

## Vorwort

**Praxishandbuch Starkstrominstallationen** richtet sich an alle aus der Elektrobranche, vom Lernenden über den Handwerker und Planer bis hin zum Techniker und Meister.

Starkstrominstallationen nach den anerkannten Regeln der Technik zu planen, installieren und kontrollieren ist u.a. die Aufgabe einer Elektrofachkraft. Was einfach klingt, ist nicht immer ganz leicht.

- ♦ Wie sind die **verschiedenen Normen** bezogen auf meinen Auftrag anzuwenden?
- ♦ Was muss ich alles beachten, um den korrekten **Leiterquerschnitt** zu bestimmen?
- ♦ Was ist beim Planen und Erstellen von **Schaltgerätekombinationen** zu berücksichtigen?
- ♦ Wie kann ich eine **selektive Abstufung** zwischen verschiedenen Schutzeinrichtungen festlegen?
- ♦ Was muss ich bei der Auswahl von **Schützen & Relais** beachten?
- ♦ Wo finde ich Praxisbeispiele zu diversen **Schützensteuerungen**?
- ♦ Welcher genaue Unterschied besteht zwischen einem **Softstarter und Frequenzumrichter**?
- ♦ Wie lassen sich **nichtelektrische Größen** messen?
- ♦ Wie funktionieren **Transformatoren, Motoren und Kompensationsanlagen**?
- ♦ Wann werden statische und wann dynamische **USV – Anlagen** eingesetzt?
- ♦ Was ist beim **Messen** von elektrischen Installationen alles zu beachten?
- ♦ Wie muss ich vorgehen beim Dimensionieren von **PV – Anlagen**?
- ♦ Was ist bei der Leiterquerschnittdimensionierung für Anlagen mit **Funktionserhalt** zu beachten?
- ♦ Welcher Unterschied besteht zwischen einer **SPS** und einer **Bustechnik**?
- ♦ Wie ist der Normeninhalt bezüglich **Schutz gegen elektrischen Schlag** zu verstehen?

Und vieles mehr!

**Praxishandbuch Starkstrominstallationen** liefert Ihnen die passenden Antworten.

Das Buch ist in 43 Hauptkapitel gegliedert, welche unabhängig voneinander genutzt werden können. Zur Erklärung des fachlichen Inhaltes werden viele Tabellen und Bilder aufgeführt. Die einzelnen Hauptkapitel beinhalten zudem hilfreiche Berechnungsbeispiele und grafische Lösungsvarianten aus der Praxis für die Praxis. Im Anhang, welches Sie am Ende des Buches finden, sind viele nützliche Zusatzinformationen angefügt. Das Buch dient zur Erläuterung fachlicher Zusammenhänge und durch die unzähligen Praxisbeispiele zugleich als Ratgeber zur Ausübung der eigenen Tätigkeit.

Nun wünsche ich Ihnen viel Erfolg bei Ihrer Arbeit und hoffe, Sie mit meinem Buch dabei unterstützen zu können.

Pascal Canova

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>1</b>	<b>NETZERSCHLISSUNG</b>	
1.1	Elektrizitätsversorgung	28
1.2	Netzformen	29
1.3	Wirkungsgrad von Kraftwerken   Energiespeicher	30
1.4	Erschliessungsstruktur von Hochbauten	31
1.5	Aufbau einer Stromrechnung (Elektrizitätsrechnung)	32
1.6	System TN ⇒ Aufbau	33
1.7	System TN ⇒ Beschreibung	34
<b>2</b>	<b>TRANSFORMATORENSTATION</b>	
2.1	Transformatorstation ⇒ Allgemeines	36
2.2	Aufbau einer Mittelspannungsschaltanlage (1. Teil)	37
2.3	Aufbau einer Mittelspannungsschaltanlage (2. Teil)	38
2.4	Funktionsbeschreibung einer Mittelspannungsschaltanlage	39
2.5	Beispiel MS – Anschluss über Ringnetz (Raumdisposition)	40
2.6	Beispiel Prinzipschema MS – Anschluss über Ringnetz	41
2.7	Beispiel Anlageerde Transformatorstation	42
2.8	Technische Daten einiger Drehstromtransformatoren	43
2.9	Abmessungen einiger Drehstromtransformatoren	44
2.10	Transformatoren ⇒ Emissionsarme Anordnung	45
2.11	Zusammenfassung Transformatorstation	46
<b>3</b>	<b>ERDUNG</b>	
3.1	Fundamenterder (Komplett im Beton)	48
3.2	Beispiel Fundamenterder	49
3.3	Bänderder (Horizontal im Erdreich)	50
3.4	Tiefenerder (Vertikal im Erdreich)	51
3.5	Erder- und Schrittspannung	52
3.6	Potentialsteuerung	53
3.7	Beispiele von Potentialsteuerungen	54
3.8	Zusammenfassung Erdung	55
<b>4</b>	<b>ERDUNGSLEITER, SCHUTZLEITER &amp; SCHUTZ – POTENTIALAUSGLEICH</b>	
4.1	Hausanschlusskasten (System TN – C – S)	58
4.2	Erdungsleiter (Schutzerdungsleiter)	59
4.3	Schutzleiter (PE)	60
4.4	Wichtige Punkte für die Installation des Schutzleiters	61
4.5	Schutz – Potentialausgleichsleiter (S – PA)	62
4.6	S – PA für den zusätzlichen Schutz – Potentialausgleich	63
4.7	Beispiel Schutz – Potentialausgleich	64

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>5</b>	<b>PEN – LEITER &amp; NEUTRALLEITER</b>	
5.1	PEN – Leiter (PEN)	66
5.2	Wichtige Punkte für die Installation des PEN – Leiters	67
5.3	Beispiele Auflösung PEN – Leiter in bestehenden Anlagen	68
5.4	Neutralleiter (N)	69
5.5	Wichtige Punkte für die Installation des Neutralleiters	70
<b>6</b>	<b>LEITUNGEN &amp; QUERSCHNITTE</b>	
6.1	Kennzeichnung von Adern	72
6.2	Kennzeichnung von Leiter / Leitungen mittels Kurzzeichen	73
6.3	Ortsfest verlegte isolierte Leiter	74
6.4	Ortsfest verlegte isolierte Leitungen	75
6.5	Ortsveränderliche isolierte Leitungen	76
6.6	Bezeichnung von Leitungen und Überstromunterbrecher	77
6.7	Mindestquerschnitte	78
6.8	Richtwerte von Niederspannungs – Installationskabel	79
6.9	Übersicht für die Ermittlung von Leiterquerschnitten	80
6.10	Ermittlung von Leiterquerschnitten ⇒ Punkt 1 bis 3	81
6.11	Umgebungstemperatur   Häufung   Gleichzeitigkeit	82
6.12	Referenzverlegearten	83
6.13	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart A1   A2 (PVC)	84
6.14	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart A1   A2 (VPE)	85
6.15	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart B1   B2 (PVC)	86
6.16	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart B1   B2 (VPE)	87
6.17	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart C und D (PVC)	88
6.18	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart C und D (VPE)	89
6.19	Strombelastbarkeitstabelle für Verlegeart E (PVC und VPE)	90
6.20	Korrekturfaktoren für Leitungslänge	91
6.21	Ablaufschema zur Querschnittbestimmung	92
6.22	Übersicht Überlast- und Kurzschlusschutz	93
6.23	Überprüfen des Überlastschutzes	94
6.24	Überprüfen des Überlastschutzes mit alten LS (V, L und Z)	95
6.25	Anordnung von Überlast – Schutzeinrichtungen	96
6.26	Überprüfen des Kurzschlusschutzes ⇒ grosser $I_k$	97
6.27	Überprüfen des Kurzschlusschutzes ⇒ kleiner $I_k$	98
6.28	Anordnung von Kurzschluss – Schutzeinrichtungen	99
6.29	Beispiel Querschnittbestimmung Industrieheizung	100
6.30	Beispiel Querschnittbestimmung Motor	101
6.31	Beispiel Querschnittbestimmung Beleuchtung	102
6.32	Zusammenfassung Leitungen und Querschnitte	103

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>7</b>	<b>ROHRE &amp; KANÄLE</b>	
7.1	Anwendung der Rohrarten	106
7.2	Klassifizierungscode für Rohre und Zubehör	107
7.3	Elektroinstallations – Rohrgrössen	108
7.4	Kabelverschraubungen	109
7.5	Kabelschutzrohre	110
7.6	Rohr – Montagehinweise	111
7.7	Elektro – Installationskanäle (Richtwerte)	112
7.8	Brüstungs- und Sockelleistenkanäle (Richtwerte)	113
7.9	Rangier- und Verdrahtungskanäle (Richtwerte)	114
7.10	Kabelkanäle und Kabelleitern (Richtwerte)	115
7.11	Überflur – und Unterflur – Bodenkanäle (Richtwerte)	116
7.12	Doppelboden – und Hohlraumboden – Installationen	117
7.13	Planung von Kabeltragsystemen	118
<b>8</b>	<b>ÄUSSERER BLITZSCHUTZ</b>	
8.1	Aufbau einer Blitzschutzanlage (Äusserer Blitzschutz)	120
8.2	Allgemeines zum Thema Blitzschutzanlagen	121
8.3	Fangeinrichtung und Ableitungen	122
8.4	Materialwahl für Blitzschutzanlagen	123
8.5	Planung einer Blitzschutzanlage (Schutzwinkelverfahren)	124
8.6	Planung einer Blitzschutzanlage (Blitzkugelverfahren)	125
8.7	Planung einer Blitzschutzanlage (Maschenverfahren)	126
<b>9</b>	<b>INNERER BLITZSCHUTZ</b>	
9.1	Blitzschutzzonen (Innerer Blitzschutz)	128
9.2	Überspannungskategorien	129
9.3	Kenngrossen von Blitz- und Überspannungsschutzgeräten	130
9.4	Aufbau von Blitz- und Überspannungsschutzgeräten	131
9.5	Anschlusschema und Vorsicherung für SPD	132
9.6	Anschlussquerschnitte für Überspannungsableiter	133
9.7	Montagehinweise für Überspannungsableiter (1. Teil)	134
9.8	Montagehinweise für Überspannungsableiter (2. Teil)	135
9.9	Überspannungsschutzkonzept im System TN – S	136
9.10	Trennungsabstand ⇒ Näherung	137
9.11	Zusammenfassung innerer Blitzschutz	138
<b>10</b>	<b>ZÄHLEREINRICHTUNG</b>	
10.1	Aussenzählerkasten (Masse gemäss TAB)	140
10.2	UP Aussenzählerkasten mit Aussparungsgrösse	141
10.3	Wichtige Punkte aus den TAB für Messeinrichtungen	142
10.4	Zählerverteilung mit Fernauslese – Verkabelung	143

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>10</b>	<b>ZÄHLEREINRICHTUNG</b>	
10.5	Prinzipschema Messeinrichtung (EFH ohne PV – Anlage)	144
10.6	Prinzipschema Messeinrichtung (EFH mit PV – Anlage ≤ 30kVA)	145
10.7	Prinzipschema Messeinrichtung (EFH mit PV – Anlage > 30kVA)	146
10.8	Prinzipschema Messeinrichtung (MFH mit ZEV → PV – Anlage)	147
10.9	Netz- und Anlageschutz (NA – Schutz)	148
10.10	Prinzipschema Messeinrichtung (MFH mit WZU)	149
10.11	Verdrahtung Wirkenergiezähler inkl. Rundsteuerempfänger	150
10.12	Verdrahtung Wirkenergiezähler mit Stromwandler	151
10.13	Verdrahtung Wirk- / Blindenergiezähler mit Stromwandler	152
10.14	Tonfrequenz – Rundsteuerempfänger (TRE)	153
<b>11</b>	<b>GRUNDLAGEN SCHALTGERÄTEKOMBINATION (SK)</b>	
11.1	Richtwerte von Anschlussleistungen für den Wohnungsbau	156
11.2	Lastverteilung	157
11.3	Gleichzeitigkeitsfaktoren als Richtwerte	158
11.4	Leistungsbestimmung Unterverteilung (EFH)	159
11.5	Prinzipschema Unterverteilung (EFH)	160
11.6	Disposition Unterverteilung (EFH)	161
<b>12</b>	<b>SCHALTGERÄTEKOMBINATION (SK)</b>	
12.1	Kennzeichnung von Schaltgerätekombinationen	164
12.2	Erläuterungen zu den Spannungs- und Frequenzangaben	165
12.3	Erläuterungen zu den Stromangaben	166
12.4	Schaltgerätekombination (SK) Bedienung durch Laien (BA1)	167
12.5	Vorgaben für den Bau von Schaltgerätekombinationen	168
12.6	Zugänglichkeit von Betriebsmittel in einer SK	169
12.7	Bestimmen der Bemessungsstromstärke $I_{nA}$ einer SK	170
12.8	Belastungsstrom für die Querschnittdimensionierung	171
12.9	Querschnittwahl aufgrund des Belastungsstromes	172
12.10	Strombelastbarkeit von Stromschienensystemen	173
12.11	Aufteilung in mehrere Stromkreise	174
12.12	Klemmstellen und Leiterkennzeichnung in einer SK	175
12.13	Nachweis der Erwärmung in Schaltgerätekombinationen	176
12.14	Wärmeabfuhr aus Schaltgerätekombinationen	177
12.15	Montage von Schaltgerätekombinationen in Fluchtwegen	178
12.16	Auswahl von Verteilschränken nach EN 61439 (1. Teil)	179
12.17	Auswahl von Verteilschränken nach EN 61439 (2. Teil)	180
<b>13</b>	<b>SCHMELZEINSÄTZE</b>	
13.1	Überstrom – Schutzeinrichtungen	182
13.2	Miniaturisierungssysteme (GSS und KLS)	183

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>13</b>	<b>SCHMELZEINSÄTZE</b>	
13.3	Aufbau der Normalleistungsschmelzsicherungen (NLS)	184
13.4	Auswahl Normalleistungsschmelzsicherungen (NLS)	185
13.5	Bezeichnungen der Normalleistungsschmelzsicherungen	186
13.6	Abschmelzcharakteristik (Zeit – Strom – Kennlinie von NLS)	187
13.7	Eigenverluste der Normalleistungsschmelzsicherungen	188
13.8	Beschriftung einer NHS (DIN)	189
13.9	Aufbau einer NHS (DIN)	190
13.10	Auswahl NH – Sicherungseinsätze DIN	191
13.11	Auswahl NH – Sicherungseinsätze SEV	192
13.12	Ausführungsformen von NHS – Elementen	193
13.13	Betriebsklassen und Leistungsabgabe von NHS (DIN)	194
13.14	Abschmelzcharakteristik (Zeit – Strom – Kennlinie von NHS)	195
13.15	Strom – Begrenzungs – Diagramm (gg/gL 500V~)	196
13.16	Durchlassenergie	197
13.17	Besondere Umgebungstemperaturen	198
13.18	Absicherung von Motoren	199
13.19	Absicherung von Kompensationsanlagen	200
13.20	Zusammenfassung NHS	201
<b>14</b>	<b>LEITUNGSSCHUTZSCHALTER</b>	
14.1	Leitungsschutzschalter ⇔ Allgemeines	204
14.2	Thermischer und Elektromagnetischer Auslöser eines LS	205
14.3	Beschriftung eines Leitungsschutzschalters	206
14.4	Auswahl von Leitungsschutzschalter (LS)	207
14.5	Auslösecharakteristik und $I^2t$ – Durchlasswert	208
14.6	Auslösecharakteristik von Leitungsschutzschalter B + C	209
14.7	Auslösecharakteristik von Leitungsschutzschalter D + K	210
14.8	Auslösecharakteristik von Leitungsschutzschalter UC Z + C	211
14.9	Zusammenfassung LS Auslöseverhalten (bis $I_n$ 63A)	212
14.10	Beeinflussung des Auslöseverhaltens (Frequenz   Temperatur)	213
14.11	Korrekturfaktoren und Innenwiderstände der LS – Kontakte	214
14.12	Gleichspannungsanwendung von Leitungsschutzschalter	215
14.13	Anzahl Leuchtstofflampen pro Leitungsschutzschalter	216
14.14	Back – up – Schutz	217
14.15	Technische Daten zu Back – up – Schutz für Typ B   C   D   K	218
14.16	Selektiver Leitungsschutzschalter ⇔ SLS – Schalter	219
14.17	Zusammenfassung Leitungsschutzschalter	220
<b>15</b>	<b>LEISTUNGSSCHALTER</b>	
15.1	Leistungsschalter ⇔ Allgemeines	222

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>15</b>	<b>LEISTUNGSSCHALTER</b>	
15.2	Prinzipieller Aufbau eines Leistungsschalters	223
15.3	Prinzip der Lichtbogen – Löschkammer	224
15.4	Einstellmöglichkeiten und Kennlinienerläuterung	225
15.5	Thermischer und Elektromagnetischer Auslöser	226
15.6	Elektronischer Auslöser (Überlastschutz)	227
15.7	Elektronischer Auslöser (Kurzschlusschutz mit Verzögerung)	228
15.8	Elektronischer Auslöser (Unverzögerter Kurzschlusschutz)	229
15.9	Auslösekennlinie ⇒ Elektronischer Auslöser	230
15.10	Mögliche Ausführungsformen und Zubehör	231
15.11	Zusammenfassung Leistungsschalter	232
<b>16</b>	<b>MOTORSCHUTZEINRICHTUNG</b>	
16.1	Motorschutz ⇒ Allgemeines	234
16.2	Motorschutzeinrichtungen	235
16.3	Thermische Motorschutzrelais	236
16.4	Elektronische Motorschutzrelais	237
16.5	Motorschutzschalter   Leistungs – Motorschutzschalter	238
16.6	Beschriftung eines Motorschutzschalters	239
16.7	Varianten und Anschluss von Motorschutzschalter	240
16.8	Thermistor – Schutzrelais	241
16.9	Stromlaufschemata Thermistor – Schutzrelais	242
16.10	Bestimmen des Motorenennstromes und der Vorsicherung	243
16.11	Motorschutz gemäss Nomen (NIN)	244
16.12	Dimensionierungsbeispiele von Motorenstromkreisen	245
16.13	Zusammenfassung Motorschutz	246
<b>17</b>	<b>SELEKTIVITÄT</b>	
17.1	Selektivität ⇒ Allgemeines	248
17.2	Selektivität im Kurzschlussfall   Stromselektivität	249
17.3	Selektivität ⇒ Schmelzsicherung – Schmelzsicherung ( $\geq 0,1s$ )	250
17.4	Selektivität ⇒ Schmelzsicherung – Schmelzsicherung ( $< 0,1s$ )	251
17.5	Selektivität ⇒ LS – LS	252
17.6	Selektivität ⇒ Schmelzsicherung – LS	253
17.7	Selektivität ⇒ Schmelzsicherung – Leistungsschalter	254
17.8	Selektivität ⇒ Leistungsschalter – Schmelzsicherung	255
17.9	Selektivität ⇒ Leistungsschalter – Leistungsschalter	256
17.10	Versorgungsausfall trotz Einhaltung der Selektivität	257
<b>18</b>	<b>FEHLERSTROM – / DIFFERENZSTROM – SCHUTZEINRICHTUNG</b>	
18.1	Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen ⇒ Allgemeines	260
18.2	Funktionsprinzip einer Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	261

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>18</b>	<b>FEHLERSTROM – / DIFFERENZSTROM – SCHUTZEINRICHTUNG</b>	
18.3	Unterschiedliche Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen	262
18.4	Aufbau Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen Typ B und B+	263
18.5	Bemessungsdifferenzstrom und Abschaltzeiten	264
18.6	Kurzzeitverzögerte Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	265
18.7	Selektive Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	266
18.8	Anwendung selektiver Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	267
18.9	Zusammenbau einer Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	268
18.10	Fehlerstrom – Schutzschalter mit Überstromauslöser	269
18.11	Dimensionierung von Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen	270
18.12	Auswahlhilfe für Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen	271
18.13	Steckdose mit Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	272
18.14	Prüfen von Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen	273
18.15	Anwendung von Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen	274
18.16	Zusammenfassung Fehlerstrom – Schutzeinrichtungen	275
<b>19</b>	<b>SCHÜTZEN &amp; RELAIS</b>	
19.1	Schützen ⇒ Allgemeines	278
19.2	Aufbau und Funktion von einem Schütz	279
19.3	Unterschied Haupt- und Steuerstromkreis	280
19.4	Kontaktmaterial und Kontaktausführungen	281
19.5	Problematik beim Abschalten von Kurzschlüssen	282
19.6	Gebrauchskategorien (1. Teil)	283
19.7	Gebrauchskategorien (2. Teil)	284
19.8	Projektierungsmerkmale	285
19.9	Schaltzeiten von Schützen	286
19.10	Technische Daten von Schützen	287
19.11	Risiko langer Steuerleitungen	288
19.12	Massnahmen bei langen Steuerleitungen	289
19.13	Schutzmodule	290
19.14	Elektronisches Schütz	291
19.15	Unterschied Schütz und Relais	292
19.16	Zusammenfassung Schützen und Relais	293
<b>20</b>	<b>SCHÜTZENSTEUERUNGEN</b>	
20.1	Schützensteuerungen ⇒ Allgemeines und Schaltgeräte	296
20.2	Symbole (1. Teil)	297
20.3	Symbole (2. Teil)	298
20.4	Schemaarten (1. Teil)	299
20.5	Schemaarten (2. Teil)	300
20.6	Zeichnungsregeln	301

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>20</b>	<b>SCHÜTZENSTEUERUNGEN</b>	
20.7	Kennbuchstaben	302
20.8	Farben für Bedienteile und Anzeigeeinrichtungen	303
20.9	Bezeichnung der Anschlussklemmen von Schützen & Relais	304
20.10	Schaltzeiten von Zeitrelais	305
20.11	Betriebsmässiges Schalten   Schalten für Revisionsarbeiten	306
20.12	NOT – HALT und NOT – AUS	307
20.13	Form und Verkabelung von NOT – Befehlsgeräten	308
20.14	Anordnung von NOT – HALT – Befehlsgeräten	309
20.15	Sinnvolle Platzierung mehrerer NOT – Befehlsgeräte	310
20.16	Dauer- und Impulskontaktsteuerungen	311
20.17	Elektrische und mechanische Verriegelungen	312
20.18	Tippbetrieb	313
20.19	Folgeschaltung   Kaskadenschaltung	314
20.20	Betriebs- und Störmeldungen	315
20.21	Direktes Einschalten von Drehstromasynchronmotoren	316
20.22	Schweranlauf	317
20.23	Wendeschutzschaltung	318
20.24	Stern – Dreieck – Schalten von Drehstrommotoren	319
20.25	Polumschalten von Drehstromasynchronmotoren	320
20.26	Dahlanderschaltung	321
20.27	Zusammenfassung Schützensteuerungen	322
<b>21</b>	<b>SOFTSTARTER</b>	
21.1	Allgemeines zu Softstarter und Ausführungsvarianten	324
21.2	Funktionsprinzip eines Softstarters	325
21.3	Haupt- und Zusatzfunktionen eines Softstarters	326
21.4	Zulässige Anschlussschaltungen	327
21.5	Schutzvorkehrungen bei Softstarter	328
21.6	Anschlussbeispiel Softstarter	329
21.7	Vergleich verschiedener Anlassverfahren	330
21.8	Vor- und Nachteile sowie Einstellungen beim Softstarter	331
21.9	Zusammenfassung Softstarter	332
<b>22</b>	<b>FREQUENZUMRICHTER</b>	
22.1	Frequenzumrichter ⇨ Allgemeines	334
22.2	Übersicht unterschiedlicher Frequenzumrichter	335
22.3	Erzeugung einer Sinuskurve mittels PWM	336
22.4	Frequenzumrichter mit Spannungswidenschkreis	337
22.5	Beschreibung Elektroschema Frequenzumrichter (1. Teil)	338
22.6	Beschreibung Elektroschema Frequenzumrichter (2. Teil)	339

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>22</b>	<b>FREQUENZUMRICHTER</b>	
22.7	Betriebskennlinien	340
22.8	Boost und Schlupfkompensation	341
22.9	Grenzfrequenzen und Motorenschutz	342
22.10	Bremslösungen	343
22.11	Dimensionierung Motor und Frequenzumrichter	344
22.12	Zusammenfassung Frequenzumrichter	345
<b>23</b>	<b>OBERWELLEN, FILTER &amp; EMV</b>	
23.1	Oberwellen ⇨ Allgemeines	348
23.2	Elektromagnetische Beeinflussungen	349
23.3	Filterschaltungen ⇨ Allgemeines	350
23.4	EMV – Filter	351
23.5	Kabelanordnung	352
23.6	Kabelschirmung	353
23.7	Einseitiger / beidseitiger Kabelschirmanschluss	354
23.8	Kabelschirmanschluss	355
23.9	Zusammenfassung Oberwellen, Filter & EMV	356
<b>24</b>	<b>REGELUNGSTECHNIK</b>	
24.1	Regelungstechnik ⇨ Allgemeines	358
24.2	Wirkungsplan	359
24.3	Wirkungsplan einer Raumtemperaturregelung	360
24.4	Stellenrichtung	361
24.5	Übersicht Regeleinrichtung	362
24.6	Unstetige Regler ⇨ Zweipunktregler	363
24.7	Unstetige Regler ⇨ Drei- und Mehrpunktregler	364
24.8	Stetige Regler ⇨ P – Regler (Proportionalregler)	365
24.9	Stetige Regler ⇨ I – Regler (Integralregler)	366
24.10	Stetige Regler ⇨ PI – Regler (Proportional Integralregler)	367
24.11	Stetige Regler ⇨ PD – Regler (Proportional Differentialregler)	368
24.12	Stetige Regler ⇨ PID – Regler	369
24.13	Zusammenfassung Stetige Regler	370
24.14	Übersicht Regelstrecken	371
24.15	Regelstrecke ohne und mit Ausgleich	372
24.16	Regelstrecke mit Verzögerung 1. Ordnung	373
24.17	Regelstrecke mit Verzögerung 2. und höherer Ordnung	374
24.18	Regelstrecke mit Totzeit   Auswertung Sprungantwort	375
24.19	Zusammenfassung Regelstrecken	376

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>25</b>	<b>SENSORTECHNIK</b>	
25.1	Messen von nichtelektrischen Grössen ⇨ Allgemeines	378
25.2	Messkette und genormte Ausgangssignale	379
25.3	Konstantspannungsquelle   Konstantstromquelle	380
25.4	Beispiele zur Ermittlung der max. Bürde	381
25.5	Zweileiteranschluss	382
25.6	Dreileiteranschluss	383
25.7	Vierleiteranschluss	384
25.8	Potentialtrennung	385
25.9	Sensoren – Übersicht	386
25.10	Temperaturmessung mit Metall – Widerstandsfühler	387
25.11	Temperaturmessung mit Halbleiter – Messwiderstand	388
25.12	Temperaturmessung mit Thermoelement	389
25.13	Kraft- / Druckmessung mit DMS	390
25.14	Optische Wegmessung	391
25.15	Magnetisch induktive Durchflussmessung (MID)	392
25.16	Berührungslose Drehzahlnehmer	393
25.17	Füllstandsmessung mit Schwinggabel	394
25.18	Induktive und kapazitive Näherungsinitiatoren	395
25.19	Elektrische Anschlüsse von Näherungsinitiatoren	396
25.20	Gassensoren	397
25.21	Zusammenfassung Sensortechnik	398
<b>26</b>	<b>HAUSHALTGROSSGERÄTE</b>	
26.1	Energieverbrauch und graue Energie	400
26.2	Energieetikette / Energielabel	401
26.3	Haushaltgrossgeräte ⇨ Allgemeines	402
26.4	Kücheneinrichtung und Verrohrung	403
26.5	Küchenmasse	404
26.6	Bimetallregler	405
26.7	Kapillarrohr- und Invarstabregler	406
26.8	Kochfeld mit Massekochplatte → Normalkochplatte	407
26.9	Kochfeld mit Massekochplatte → Blitzkochplatte	408
26.10	Kochfeld mit Massekochplatte → Automatikkochplatte	409
26.11	Glaskeramikkochfeld mit Widerstandsheizungen	410
26.12	Schaltungsmöglichkeiten für Kochplatten   Kochfelder	411
26.13	Glaskeramikkochfeld mit Induktionskochplatten	412
26.14	Backofen und Kochherd	413
26.15	Mikrowellengerät	414
26.16	Arbeitsbeschreibung Kompressorkühlschrank	415

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>26</b>	<b>HAUSHALTGROSSGERÄTE</b>	
26.17	Kreislauf und Elektroschema Kompressorkühlschrank	416
26.18	Zusammenfassung Haushaltgrossgeräte	417
<b>27</b>	<b>WASSERERWÄRMER / WARMWASSERSPEICHER</b>	
27.1	Wasserewärmer / Warmwasserspeicher ⇨ Allgemeines	420
27.2	Erwärmung, Temperatur und Warmwasserbedarf	421
27.3	Boiler	422
27.4	Offener Warmwasserspeicher	423
27.5	Geschlossener Warmwasserspeicher	424
27.6	Sicherheitseinrichtungen und Montagehinweise	425
27.7	Durchlauferhitzer und Warmwasserautomat	426
27.8	Heizelemente und Thermostat	427
27.9	Sicherheitstemperaturbegrenzer	428
27.10	Wassererwärmung und Speicherung mit einer Wärmepumpe	429
27.11	Solarthermie	430
27.12	Wirkungsweise von Sonnenkollektoren (Flachkollektoren)	431
27.13	Elektro – Anschlussschema Wasserewärmer (230V / 1x400V)	432
27.14	Steuerschalter für VNB Sperrung	433
27.15	Elektro – Anschlussschema Wasserewärmer (3x400V)	434
27.16	Zusammenfassung Wasserewärmer / Warmwasserspeicher	435
<b>28</b>	<b>HEIZSYSTEME</b>	
28.1	Heizsysteme ⇨ Allgemeines	438
28.2	Wärmeverluste im Wohnungsbau	439
28.3	Physikalische Grundlagen	440
28.4	Anlageschema einer Verbrennungsheizung	441
28.5	Anschlussschema einer Verbrennungsheizung	442
28.6	Elektrische Raumheizungen (1. Teil)	443
28.7	Elektrische Raumheizungen (2. Teil)	444
28.8	Elektrische Fussbodenheizung	445
28.9	Selbstregelndes Heizband	446
28.10	Abstände zu brennbaren Materialien	447
28.11	Elektrowärmepumpen ⇨ Allgemeines	448
28.12	Leistungszahl ( $\epsilon$ ) und Coefficient of Performance (COP)	449
28.13	Jahresarbeitszahl ( $\beta$ )	450
28.14	Betriebsarten von Wärmepumpen	451
28.15	Betriebsweise von Wärmepumpen	452
28.16	Wärmepumpen – Übersicht	453
28.17	Wärme – Kraft – Kopplung (WKK)	454
28.18	Solare Trinkwassererwärmung mit Heizungsunterstützung	455

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>28</b>	<b>HEIZSYSTEME</b>	
28.19	Zusammenfassung Heizsystem – Vergleich	456
<b>29</b>	<b>TRANSFORMATOREN</b>	
29.1	Transformatoren ⇨ Allgemeines	458
29.2	Bauformen von Einphasentransformatoren	459
29.3	Idealer Einphasentransformator	460
29.4	Realer Einphasentransformator	461
29.5	Wirkungsgrad von Transformatoren	462
29.6	Kleintransformatoren	463
29.7	Sondertransformatoren → Spartransformator	464
29.8	Streifeld und Streifeldtransformator	465
29.9	Kurzschlussspannung und Kurzschlussstrom	466
29.10	Elektronischer Transformator	467
29.11	Drehstromtransformatoren ⇨ Allgemeines	468
29.12	Entscheidungsmerkmale Drehstromtransformatoren	469
29.13	Drehstromtransformator mit Zickzackschaltung	470
29.14	Richtwerte von Drehstromtransformatoren	471
29.15	Leistungsschild Drehstromtransformator	472
29.16	Messwandler	473
29.17	Zusammenfassung Transformatoren	474
<b>30</b>	<b>MOTOREN</b>	
30.1	Motoren ⇨ Allgemeines	476
30.2	Drehfeldzahl und Drehmoment	477
30.3	Drehstromasynchronmotoren ⇨ Allgemeines	478
30.4	Funktion und Schlupf von Drehstromasynchronmotoren	479
30.5	Betriebsverhalten von Drehstromasynchronmotoren	480
30.6	Drehmomentverlauf von Drehstromasynchronmotoren	481
30.7	Kennlinien von Drehstromasynchronmotoren	482
30.8	Dimensionierungsvorgaben Drehstromasynchronmotoren	483
30.9	Anlass Drehstromasynchronmotor mit Kurzschlussläufer	484
30.10	Leistungsschild und Kühlsysteme	485
30.11	Betriebsarten elektrischer Maschinen → Motoren	486
30.12	Klemmbrett von Drehstromasynchronmotoren	487
30.13	Drehstromasynchronmotor mit Schleifringläufer (1. Teil)	488
30.14	Drehstromasynchronmotor mit Schleifringläufer (2. Teil)	489
30.15	Drehstromasynchronmotor am Einphasennetz	490
30.16	Polumschaltbare Drehstromasynchronmotoren	491
30.17	Bremung von Drehstromasynchronmotoren	492
30.18	Richtwerte Drehstromasynchronmotoren mit Käfigläufer	493

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>30</b>	<b>MOTOREN</b>	
30.19	Synchronmotoren	494
30.20	Asynchronmotor einphasig ⇨ Kondensatormotor	495
30.21	Universalmotor	496
30.22	Spaltpol- und Schrittmotor	497
30.23	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	498
30.24	Betrieb von Gleichstrommotoren	499
30.25	Übersicht Gleichstrommotoren	500
30.26	Zusammenfassung Motoren	501
<b>31</b>	<b>KOMPENSATIONSANLAGEN</b>	
31.1	Kompensationsanlagen ⇨ Allgemeines	504
31.2	Kompensieren	505
31.3	Nomogramm zur Bestimmung der Kondensatorenleistung	506
31.4	Einzelkompensation	507
31.5	Gruppenkompensation	508
31.6	Zentralkompensation	509
31.7	Belastbarkeit + Einschaltverhalten von Kondensatoren	510
31.8	Netz mit Stromrichterbelastung	511
31.9	Resonanzerscheinungen durch Oberschwingungen	512
31.10	Vermeidung von Resonanzerscheinungen	513
31.11	Kombinierte Verdrosselung und Saugkreisanlage	514
31.12	Berücksichtigung von Rundsteueranlagen	515
31.13	Richtwerte technischer Daten von Kompensationsanlagen	516
31.14	Zusammenfassung Kompensationsanlagen	517
<b>32</b>	<b>USV – ANLAGEN</b>	
32.1	USV – Anlagen ⇨ Allgemeines	520
32.2	Komponenten einer statischen USV – Anlage	521
32.3	Gleichrichter von statischen USV – Anlagen	522
32.4	Normalbetrieb einer Online USV – Anlage (Double – Conversion)	523
32.5	Notbetrieb einer Online USV – Anlage (Double – Conversion)	524
32.6	Überlastbetrieb einer Online USV – Anlage (Double – Conversion)	525
32.7	Revisionsbetrieb einer Online USV – Anlage (Double – Conversion)	526
32.8	Online USV – Anlage mit Delta – Umrichter	527
32.9	Line Interactive USV – Anlage	528
32.10	Offline USV – Anlage (Netzabhängige USV – Anlage)	529
32.11	Dynamische Energiespeicher für USV – Anlagen	530
32.12	Dynamische USV – Anlage (Rotierende USV – Anlage)	531
32.13	Evaluation USV – berechtigter Verbraucher	532
32.14	Kriterien zur Bestimmung einer USV – Anlage	533



## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>32</b>	<b>USV – ANLAGEN</b>	
32.15	Kurzschlussstrom und Wirkungsgrad von USV – Anlagen	534
32.16	Planungshinweise	535
32.17	Zusammenfassung USV – Anlagen	536
<b>33</b>	<b>MESSTECHNIK</b>	
33.1	Messtechnik ⇨ Allgemeines	538
33.2	Analoge Messgeräte → Gängige Messwerke	539
33.3	Sinnbilder elektrischer analoger Messgeräte	540
33.4	Messgenauigkeit analoger Messgeräte	541
33.5	Generelle Messfehler	542
33.6	Merkmale eines analogen Messgerätes	543
33.7	analoges Messgerät → Spannungsmessung	544
33.8	analoges Messgerät → Widerstandsmessung	545
33.9	analoges Messgerät → Strommessung	546
33.10	analoges Messgerät → Multimeter	547
33.11	Messfehlerschaltung	548
33.12	Leistungsmessung im Drehstromsystem	549
33.13	Digitale Messgeräte	550
33.14	Merkmale eines digitalen Messgerätes	551
33.15	Einfluss der Kurvenform auf das Messergebnis	552
33.16	Einfluss der Kurvenform auf das Messergebnis ⇨ Beispiel	553
33.17	Zusammenfassung Messtechnik	554
<b>34</b>	<b>NIEDERSPANNUNGS – INSTALLATIONSKONTROLLE</b>	
34.1	Niederspannungs – Installationskontrolle ⇨ Allgemeines	556
34.2	Prüfen der Leitfähigkeit von Schutzleiter (1. Teil)	557
34.3	Prüfen der Leitfähigkeit von Schutzleiter (2. Teil)	558
34.4	Messen des Isolationswiderstandes (Allgemeines)	559
34.5	Messen des Isolationswiderstandes (Vorgehen 1. Teil)	560
34.6	Messen des Isolationswiderstandes (Vorgehen 2. Teil)	561
34.7	Messen des Isolationswiderstandes (Vorgehen 3. Teil)	562
34.8	Messen der Schleifenimpedanz (Allgemeines)	563
34.9	Messen der Schleifenimpedanz (Messprinzip)	564
34.10	Messen der Schleifenimpedanz (Mögliche Messfehler)	565
34.11	Messen der Schleifenimpedanz (Auslösezeiten)	566
34.12	Messen der Schleifenimpedanz (Messfehler durch $\cos\varphi < 0.95$ )	567
34.13	Messen der Schleifenimpedanz (Messvorgang in der Praxis)	568
34.14	Berechnen der Schleifenimpedanz (Grundlagen 1. Teil)	569
34.15	Berechnen der Schleifenimpedanz (Grundlagen 2. Teil)	570
34.16	Berechnen der Schleifenimpedanz (Genauere Methode)	571

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>34</b>	<b>NIEDERSPANNUNGS – INSTALLATIONSKONTROLLE</b>	
34.17	Messen des Erdwiderstandes (Allgemeines)	572
34.18	Messen des Erdwiderstandes (Spezifischer Erdwiderstand)	573
34.19	Messen des Erdwiderstandes (Strom – Spannungs – Messmethode)	574
34.20	Messen des Erdwiderstandes (Erdungsmessbrücke)	575
34.21	Messen des Erdwiderstandes (Drei- und Vierleiter – Messmethode)	576
34.22	Messen des Erdwiderstandes (Stromzangenverfahren)	577
34.23	Messen des Erdwiderstandes (Schleifenwiderstandsmessung)	578
34.24	Messen des spezifischen Erdwiderstandes $\rho_E$ (Wenner – Methode)	579
34.25	Messen der Drehrichtung und Polarität	580
34.26	Überprüfen des Spannungsfalls	581
34.27	Berechnen des Spannungsfalls (Formelzusammenstellung)	582
34.28	Berechnen des Spannungsfalls (Rechnungsbeispiel)	583
34.29	Zusammenfassung Niederspg. – Installationskontrolle	584
<b>35</b>	<b>PV – ANLAGEN</b>	
35.1	PV – Anlagen ⇨ Allgemeines	586
35.2	Licht, Aufbau und Funktion einer Solarzelle	587
35.3	Solarzellentypen	588
35.4	Elektrische Eigenschaften von Solarzellen	589
35.5	Beeinflussung der elektrischen Eigenschaften	590
35.6	Richtwerte für unterschiedliche Solarzellentypen	591
35.7	Serie- und Parallelschaltung von Solarmodulen	592
35.8	Neigungswinkel und Ausrichtung	593
35.9	Beschattung	594
35.10	Modulanordnung und Vermeiden von Leiterschlaufen	595
35.11	Bypass- und Blockingdioden	596
35.12	Generatorenanschlusskasten (GAK)	597
35.13	Wechselrichter (Inverter)	598
35.14	Wechselrichter ohne Transformator	599
35.15	Wechselrichter mit Transformator   Wirkungsgrad	600
35.16	Wechselrichterkonzept	601
35.17	Installationsvariante PV – Anlage mit Aufdach – Montage	602
35.18	Dimensionierungsbeispiel einer PV – Anlage (Prinzipschema)	603
35.19	Dimensionierungsbeispiel einer PV – Anlage (Berechnungen)	604
35.20	Netzgekoppelte PV – Anlagen mit Speicher	605
35.21	PV – Inselanlagen	606
35.22	Planungsvorlage für PV – Inselanlagen	607
35.23	Zusammenfassung PV – Anlagen	608



## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>36</b>	<b>BELEUCHUNGSTECHNIK</b>	
36.1	Beleuchtungstechnik ⇒ Allgemeines	610
36.2	Farbspektrum und Farbtemperatur	611
36.3	Farbwiedergabeindex und Farbverteilung	612
36.4	Übersicht künstliche Lichtquellen	613
36.5	Standard – Glühlampe	614
36.6	Aufbau einer Standard – Glühlampe	615
36.7	Halogenglühlampe	616
36.8	Leuchtstofflampe mit Zünddrossel	617
36.9	Leuchtstofflampe mit EVG	618
36.10	Leuchtstofflampen – Bezeichnungen	619
36.11	Kompakt – Leuchtstofflampe (Energiesparlampe)	620
36.12	Natriumdampf – Niederdrucklampe	621
36.13	Natriumdampf – Hochdrucklampe	622
36.14	Quecksilberdampf – Hochdrucklampe	623
36.15	Halogen – Metalldampflampe	624
36.16	Mischlichtlampe	625
36.17	Light Emitting Diode ⇒ Leuchtdiode (LED)	626
36.18	Speisung von Leuchtdioden	627
36.19	LED – Röhren als Ersatz für Leuchtstofflampen	628
36.20	Organische Leuchtdiode (OLED)   Laser Crystal Ceramics (LCC)	629
36.21	Zusammenfassung Beleuchtungstechnik	630
<b>37</b>	<b>NOTBELEUCHTUNG</b>	
37.1	Notbeleuchtung ⇒ Allgemeines	632
37.2	Normenvorgaben für Sicherheitsbeleuchtung	633
37.3	Normenvorgaben für Flucht- und Rettungswege	634
37.4	Anforderungen an Sicherheitszeichen / Rettungszeichen	635
37.5	Normenvorgaben für Flucht- und Rettungsplan	636
37.6	Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege	637
37.7	Anforderungen an eine Sicherheitsbeleuchtung	638
37.8	Antipanikbeleuchtung / Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung	639
37.9	Stromversorgung für Sicherheitszwecke   Schaltungen	640
37.10	Einzelbatterieanlage ⇒ EB	641
37.11	Gruppenbatterie ⇒ LPS   Zentralbatterie ⇒ CPS	642
37.12	Standort von Stromquellen für Sicherheitszwecke	643
37.13	Verteilnetz und Verlegearten	644
37.14	Zusammenfassung Notbeleuchtung	645

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>38</b>	<b>BRANDSCHUTZ</b>	
38.1	Brandschutz ⇒ Allgemeines	648
38.2	Brandverlauf und Prüfungstemperaturen	649
38.3	Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen	650
38.4	Feuerwiderstand von Bauteilen	651
38.5	Übersichtstabelle zu Klassierung von Bauteilen	652
38.6	Brandabschottungen	653
38.7	Wichtige Eigenschaften von Kabel   Leitungen im Brandfall	654
38.8	Kennzeichen von Kabel und Leitungen	655
38.9	Brandverhalten von Kabel und Leitungen	656
38.10	Brandlastberechnung in Flucht- und Rettungswegen	657
38.11	Funktionserhalt elektrischer Leitungen	658
38.12	Leiterquerschnitt für den Brandfall (Ein Brandabschnitt)	659
38.13	Beispiel A + B ⇒ Leiterquerschnitt für den Brandfall	660
38.14	Leiterquerschnitt für den Brandfall (Mehrere Brandabschnitte)	661
38.15	Fehlerlichtbogen – Schutzeinrichtung ⇒ AFDD	662
38.16	Anwendung von Fehlerlichtbogen – Schutzeinrichtungen	663
38.17	Zusammenfassung Brandschutz	664
<b>39</b>	<b>LAMPENSCHALTUNGEN</b>	
39.1	Lampenschaltungen ⇒ Allgemeines	666
39.2	Symbole (1. Teil)	667
39.3	Symbole (2. Teil)	668
39.4	Symbole (3. Teil)	669
39.5	Ausschaltung ⇒ Schema 0	670
39.6	Serieschaltung ⇒ Schema 1	671
39.7	Gruppenschaltung ⇒ Schema 2	672
39.8	Wechselschaltung ⇒ Schema 3	673
39.9	Kreuzschaltung ⇒ Schema 6	674
39.10	Schalterbeleuchtung	675
39.11	Schrittschalter ⇒ Stromstossschalter	676
39.12	Problematik Parallelschaltung beleuchteter Taster	677
39.13	Treppenlichtautomat ⇒ Minuterie	678
39.14	Analoge und digitale Schaltuhren	679
39.15	Dämmerungsschalter	680
39.16	PIR – Melder	681
39.17	Dimmer	682
39.18	Netzfreeschaltrelais zur Reduktion von Elektrosmog	683
39.19	Zusammenfassung Lampenschaltungen	684

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>40</b>	<b>SPS</b>	
40.1	Speicherprogrammierte Steuerung (SPS) ⇒ Allgemeines	686
40.2	Blockschaltbild einer SPS	687
40.3	Bedienungselement und Anzeige einer S7 – 300 CPU	688
40.4	Speicherarten einer SPS	689
40.5	Arbeitsweise einer SPS	690
40.6	SPS Einsatz und wichtige Merkmale für die Programmierung	691
40.7	SPS Programmiersprache → Kontaktplan KOP	692
40.8	SPS Programmiersprache → Funktionsplan FUP	693
40.9	SPS Programmiersprache → Anweisungsliste AWL	694
40.10	SPS Grundfunktionen programmieren (1. Teil)	695
40.11	SPS Grundfunktionen programmieren (2. Teil)	696
40.12	SPS Grundfunktionen programmieren (UND vor ODER)	697
40.13	SPS Grundfunktionen programmieren (ODER vor UND)	698
40.14	SPS programmieren anhand des Stromlaufschemas	699
40.15	SPS Speicherfunktionen ⇒ S – R / R – S	700
40.16	Beispiel Garagentorsteuerung mit Elektroschema	701
40.17	Beispiel Garagentorsteuerung mit Programm	702
40.18	Siemens LOGO! ⇒ Allgemeines	703
40.19	Beispiel Treppenhausbeleuchtung	704
40.20	Beispiel einfache Motorensteuerung	705
40.21	Beispiel Motorensteuerung Rechts- / Linkslauf (1. Teil)	706
40.22	Beispiel Motorensteuerung Rechts- / Linkslauf (2. Teil)	707
40.23	Zusammenfassung SPS	708
<b>41</b>	<b>GEBÄUDEAUTOMATION</b>	
41.1	Gebäudeautomation ⇒ Allgemeines	710
41.2	Fachbegriffe aus der Gebäudeautomation	711
41.3	Grundsätzliches zu Bussystemen	712
41.4	Verlegung von Busleitungen (1. Teil)	713
41.5	Verlegung von Busleitungen (2. Teil)	714
41.6	KNX Grundlagen	715
41.7	KNX Symbole (1. Teil)	716
41.8	KNX Symbole (2. Teil)	717
41.9	KNX Symbole (3. Teil)	718
41.10	KNX Topologischer Aufbau ⇒ Linie und Bereich	719
41.11	KNX Topologischer Aufbau ⇒ Gesamtsystem	720
41.12	KNX Spannungsversorgung	721
41.13	KNX Schnittstelle und Gateway	722
41.14	KNX Linien- und Bereichskoppler	723

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>41</b>	<b>GEBÄUDEAUTOMATION</b>	
41.15	KNX Buskabel	724
41.16	KNX Busstruktur und Busleitungslänge	725
41.17	KNX Kommunikation ⇒ Physikalische Adresse	726
41.18	KNX Kommunikation ⇒ Gruppenadresse	727
41.19	KNX – Beispiel ⇒ Physikalische und Gruppenadresse	728
41.20	KNX Datentelegramm	729
41.21	DALI ⇒ Digital Addressable Lighting Interface	730
41.22	Zusammenfassung Gebäudeautomation ⇒ KNX	731
<b>42</b>	<b>RÄUME, BEREICHE UND ANLAGEN BESONDERER ART</b>	
42.1	Räume mit Badewanne oder Dusche ⇒ Allgemeines	734
42.2	Räume mit Badewanne oder Dusche ⇒ Zusammenfassung	735
42.3	Beispiele Badezimmer im Wohnungsbau	736
42.4	Räume mit elektrischen Sauna – Heizgeräten	737
42.5	Baustellen ⇒ Erschliessung Bauprovisorium	738
42.6	Baustellen ⇒ Wichtige Installationspunkte	739
42.7	Baustellen ⇒ Kontrollen bei Baustelleninstallationen	740
42.8	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Allgemeines	741
42.9	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Erdung   S – PA (1. Teil)	742
42.10	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Erdung   S – PA (2. Teil)	743
42.11	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Betriebsmittel	744
42.12	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Leitungen	745
42.13	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Elektro – Weidezaun	746
42.14	Landwirtschaftliche Betriebsstätten ⇒ Empfehlungen	747
42.15	Feuergefährdete Betriebsstätten ⇒ Allgemeines	748
42.16	Feuergefährdete Betriebsstätten ⇒ Installation	749
42.17	Feuergefährdete Betriebsstätten ⇒ Überstromschutz	750
42.18	Campingplätze, Caravanplätze und ähnliche Bereiche	751
42.19	Stromversorgung von Elektrofahrzeugen	752
42.20	Ladeinfrastruktur für mehrere Elektrofahrzeuge	753
42.21	Elektrische Betriebsräume für BA4 und BA5 ⇒ Allgemeines	754
42.22	Elektrische Betriebsräume für BA4 und BA5 ⇒ Innenräume	755
42.23	Explosionsgefährdete Bereiche ⇒ Allgemeines	756
42.24	Gerätegruppen und Temperaturklassen	757
42.25	Gerätegruppen und Geräteschutzniveau (EPL)	758
42.26	Zündschutzarten elektrischer Betriebsmittel	759
42.27	Kennzeichnung explosionsgeschützte Betriebsmittel	760
42.28	Medizinisch genutzte Räume ⇒ Allgemeines	761
42.29	Akkumulatoren ⇒ Allgemeines	762

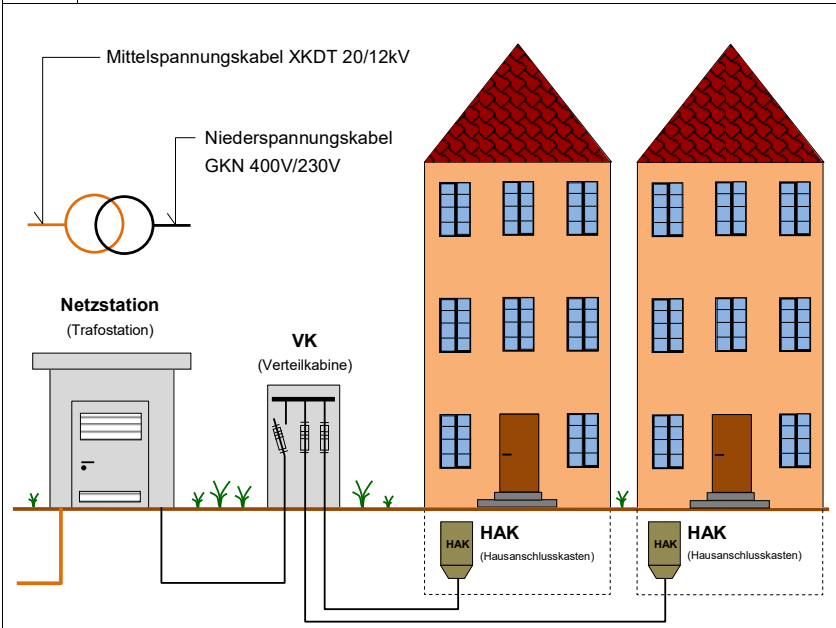
## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>42</b>	<b>RÄUME, BEREICHE UND ANLAGEN BESONDERER ART</b>	
42.30	Verwendung und Gefahren von Akkumulatoren	763
42.31	Warnhinweise für den Umgang mit Akkumulatoren (Batterien)	764
42.32	Technische Daten von Akkumulatoren (elektrisch)	765
42.33	Technische Daten von Akkumulatoren (Abmessungen)	766
42.34	Be- und Entlüftung von Batterieräumen	767
42.35	Beispiel Batterieraum (Anordnung)	768
42.36	Beispiel Batterieraum (Berechnung)	769
<b>43</b>	<b>SCHUTZ GEGEN ELEKTRISCHEN SCHLAG</b>	
43.1	Schutz gegen elektrischen Schlag ⇒ Allgemeines	772
43.2	Übersicht Schutz gegen elektrischen Schlag	773
43.3	Schutz gegen zu hohen Berührungsstrom	774
43.4	Berührungsspannungen und Abschaltzeiten	775
43.5	Unterschied von indirekter und direkter Berührung (1. Teil)	776
43.6	Unterschied von indirekter und direkter Berührung (2. Teil)	777
43.7	Übersicht Basisschutz	778
43.8	Basisschutz ⇒ Vollständiger Schutz	779
43.9	Basisschutz ⇒ Teilweiser Schutz	780
43.10	Übersicht Fehlerschutz	781
43.11	Fehlerschutz ⇒ Automatische Abschaltung (1. Teil)	782
43.12	Fehlerschutz ⇒ Automatische Abschaltung (2. Teil)	783
43.13	Fehlerschutz ⇒ Automatische Abschaltung mit RCD (1. Teil)	784
43.14	Fehlerschutz ⇒ Automatische Abschaltung mit RCD (2. Teil)	785
43.15	Fehlerschutz ⇒ Schutz durch nichtleitende Räume   Umgebung	786
43.16	Fehlerschutz ⇒ Schutz durch erdfreien örtlichen S – PA	787
43.17	Fehlerschutz ⇒ Schutz durch Schutztrennung (1. Teil)	788
43.18	Fehlerschutz ⇒ Schutz durch Schutztrennung (2. Teil)	789
43.19	Fehlerschutz ⇒ Schutz durch Schutztrennung (Beispiel)	790
43.20	Übersicht Basis- und Fehlerschutz	791
43.21	Basis- und Fehlerschutz ⇒ Schutz durch Schutzklasse II	792
43.22	Basis- und Fehlerschutz ⇒ Schutz durch Schutzklasse III	793
43.23	Basis- und Fehlerschutz ⇒ Übersicht Schutzklasse III	794
43.24	Basis- und Fehlerschutz ⇒ Steckvorrichtung Schutzklasse III	795
43.25	Zusammenfassung Schutz gegen elektrischen Schlag	796

## INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel Nr.	Kapitel – Bezeichnung	Seitenzahl
<b>A</b>	<b>ANHANG</b>	
A1.1	Messwiderstand PT100 (1. Teil)	798
A1.2	Messwiderstand PT100 (2. Teil)	799
A2.1	R + I – Schema Symbole (1. Teil)	800
A2.2	R + I – Schema Symbole (2. Teil)	801
A2.3	R + I – Schema Symbole (3. Teil)	802
A2.4	R + I – Schema Bezeichnung mit Kennbuchstaben	803
A2.5	R + I – Schema Kennzeichnung von Instrumentensymbole	804
A2.6	R + I – Schema Beispiele	805
A2.7	R + I – Schema Beispiele mit Elektroschema	806
A3.1	Druckluftnetz ⇒ Pneumatik	807
A3.2	Druckluftnetz ⇒ Pneumatikzylinder und Wegventil	808
A3.3	Druckluftnetz Symbole	809
A3.4	Elektropneumatik ⇒ Beispiele mit Wegventilen	810
A3.5	Elektropneumatik ⇒ Beispiel mit Näherungssensoren	811
A3.6	Zusammenfassung Druckluftnetz	812
A4.1	Asynchronmotoren ⇒ Effizienzklassen IE1, IE2 und IE3	813
A5.1	Kennzeichnung von Leuchten	814
A6.1	Vorgehen bei der Planung einer Gebäudeautomation	815
A6.2	Rollladen- und Jalousieantriebe ⇒ Allgemeines	816
A6.3	Beispiel ⇒ Falschanschluss von zwei Jalousieantriebe	817
A6.4	Möglichkeit zur Ansteuerung mehrerer Jalousieantriebe	818
A6.5	Beispiel ⇒ Jalousiesteuerung mit Trennrelais	819
A7.1	Steckvorrichtungen ⇒ Allgemeines	820
A7.2	Steckvorrichtungen (1. Teil)	821
A7.3	Steckvorrichtungen (2. Teil)	822
A8.1	Rechtspyramide in der Schweiz	823
A9.1	Erste Hilfe bei Elektrounfällen	824
A9.2	Persönliche Schutzausrüstung ⇒ Schutzziele	825
A9.3	Kurzschlussstrom → Schutzkleidungsstufe	826
A9.4	Sicherheitszeichen (1. Teil)	827
A9.5	Sicherheitszeichen (2. Teil)	828

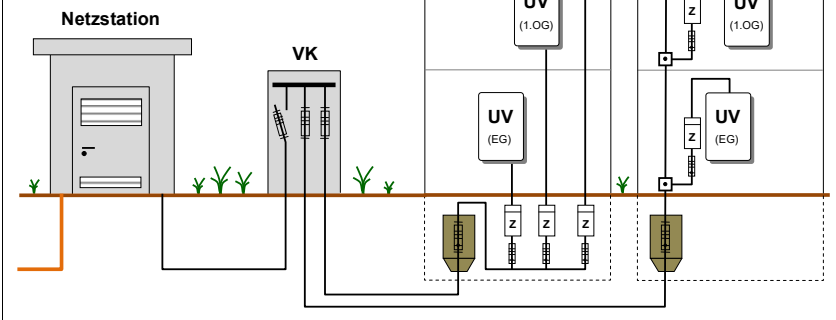
**1.4 ERSCHLIESSUNGSSTRUKTUR VON HOCHBAUTEN**



**HAUS A**  
zentrale Zähleranordnung / Steigleitungen zu den UV's.

**HAUS B**  
dezentrale Zähleranordnung / Steigleitung vom HAK zu den Zählern

**Z** (Elektrizitätszähler)  
**UV** (Unterverteilung)  
**HAK** (Hausanschlusskasten = Übergabestelle vom Verteilungsnetzbetreiber VNB zur Verbraucheranlage)



**12.10 STROMBELASTBARKEIT VON STROMSCHIENENSYSTEMEN**

**Strombelastbarkeit von Stromschienensystemen**

Stromschienen werden häufig für grössere Verteilungen vorgesehen, wo grosse Ströme fließen. Sie können aus Kupfer oder Aluminium, blank oder gestrichen sein. Die Querschnitte der Schienen sollte so gewählt werden, dass sie bei Dauerbelastung eine max. Schienentemperatur von 65°C nicht überschreiten. Spannungsfall, Leistungs- und Energieverluste lassen sich dadurch minimieren. Zudem wird die Kurzschlussleistung kaum gedämpft und der Einhaltung der Netzqualität Rechnung getragen. Des Weiteren dient die beschriebene Querschnittwahl auch zur Vermeidung einer Brandgefahr, insbesondere an den Anschlussstellen, wo die Temperaturen i.d.R. höher sind als an den Schienen selbst.

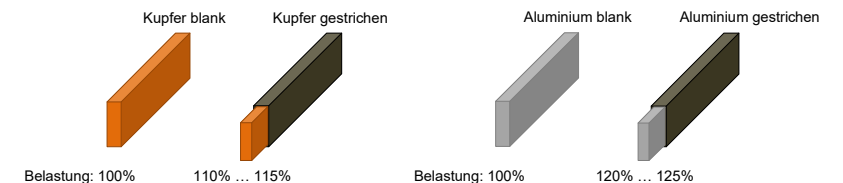
Die nachfolgenden Tabellenwerte gelten für:

- ⇒ Stromschienen aus Kupfer mit Rechteckquerschnitt für Innenraumanlagen.
- ⇒ Umgebungstemperatur 35°C, Schienentemperatur 65°C.
- ⇒ Senkrechte Lage der Schienenbreite, lichter Schienenabstand entsprechend der Schienendicke.
- ⇒ Belastungswerte für Gleichstrom gelten auch für 16<sup>2</sup>/3-Hz Wechselstrom.

Abmessungen in mm	Querschnitt in mm <sup>2</sup>	eine Schiene				zwei Schienen			
		blank		gestrichen		blank		gestrichen	
		=	~	=	~	=	~	=	~
12 x 2	24	108A	108A	123A	123A	182A	182A	202A	202A
15 x 2	30	128A	128A	148A	148A	212A	212A	240A	240A
15 x 3	45	162A	162A	187A	187A	282A	282A	316A	316A
20 x 3	60	204A	204A	237A	237A	348A	348A	394A	394A
25 x 3	75	245A	245A	287A	287A	414A	412A	470A	470A
30 x 5	150	380A	379A	448A	447A	676A	672A	766A	760A
40 x 5	200	484A	482A	576A	573A	848A	836A	966A	952A
50 x 5	250	588A	583A	703A	697A	1'020A	994A	1'170A	1'140A
40 x 10	400	728A	715A	865A	850A	1'350A	1'290A	1'530A	1'470A
50 x 10	500	875A	852A	1'050A	1'020A	1'610A	1'510A	1'830A	1'720A
60 x 10	600	1'020A	985A	1'230A	1'180A	1'870A	1'720A	2'130A	1'960A
80 x 10	800	1'310A	1'240A	1'590A	1'500A	2'380A	2'110A	2'730A	2'410A
100 x 10	1'000	1'600A	1'490A	1'940A	1'810A	2'890A	2'480A	3'310A	2'850A

**ACHTUNG:** Wenn ProduktHersteller grössere Schienenbelastungen zulassen, sollte mit Hilfe eines Berechnungsprogrammes sichergestellt werden, dass bei Dauerbelastung die max. erreichte Schienentemperatur 65°C nicht überschreitet.

Die Bemessung der Sammelschienen ist nicht nur von der Belastung und den erwähnten Verlusten abhängig. Die Wärmeabfuhr hat ebenfalls einen Einfluss. Diesbezüglich eignen sich Sammelschienen mit einem nichtmetallischen Anstrich besser als blanke Schienen.



## 23.8 KABELSCHIRMANSCHLUSS

### Grundsätzlich gilt:

Niederfrequente kapazitive Einkoppelungen lassen sich in den meisten Fällen durch eine einseitige Schirmauflage (an Masse) reduzieren.

Zur Reduktion induktiver und hochfrequenter elektromagnetischer Einkoppelungen wirkt nur der beidseitige Schirmanschluss (an Masse).

Vorausgesetzt, der Schirm dient nur der Schutzfunktion, d.h. nicht als Signalleiter, sollten demnach Kabelschirme beidseitig aufgelegt werden. Nur so ist auch eine Schirmwirkung gegen magnetisch induzierte Spannungen möglich.

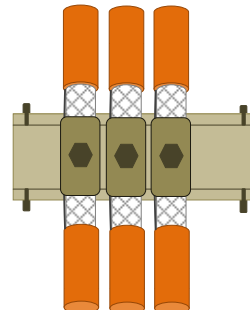
⇒ Zusammenfassung Kabelschirmanschluss:

#### einseitiger Schirmanschluss

- ◆ Verbindung zur Erde nur an einem Ende.
- ◆ Nur gegen niederfrequente elektrische Felder wirksam.
- ◆ Für Audiosysteme empfiehlt sich der einseitige Schirmanschluss (siehe rechts).
- ◆ Ein einseitiges Auflegen des Schirmes kann eine Antennenwirkung verursachen.
- ◆ Der einseitige Schirmanschluss ist zu bevorzugen, wenn der Schirm Teil des Betriebsstromkreises ist (z.B. Koaxialkabel).

#### beidseitiger Schirmanschluss

- ◆ Verbindung zur Erde an beiden Enden.
- ◆ Wirksam gegen induktive und hochfrequente elektrische Felder.
- ◆ Achtung: Bei Audiosystemen kann ein beidseitiger Schirmanschluss aufgrund der Maschenbildung und Ausgleichsströmen zu Brummgeräuschen führen!
- ◆ Ein beidseitiges Auflegen des Schirmes kann bei unterschiedlichen Erdpotentialen zu unerwünschten Ausgleichsströmen führen.
- ◆ Die erwähnten Ausgleichsströme lassen sich vermeiden, wenn auf der einen Seite der Schirmanschluss über einen Kondensator mit Erde verbunden wird.



- ➔ Anschluss möglichst grossflächig.
- ➔ Möglichst geringer Übergangswiderstand zwischen Kabelabschirmung und Systemerde (sind auch frequenzabhängig).
- ➔ Möglichst geringer induktiver Blindwiderstand, was erreicht wird, wenn die Schirmanbindung, d.h. Streckenlänge Schirm → Bezugs Erde sehr kurz ist (Kopplungsimpedanz).
- ➔ Optimale Ausführung, wenn die Schirmschiene mit Schienenhalter eine direkt leitende Verbindung zum Gehäuse, welches mit der Bezugs Erde verbunden ist, herstellt. Bei langen Schienen empfiehlt sich der Einsatz mehrerer Halterungen.
- ➔ Die Kontaktstellen müssen mechanisch fest und beständig sein. Das verwendete Material muss über die gesamte Nutzungsdauer eine niederimpedante Verbindung sicherstellen (Montagestandort und Atmosphäre beachten).

## 25.10 TEMPERATURMESSUNG MIT METALL – WIDERSTANDSFÜHLER

### Allgemeines

Abgesehen von den Temperatursensor – IC's werden Temperatursensoren unterteilt in:

#### Widerstandstemperaturfühler

- sind passive Sensoren
- Metalltemperaturfühler (Ni / Pt) oder Halbleitertemperaturfühler (NTC / PTC)

oder

#### thermoelektrische Temperaturfühler

- sind aktive Sensoren
- erzeugen eine Spannung

### Metall – Widerstandstemperaturfühler

Vorzüge wie einsetzbar für einen grossen Temperaturbereich, hohe Linearität, geringe Alterung und Toleranz sprechen für den Einsatz von Metall – Widerstandstemperaturfühler, besonders für industrielle Anwendungen. Sehr beliebt sind dabei Pt100 und Ni100 Messwiderstände.

#### Pt100

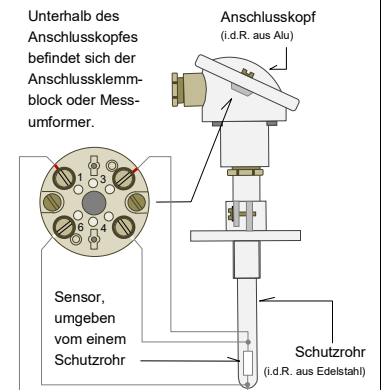
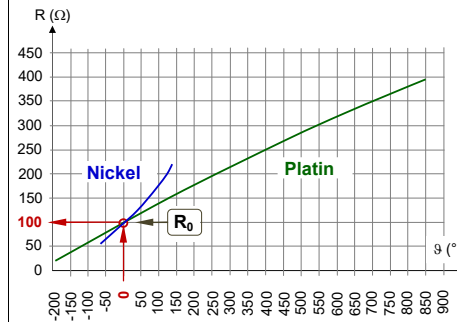
- Bei einer Temperatur von 0°C → 100Ω
- Platin (Platinschicht aufgedampft auf einem Keramik- oder Glasträger oder Platindrahtwicklung mit einer Keramik- oder Glasumhüllung.)

#### Ni100

- Bei einer Temperatur von 0°C → 100Ω
- Nickel (Nickelschicht oder Nickeldraht)
- Gegenüber Pt100 haben Ni100 einen kleineren Temperaturbeiwert (-60°C ... +250°C) und grössere Grenzabweichungen.

Pt100 sind genormt und für industrielle Temperaturmessungen sehr geeignet.

### Widerstandskennlinie Pt100 Sensor (Ni100 Sensor)



Für besondere Anwendungen gibt es Pt50, Pt200, Pt500 und Pt1'000. Je höherwertiger die Messwiderstände, desto einfacher die Messschaltung und geringer der Einfluss der Zuleitungswiderstände auf den Messwert.

### Genauigkeitsklasse von Pt100 Sensoren

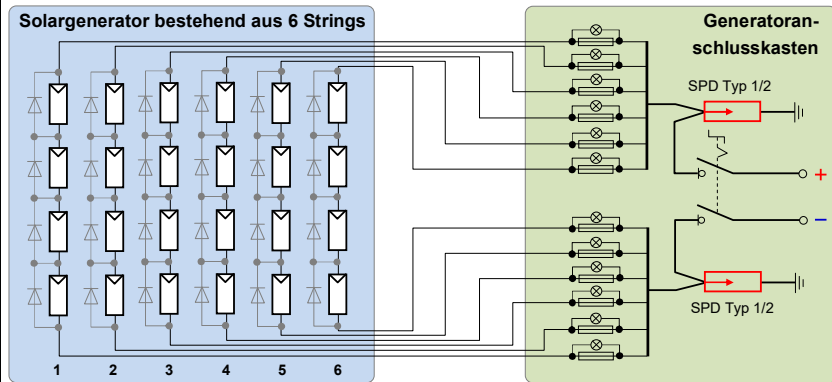
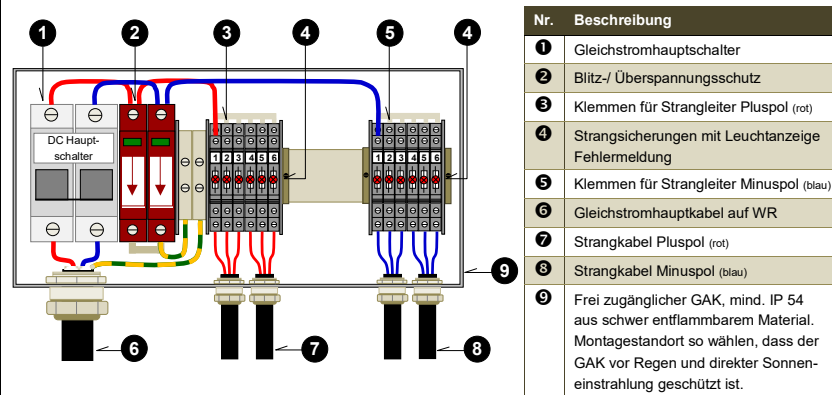
Klasse	Temperaturbereich		max. Abweichung
	drahtgewickelter Widerstand	Schichtwiderstand	
AA	-50 ... +250°C	0 ... +150°C	0.1°C + 0.0017 •  θ
A	-100 ... +450°C	-30 ... +300°C	0.15°C + 0.002 •  θ
B	-196 ... +600°C	-50 ... +500°C	0.3°C + 0.005 •  θ
C	-196 ... +600°C	-50 ... +600°C	0.6°C + 0.01 •  θ

➔ **Beispiel** → Klasse A, Temperatur 300°C  
max. Abweichung des Messwertes ±0.75°C

35.12 GENERATORANSCHLUSSKASTEN (GAK)

**Generatoranschlusskasten (GAK)**

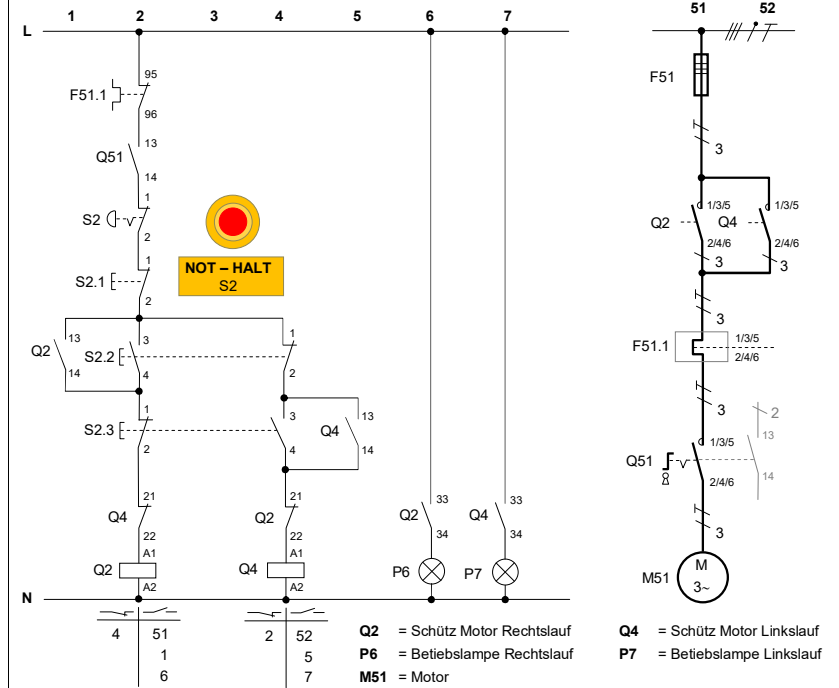
Die Solarzellenmodule werden bei der Montage zugleich verdrahtet. Die serielle Verdrahtung zu einem String erfolgt dabei direkt von Solarmodul zu Solarmodul. Dafür dienen die Anschlussboxen, welche sich i.d.R. auf der Rückseite der einzelnen Solarmodule befinden. Für die parallele Verdrahtung wird ein Klemmkasten benötigt. Er wird auch Generatoranschlusskasten genannt. Dieser Klemmkasten bildet zugleich die Schnittstelle zwischen dem Solargenerator und dem Wechselrichter. Im Klemmkasten selbst werden die Stringkabel auf Klemmen aufgeschaltet die entweder mit Strangsicherungen oder Blockingdioden bestückt sind. Sie eignen sich als String – Prüfmöglichkeit. Zur Spannungsfreischaltung des Wechselrichters dient ein Gleichstromhauptschalter, welcher sich in der Verbindungsleitung zum Wechselrichter befindet. Führt die erwähnte Gleichstromhauptleitung vom Klemmkasten direkt ins innere des Hauses, besitzt der Klemmkasten Überspannungsschutzelemente. Sie sollen die Solaranlage, d.h. Module und vor allem den nachgeschalteten Wechselrichter, vor den Folgen möglicher Überspannungen, hervorgerufen durch magnetische Einkoppelungen von Blitzen, schützen.



**MERKE:** PV – Anlagen stehen bereits bei geringstem Lichteinfall unter Spannung. Ein Gleichstromhauptschalter ist deshalb zwingend erforderlich und muss unter Volllast die Speisung zum WR schalten können!

40.21 BEISPIEL MOTORENSTEuerung RECHTS- / LINKSLAUF (1. TEIL)

**Pflichtenheft → Stromlaufschema / Prinzipschema**



**MERKE:** Wie bereits erwähnt, muss selbst beim Einsatz einer SPS aus Sicherheitsgründen die Schützenverriegelung hardwaremässig erfolgen. Ein SPS – Programmzyklus ist i.d.R. deutlich schneller als das Schalten eines Schützes, was zu einem Leiterschluss führen könnte!  
 Die Tasterverriegelung erfolgt hingegen nur noch softwaremässig.

**Zuordnungsliste**

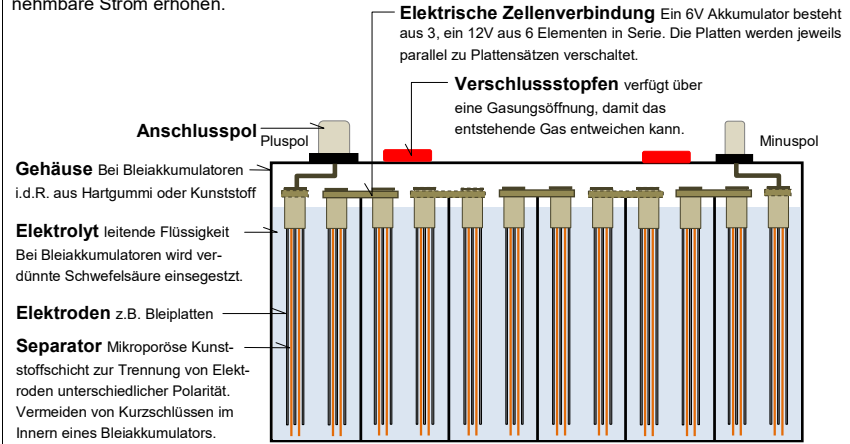
Operand z.B. I1	Symbol z.B. S5	Bedeutung z.B. Taster Motor AUS	Schaltverhalten z.B. Schliesser, Öffner
I1	Q51	Hilfskontakt von abschliessbarem Revisionsschalter	Schliesser
I2	S2.1	Taster Motor Rechtslauf / Linkslauf AUS	Öffner
I3	S2.2	Taster Motor Rechtslauf EIN	Schliesser
I4	S2.3	Taster Motor Linkslauf EIN	Schliesser
I5	F51.1	Thermorelais Motor	Öffner
Q1	Q2	Schütz Motor Rechtslauf	
Q2	Q4	Schütz Motor Linkslauf	
Q3	P6	Betriebslampe Rechtslauf	
Q4	P7	Betriebslampe Linkslauf	

**42.29 AKKUMULATOREN ⇒ ALLGEMEINES**

**Allgemeines**

Akkumulatoren, auch Sekundärelemente genannt, gewinnen immer mehr an Bedeutung. Es sind elektrochemische Energiespeicher. Bei der Aufladung wird die Elektrizität in chemische Energie gespeichert und bei Bedarf wieder in Elektrizität zurückgewandelt.

Die kleinste Einheit eines Akkumulators bildet eine Zelle. Sie besteht neben dem Elektrolyten (elektrisch leitende Flüssigkeit) aus einer positiven und negativen Elektrode. Zur Erhöhung der Spannung werden mehrere solche Zellen in Serie geschaltet. Durch zusätzliches Parallelschalten lässt sich der entnehmbare Strom erhöhen.



⇒ Nachfolgend einige Spannungswerte gängiger Akkumulatoren

Spannungen	Akkumulatoren		
	Blei	Nickel – Cadmium	Nickel – Eisen
Nennspannung	2.00V	1.20V	1.20V
Ruhe-spannung	2.04V	1.30V	1.35V
Ladungserhaltungsspannung	2.23V	1.40V	1.42V
Gasungsspannung	2.40V	1.55V	1.70V
Ladeschlussspannung	2.70V	1.65V ... 1.75V	1.80V

**ACHTUNG:** Wird ein Bleiakkumulator mit einer zu hohen Spannung geladen, beginnt die Wasserzersetzung. Es kann Knallgas entstehen → **Explosionsgefahr!**  
Wartungsfreie Akkumulatoren sind gasdicht und zur Vermeidung von Überlastungen z.T. mit Laderegeln ausgerüstet.

⇒ Säuredichte von Bleiakkulatoren

Beim Laden von Bleiakkulatoren wird Schwefelsäure gebildet, weshalb die Säuredichte des Elektrolyten zunimmt. Sie ist somit ein Mass für den Ladzustand eines Bleiakkulators und kann bei Standard – Bleiakkulatoren mit einem Säuremessers (Aräometer) überprüft werden.

Ladezustand	Säuredichte kg/dm <sup>3</sup>	Ladezustand	Säuredichte kg/dm <sup>3</sup>
völlig geladen (100%)	1.28	normal entladen (50%)	1.18
teilweise geladen (80%)	1.24	völlig leer (0% ... 10%)	1.05

**A6.5 BEISPIEL ⇒ JALOUSIESTEUERUNG MIT TRENNRELAIS**

⇒ Steuerung von zwei Jalousieantrieben mittels Trennrelais

