen	83
5.4	Energieeffizienz	84
<b>6</b>	<b>Schutzmaßnahmen, Schutzeinrichtungen</b>	
6.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	86
6.1.1	Allgemeines	86
6.1.2	Berührungsarten	87
6.1.3	Stromgefährdung	87
6.1.4	Basisschutz	88
6.1.5	Maßnahmen für zugleich Basisschutz und Fehlerschutz	88
6.1.6	Fehlerschutz	89
6.1.7	Zusätzlicher Schutz	94
6.1.8	Schutz durch RCM	95
6.1.9	Schutz in elektrotechnisch überwachten Anlagen	96
6.1.10	Schutzleiter und Schutzpotenzialausgleichsleiter	97
6.1.11	Schutzklassen der Betriebsmittel	97
6.1.12	Betätigungselemente in der Nähe berührungsgefährlicher Teile	98
6.2	Überstromschutz	99
6.3	Überspannungsschutz	103
6.4	Koordination elektrischer Betriebsmittel mit Schutzfunktionen	105
6.5	Schutz gegen thermische Auswirkungen	105
6.6	Schutzarten elektrischer Betriebsmittel	107
<b>7</b>	<b>Elektrische Verbindungssysteme</b>	
7.1	Leitungen und Kabel	110
7.2	Steckersysteme, Klemmverbindungen	115
7.3	Leitungsauslegung	118
7.3.1	Gleichzeitigkeitsfaktor	118
7.3.2	Bemessungsstromstärke von Lasten	119
7.3.3	Spannungsfall an Leitungen	121
7.3.4	Leistungsverlust in Leitungen	124
7.3.5	Strombelastbarkeit von Installationsleitungen	125
7.3.6	Einfluss von Oberschwingungen	128
7.3.7	Leiterquerschnittsberechnung	131
7.3.8	Ermittlung maximale Leitungslänge	132
7.4	Leitungsführung	133
7.5	Mindestausstattungen	137
<b>8</b>	<b>Erdung, Hausanschluss, Blitzschutz</b>	
8.1	Erdung	140
8.2	Hausanschluss	143
8.2.1	Ausführung des Hausanschlusses	143

8.2.2	Bemessen der Leitungen bis zu den Stromkreisverteilern .....	145	14.3.1	Sicherer Betrieb .....	191
8.2.3	Zählerplatz .....	147	14.3.2	Sicheres Arbeiten .....	192
8.2.4	Stromkreisverteiler .....	148	<b>14.4 Durchführung der Arbeiten</b> .....	<b>195</b>	
<b>8.3 Blitzschutz</b> .....	<b>150</b>	14.4.1	Allgemeines .....	195	
8.3.1	Allgemeines .....	150	14.4.2	Arbeiten unter Spannung .....	195
8.3.2	Äußerer Blitzschutz .....	150	14.4.3	Arbeiten in der Nähe unter Spannung stehender Teile .....	197
8.3.3	Innere Blitzschutz .....	152	14.4.4	Durchführung nicht-elektrotechnischer Arbeiten .....	198
<b>9 Elektromagnetische Verträglichkeit EMV</b>			14.4.5	Arbeiten beim Instandhalten elektrischer Anlagen .....	198
<b>9.1 Elektrostatische, elektromagnetische Störungen</b> .....	<b>154</b>		<b>14.5 Wiederkehrende Prüfungen</b> .....	<b>199</b>	
<b>9.2 Maßnahmen</b> .....	<b>155</b>		<b>15 Prüfungen elektrischer Anlagen</b>		
<b>9.3 DGUV Vorschrift 16</b> .....	<b>161</b>		<b>15.1 Allgemeines</b> .....	<b>203</b>	
<b>10 Einfache Installationsschaltungen</b>			<b>15.2 Besichtigen</b> .....	<b>204</b>	
<b>10.1 Schaltpläne</b> .....	<b>162</b>		<b>15.3 Erproben</b> .....	<b>204</b>	
<b>10.2 Ausschaltung</b> .....	<b>163</b>		<b>15.4 Prüfen mit Prüfgeräten</b> .....	<b>205</b>	
<b>10.3 Serienschaltung</b> .....	<b>163</b>		15.4.1	Arten der Messungen und Prüfgeräte .....	205
<b>10.4 Wechselschaltung</b> .....	<b>164</b>		15.4.2	Prüfen der Durchgängigkeit .....	206
<b>10.5 Kreuzschaltung</b> .....	<b>164</b>		15.4.3	Messen des Isolationswiderstandes .....	206
<b>10.6 Stromstoßschaltung</b> .....	<b>165</b>		15.4.4	Prüfungen bei Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter .....	208
<b>10.7 Treppenlicht-Zeitschaltung</b> .....	<b>165</b>		15.4.5	Messen der Fehlerschleifenimpedanz .....	209
<b>10.8 Automatikwächter</b> .....	<b>166</b>		15.4.6	Messen des Erdungswiderstandes .....	210
<b>10.9 Elektroinstallation mit Funktechnik</b> .....	<b>167</b>		15.4.7	Messungen bei RCDs .....	211
<b>11 Beleuchtungsanlagen</b>			15.4.8	Prüfung des Schutzpotenzialausgleichs .....	212
<b>11.1 Lichttechnische Begriffe</b> .....	<b>168</b>		15.4.9	Weitere Prüfungen .....	213
<b>11.2 Anforderungen an die Beleuchtung</b> .....	<b>169</b>		15.4.10	Zusätzliche Erstprüfungen .....	213
<b>11.3 Farbwiedergabe</b> .....	<b>169</b>		15.4.11	Prüfprotokoll .....	216
<b>11.4 Lampen-Schaltungen</b> .....	<b>169</b>		<b>16 Prüfungen bei elektrischen Geräten</b>		
<b>11.5 Dimmen von LED-Lampen</b> .....	<b>171</b>		<b>16.1 Allgemeines</b> .....	<b>218</b>	
<b>11.6 Symbole auf Leuchten</b> .....	<b>171</b>		<b>16.2 Sichtprüfung</b> .....	<b>218</b>	
<b>12 Elektrische Installationen besonderer Orte</b>			<b>16.3 Messen des Schutzleiterwiderstandes</b> .....	<b>218</b>	
<b>12.1 Orte mit Dusche oder Badewanne</b> .....	<b>173</b>		<b>16.4 Messen des Isolationswiderstandes</b> .....	<b>219</b>	
12.1.1	Bereiche .....	173	<b>16.5 Messen des Schutzleiterstroms</b> .....	<b>220</b>	
12.1.2	Schutz gegen elektrischen Schlag .....	174	<b>16.6 Messen des Berührungstroms</b> .....	<b>221</b>	
12.1.3	Kabel- und Leitungsanlagen .....	175	<b>16.7 Messen des Geräteableitstroms</b> .....	<b>222</b>	
<b>12.2 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten</b> .....	<b>176</b>		<b>16.8 Prüfen portabler RCDs (PRCDs)</b> .....	<b>222</b>	
12.2.1	Allgemeines .....	176	<b>16.9 Funktionsprüfung, Dokumentation</b> .....	<b>222</b>	
12.2.2	Schutz gegen elektrischen Schlag .....	176	<b>17 Fehlersuche in elektrischen Anlagen</b>		
12.2.3	Brandschutz .....	177	<b>17.1 Fehler in der Elektroinstallation</b> .....	<b>223</b>	
12.2.4	Leitungen und Kabel .....	178	17.1.1	Allgemeines .....	223
12.2.5	Trennen und Schalten .....	178	17.1.2	Prüfgeräte .....	223
12.2.6	Einrichtungen für Sicherheitszwecke .....	178	17.1.3	Fehlersituationen .....	224
12.2.7	Leuchten und Beleuchtungsanlagen .....	178	<b>17.2 Fehler in elektrischen Geräten</b> .....	<b>226</b>	
<b>12.3 Ladestationen für Elektrofahrzeuge</b> .....	<b>179</b>		<b>17.3 Fehler in der Software</b> .....	<b>226</b>	
<b>13 PV-Anlagen</b>			<b>18 Elektrische Maschinen und maschinelle Anlagen</b>		
<b>13.1 Grundlagen</b> .....	<b>181</b>		<b>18.1 Elektrische Maschinen</b> .....	<b>228</b>	
<b>13.2 Installation eine PV-Anlage</b> .....	<b>182</b>		18.1.1	Allgemeines .....	228
<b>13.3 Installation einer PV Anlage mit Speichersystem</b> .....	<b>183</b>		18.1.2	Gleichstrommaschinen .....	228
<b>13.4 Energieertrag einer PV-Anlage</b> .....	<b>184</b>		18.1.3	Drehstromantriebe .....	230
<b>13.5 Blitzschutz, Überspannungsschutz</b> .....	<b>185</b>		18.1.4	Frequenzrichter .....	233
<b>13.6 Mini-PV-Anlagen</b> .....	<b>186</b>		<b>18.2 Anlassen von Drehfeldmotoren</b> .....	<b>234</b>	
<b>13.7 Brandschutz</b> .....	<b>186</b>		<b>18.3 Nockenschalter</b> .....	<b>235</b>	
<b>13.8 Prüfungen und Prüffristen</b> .....	<b>187</b>		<b>18.4 Schützsicherungen</b> .....	<b>236</b>	
<b>13.9 Anbindung ans öffentliche Netz</b> .....	<b>188</b>		18.4.1	Schütze .....	236
<b>14 Arbeiten an elektrischen Anlagen</b>			18.4.2	Hilfsstromkreise .....	239
<b>14.1 Arbeitsgrundsätze</b> .....	<b>190</b>		18.4.3	Einfache Schützsicherungen .....	242
<b>14.2 Erste Hilfe, Unfallverhütung</b> .....	<b>190</b>		18.4.4	Schützsicherung mit Steuergerät .....	244
<b>14.3 Sicherer Betrieb und sicheres Arbeiten</b> .....	<b>191</b>		18.4.5	Verdrahtungspläne .....	246
			<b>18.5 Speicherprogrammierbare Steuerungen</b> .....	<b>247</b>	
			18.5.1	SPS-Grundlagen .....	247
			18.5.2	Erstellen von SPS-Programmen .....	248

<b>18.6</b>	<b>Maschinensicherheit</b> .....	<b>249</b>	<b>19.3</b>	<b>Kennzeichnung in Schaltplänen</b> .....	<b>275</b>
18.6.1	EU-Maschinenrichtlinie .....	249	<b>19.4</b>	<b>Wichtige Schaltzeichen der Elektrotechnik</b>	<b>276</b>
18.6.2	Weg zur sicheren Maschine .....	250	<b>19.5</b>	<b>Auswahl von RCDs</b> .....	<b>277</b>
18.6.3	Sicherheitsschaltgeräte .....	252	<b>19.6</b>	<b>Leitungsberechnungen</b> .....	<b>278</b>
18.6.4	Abschaltsicherheit in Steuerstromkreisen ..	254	<b>19.7</b>	<b>Blitzschutz</b> .....	<b>279</b>
18.6.5	Funktionale Sicherheit – Performance-Level	256	<b>19.8</b>	<b>Ausschaltung mit Steckdose</b> .....	<b>280</b>
18.6.6	Funktionale Sicherheit nach SIL .....	257	<b>19.9</b>	<b>Wechselschaltung mit Steckdose</b> .....	<b>281</b>
<b>18.7</b>	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> ...	<b>259</b>	<b>19.10</b>	<b>Sparwechselschaltung mit Steckdose</b> .....	<b>282</b>
18.7.1	Allgemeines .....	259	<b>19.11</b>	<b>Unterverteiler einer Wohnung</b> .....	<b>283</b>
18.7.2	Anforderungen .....	259	<b>19.12</b>	<b>Prüfungen an elektrischen Anlagen im</b>	
18.7.3	Netzanschlüsse, Trenneinrichtung, Schalter	261		<b>TN-System</b> .....	<b>284</b>
18.7.4	Schutz gegen elektrischen Schlag .....	262	<b>19.13</b>	<b>Geräteprüfungen 1</b> .....	<b>285</b>
18.7.5	Schutz der Ausrüstung .....	263	<b>19.14</b>	<b>Geräteprüfungen 2</b> .....	<b>286</b>
18.7.6	Potenzialausgleich .....	264	<b>19.15</b>	<b>Wiederkehrende Prüfungen</b> .....	<b>287</b>
18.7.7	Steuerstromkreise .....	265	<b>19.16</b>	<b>Prüfbericht</b> .....	<b>288</b>
18.7.8	Bedienerschnittstellen .....	267	<b>19.17</b>	<b>Arbeiten an Klemmbrettern</b> .....	<b>289</b>
18.7.9	Anordnung der Schaltgeräte, Leitungen ...	267	<b>19.18</b>	<b>Stern-Dreieck-Schalter</b> .....	<b>290</b>
18.7.10	Verdrahtungstechnik .....	268	<b>19.19</b>	<b>Umschalter, Wendeschalter</b> .....	<b>291</b>
18.7.11	Sonstige Anforderungen .....	269	<b>19.20</b>	<b>Schützsicherung</b> .....	<b>292</b>
18.7.12	Schaltschrank .....	270	<b>19.21</b>	<b>Wendeschützsicherung</b> .....	<b>293</b>
			<b>19.22</b>	<b>Schaltpläne einer Folgesteuerung</b> .....	<b>294</b>
			<b>19.23</b>	<b>Geräte-Verdrahtung einer Folgesteuerung</b>	<b>295</b>
<b>19</b>	<b>Arbeitsaufgaben</b>		<b>20</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>296</b>
<b>19.1</b>	<b>Verantwortungen bei elektrotechnischen</b>			<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	<b>302</b>
	<b>Tätigkeiten</b> .....	<b>273</b>			
<b>19.2</b>	<b>Schaltungsanalyse</b> .....	<b>274</b>			

## Bildquellenverzeichnis

Die meisten Bilder entstammen aus dem Arbeitsumfeld des Autors. Ergänzend hierzu haben die nachfolgend aufgeführten Unternehmen und Institutionen die bildliche Ausgestaltung unterstützt. Dabei sind für diese alle Rechte vorbehalten. Kein Teil darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung weitergegeben, in einem Datensystem gespeichert oder in irgendeiner Form, weder elektronisch noch mechanisch, durch Fotokopie, Aufnahme, noch durch andere Art übertragen werden. Dies gilt auch für die Bilder des Autors.

Allen Beteiligten wird sehr herzlich gedankt.

**Adaptaflex GmbH**, Mörfelden-Walldorf: 260/1; **Albrecht JUNG GmbH & Co. KG**, Schalksmühle: 167/2; **Benning Elektrotechnik und Elektronik GmbH & Co. KG**, Bocholt: 205/2, 213/1, 223/2; **BRADY GmbH, SETON Division**, Egelsbach: 222/3; **Dehn + Söhne GmbH**, Neumarkt: 196/1; **Eaton Industries**, Bonn: 238/2; **EnBW AG**, Karlsruhe: 60/2, 60/3; **EU-Kommission**, BEL-Brüssel: 161/2 a, 250/1; **Fluke Deutschland GmbH**, Glottertal: 210/2; **Günther Spelsberg GmbH + Co.KG**, Schalksmühle: 108/2; **Gustav Hensel GmbH**, Lennestad: 149/1; **Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG**, Blieskastel: 100/1, 143/1, 147/1; **Hauff-Technik GmbH**, Herbrechtingen: 144/1+2; **JOKARI GmbH & Co.KG**, Aschberg-Herbern: 117/1; **Kraus & Naimer GmbH**, A-Wien: 235/1; **MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co. KG**, Kirchhunden: 179/3, 180/2; **Siemens AG**, München: 54/1, 103/3 mitte, 106/2, 108/1, 160/2, 228/3, 231/1+2, 272/2; **Statistisches Bundesamt**: 53/2; **VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH**, Frankfurt am Main: 161/2 b; **Zapp-Zimmermann GmbH**, Köln: 83/1;

## Literaturhinweise

H. Fritsche u. a.	Schutz durch DIN VDE	Verlag Europa-Lehrmittel
S. Brehm u. a.	Arbeitsblätter Schutz durch DIN VDE	Verlag Europa-Lehrmittel
G. Häberle u. a.	Tabellenbuch Elektrotechnik	Verlag Europa-Lehrmittel
H. Fritsche u. a.	Fachwissen Betriebs- und Antriebstechnik	Verlag Europa-Lehrmittel
H. Bumiller u. a.	Fachkunde Elektrotechnik	Verlag Europa-Lehrmittel
H. Häberle u. a.	Einführung in die Elektroinstallation	Hüthig GmbH

# 1 Fachliche Qualifikationen für Arbeiten in elektrischen Anlagen

## 1.1 Anforderungen

Personen, welche für elektrische Anlagen Planungen vornehmen, oder Personen, welche in Bereichen mit elektrischen Anlagen tätig sind, sind für ihr Tun verantwortlich. Sie müssen daher qualifiziert ausgebildet sein. Die Tätigkeiten in und für elektrische Anlagen sind sehr vielfältig. Daher sind auch die Verantwortungen sowie die erforderlichen Qualifikationen bzw. Berufsausbildungen hierzu sehr verschiedenartig. Meist darf nicht jeder Beschäftigte im Umfeld einer elektrischen Anlage alle notwendigen Tätigkeiten ausführen.

Die gestellten Anforderungen, insbesondere an die Qualifikation, sind hoch. Unwissentlich unvorsichtiger Umgang mit dem elektrischen Strom bzw. der elektrischen Spannung kann gesundheitsschädigend oder sogar tödlich sein. Dies gilt einerseits für die in einer elektrischen Anlage tätigen Personen und andererseits für die Anwender der elektrischen Anlage. Gefahren müssen erkannt werden und mit Gefahren muss umgegangen werden können.

Elektrischer Strom kann tödlich sein.

Für planende und beschäftigte Personen im Bereich der Elektrotechnik ist neben dem elektrotechnischen Grundwissen auch das Wissen über einschlägige Normen, VDE-Vorschriften und Unfallverhütungsvorschriften notwendig (**Bild 1**). Von besonderem Interesse sind hierbei die Normenreihe DIN VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen, DIN VDE 0105-100 Betrieb von elektrischen Anlagen, VDE 0701 (DIN EN 50678) Prüfung nach Reparatur elektrischer Geräte, VDE 0702 (DIN EN 50699) Wiederholungsprüfung für elektrische Geräte, VDE 0113-1 (DIN 60204-1) Elektrische Ausrüstung von Maschinen, DIN EN 61140 Schutz gegen elektrischen Schlag, VDE 0185-305 (DIN EN 62305) Blitzschutz und die Unfallverhütungsvorschrift 3 DGUV V3 für elektrische Anlagen und Betriebsmittel.

Je nach *besonderem* elektrotechnischen Tätigkeitsfeld sind die hierfür existierenden Normen und Vorschriften zu beachten, z.B. für Bahnanwendungen, elektrische Anwendungen auf Schiffen, im Bergbau, in Flugzeugen.

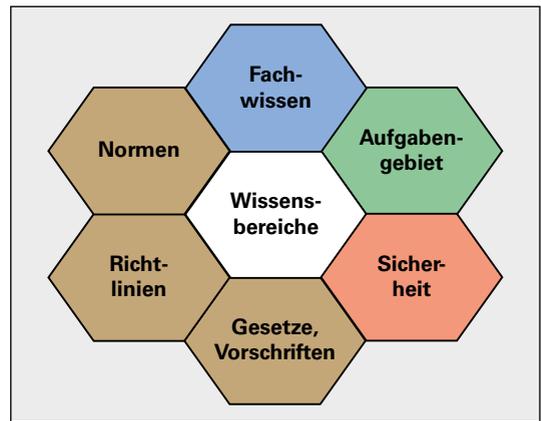


Bild 1: Elektrotechnische Wissensbereiche der Beschäftigten in elektrischen Anlagen

### Anwendung von Niederspannungsanlagen

- Wohn-, Geschäfts- und Industriebau
- Beleuchtungsanlagen
- PV-Anlagen
- Produktionsmaschinen
- Elektrofahrzeuge, Ladestationen
- Landwirtschaftliche Anlagen
- Hafenanlagen
- Medizinische Einrichtungen
- Explosionsgeschützte Bereiche
- Blitzschutzanlagen

Bild 2: Beispiele für Bereiche elektrischer Installationen

Beschäftigte in elektrischen Anlagen müssen elektrotechnisches Grundwissen und Kenntnisse über Normen und Vorschriften besitzen, die ihren Tätigkeitsbereich betreffen.

Dieses Buch möchte grundsätzliches Wissen für das Planen von und Arbeiten in elektrischen **Niederspannungsanlagen** (Wechselspannung bis 1000 V (AC 1000 V, **A**lternating **C**urrent), Gleichspannung bis 1500 V (DC 1500 V, **D**irekt **C**urrent)) vermitteln. Dies betrifft hierbei elektrotechnische Installationsarbeiten z.B. in und an Gebäuden, an Produktionsmaschinen, Fotovoltaikanlagen oder Ladestationen für Elektrofahrzeuge (**Bild 2**). Betroffen sind auch Tätigkeiten bzgl. Inbetriebnahme, Instandhaltung und Instandsetzung. Vermittelt werden sollen Fachkenntnisse hinsichtlich Gefährdungen und Maßnahmen für das Gewährleisten bestmöglicher Sicherheit.

## 1.2 Betroffene Personen

Für den Betrieb der Anlage und für in der Anlage durchzuführende Arbeiten unterscheidet man nach DIN VDE 1000-10 sechs Arten von Personen (**Bild 1**). Zunächst sind alle natürlichen Personen, die juristisch handlungsfähig sind, **Laien**. Durch eine Berufsausbildung im elektrotechnischen Bereich mit anschließender Berufserfahrung entsteht die **Elektrofachkraft (EFK)**. Die Berufsausbildung kann durch einen Lehrberuf, z. B. als Elektroniker/in der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik (früher Elektroinstallateur), oder durch ein abgeschlossenes elektrotechnisches Studium erfolgen. Die Qualifikation EFK kann auch durch mehrjährige Tätigkeit mit Ausbildung in Theorie und Praxis nach Überprüfung und Dokumentation durch eine Elektrofachkraft nachgewiesen werden. Bei irgendwann fehlender Berufspraxis kann diese Qualifikation aber auch wieder erlöschen.

Für den Betrieb und das Arbeiten in elektrischen Anlagen sind Elektrofachkräfte EFK erforderlich.

Für jede elektrotechnische Anlage in einem Betrieb muss eine **verantwortliche Elektrofachkraft (VEFK)** mit großer Erfahrung benannt sein, die auch die unternehmerische Verantwortung für den Betrieb der elektrischen Anlage trägt. Für in der elektrischen Anlage durchzuführende Arbeiten muss ebenfalls eine verantwortliche Person benannt sein. Ein **Unternehmer** hat dafür zu sorgen, dass seine elektrischen Anlagen nur unter Leitung und Aufsicht einer VEFK errichtet, geändert und instand gehalten werden. Schriftlich festzuhalten sind die Pflichten, Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortung.

Leitung und Aufsicht (Fach- und Aufsichtsverantwortung) einer Elektrofachkraft bedeuten:

- Überwachen des Errichtens, Änderns und Instandhaltens elektrischer Anlagen und Betriebsmittel,
- Anordnen, Durchführen und Kontrollieren notwendiger Sicherheitsmaßnahmen,
- Unterrichten, Ausbilden von Laien zu elektrotechnisch unterwiesenen Personen,
- Unterweisen elektrotechnischer Laien über Sicherheitsregeln,
- Überwachen, Beaufsichtigen von Arbeiten auch nicht-elektrotechnischer Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen (**aktive Teile**).

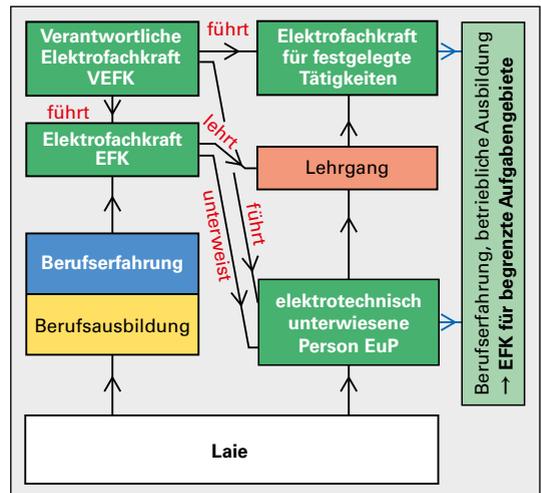


Bild 1: Personen in elektrischen Anlagen

Die für den gesamten Betrieb benannte verantwortliche Elektrofachkraft kann ein Meister, ein staatlich geprüfter Techniker oder ein Ingenieur/Bachelor/Master der Elektrotechnik sein.

Zur Aufsicht über einzelne Arbeiten und deren Ausführen kommt auch eine sonstige Elektrofachkraft in Betracht. Zu beachten ist, dass eine Elektrofachkraft nicht ohne Weiteres für jedes elektrotechnische Arbeitsgebiet einsetzbar ist. Unterschiedliche Arbeitsgebiete erfordern unterschiedliche Kenntnisse und Erfahrungen.

**Laien** können durch Unterrichtung zur **elektrotechnisch unterwiesenen Person (EuP)** aufsteigen. Dabei werden sie von einer Elektrofachkraft über ihre Aufgaben und die möglichen Gefahren unterrichtet bzw. angeleitet. Ebenso werden sie über die notwendigen Schutzmaßnahmen und Schutzeinrichtungen belehrt. Laien dürfen z. B. keinen Zugang zu offenen Schaltanlagen haben.

Elektrotechnisch unterwiesene Personen (EuP) sind nur für einen Teil der anfallenden Arbeiten in elektrischen Anlagen zugelassen.

Zwischen der Elektrofachkraft und der EuP liegt die **Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (EFKffT)**. Dazu ist eine meist mehrmonatige Ausbildung in Theorie und Praxis erforderlich, auch unter Aufsicht einer Elektrofachkraft. Unter festgelegten Tätigkeiten sind **gleichartige, sich wiederholende Arbeiten** zu verstehen. Diese müssen in einer Arbeitsanweisung beschrieben sein.

Eine betriebsinterne Ausbildung und eine mehrjährige Tätigkeit als EuP oder EFKffT kann zur **Elektrofachkraft für begrenzte Aufgabengebiete (EFKfbA)** führen (Bild 1).

### 1.3 Fach- und Führungsverantwortung

Durch die Ausbildung zur **Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten** (EFKffT) soll eine Person befähigt werden, festgelegte Tätigkeiten weitgehend eigenverantwortlich durchzuführen, d. h. im Sinne der Fachverantwortung für diese Tätigkeiten. Eine verantwortliche Elektrofachkraft muss dabei die Fachverantwortung mittragen und besitzt die Aufsichts- und Führungsverantwortung (**Tabelle 1**). Dies gilt auch gegenüber der Elektrofachkraft für begrenzte Aufgabengebiete.

Die festgelegten Tätigkeiten dürfen nur in Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V AC bzw. 1500 V DC und grundsätzlich nur im freigeschalteten Zustand durchgeführt werden. **Unter Spannung** sind Fehlersuche und Feststellen der Spannungsfreiheit bei geeigneter Qualifizierung erlaubt. Meist qualifizieren sich Beschäftigte aus Nicht-Elektroberufen zur EFKffT.

Im Unterschied zur EFKffT darf eine **elektrotechnisch unterwiesene Person** (EuP) nur unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft (EFK) arbeiten. Eine EuP ist nur für einfachste elektrotechnische Tätigkeiten einsetzbar. Sie besitzt keine Fachverantwortung. Diese obliegt der beauftragenden EFK. Allerdings haben gemäß **Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) § 15** Beschäftigte die Pflicht „nach ihren Möglichkeiten sowie gemäß der Unterweisung und Weisung des Arbeitgebers für ihre Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit Sorge zu tragen.“

Für alle Arbeiten in und an elektrischen Anlagen müssen die Beschäftigten in Theorie und Praxis ausreichende Kenntnisse besitzen, um relevante Bestimmungen, die als Regeln der Technik anerkannt sind, korrekt anzuwenden und um mögliche Gefahren zu erkennen.

Arbeiten gemäß allgemein anerkannten Regeln der Technik bedeutet das Anwenden von Normen, Vorschriften, Verordnungen, Gesetzen.

Eine **befähigte Person (bP)** darf gemäß § 14 BetrSichV (Betriebssicherheitsverordnung, **Abschnitt 2.4**) bzw. TRBS 1203 (Technische Regeln für Betriebssicherheit, **Abschnitt 2.5**) nur als Prüfer von Arbeitsmitteln und ggf. überwachungsbedürftigen Anlagen wirken.

Die zum selbstständigen Prüfen befähigte Person für das Prüfen der Maßnahmen zum Schutz vor elektrischen Gefährdungen muss eine elektrotechnische Berufsausbildung abgeschlossen haben

**Tabelle 1: Aufgaben von Personen in und an elektrischen Anlagen**

Person	Beispiele für Aufgaben
VEFK	Überwachen, Anordnen, Unterrichten, Kontrollieren, insbesondere das Einhalten von Sicherheitsmaßnahmen. Ferner Tätigkeiten einer EFK. Fachverantwortung, Aufsichtsverantwortung, Führungsverantwortung. Wahrnehmung von Unternehmerpflichten.
EFK	Planen, Errichten, Ändern, Instandsetzen elektrischer Anlagen gemäß Qualifikation. Fachverantwortung, Aufsichtsverantwortung, ggf. Führungsverantwortung.
EFKfbA	Siehe EFK, aber nur für ein Aufgabengebiet, keine Führungsverantwortung.
EFKffT	Montage, Anschluss von Geräteanschlussdosen, Anschließen z. B. eines Durchlauferhitzers. Instandhaltung, Änderung, Prüfung elektrischer Geräte und Betriebsmittel. Aufgaben-Fachverantwortung.
EuP	Einfache Wartungsarbeiten, Heranführen von Prüfgeräten, Werkzeugen, Abdeckungen an spannungsführende Teile; Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen, Sichtprüfungen; keine Fachverantwortung.
bP	Prüfen von Arbeitsmitteln, ggf. Prüfen von überwachungsbedürftigen Anlagen. Fachverantwortung für die Aufgabe.

Arbeiten in SELV-Stromkreisen (Safety Extra Low Voltage) dürfen von Laien ausgeführt werden.

oder über eine andere, für die vorgesehenen Prüfaufgaben ausreichende elektrotechnische Qualifikation verfügen. Oft wirken EFK auch als bP.

Die **arbeitsschutzrechtliche Verantwortung** der auszuführenden Tätigkeiten trägt gemäß § 13 ArbSchG der **Arbeitgeber**. Dieser kann eine zuverlässige, fachkundige Person schriftlich beauftragen, z.B. eine EFK, ihm obliegende Aufgaben nach diesem Gesetz verantwortlich wahrzunehmen.

Bei **Unfällen** mit Personen- und/oder Sachschaden aufgrund der Arbeit einer EFK wird leichte, mittlere und grobe **Fahrlässigkeit** unterschieden. Bei mittlerer Fahrlässigkeit *kann* die EFK anteilhaft, bei grober *haftet* sie mindestens anteilig. Elektroarbeiten im Privatbereich sind ohne eine elektrotechnische Qualifizierung rechtlich zulässig.

# 2 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln, Normen

## 2.1 Allgemeines

Es ist hilfreich, die Unterschiede zwischen Gesetzen, Verordnungen, Vorschriften, Technischen Regeln, Unfallverhütungsvorschriften, DIN-Normen und VDE-Normen (VDE-Bestimmungen, VDE-Vorschriften, Seiten 300, 301) zu kennen. Auch ist ihnen eine Rangfolge hinsichtlich der Verbindlichkeit gegeben (**Bild 1**).

Das **Grundgesetz** als Verfassung der Bundesrepublik Deutschland enthält die wichtigsten Regeln, also die Grundrechte der Bevölkerung, für das Zusammenleben im Staat und steht über allen anderen Regelungen. Alle anderen Gesetze, Verordnungen, Vorschriften und Regeln müssen also mit dem Grundgesetz vereinbar sein. Eine Verfeinerung der Grundrechte sowie die Rechte der Bürger untereinander sowie die Rechte der staatlichen Institutionen gegenüber den Bürgern, oder anders formuliert, die Pflichten der Bürger gegenüber diesen Institutionen, sind in **Gesetzen** beschrieben, deren Nichteinhalten strafbar ist.

**Verordnungen** sind Regeln, nach denen Gesetze zu befolgen sind. **Vorschriften** sind verbindliche Anweisungen, welche vorgeben, was in speziellen Fällen zu tun ist. **Regeln** sind Vorgaben für ein Verhalten oder Verfahren. So sind Technische Regeln Empfehlungen und Vorschläge, wie Gesetze und Verordnungen eingehalten werden können. Technische Regeln sind nicht rechtsverbindlich.

**DIN-Normen** sind Regeln, die keinen verbindlichen, sondern lediglich einen richtungsweisenden, freiwilligen Charakter haben, sofern nicht Gesetze, Verordnungen oder Vorschriften auf sie verweisen. **VDE-Normen** und VDE-Richtlinien gelten als allgemein anerkannte Regeln der Technik und haben einen quasi rechtsverbindlichen Status, da im Energiewirtschaftsgesetz **EnWG** auf sie Bezug genommen wird. Sie werden von der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (DKE), deren Träger der Verband Deutscher Elektrotechniker (**VDE**) ist, im Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN) definiert. Neue oder aktualisierte VDE-Normen und VDE-Richtlinien gelten nicht für Altanlagen.

Von besonderer Bedeutung für das Arbeiten im elektrotechnischen Umfeld sind

- die Vorschrift 3 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung **DGUV V3**,
- das Arbeitsschutzgesetz **ArbSchG**,
- die Betriebssicherheitsverordnung **BetrSichV**,
- die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (**TRBS**) sowie
- die Vielzahl der VDE-Normen und VDE-Richtlinien, welche vielfach auch DIN-Normen sind.

Ferner sind von Bedeutung die **Technischen Anwendungsrichtlinien TAR**, welche die Grundlage für die **Technischen Anschlussbedingungen TAB** der Netzbetreiber sind. TAR und TAB orientieren sich an VDE-Normen oder VDE-Richtlinien.

Gesetze, Verordnungen, Vorschriften und VDE-Normen sowie VDE-Richtlinien sind verbindlich einzuhalten.

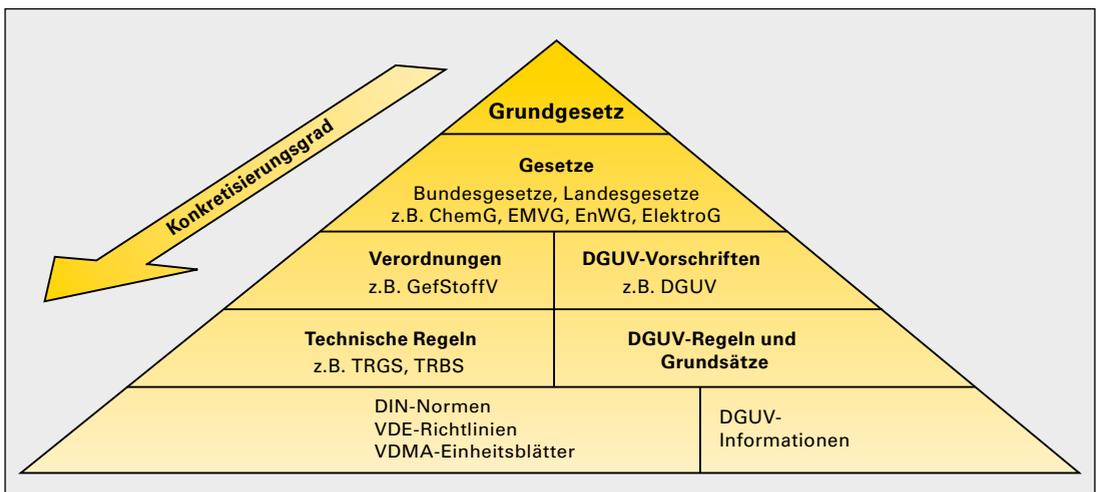


Bild 1: Rangfolge von Gesetzen, Verordnungen, Vorschriften, Richtlinien

## 2.2 DGUV-Vorschriften

DGUV-Vorschriften (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) sind verbindliche Rechtsnormen, die von den Unfallversicherungsträgern gemäß § 15 SGB VII (Sozialgesetzbuch) erlassen werden. Es gibt unterschiedliche DGUV-Vorschriften (**Tabelle 1**). Für **Elektrofachkräfte** ist die Unfallverhütungsvorschrift 3 (DGUV V3) von wesentlicher Bedeutung. Sie gilt für elektrische Anlagen und Betriebsmittel. Auch die Vorschrift 16 (DGUV V16, **Abschnitt 9.3**) Elektromagnetische Felder ist bei Bedarf zu beachten. Beide DGUV-Vorschriften orientieren sich u. a. an entsprechenden VDE-Normen und sind im Internet kostenfrei verfügbar.

In der **DGUV V3** sind Begriffsdefinitionen und Durchführungsanweisungen bzgl. Schutzmaßnahmen, Arbeiten an und in der Nähe von aktiven Teilen sowie Prüfungen festgelegt (**Kapitel 14, 15**). So sind z. B. darin definiert:

- **Elektrische Betriebsmittel** sind alle Gegenstände, die dem Anwenden elektrischer Energie oder dem Übertragen, Verteilen und Verarbeiten von Informationen dienen.
- **Elektrofachkraft** ist, wer auf Grund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie der Kenntnis einschlägiger Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten fachlich beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann (**Abschnitt 1.1**).
- **Festgelegte Tätigkeiten** sind gleichartige, sich wiederholende Arbeiten an Anlagen und Betriebsmitteln. Diese Arbeiten müssen vom Unternehmer in einer Arbeitsanweisung beschrieben sein. Durch eine Ausbildung kann eine Qualifikation als „Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten“ erreicht werden.
- **Aktive Teile** sind Leiter und leitfähige Teile der Betriebsmittel, die unter normalen Betriebsbedingungen unter Spannung stehen. Sie müssen entsprechend ihrer Spannung, Frequenz (**Abschnitt 3.1**), Verwendungsart und ihrem Betriebsort durch Isolierung, Lage, Anordnung oder festangebrachte Einrichtungen gegen direktes Berühren geschützt sein.
- **Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel** können während des Betriebs bewegt werden, während sie an den Versorgungsstromkreis angeschlossen sind.
- **Ortsfeste elektrische Betriebsmittel** können nicht leicht bewegt werden.
- **Stationäre Anlagen** sind mit ihrer Umgebung fest verbunden.

**Tabelle 1: Auswahl von DGUV-Vorschriften**

Vorschrift	Thema
1	Grundsätze der Prävention
2	Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit
3	Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
12	Laserstrahlung
16	Elektromagnetische Felder
22	Abwassertechnische Anlagen
25	Unfallprävention
32	Kernkraftwerke
67	Flurförderfahrzeuge
80	Verwendung von Flüssiggas
81	Schulen

**Tabelle 2: Zulässige Körperströme und Berührungsspannungen**

Frequenz $f$ in Hz	Körperstrom in mA	Berührungsspannung in V
0	10	60
$1 \leq f < 100$	3,5	25
$100 \leq f < 2 \text{ k}$	$1,75 \cdot (f/\text{kHz}) + 3,3$	25
$2 \text{ k} \leq f < 3,8 \text{ k}$	$1,4 \cdot (f/\text{kHz}) + 4,2$	25
$3,8 \text{ k} \leq f < 12 \text{ k}$	$1,4 \cdot (f/\text{kHz}) + 4,2$	$1,05 \cdot (f/\text{kHz}) + 20,5$
$12 \text{ k} \leq f < 28 \text{ k}$	$1,75 \cdot (f/\text{kHz})$	$1,05 \cdot (f/\text{kHz}) + 20,5$
$28 \text{ k} \leq f < 100 \text{ k}$	50	$1,05 \cdot (f/\text{kHz}) + 20,5$
$100 \text{ k} \leq f < 1 \text{ M}$	50	125

k Kilo, M Mega. Körperstrom siehe **Abschnitt 6.1**.

- **Nichtstationäre Anlagen** werden entsprechend ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch nach dem Einsatz wieder abgebaut und am neuen Einsatzort wieder aufgebaut.

Die **DGUV V 16** gibt zulässige Werte bzgl. des Ausgesetztseins (Exposition) von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich bis 300 GHz an (**Abschnitt 9.3**). Ferner beschreibt sie Maßnahmen, z. B. Betriebsanweisungen, Schutzausrüstungen und Prüfungen, die ein Unternehmer treffen muss, damit die Beschäftigten an ihren Arbeitsplätzen geschützt sind. So sind je nach z. B. Frequenz von Strom und Spannung zulässige Körperströme und Berührungsspannungen zu beachten (**Tabelle 2**).

Grenzwerte gelten oft im Zusammenhang mit Zeitangaben ihres Ausgesetztseins.

## 2.3 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Das ArbSchG (**Tabelle 1**) regelt für alle Tätigkeitsbereiche die grundlegenden Arbeitsschutzpflichten des **Arbeitgebers**, die Pflichten und die Rechte der **Beschäftigten** sowie das Überwachen des Arbeitsschutzes. Dazu gehört auch das Sicherstellen durch den Arbeitgeber, dass Beschäftigte für ihre Tätigkeit befähigt sind. Maßnahmen zum Arbeitsschutz sollen Unfälle bei der Arbeit verhindern und die Arbeit menschengerecht gestalten. Das ArbSchG kann wie alle Gesetze kostenfrei im Internet eingesehen werden.

Der **Arbeitgeber** muss für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten sorgen. Gefährdungen muss er ermitteln und Maßnahmen zur Minimierung dieser einleiten, z. B. durch Arbeitsplatzgestaltung, Schulungen, Bereitstellung von geeigneten Arbeitsmitteln nach dem Stand der Technik. Dokumentationen hierüber sind zu erstellen. Die **Beschäftigten** müssen nach ihren Möglichkeiten für ihre Sicherheit und Gesundheit Sorge tragen. Zur Verfügung gestellte Betriebsmittel und Schutzausrüstungen sind zu verwenden. Beschäftigte dürfen dem Arbeitgeber Vorschläge bzgl. Sicherheit, Gesundheit machen, sich ggf. auch an zuständige Behörden wenden.

Die zuständigen Behörden, z. B. das Gewerbeaufsichtsamt, haben das Einhalten des ArbSchG zu überwachen und die Arbeitgeber bei der Pflichterfüllung ggf. zu beraten.

Verschiedene Verordnungen ergänzen mit ihren Vorgaben den Schutz und die Sicherheit der Beschäftigten in ihren unterschiedlichen Arbeitsgebieten (**Bild 1**).

**Tabelle 1: Wesentliche Inhalte des ArbSchG**

§	Thema
§ 3	Grundpflichten des Arbeitgebers
§ 5	Beurteilung der Arbeitsbedingungen
§ 6	Dokumentation
§ 7	Übertragung von Aufgaben
§ 8	Zusammenarbeit mehrerer Arbeitgeber
§ 9	Besondere Gefahren
§ 10	Erste Hilfe und sonstige Notfallmaßnahmen
§ 11	Arbeitsmedizinische Vorsorge
§ 12	Unterweisung
§ 13	Verantwortliche Personen
§ 14	Unterrichtung, Anhörung der Beschäftigten des öffentlichen Dienstes
§ 15	Pflichten der Beschäftigten
§ 16	Besondere Unterstützungspflichten
§ 17	Rechte der Beschäftigten
§ 18	Verordnungsermächtigungen
§ 19	Zwischenstaatliche Vereinbarungen
§ 20	Regelungen für den öffentlichen Dienst
§ 21	Behörden und Träger der gesetzlichen Unfallversicherung
§ 22	Befugnisse der zuständigen Behörden
§ 23	Betriebliche Daten
§ 24	Erlass allgemeiner Verwaltungsvorschriften
§ 25	Bußgeldvorschriften
§ 26	Strafvorschriften

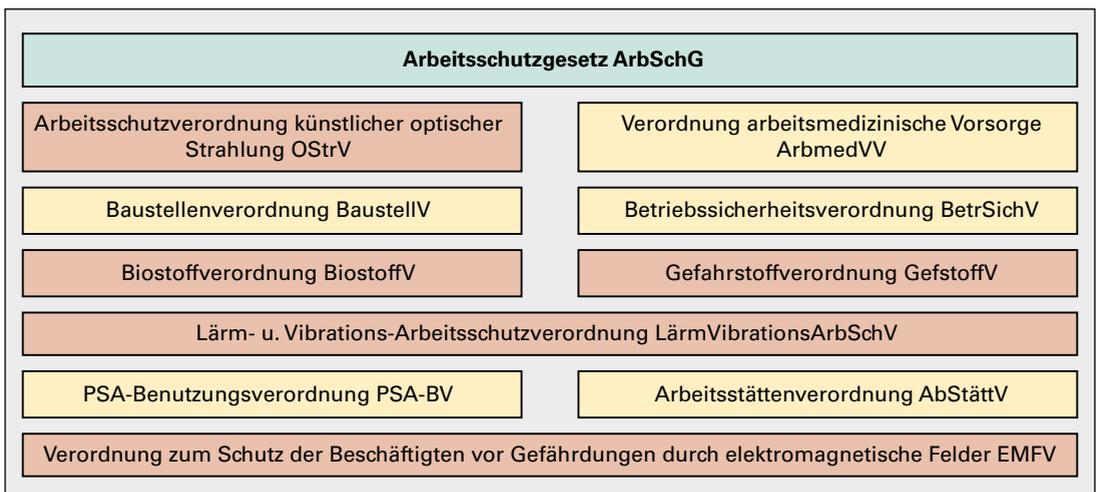


Bild 1: Arbeitsschutzgesetz und seine Verordnungen

## 2.4 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)

Die BetrSichV (**Tabelle 1**) gilt für das Verwenden von Arbeitsmitteln. Sie gilt auch für Überwachungsbedürftige Anlagen, Aufzugsanlagen und Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen. Überwachungsbedürftige Anlagen sind z. B. Dampfkesselanlagen, Füllanlagen, Rohrleitungen mit innerem Überdruck von entzündlichen, giftigen, ätzenden Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten. Die BetrSichV regelt die Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz beim Verwenden von Arbeitsmitteln (**Bild 1**) und regelt deren bestimmungsgemäßes Verwenden.

Der **Arbeitgeber** muss vor Verwendung der Arbeitsmittel eine Gefährdungsbeurteilung durchführen. Die vorgeschriebenen Prüfungen sind vorzunehmen. Die Arbeitsmittel müssen für die am Arbeitsplatz gegebenen Bedingungen geeignet sein. Beim Verwenden von Arbeitsmitteln in explosionsfähiger Atmosphäre sind die Schutzmaßnahmen mit der **Gefahrstoffverordnung** abzugleichen. Bei bestimmungsgemäßer Benutzung der Arbeitsmittel müssen Sicherheit und Gesundheitsschutz gewährleistet sein. Arbeitsmittel zum Heben von Lasten erfordern Standsicherheit und Festigkeit, auch die Lastaufnahmemittel. Mobile Arbeitsmittel erfordern für mitfahrende Beschäftigte die **geringstmögliche Gefährdung**.

Der Arbeitgeber muss seine Beschäftigten über die sie betreffenden Arbeitsmittel angemessen und regelmäßig informieren, z. B. über **Betriebsanweisungen**. Für Arbeitsmittel sind vor ihrem Einsatz Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen durch **befähigte Personen** festzulegen. Sicherheitsprüfungen sind z. B. auch nach Instandsetzungsarbeiten erforderlich.

Die genannten befähigten Personen müssen infolge ihrer Berufsausbildung, ihrer Berufserfahrung und ihrer zeitnahen beruflichen Tätigkeit die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel besitzen.

**Überwachungsbedürftige Anlagen** dürfen nur in Betrieb genommen werden, wenn eine zugelassene Überwachungsstelle sie auf ordnungsgemäßen Zustand geprüft hat. Die Prüfungsergebnisse sind niederzuschreiben und mindestens bis zur nächsten Prüfung aufzubewahren. Unfälle und Schadensfälle sind der zuständigen Behörde anzuzeigen.

**Arbeitsmittel** dürfen nur absichtlich in Gang gesetzt werden. Befehleinrichtungen an Arbeitsmitteln müssen sichtbar angebracht sein. Sicheres Stillsetzen muss im Fehlerfall möglich sein.

**Tabelle 1: Wesentliche Inhalte der BetrSichV**

§	Thema
§ 3	Gefährdungsbeurteilung
§ 4	Grundpflichten des Arbeitgebers
§ 5	Anforderungen an die zur Verfügung gestellten Arbeitsmittel
§ 6	Grundlegende Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von Arbeitsmitteln
§ 8	Schutzmaßnahmen bei Gefährdungen durch Energien, Ingangsetzen und Stillsetzen
§ 9	Weitere Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von Arbeitsmitteln
§ 10	Instandhaltung und Änderung von Betriebsmitteln
§ 11	Besondere Betriebszustände, -störungen, Unfälle
§ 12	Unterweisung und besondere Beauftragung von Beschäftigten
§ 14	Prüfung von Arbeitsmitteln
§ 15	Prüfung vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen
§ 16	Wiederkehrende Prüfungen
§ 17	Prüfaufzeichnungen und -bescheinigungen
§ 19	Mitteilungspflichten
§ 20	Sonderbestimmungen für überwachungsbedürftige Anlagen des Bundes
§ 22	Ordnungswidrigkeiten
§ 23	Straftaten



Bild 1: Klassifizierung von Arbeitsmitteln

**Schutzeinrichtungen** von Arbeitsmitteln dürfen nicht umgehbar sein.

Die BetrSichV schützt Beschäftigte vor Gefahren beim Benutzen von Arbeitsmitteln.

## 2.5 Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Verwendung von Arbeitsmitteln und den Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen wieder. Die TRBS sind gemäß drei *Reihen* strukturiert (**Tabelle 1**).

Die TRBS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) bekannt gegeben und sollten vom Arbeitgeber eingehalten werden. Andernfalls muss er auf anderem Wege für die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz seiner Beschäftigten sorgen. Die Technischen Regeln konkretisieren die Betriebssicherheitsverordnung (**BetrSichV**) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen.

Die bei der Benutzung von Arbeitsmitteln entstehenden Gefahren muss der Unternehmer ermitteln, z. B. anhand von Bedienungsanleitungen oder Hinweisen in den TRBS. Geeignete Maßnahmen sind zu dokumentieren und den Beschäftigten zu kommunizieren. Das Vorgehen zur Gefährdungsbeurteilung und Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ist in der TRBS 1111 wiedergegeben.

Hinsichtlich Prüfungen, Prüfpflichten, Prüffristen und Kontrollen ergänzt die TRBS 1201 die BetrSichV §14. Ferner sind in der TRBS 1201 **Arbeitgeberpflichten** bzgl. der Wahrnehmung von Gefährdungsbeurteilungen und Prüfungen der Schutzmaßnahmen beschrieben.

Bei den Prüfungen unterscheidet die TRBS 1201 zwischen Ordnungsprüfungen und technischen Prüfungen. Bei den **Ordnungsprüfungen** wird z. B. festgestellt, ob alle notwendigen Unterlagen für das Arbeitsmittel oder die Anlage vorliegen, ob Änderungen seit der letzten Prüfung vorgenommen wurden, ob behördliche Auflagen eingehalten sind, ob der Prüfumfang festgelegt ist.

Die **technischen Prüfungen** umfassen z. B. Sichtprüfungen, Funktionsprüfungen, Prüfungen mit Prüfmitteln und Messmitteln (**Kapitel 15**).

Die technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS ergänzen die Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV.

**Tabelle 1: Technische Regeln für Betriebssicherheit (Auswahl)**

TRBS	Erklärung
<b>Reihe 1000: Allgemeines und Grundlagen</b>	
1111	Gefährdungsbeurteilung
1112	Instandhaltung
1115	Sicherheitsrelevante Mess-, Steuer-, Regeleinrichtungen
1151	Gefährdungen Mensch-Arbeitsmittel
1201	Prüfungen, Kontrollen von Arbeitsmitteln, Schutzsystemen
1203	Zur Prüfung befähigte Personen
<b>Reihe 2000: Gefährdungsbezogene Regeln</b>	
2111	Mechanische Gefährdungen
2121	Gefährdung Beschäftigter durch Absturz
2141	Gefährdung durch Dampf und Druck
2181	Gefährdung beim Eingeschlossensein
<b>Reihe 3000: Regeln für Arbeitsmittel, überwachungsbedürftige Anlagen oder Tätigkeiten</b>	
3121	Betrieb von Aufzugsanlagen
3145	Ortsbewegliche Druckgasbehälter
3146	Ortsfeste Druckgasbehälter
Für explosionsgefährdete Bereiche und Atmosphären gibt es weitere Technische Regeln.	

### Wiederholung und Vertiefung

1. Welche Normenreihe ist beim Errichten von Niederspannungsanlagen zu beachten?
2. Welche Voraussetzung muss ein Unternehmer erfüllen, um in seinem Betrieb elektrische Anlagen instand setzen zu lassen?
3. Unter welcher Voraussetzung können Laien zur elektrotechnisch unterwiesenen Person aufsteigen?
4. Welche Aufgabe darf eine befähigte Person wahrnehmen?
5. Haftet eine Elektrofachkraft bei grober Fahrlässigkeit?
6. Erfordern Elektroarbeiten im privaten Eigenheim von einer Privatperson eine anerkannte elektrotechnische Qualifizierung?
7. Sind DIN-Normen verbindlich einzuhalten?
8. Sind VDE-Normen einzuhalten?
9. Sind die DGUV-Vorschriften einzuhalten?
10. Die VDE-Normen werden häufig geändert. Gelten Sie dann auch für Altanlagen?

# 3 Grundlagen der Elektrotechnik

## 3.1 Stromstärke, Widerstand, Spannung

Zum Verständnis elektrotechnischer Arbeiten sind Kenntnisse über den elektrischen Strom erforderlich.

Der elektrische Strom kann nur in einem geschlossenen Stromkreis fließen (**Bild 1**).

Die Stromrichtung ist festgelegt vom Pluspol des Erzeugers durch den Verbraucher zum Minuspol des Erzeugers und von dort zum Pluspol des Erzeugers zurück.

Die Stromstärke hat die Einheit Ampere (A), benannt nach Ampère (sprich: Ampähr), franz. Physiker, 1775 bis 1836. Sie wird durch einen Strommesser gemessen, der in den Stromweg geschaltet wird (**Bild 1**). Die Stromstärke hat das Formelzeichen  $I$ .

**Kurzschreibweise:**  $[I] = A$

Sprich: Einheit der Stromstärke  $I$  ist das Ampere A.

Man unterscheidet mehrere **Stromarten**. **Gleichstrom** (Kurzform DC, von **D**irect **C**urrent) ist ein Strom, der dauernd in gleicher Richtung und mit gleicher Stärke fließt (**Bild 2**). **Wechselstrom** (Kurzform AC, von **A**lternating **C**urrent) ist ein elektrischer Strom, der periodisch seine Richtung und seine Stärke ändert (**Bild 3**).

**Mischstrom** (Kurzform UC, von **U**niversal **C**urrent) ist ein Strom mit einem Gleichstromanteil und einem Wechselstromanteil (**Bild 4**).

Oft wird auch dann von Gleichstrom gesprochen, wenn ein Mischstrom mit einem *kleinen* Wechselstromanteil vorliegt, z. B. bei einem Gleichstromgenerator.

In der **Elektroinstallation** ist vor allem ein Wechselstrom von Bedeutung, bei dem die zeitabhängige Darstellung der Stromstärke eine Sinuslinie ist (**Bild 3**). Man spricht daher auch von einem *Sinusstrom*.

**Einphasenwechselstrom** ist die genaue Bezeichnung für einen einzigen Sinusstrom, z. B. aus der Steckdose eines Beleuchtungsstromkreises in einer Wohnung. **Dreiphasenwechselstrom** (Drehstrom) besteht aus drei solchen Einphasenwechselströmen (Kurzform 3 AC, **Abschnitt 4.3.2**).

Beim Wechselstrom nennt man die Zeit von einem Nulldurchgang bis zum nächsten gleichartigen Nulldurchgang *Periodendauer*. Das ist die Zeit für eine vollständige Schwingung (**Bild 3**).

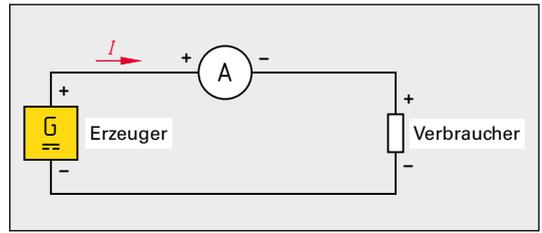


Bild 1: Strommessung in einem Stromkreis

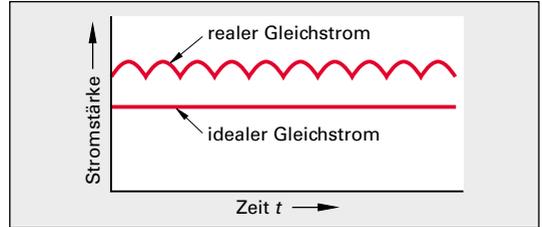


Bild 2: Gleichstrom DC

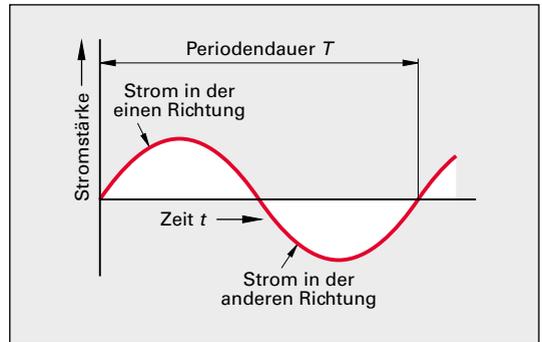


Bild 3: Wechselstrom AC (Sinusstrom)

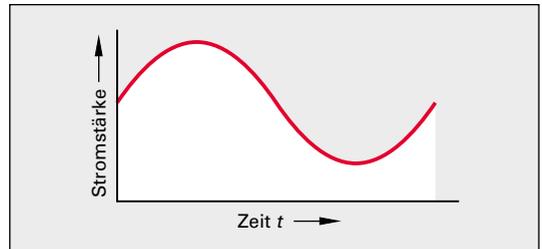


Bild 4: Mischstrom UC

Der Kehrwert der Periodendauer heißt **Frequenz**.

$f$  Frequenz  
 $T$  Periodendauer

$$[f] = \text{Hz}$$

**Frequenz**

$$f = \frac{1}{T}$$

Die Einheit der Frequenz ist das Hertz (Hz), benannt nach Hertz, deutscher Physiker, 1857 bis 1894. Diese Einheit gilt jedoch nur im deutschen Sprachraum. Sonst wird c/s bzw. cps (cycles per second = Umdrehungen je Sekunde) verwendet.

**Beispiel 1:**

Die Periodendauer eines Sinusstroms beträgt 20 ms. Wie groß ist die Frequenz in Hz und in c/s?

Lösung:

$$f = 1/T = 1/20 \text{ ms} = 0,05 \text{ kHz} = \mathbf{50 \text{ Hz}} = \mathbf{50 \text{ c/s}}$$

**Stromdichte** ist der Quotient Stromstärke durch Querschnittsfläche. Man verwendet für die Stromdichte die Einheit A/mm<sup>2</sup>.

- J Stromdichte
- I Stromstärke [J] = A/mm<sup>2</sup>
- A Querschnittsfläche

**Stromdichte**

$$J = \frac{I}{A}$$

**Beispiel 2:**

Bei einem elektrischen Leiterdraht beträgt die Stromstärke 25 A. Die zulässige Stromdichte beträgt 2,5 A/mm<sup>2</sup>. Wie groß muss der Leiterquerschnitt sein?

Lösung:

$$J = I/A \Rightarrow A = I/J = 25 \text{ A}/(2,5 \text{ A/mm}^2) = \mathbf{10 \text{ mm}^2}$$

Jedes Material setzt dem elektrischen Strom einen **Widerstand** entgegen. Dieser Widerstand ist umso größer, je kleiner der Leitwert des Materials ist. Die Eigenschaft des großen oder kleinen Leitvermögens kann also durch den Widerstand oder den Leitwert ausgedrückt werden. Die Einheit des Widerstandes ist das Ohm ( $\Omega$ , sprich: Ohm), benannt nach Ohm, deutscher Physiker, 1787 bis 1854. Die Einheit des Leitwerts ist das Siemens (S), benannt nach Siemens, deutscher Ingenieur, 1816 bis 1892. Das Wort Widerstand kann die physikalische Größe „Widerstand“ bedeuten, aber auch das Bauelement Widerstand. Für die physikalische Größe „Widerstand“ sagen wir im Zweifelsfall *Resistenz* oder *Widerstandswert*. Die Resistanz hat das Formelzeichen *R*, der Leitwert hat das Formelzeichen *G*.

- R Widerstand (Resistenz [R] =  $\Omega$ )
- G Leitwert [G] = S

**Widerstand**

$$R = \frac{1}{G}$$

**Beispiel 3:**

Ein elektrischer Leiterdraht hat einen Widerstand von 0,5  $\Omega$ . Wie groß ist der Leitwert?

Lösung:

$$R = 1/G \Rightarrow G = 1/R = 1/0,5 \Omega = \mathbf{2 \text{ S}}$$

Der Widerstand eines Drahtes, z. B. von einem Leiter, kann berechnet werden, wenn Material und Abmessungen des Drahtes bekannt sind. Dazu müssen die **Leitfähigkeit** oder der **spezifische Widerstand** des Materials aus einer Tabelle entnommen werden (**Tabelle 1**).

**Tabelle 1: Leitfähigkeit und spezifischer Widerstand**

Werkstoff	Leitfähigkeit $\gamma$ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$	spezifischer Widerstand $\rho$ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Silber	60	0,0167
Kupfer	56	0,0178
Aluminium	36	0,0278
Nickelin (CuNi30Mn)	2,5	0,4
Konstantan (CuNi44)	2,04	0,49
Kohle	0,015	65

Die Werte sind gerundet und gelten für 20 °C

**Leiterwiderstand**

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

- R Widerstand l Leiterlänge A Querschnitt
- $\gamma$  Leitfähigkeit ( $\gamma$  griech. Kleinbuchstabe Gamma)
- $\rho$  spezifischer Widerstand ( $\rho$  griech. Kleinbuchstabe Rho)

An Stelle von  $\gamma$  wird auch das  $\kappa$  (griech Kleinbuchstabe Kappa) verwendet.

**Beispiel 4:**

Für eine Transformwicklung sind 30 m Kupferdraht mit 0,5 mm<sup>2</sup> erforderlich. Wie groß ist der Wicklungswiderstand?

Lösung:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot A} = \frac{30 \text{ m}}{56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 0,5 \text{ mm}^2} = \mathbf{1,07 \Omega}$$

Der Widerstand hängt von der Temperatur ab. Der mit den Werten von Tabelle 1 errechnete Widerstand gilt für eine Temperatur vom 20 °C. Bei Abweichungen von dieser Temperatur erhält man die Widerstandsänderung mithilfe des **Temperaturkoeffizienten  $\alpha$**  des betreffenden Materials.

Bei Kupfer ist  $\alpha_{\text{Cu}} = 0,0039 \text{ 1/K}$  und bei Aluminium  $\alpha_{\text{Al}} = 0,0038 \text{ 1/K}$ .

- $\Delta R$  Widerstandsänderung ( $\Delta$  griech. Großbuchstabe Delta)
- $\alpha$  Temperaturkoeffizient
- $R_1$  Kaltwiderstand bei 20 °C
- $\Delta \vartheta$  Übertemperatur über 20 °C ( $\vartheta$  griech. Kleinbuchstabe Theta)
- $R_2$  Warmwiderstand

$$\Delta R = \alpha \cdot R_1 \cdot \Delta \vartheta$$

$$R_2 = R_1 + \Delta R$$

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

Unterschiede von Temperaturen, z. B. bei  $\Delta \vartheta$  der Übertemperatur, besitzen an Stelle der berechneten Einheit nach Norm die Einheit Kelvin (K), z. B. 25 °C – 20 °C = 5 °C = 5 K. Deshalb hat der Temperaturkoeffizient die Einheit 1/K.

**Beispiel:**

Eine Kupferwicklung (Temperaturkoeffizient  $\alpha = 0,0039 \text{ 1/K}$ ) hat bei Raumtemperatur von  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  einen Widerstand von  $0,5 \ \Omega$ . Im Betrieb erreicht die Wicklung eine Temperatur von  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ . Wie groß ist nun der Widerstand?

*Lösung:*

$$\Delta\vartheta = 110 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 90 \text{ K}$$

$$\Delta R = \alpha \cdot R_1 \cdot \Delta\vartheta = 0,0039 \text{ 1/K} \cdot 0,5 \ \Omega \cdot 90 \text{ K} = \mathbf{0,176 \ \Omega}$$

$$R_2 = R_1 + \Delta R = 0,5 \ \Omega + 0,176 \ \Omega \approx \mathbf{0,68 \ \Omega}$$

Die elektrische Spannung bewirkt, dass durch einen Widerstand ein elektrischer Strom fließt. Die Spannung hat das Formelzeichen  $U$  und die Einheit Volt (V), benannt nach Volta, italienischer Physiker, 1745 bis 1827. Die Spannung wird mit einem Spannungsmesser gemessen. Dieser wird zwischen die Punkte der Schaltung geschaltet, zwischen denen die zu messende Spannung liegt (**Bild 1**).

Entsprechend zu den Stromarten unterscheidet man **Gleichspannung**, **Wechselspannung** und **Mischspannung**. Bei der Wechselspannung ist die **Sinusspannung** besonders verbreitet.

Das **Ohm'sche Gesetz** gibt den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand an. Dabei ist wichtig, dass es nur für zusammengehörige Größen gilt, z. B. nur für die Stromstärke, die Spannung und den Widerstand desselben Wicklungsteils oder Bauelements.

**Ohm'sches Gesetz**

Merkformel:

$$I = \frac{U}{R} \quad \mathbf{1}$$

$$U = R \cdot I \quad \mathbf{2}$$

$I$ Stromdichte	$[I] = \text{A}$
$U$ Spannung	$[U] = \text{V}$
$R$ Widerstand (Resistanz)	$[R] = \ \Omega$

Bei konstantem Widerstand besteht zwischen Stromstärke und Spannung ein linearer Zusammenhang (**Bild 2**). Widerstände mit dieser linearen  $I(U)$ -Kennlinie nennt man **Ohm'sche Widerstände**.

**Leiterabzweige** kommen in elektrischen Schaltplänen sehr häufig vor. In Bild 1 sind die Leiter zum Spannungsmesser von den Leitern zum Widerstand abgezweigt. Nach DIN EN 61082 können Leiterabzweige verschiedenartig gezeichnet werden, obwohl sie elektrisch das Gleiche aussagen (**Bild 3**). Im Buch werden zur Gewöhnung, wie in der beruflichen Praxis, alle Arten angewendet, vor allem die Formen mit und ohne Punkt.

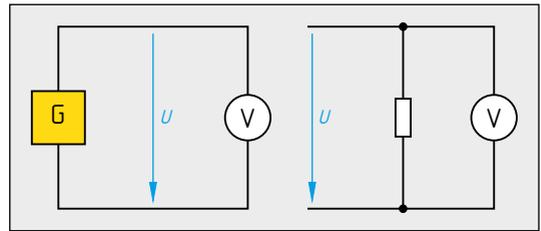


Bild 1: Messung der Spannung

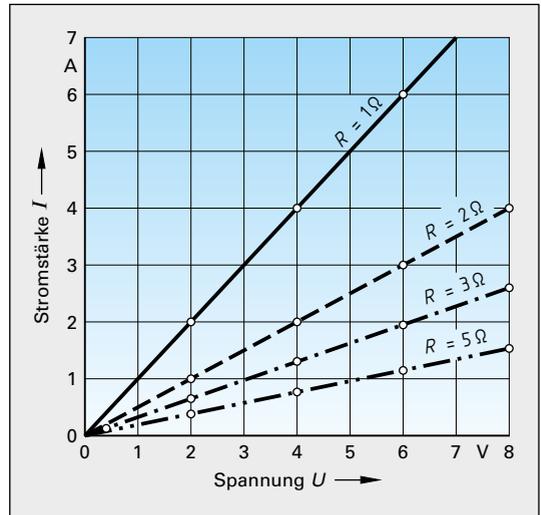


Bild 2:  $I(U)$ -Kennlinie von Ohm'schen Widerständen

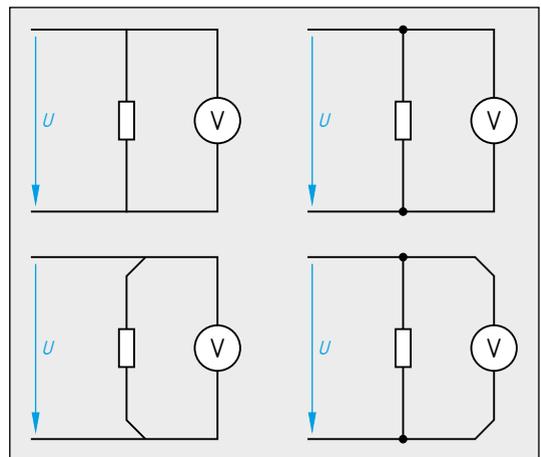


Bild 3: Darstellungen von Abzweigungen nach DIN EN 61082

**Wiederholung und Vertiefung**

1. Welche Einheit hat die elektrische Stromstärke?
2. Was versteht man unter Einphasenwechselstrom?
3. Erklären Sie den Begriff Sinusstrom.
4. Welche Einheiten hat die Frequenz?
5. Was versteht man unter der Stromdichte?
6. Wie hängen Leitwert und Widerstand voneinander ab?

Das Minimieren der Gefahren in elektrischen Anlagen für Mensch und Tier erfordert Schutz gegen den elektrischen Schlag, z. B. durch

- Spannungsbegrenzung, Erdung, Schutzrichtungen bzgl. Überstrom, Überspannung und Unterspannung, Leitungsdimensionierung sowie durch
- IP-Schutzarten von Gehäusen.

### 5.3 Installationsausführungen

In Gebäuden ist bzgl. Schlitten, Aussparungen und Durchführungen zu beachten, dass durch sie der Schutz bzgl. Brand, Wärme und Standfestigkeit nicht wesentlich gemindert wird. Durchführungen durch Wände und Decken sind entsprechend den **Brandschutzverordnungen** sachkundig zu scotten (**Bild 1**), insbesondere zwischen verschiedenen Nutzungseinheiten.

Das Verlegen der elektrischen Kabel und Leitungen in **Rohrnetzen** ermöglicht deren leichtes Auswechseln und schützt vor Beschädigungen. Rohrnetz-Installationen erlauben auch ein späteres Hinzufügen weiterer Leitungen auf einfache Weise. Für Energieleitungen, Leitungen der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) sowie der Radio/Fernseh- bzw. Rundfunk- und Kommunikationstechnik (RuK) sind jeweils getrennte Rohrnetze vorzusehen.

Die **Elektroinstallationsrohre** (**Bild 2**) sind gemäß ihrer Verlegung, z. B. im Beton, an Innenwänden, im Freien, Anzahl aufzunehmender Adern oder Mantelleitungen, geeignet auszuwählen. Mantelleitungen sollten nur etwa die Hälfte der nutzbaren Rohr-Querschnittsfläche belegen.

Bei der **Planung und Auswahl** von Unterputzdosen oder Aufputzdosen (UP, AP) und Gehäusen für Schalter, Steckdosen, Anschlüsse und Verbindungen sind Anforderungen an Luftdichtheit, Wärmebrückenfreiheit, Brandschutz und Schallschutz zu berücksichtigen. Für den Brandschutz geeignete Dosen sind rot oder schwarz-weiß.

Bei der Elektroinstallation ist auf Luftdichtheit, Wärmebrückenfreiheit, Brandschutz, Schallschutz zu achten.

Vor Beginn der Ausführungsarbeiten der Elektroinstallation muss ein **Installationsplan** auf Grundlage des vorhandenen Grundrisses erstellt werden (**Bild 3**). Dieser muss die Lage aller Anschlussstellen und Schaltstellen mit den normüblichen grafischen Symbolen enthalten und ist die Basis für die **Stückliste** der zu beschaffenden Be-

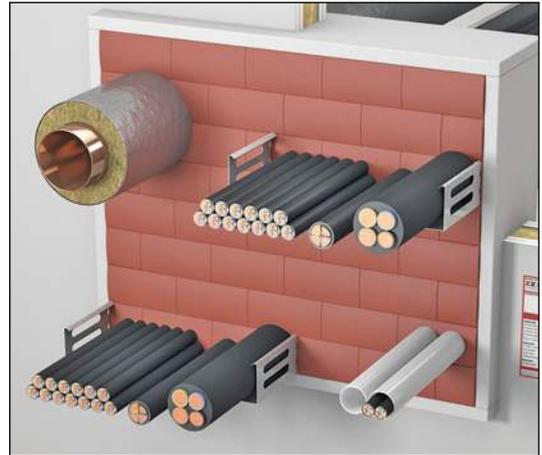


Bild 1: Brandschottung durch ZZ-Steine



Bild 2: Elektroinstallationsrohre

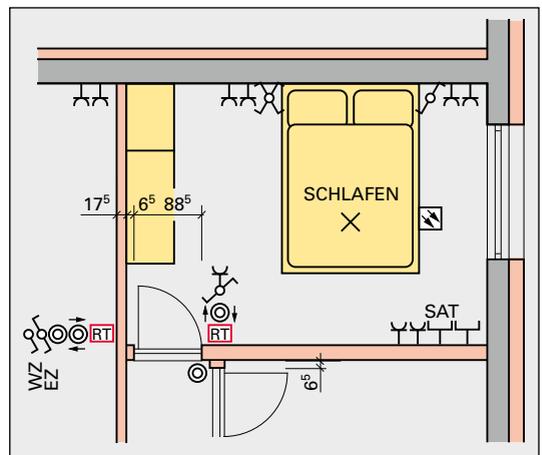


Bild 3: Auszug aus einem Installationsplan  
(Schaltzeichen siehe Seite 299)

triebsmittel. Ebenso ist ein **Stromlaufplan** für die Stromkreisverteiler, Unterverteiler zu erstellen (**Bild 1, folgende Seite**). Diese Dokumentationen (**Abschnitte 10.1, 18.4**) sind auch für spätere Änderungen in der elektrischen Anlage wesentlich.

### 13.5 Blitzschutz, Überspannungsschutz

PV-Anlagen müssen vor Blitzeinschlägen geschützt sein. Daher sind zusätzliche Blitzfangeinrichtungen (Fangspitzen) im Bereich der PV-Anlage anzubringen, sofern die vorhandene Fangeinrichtung einer Gebäude-Blitzschutzanlage den Schutz nicht abdeckt (**Abschnitt 8.3**).

DIN VDE 0100-712 (Photovoltaik-Stromversorgungssysteme) fordert Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs) mindestens vom Typ 2 auf der Gleichspannungsseite der elektrischen Anlage, wenn die Längen der Strangleitungen bei Wohngebäuden über 10 m liegen (**Bild 1**). Dies ist nicht gefordert, wenn der Wechselrichter außerhalb des Gebäudes installiert ist. Zum Sicherstellen seiner Funktion ist u. a. auch das metallene Montagesystem der PV-Anlage in den Funktionspotenzialausgleich miteinzubeziehen.

Auf der AC-Seite des Wechselrichters ist ebenfalls eine SPD vom Typ 1 oder 2 zu installieren. Ist eine externe Blitzschutzanlage vorhanden, ist Typ 1 erforderlich. Leitungen von Messeinrichtungen sind geschirmt zu verlegen. Ist die Leitungslänge zwischen den SPDs im Verteiler und dem PV-Wechselrichter größer als 10 m, dann sollte alle 10 m eine zusätzliche SPD gleichen Typs dazwischen installiert werden (**Bild 2**). Dies gilt auch für die Leitungen zwischen PV-Wechselrichter und PV-Generatorfeld.

Bei langen Leitungen zwischen Zählerschrank/ Verteiler und dem zu schützenden Gerät ist alle 10 m eine zusätzliche SPD gleichen Typs erforderlich.

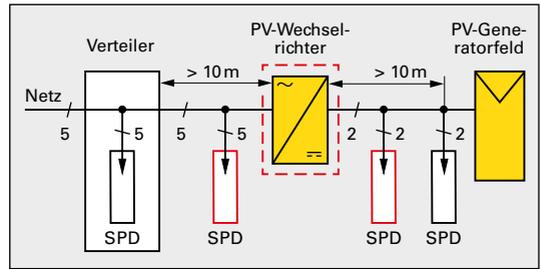


Bild 2: Zusätzliche SPDs bei großen Leitungslängen

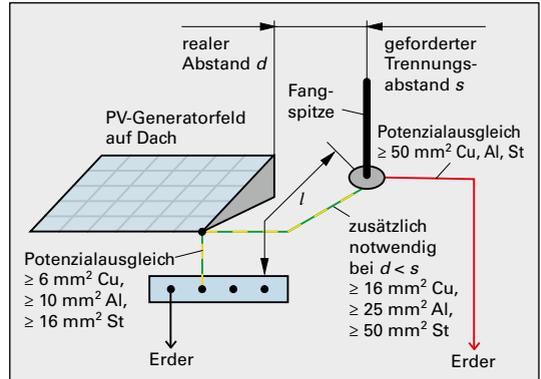


Bild 3: Trennungsabstand zwischen Fangspitze und PV-Generatorfeld

Um eine gefährliche Funkenbildung zu vermeiden, ist der geforderte Trennungsabstand  $s$  um die Fangstange und zu den Leitern des äußeren Blitzschutzes, sofern dieser vorhanden ist, entscheidend (**Bild 3**). Ist der Abstand  $d < s$ , sind die Einrichtungen des äußeren Blitzschutzes mit den metallenen Teilen der Unterkonstruktion des PV-Generatorfeldes zu verbinden. Bei  $d \geq s$  ist der geforderte Trennungsabstand gegeben. Die genannten Verbindungen sind nicht nötig.

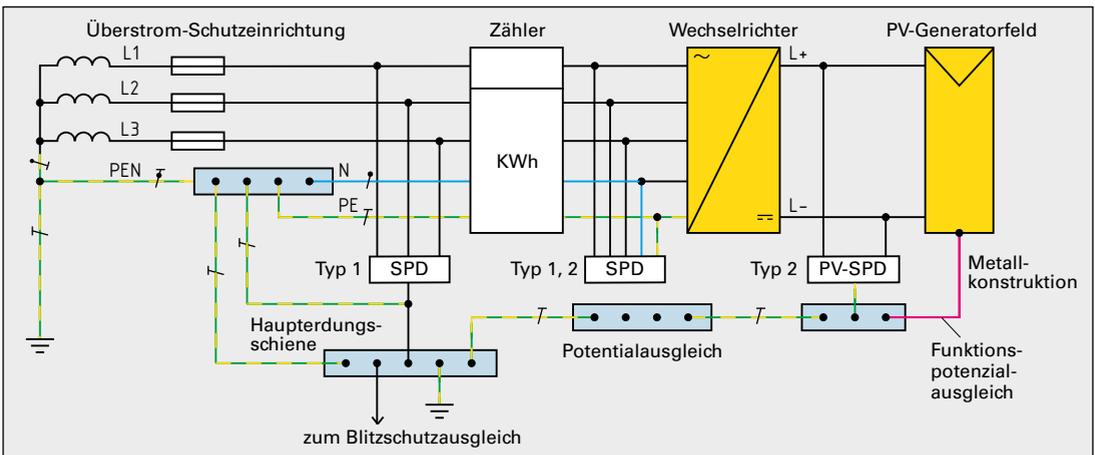


Bild 1: PV-Anlage mit Überspannungsschutzeinrichtungen als den Blitzschutz

Die Erstprüfung einer elektrischen Anlage ist umfangreich (**Tabelle 1, folgende Seite**) und muss dokumentiert werden.

### 15.4.11 Prüfprotokoll

Nach Beendigung der Prüfung ist vom Prüfenden ein Prüfbericht zu erstellen (**Bild 1**). Dieser muss enthalten u. a.

- Name und Anschrift des Auftraggebers und des Auftragnehmers,
- Bezeichnung des Objekts der Prüfung (Anlage, Stromkreise),
- Prüfergebnisse, Messergebnisse,
- verwendete Mess- und Prüfgeräte.

Die ermittelten Informationen sind zu bewerten. Für die Bewertung wesentliche Messwerte sind schriftlich zu dokumentieren. Eine Dokumentation aller Messwerte ist nicht gefordert.

Die Prüfperson muss eine **Elektrofachkraft** mit zeitnaher Prüferfahrung und mindestens einjähriger Berufserfahrung sein. Der Prüfbericht der Erstprüfung muss die Zeitangabe der ersten wiederkehrenden Prüfung enthalten. Der Prüfbericht muss von einer Elektrofachkraft mit dem Datum der Prüfung bestätigt werden.

### Wiederholung und Vertiefung

1. Welche Messungen dürfen mit Messgeräten der Kategorie CAT I vorgenommen werden?
  - 1. Messungen am Hausanschluss.
  - 2. Messungen an Steckdosen.
  - 3. Messungen an batteriebetriebenen Geräten.
  - 4. Messungen an Heizungsanlagen.
  - 5. Messungen an Herden mit Kochfeldern.
2. Aus welchem Grund beträgt der Spannungsfall bei 3AC vom Speisepunkt bis zur Last nur die Hälfte des Wertes wie bei 3AC?
3. Mit welcher Prüfspannung muss bei mehradrigen Leitungen der Isolationswiderstand gemessen werden, wenn diese Stromkreise mit verschiedenen Spannungen umfassen?
4. Auf welche Weise ist bei Schutztrennung der Isolationswiderstand zu messen?
5. Bei Schutztrennung dürfen Körper nicht beliebig angeordnet sein. Wie ist dies zu prüfen?
6. Welche Prüfung ist bei Betriebsmitteln der Schutzklasse II meist ausreichend?

Prüfprotokoll									
<b>Prüfungsprotokoll-Nr.:</b>		00000004							
<b>Auftraggeber</b>									
Firma Muster Musterstraße 1 60000 Mustestadt									
<b>Anlage:</b> 001 UV-1 1. OG Wohnung A									
<b>VNB (EVU)</b> EHAE					<b>Netzspannung</b> 230V/40				
<b>System:</b> <input checked="" type="checkbox"/> TN-System <input type="checkbox"/> TT-System <input type="checkbox"/> IT-System									
<b>Zähler-Nr.</b> <span style="float: right;"><b>Zählerstand</b></span>									
<b>Prüfung</b> durchgeführt nach: <input checked="" type="checkbox"/> DIN VDE 0100 Teil 600 <input type="checkbox"/> DIN VDE 0829/EN 50090									
<b>Grund der Prüfung</b> <input checked="" type="checkbox"/> Erstprüfung <input type="checkbox"/> Erweiterung <input type="checkbox"/> A									
<b>Besichtigung:</b>									
<input type="checkbox"/> Richtige Auswahl der Betriebsmittel					<input checked="" type="checkbox"/> Wärmeerzeugende Betriebsmittel				
<input type="checkbox"/> Keine Schäden an Betriebsmittel					<input checked="" type="checkbox"/> Kennzeichnung Stromkreis				
<input checked="" type="checkbox"/> Schutz gegen direktes Berühren					<input checked="" type="checkbox"/> Leitungsverlegung				
<input checked="" type="checkbox"/> Sicherheits-Einrichtung					<input checked="" type="checkbox"/> Kleinspannung mit sicherer Schutztrennung				
<input checked="" type="checkbox"/> Brandabschottung					<input checked="" type="checkbox"/> Schutzisolierung				
<b>Erprobung:</b> <span style="float: right;">Bemerkungen:</span>									
<input checked="" type="checkbox"/> Funktion der Schutz- und Überwachungseinrichtungen					<input checked="" type="checkbox"/> Drehstrom-Steckdosen OK				
<input checked="" type="checkbox"/> Funktionsprüfung der Anlage					<input type="checkbox"/> Drehrichtung der Motoren				
<b>Messung:</b> Erdungswiderstand <span style="float: right;">Ohm</span> <input checked="" type="checkbox"/> Schutz Iso.-widerstand der Busleitung <span style="float: right;">kOhm</span> <input checked="" type="checkbox"/> Durch									
Verwendete Muss- und Prüfgeräte		FLUKE 1653 Ser. Nr.: 9723013							
<b>Bemerkungen:</b>									
Stromkreis Nr.	Ort/Anlagenteil	Drehfeld Nr.	Leitung/Kabel Art	Leiteranzahl	Querschnitt mm <sup>2</sup>	R <sub>low</sub> Ohm	PE Art/Charakteristik	Überstrom-Schutzeinrichtung In A	
<b>Verteiler:</b> UV-1 Unterverteiler 1. OG Steckdosen									
F1	Arbeitssteckdosen Lager und Flur		NYM-J	3	2,5		LS B	16	
F1	Arbeitssteckdosen Lager und Flur		NYM-J	3	2,5		LS B	16	
<input checked="" type="checkbox"/> Prüfergebnis mangelfrei <span style="float: right;"><input checked="" type="checkbox"/> Prüfplakette in</span>									
<b>Unterschrift:</b>									
Die elektrische Anlage entspricht den anerkannten Regeln der Elektrotechnik								Verantwortlich	
Prüfer: Herr Mustermann									
Ort:			Datum:			Unterschrift:			

Bild 1: Ausschnitt aus einem Prüfprotokoll

7. Wie sind RCDs bei der Erstprüfung zu prüfen, wenn diese zum Fehlerschutz im TN-System eingesetzt sind?
8. Überstrom-Schutzeinrichtungen sind zum Fehlerschutz installiert. Was ist zu prüfen?
9. Welche Angaben muss ein Prüfprotokoll als Abschluss der Prüfung einer elektrischen Anlage enthalten?