

C4.6 Verkabelung, Installation, Beleuchtung, Steckdosen

| | | |
|------------|-----------------|------------|
| F | | |
| E | | |
| D | | |
| C | | |
| B | | |
| A | | |
| 0 | Erst-Erstellung | 24.01.2025 |
| Rev.-Index | Anmerkung | Datum |

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|------------|---|----------|
| 1 | Beleuchtung, Steckdosen, Installation | 5 |
| 1.1 | Allgemeines | 5 |
| 1.2 | Anlagenbeschreibungsumfang | 5 |
| 1.3 | Auslegung / Ausführung, Konstruktion..... | 5 |
| 1.3.1 | Vorschriften/Normen | 5 |
| 1.3.2 | Umgebungsbedingungen | 5 |
| 1.3.3 | Kennzeichnungssystem | 6 |
| 1.3.4 | Spannungsversorgung | 6 |
| 1.3.4.1 | Netzarten..... | 6 |
| 1.3.4.2 | Schutzmaßnahmen | 7 |
| 1.3.5 | Beleuchtungsstärken | 7 |
| 1.3.6 | Beleuchtungsanlagen | 8 |
| 1.3.6.1 | Normalbeleuchtung - Innenbeleuchtung | 8 |
| 1.3.6.2 | Sicherheitslicht | 8 |
| 1.3.6.3 | Notlicht | 9 |
| 1.3.6.4 | Flughindernisbefeuerng..... | 9 |
| 1.3.6.5 | Außenbeleuchtung als Teil der Normalbeleuchtung | 9 |
| 1.3.7 | Schaltung der Beleuchtung | 9 |
| 1.3.7.1 | Schaltung der Normalbeleuchtung | 9 |
| 1.3.7.2 | Schaltung der Sicherheitsbeleuchtung | 10 |
| 1.3.7.3 | Schaltung der Flughindernisbefeuerng..... | 10 |
| 1.3.7.4 | Schaltung der Außenbeleuchtung | 10 |
| 1.3.8 | Installation | 10 |
| 1.3.8.1 | Installation der Innenbeleuchtungsanlagen, Schuko- und Kraftsteckdosenanlagen | 10 |
| 1.3.8.2 | Installation der Außenbeleuchtungsanlagen | 11 |
| 1.3.9 | Leuchten und Lampen | 11 |
| 1.3.10 | Beleuchtungsverteilungen..... | 12 |
| 1.3.10.1 | Beleuchtungsverteilung für Normalbeleuchtung | 12 |
| 1.3.10.1.1 | Aufbau und Ausführung:..... | 12 |
| 1.3.10.1.2 | Elektrische Auslegung der Beleuchtungsverteilung | 13 |
| 1.3.10.2 | Beleuchtungsverteilung für Sicherheitsbeleuchtung (SLSV und SUV) | 13 |
| 1.3.10.2.1 | Aufbau und Ausführung..... | 13 |
| 1.3.10.2.2 | Elektrische Auslegung..... | 14 |
| 1.3.10.3 | Beleuchtungsverteiler Außenbeleuchtung | 14 |
| 1.3.10.4 | Schuko-Steckdosennetz..... | 14 |
| 1.3.11 | Kraft- und Revisionsanlagen (LKSV und KV) | 14 |
| 1.3.11.1 | 400 V AC Kraftverteilungen | 15 |
| 1.3.11.1.1 | Aufbau und Ausführung..... | 15 |
| 1.3.11.1.2 | Mindestbestückung | 15 |
| 1.3.11.1.3 | Elektrische Auslegung der Kraftverteilung | 15 |
| 1.3.11.2 | Revisionsverteiler | 16 |
| 1.3.11.3 | 42 V AC Kraftverteilungen | 16 |
| 1.3.11.3.1 | Aufbau und Ausführung..... | 16 |
| 1.3.11.3.2 | Elektrische Auslegung der Kraftverteilung | 17 |
| 1.3.11.4 | Steckdosenkombination 400V und 42 V | 17 |
| 1.3.11.4.1 | 400 V Steckdosenkombinationen..... | 17 |
| 1.3.11.4.2 | 42 V Steckdosenkombinationen..... | 18 |
| 1.3.11.5 | Kraftsteckdosen..... | 18 |
| 1.4 | Prüfungen | 18 |
| 1.4.1 | Stückprüfungen..... | 19 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.4.2 | Abnahmeprüfung auf der Baustelle | 19 |
| 1.5 | Dokumentation | 19 |
| 2 | KABELWEGE | 20 |
| 2.1 | Geltungsbereich | 20 |
| 2.2 | Allgemeine Bestimmungen, Vorschriften, Richtlinien, Empfehlungen | 20 |
| 2.3 | Anforderungen | 20 |
| 2.4 | Kabelwege | 21 |
| 2.4.1 | Definitionen | 21 |
| 2.4.2 | Redundante Kabeltrassen | 21 |
| 2.4.3 | Anforderungen an Kabelwege bezüglich des Brandschutzes | 21 |
| 2.4.3.1 | Kabeltrassen mit Funktionserhalt | 21 |
| 2.4.3.2 | Anforderungen an den Brandschutz (VGB-R 108) | 21 |
| 2.5 | Trassenausrüstung | 22 |
| 2.5.1 | Kabelbauwerke und freiverlegte Kabeltrassen | 22 |
| 2.5.1.1 | Haupt- und StICKkabeltrassen | 22 |
| 2.5.1.2 | Korrosionsschutz | 22 |
| 2.5.1.3 | Kabeldurchtritte | 23 |
| 2.5.2 | Rohrtrassen im Erdreich | 23 |
| 2.6 | Kabelpritschenbelegung | 24 |
| 2.7 | Brandschottung und Verschluss von Gebäudeeinführungen | 24 |
| 2.8 | Kabeltrassenkennzeichnung | 25 |
| 2.9 | Dokumentation | 25 |
| 3 | Verkabelung | 25 |
| 3.1 | Aufgabenstellung | 25 |
| 3.2 | Allgemeine Angaben, Vorschriften | 26 |
| 3.3 | Reduktionsfaktoren | 26 |
| 3.3.1 | Verlegung von Kabeln in Luft | 26 |
| 3.3.2 | Einteilung in Kabelgruppen | 26 |
| 3.3.2.1 | Kabelgruppe 1 - Reduktionsfaktoren für Verkabelung des EB-Netzes | 27 |
| 3.3.2.2 | Kabelgruppe 2 - Reduktionsfaktoren für verfahrenstechnische Bereiche mit einer Umgebungstemperatur von max. 35°C | 28 |
| 3.3.2.3 | Kabelgruppe 3 - Ausgewählte Bereiche im Dampferzeuger und GT- und DT Maschinenhaus mit einer Umgebungstemperatur von max. 45°C | 29 |
| 3.3.2.4 | Kabel in erdverlegten Kabelschutzrohren | 30 |
| 3.3.2.4.1 | Belastungsgrad | 31 |
| 3.3.2.4.2 | Reduktionsfaktor f_{ges} | 32 |
| 3.3.2.4.3 | Schlussfolgerung und Empfehlung | 33 |
| 3.4 | Auslegung und Berechnung der Kabel | 34 |
| 3.4.1 | Gleichspannungs-/ Leittechnikkabel | 34 |
| 3.4.1.1 | Schutzeinrichtung | 35 |
| 3.4.1.2 | Maximal zulässiger Spannungsfall | 35 |
| 3.4.2 | NS-Kabel | 36 |
| 3.4.2.1 | Schutz gegen Überlast | 36 |
| 3.4.2.2 | Schutz bei Kurzschluss | 37 |
| 3.4.2.3 | Spannungsfall | 38 |
| 3.4.2.4 | Schutz bei indirektem Berühren | 38 |
| 3.4.2.5 | Berechnung | 41 |
| 3.4.3 | MS-Kabel | 41 |
| 3.4.3.1 | Überprüfung der Leiterquerschnitte im Kurzschlussfall | 42 |
| 3.4.3.1.1 | Stosskurzschlussstrom - Belastbarkeit | 42 |
| 3.4.3.1.2 | Thermische Beanspruchung im Kurzschlussfall | 42 |
| 3.4.3.1.3 | Bandagenabstände | 43 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.5 | Zusammenstellung der ausgewählten Kabel | 44 |
| 3.5.1 | MS Kabel | 44 |
| 3.5.1.1 | VPE – Kabel..... | 44 |
| 3.5.1.2 | Kabel für FU-Antriebe..... | 44 |
| 3.5.2 | NS-Kabel | 44 |
| 3.5.3 | GS-Kabel | 45 |
| 3.6 | Kabel- und Leitungsanschlüsse | 45 |
| 3.7 | Kabelmanagement..... | 45 |
| 3.7.1 | Kabelprüfungen | 45 |
| 3.7.2 | Kabelbezeichnung | 46 |
| 4 | Zugehörige Unterlagen, Anlagen | 48 |
| 4.1 | Beleuchtung, Steckdosen, Installation | 48 |
| 4.2 | Verkabelung..... | 48 |
| 4.3 | Kabelwege | 48 |

-

1 BELEUCHTUNG, STECKDOSEN, INSTALLATION

1.1 Allgemeines

Die Spezifikation beinhaltet diese beinhaltet im Wesentlichen Vorgaben für folgende Komponenten:

- Innen- und Außenbeleuchtung mit Licht-Haupt- und -Unterverteilungen, Beleuchtungsverteilungen für Normal- und Sicherheitsbeleuchtung, Verkabelung und Schukosteckdosennetz
- Flughindernisleuchte mit Beleuchtungsverteilungen und Verkabelung
- Kraft- und Revisionsanlagen mit Kraftverteilungen, Kraftsteckdosenkombinationen und Verkabelung

Die Beleuchtungsanlage ist schrittweise während der Bauphase in Abstimmung mit der Bauleitung zu errichten, in Betrieb zu setzen und während der Bauzeit bis zur endgültigen Übernahme vom AN (Auftragnehmer) zu warten.

1.2 Anlagenbeschreibungsumfang

Die Beschreibung umfasst die komplette Innen- und Außenbeleuchtung und Installation, die komplette Flughindernisleuchte, alle notwendigen Beleuchtungsverteilungen für die Normal-, Außen- und Sicherheitsbeleuchtung und für die Flughindernisleuchte sowie die kompletten Kraft- und Revisionsanlagen (Kraftverteilungen und Kraftsteckdosenkombinationen).

1.3 Auslegung / Ausführung, Konstruktion

1.3.1 Vorschriften/Normen

- Vorschriften der Berufsgenossenschaften
- Unfall-Verhütungsvorschriften BGV A2
- Arbeitsstättenrichtlinien (ASR)
- VGB - Richtlinien und Merkblätter VGB – Empfehlung
- IEC – Empfehlungen
- VDE-Vorschriften und Richtlinien
- VDI-Richtlinien und Regeln
- DIN-Normen
- Sonstige anerkannte Regeln der Technik

1.3.2 Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen der Geräte und Verteiler sind von den jeweiligen Aufstellungsorten abhängig.

Schaltanlagen- / Wartenräume und Flure:

- | | |
|----------------------------|---------|
| • max. Umgebungstemperatur | +40 °C |
| • min. Umgebungstemperatur | +10 °C |
| • rel. Luftfeuchtigkeit | 50-90 % |
| • Schutzart min | IP40 |

Verfahrenstechnische Bereiche:

- max. Umgebungstemperatur +50 °C
- min. Umgebungstemperatur -5 °C
- rel. Luftfeuchtigkeit bis 95 %
- Schutzart min IP54
- Atmosphäre staubig und aggressiv

Kesselbereich:

- max. Umgebungstemperatur bis 70 °C
- min. Umgebungstemperatur -5 °C
- rel. Luftfeuchtigkeit bis 95%
- Schutzart min IP54
- Atmosphäre staubig und aggressiv

Außenanlagen:

- max. Umgebungstemperatur bis 40 °C
- min. Umgebungstemperatur -20 °C
- rel. Luftfeuchtigkeit bis 95%
- Schutzart min IP54

Des Weiteren gelten mindestens folgende Schutzarten:

- VOBS (Vorortbedienstellen), Magnetventile, Stellgeräte, Temperatur-, Druck-, Differenzdruckschalter, Pyrometer, Seilzugschalter, Messungen \geq IP 65
- Anschluss-, Steuer-, Klemmkästen, Unterverteiler, Schaltschränke, Signalverteiler, Messungen, usw. \geq IP 54
- Bei Aufstellung der Schränke im Außenbereich ist über diese ein Schutzdach (Tropfblech) zu montieren

1.3.3 Kennzeichnungssystem

Die Kennzeichnung der Anlage erfolgt nach dem vorgeschriebenen Kraftwerks-Kennzeichnungssystem der Spezifikation C1.12 KKS-Richtlinie und ist mit dem AG/Planer abzustimmen.

1.3.4 Spannungsversorgung

1.3.4.1 Netzarten

Spannungsversorgung für Normalbeleuchtung (Normallicht):

400/230 V $\pm 10\%$; 3/N/PE; TN-S Netz nach VDE 0100, Teil 410

Spannungsversorgung für die Sicherheitsbeleuchtung (Sicherheitslicht):

400/230 V $\pm 10\%$; 3/N/PE; TN-S Netz nach VDE 0100, Teil 410

Spannungsversorgung für die Notbeleuchtung (USV) (Notbeleuchtung Warte, Fluchtwegkennzeichnung, etc.):

400/230 V $\pm 10\%$; 3/N/PE; TN-S Netz nach VDE 0100, Teil 410, gesicherte Spannungsversorgung über statische GS/DS Wechselrichter.

Spannungsversorgung für die Flughindernisbefeuerung:

400/230 V; 3/N/PE; TN-S Netz nach VDE 0100, Teil 410, gesicherte Spannungsversorgung über statische GS/DS Wechselrichter.

Spannungsversorgung für die Kraft- und Revisionsanlagen:

400/230 V $\pm 10\%$; 3/N/PE; TN-S Netz nach VDE 0100, Teil 410

1.3.4.2 Schutzmaßnahmen

Die 400 V-Anlagen sind als TN-C-S-Netz aufgebaut. Für die Beleuchtungsinstallation und für die Kraft- und Revisionsanlagen wird als Schutz bei indirekter Berührung das TN-S-Netz (getrennt geführter PE-Leiter) nach VDE 0100, Teil 410 und Teil 540, vorgesehen. Zusätzlich sind FI-Schutzschalter mit 0,03 A-Nennfehlerstrom für die Schukosteckdosenkreise und Kraftsteckdosenstromkreise vorzusehen. Für das Schutzkleinspannungsnetz 42V gelten die entsprechenden VDE-Vorschriften.

In bestimmten Fällen kommen Schutztrennung oder Schutzisolierung nach VDE 0100, Teil 410 zur Anwendung.

1.3.5 Beleuchtungsstärken

Sofern nicht anders spezifiziert, erfolgt die Auslegung der Beleuchtung in Anlehnung an DIN EN 12464/1, DIN EN 12665, DIN 12464/2 und DIN EN 13201. Die jetzt gültigen Normen haben keinen Einfluss auf die bereits festgelegten Beleuchtungsstärken; es wurde lediglich der Ordnung halber, die jetzt gültige Bezeichnung herangezogen. Die nachfolgend für die einzelnen Arbeitsstätten aufgeführten mittleren Horizontalbeleuchtungsstärken beziehen sich auf eine Arbeitsplatzhöhe bzw. auf eine gedachte Nutzebene in 85 cm Höhe. In Treppenhäusern bezieht sich die Horizontalbeleuchtungsstärke auf eine gedachte Nutzhöhe von 20 cm. Bei der Auslegung ist ein Wartungsfaktor für Verfahrenstechnische Räume und Außenanlagen von 0,67 und für Warten- und Schaltanlagenräumen von 0,8 zu berücksichtigen. Vor Installation sind die Berechnungen dem AG/Planer vorzulegen und von diesen freigeben zu lassen.

Bei der Übergabe sind die Beleuchtungsstärken messtechnisch nachzuweisen und in einem Protokoll zu dokumentieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Erstmessung eine entsprechend dem o. g. Faktor höhere Beleuchtungsstärke nachzuweisen ist.

Gleichmäßige Ausleuchtung, Blendungsfreiheit und gute Farbwiedergabe sowie Freiheit von stroboskopischen Effekten sind bei der Planung zu berücksichtigen. Bei Außenbeleuchtung ist insektenfreundliches Licht einzusetzen.

Zugrunde zu legende Beleuchtungsstärken:

| | |
|--|---------|
| Büroräume | 500 Lux |
| Sozialräume | 200 Lux |
| Rechnerräume | 500 Lux |
| Schaltanlagenräume | 250 Lux |
| Elektronikräume | 500 Lux |
| Maschinenhaus | 250 Lux |
| Kesselhaus in Anlagenbereichen mit zu bedienenden und zu wartenden Armaturen | 100 Lux |
| Kesselhaus Verkehrswege | 50 Lux |

| | |
|--|------------------|
| Anlagenräume bzw. Bereiche mit zu bedienenden und zu wartenden Armaturen und Antrieben | 100 Lux |
| Toiletten, Wasch-, Dusch- und Umkleieräume | 100 Lux |
| Lagerräume | 100 Lux |
| Treppenhäuser und Flure | 100 Lux |
| Kabelkanäle, Kabelkeller, Kabelräume | 50 Lux |
| Batterie- und Gleichrichterräume | 250 Lux |
| Sicherheitsbeleuchtung | 1 Lux (g < 40:1) |
| Außenbeleuchtung: Straßen, Wege und Parkplätze | 12 Lux |

Zum Erreichen der Beleuchtungsstärke ist die Sicherheitsbeleuchtung mit heranzuziehen.

1.3.6 Beleuchtungsanlagen

Die Beleuchtung gliedert sich in Normalbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung, Flughindernisbeleuchtung und in die Beleuchtung der Verkehrsflächen wie Straßen und Plätze.

Die Beleuchtungsverteilungen für die Normal- und Sicherheitsbeleuchtung eines gemeinsamen Anlagenumfanges sind in getrennten Brandabschnitten aufzustellen. Die Aufstellung ist im Einzelfall mit dem Planer/AG abzustimmen.

1.3.6.1 Normalbeleuchtung - Innenbeleuchtung

Die Versorgung erfolgt von Beleuchtungsverteilungen, die von 400-V-Beleuchtungs- und Krafthauptverteilungen eingespeist werden.

Zur Absicherung der Stromkreise sind 1- bzw. 3polige Automaten bis 10 A zulässig. Der max. Auslastungsgrad der Geräte darf 80 % der Nennstromstärke betragen.

1.3.6.2 Sicherheitslicht

Sicherheitslicht ist der Anteil der Anlagenbeleuchtung, welcher nicht vor Ort schaltbar sein darf und nur über die Schutzautomaten im Sicherheitslichtverteiler getrennt werden kann. Hiermit sollen alle Anlagenbereiche mit besonderer Gefährdung mit einem Minimum Arbeitslicht, d.h. 10% der geforderten Beleuchtungsstärke, mindestens jedoch 1 Lux unter Berücksichtigung der Gleichmäßigkeit von < 40/1 gem. ASR 3.4/4 ausgebaut werden.

Grundlage für die Installation der Sicherheitsanlage ist die Arbeitsstättenverordnung § 4 Abs. 3 in Verbindung mit der ASR 7/4 Sicherheitsbeleuchtung und die DIN VDE 0108 von 01-2005 Teil 100.

Diese Sicherheitsbeleuchtung erhalten alle Flure und Treppen, alle Fluchtwege und Rettungswege bis zu deren Ausgängen. Sie muss so ausgelegt sein, dass bei Ausfall der Normalbeleuchtung ein gefahrloses Verlassen der Gebäude und Anlagen gewährleistet ist.

Die Sicherheitsbeleuchtung ist ständig eingeschaltet. Jeder Stromkreis ist separat mit einem Leitungsschutzschalter mit max. 10 A mit Hilfsschalter und Signalkontakt für dessen Überwachung abzusichern. Max. 10 Leuchten sind pro Stromkreis zulässig, die max. Belastung je Stromkreis soll $0,6 \times I_N$ betragen.

Fluchtwege werden in Fluchtwegplänen festgelegt.
Rettungswege sind wie Fluchtwege zu behandeln.

1.3.6.3 Notlicht

Eine Notlichtanlage mit Einzel- oder Zentralbatterie ist nicht vorgesehen.

1.3.6.4 Flughindernisbefeuerung

Der Kamin und ggf. andere behördlich auferlegte zu befeuernde Gebäudeteile sind mit einer Flughindernisbefeuerung gemäß den Forderungen nach BMVBS; ICAO (Annex 14, §6.3.11), der FAA (L-810 AC 150/5345-43C) und der VDE 0106 Teil 234 (V) auszurüsten. Die Befeuerungsebenen und Anzahl der Hindernisfeuer werden durch den Planer des AG festgelegt.

Entsprechend den Vorgaben der Behörden sind Hindernisfeuer mit ausreichender Lichtstärke (min. 10 cd, bezogen auf rotes Licht), anzubringen. Die Hindernisfeuer sind mit langlebigen, vielfach LED-Leuchteneinsätzen mit einer mittleren Lebensdauer >100.000 h auszurüsten.

Die Feuer aller Ebenen des Kamins sind so anzuordnen, dass sie vom jeweiligen inneren Umgang gewartet werden können. Die Anordnung ist mit dem AN des Kamins abzustimmen.

Die Versorgung der Flughindernisfeuer erfolgt von eigens dafür vorzusehenden Schaltschränken, die von der sicheren Schiene eingespeist werden.

Die Schaltschränke enthalten die komplette Steuerung für die Hindernisfeuer, automatische Umschaltung, Netzüberwachung, Überspannungsschutzeinrichtungen, Überwachungsrelais für die Haupt- und Reservelampe incl. Anzeigeleuchte, alle erforderlichen Hilfsrelais, potentialfreie Kontakte für Meldung.

Als Hindernisfeuer sind Doppelhindernisfeuer zu installieren. Entsprechend DIN 57185 sind an den jeweiligen Kabelanfängen und -enden Überspannungsschutzeinrichtungen vorzusehen. Weiterhin sind alle notwendigen Einrichtungen vorzusehen, um im Fall von Blitzeinschlägen Rückwirkungen auf die gesicherte Stromversorgung auf jeden Fall zu vermeiden (siehe Spezifikation C4.7 Erdung, Blitzschutz, Potenzialausgleich).

1.3.6.5 Außenbeleuchtung als Teil der Normalbeleuchtung

Die Versorgung erfolgt von den Normalbeleuchtungsverteilungen.

Bei größerer Anzahl an Außenbeleuchtungsstromkreisen sind separate Verteiler vorzusehen, vorzugsweise in Gebäuden.

Die Straßenbeleuchtung ist mit Mastaufsatzleuchten auszuführen, die an geraden konischen Stahlrohrmasten zu montieren sind. Es sind ausschließlich Leuchten mit Natriumdampflampen zu verwenden. Wo anordnungstechnisch sinnvoll, sind auch Leuchten direkt mittels Ausleger für Wand- oder Eckmontage an Gebäuden zu befestigen. Pro Mast ist ein Erdkabelübergangskasten vorzusehen.

Bei der Beleuchtung von Plätzen sind Mastansatzleuchten einzusetzen, die an geraden konischen Stahlrohrmasten mit Zwischenstücken für Mehrfachanordnung montiert werden. Je nach den Erfordernissen ist bei den Zwischenstücken für Mehrfachanordnung zwischen 2- bis 4armiger Mehrfachanordnung zu wählen.

Bei Masten, an denen mehr als ein Leuchtkörper montiert wird, sind entweder Erdkabelübergangskästen mit der entsprechenden Anzahl von Abgängen oder 2 Erdkabelübergangskästen pro Mast einzusetzen.

1.3.7 Schaltung der Beleuchtung

1.3.7.1 Schaltung der Normalbeleuchtung

Das Ein- bzw. Ausschalten der Normalbeleuchtung in den Fluren, technologischen Anlagen, einschließlich der Kabelkanäle und -keller, erfolgt über geeignete an den Zugängen angebrachte Lichttaster.

Es sind Taster in Verbindung mit Stromstoßrelais über Schaltschütze zu verwenden. Stromstoßrelais und Schaltschütze sind zentral in der jeweiligen Beleuchtungsverteilung anzuordnen.

In Büroräumen, Nebenräumen und Sanitärräumen mit nur einem Zugang ist die Beleuchtung über Ausschalter bzw. Wechselschalter zu schalten. Die Büroräume sowie diese, nicht ständig genutzten Räume erhalten am Eingang einen Lichtschalter.

1.3.7.2 Schaltung der Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung ist in Dauerschaltung ausgeführt. Das Ein- bzw. Ausschalten erfolgt in den jeweiligen Beleuchtungsverteilungen mittels Leitungsschutzschalter. Treppenhäuser inkl. Vorräume sind mit Sicherheitslicht auszurüsten.

Die Leitungsschutzschalter sind auf Ausfall zu überwachen.

1.3.7.3 Schaltung der Flughindernisleuchte

Die Flughindernisleuchte wird über Dämmerungsschalter und für Reparaturzwecke bzw. auf gesonderte Anforderung über den Reparaturschalter geschaltet. Das manuelle Ein- bzw. Ausschalten erfolgt über gesonderte, parallel zu den Dämmerungsschaltern installierte Schalter.

Von den Doppelhindernisleuchten ist jeweils eine Lampe in Betrieb. Bei einer Störung ist automatisch auf die zweite Lampe umzuschalten. Eine Meldung für den Lampenausfall ist vorzusehen und in der Warte anzuzeigen. Jede Hindernisleuchte ist getrennt abzusichern. Weiterhin bekommt jede Leuchte einen eigenen Betriebsstundenzähler. Eine automatische Umschaltung zwischen Einspeisung 1 und 2 mit 3-phasiger Überwachung der Versorgungsspannung ist zu installieren. Es ist ein Spannungsmesser mit 6fach Umschaltung 0-500 V für die Überwachung der Eingangsspannung anzubringen.

Die Hindernisleuchte sind gleichmäßig auf die Phasen aufzuteilen.

1.3.7.4 Schaltung der Außenbeleuchtung

Die Schaltung der Außenbeleuchtung der Wege und Plätze erfolgt über Dämmerungsschalter und für Reparaturzwecke über separaten Schalter. Bei allen darüber hinaus vorhandenen Außenbeleuchtungseinrichtungen, wie z.B. im Bereich der Transformatoranlagen ist die Schaltung der Außenbeleuchtung mit dem AG abzustimmen.

1.3.8 Installation

1.3.8.1 Installation der Innenbeleuchtungsanlagen, Schuko- und Kraftsteckdosenanlagen

In Räumen ohne Putzauftrag ist die Installation als offene Rohrverlegung auszuführen, d. h. die offen verlegten Leitungen sind in Staparohr (verzinkt) oder Installationskanal zu verlegen.

Die Schutzart und die Ausführung der Schalter und Abzweigdosen richten sich nach den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten. Sämtliche Schalter und Taster der Beleuchtungsanlagen sind mit Glimmlampe auszurüsten.

Der Mindestquerschnitt bis zur ersten Abzweigdose beträgt bei 3-adrigen Leitungen 2,5 mm² und bei 5-adrigem Kabel für Tasterschaltungen 1,5 mm², bei 5-adrigem Lampenleitungen 2,5 mm². Steckdosenleitungen sind grundsätzlich mit min. 2,5 mm² zu verkabeln. Die Querschnittsbemessung der Kabel hat gemäß den für das Kraftwerk spezifischen Vorgaben zu erfolgen.

Die Leuchten sind über Abzweigdosen anzuschließen. Durchgangsverdrahtung (Lichtbandanordnung) kommt nur in geschlossenen Räumen zur Anwendung. In den Schaltanlagenräumen sind die Lichtbänder abgehängt in den Bediengängen zwischen den einzelnen Schaltanlagenreihen anzuordnen. Innerhalb der Lichtbänder sind die Sicherheitsleuchten zu installieren. Die Sicherheitsbeleuchtung ist Bestandteil der Normalbeleuchtung.

1.3.8.2 Installation der Außenbeleuchtungsanlagen

Die Installation erfolgt im Außenbereich nicht erdverlegt, sondern in für die Erdverlegung geeigneten Rohren. Innerhalb der Gebäude bis zur Gebäudegrenze sind vorhandene Kabeltrassen zu benutzen.

1.3.9 Leuchten und Lampen

Es dürfen nur Leuchten der Schutzklasse II verwendet werden.

Es dürfen nur solche Leuchten verwendet werden, die den allgemein bekannten Regeln der Technik entsprechen. Die Leuchten müssen der VDE 0710 entsprechen. Siehe C4.10 „Geräteauswahlliste“.

- Hinsichtlich der Umgebungstemperatur werden Leuchtkörper folgender Kategorien eingesetzt:
- Leuchtkörper der Kategorie 1 für eine Umgebungstemperatur bis 50°C
- Leuchtkörper der Kategorie 2 für eine Umgebungstemperatur bis 70°C
- Spezialleuchten für Bereiche mit Umgebungstemperaturen über 70°C

Sind auf einer Kesselhausbühne in einem Bereich Leuchtkörper der Kategorie 2 (bis 70°C) notwendig, sind für die Sicherheitsbeleuchtung die zugehörigen Leuchten der Kategorie 2 einzusetzen.

Sind auf einer Kesselhausbühne Bereiche mit Umgebungstemperaturen über 70°C vorhanden und somit dort Spezialleuchten notwendig, bleibt der Einsatz von den Spezialleuchten nur auf diesen Bereich der Bühne beschränkt. In den anderen Bereichen der Bühne können, in Abhängigkeit der dort zu erwartenden Umgebungstemperatur, Leuchtkörper der entsprechenden Kategorie eingesetzt werden.

Es sind im wesentlichen Leuchten zur Aufnahme von LED Leuchtstofflampen (Ersatzleuchten für 58 W) einzusetzen (z. B. GIFAS LineLED Pro, LED Deckenleuchte). Die Auswahl der Leuchten ist mit dem AG/Planer abzustimmen.

In Bereichen mit Umgebungstemperaturen von 70°C soll, wenn möglich, keine Sicherheitsbeleuchtung installiert werden. Sollte doch eine Sicherheitsbeleuchtung notwendig werden, sind Leuchtstofflampen mit verlustarmen Vorschaltgeräten (VVG) einzusetzen und die Versorgung dieser Leuchtkörper erfolgt auf der 230-V-Wechselspannungsebene von der sicheren Schiene.

In den Bereichen, z.B. Hallenbeleuchtung sollen geeignete LED Lampen, in genehmigten Ausnahmefällen (durch den AG/Planer) Halogenmetall dampflampen HIT/HIE eingesetzt werden.

Es sind Leuchten zu verwenden, die für die im Abschnitt Umgebungsbedingungen angegebenen Vorgaben geeignet sind. Wannenleuchten sind mit Klimastutzen und Gummidichtung auszurüsten.

Es gibt Bereiche in denen explosionsfähige Atmosphäre herrscht. Diese sind nach 94/9/EG in Zone 21 und 22 eingeteilt. Die Leuchten sind entsprechend mit Kategorie 2 und 3 auszuwählen, welches das Ende der Lebensdauer des Leuchtmittels, und die damit verbundene Temperaturerhöhung erkennt, und folglich die Leuchte sicher abschaltet (EOL-Cut-Off) – *End-of-life-Cut-Off*. Außerdem sind die Leuchten in Ex-Bereichen mit Staubableitblechen auszurüsten.

Die Beleuchtungskörper sind für eine 5-polige Durchgangsverdrahtung auszulegen. Alle Leuchten sind bei VVG mit Sicherheitsstarter (z.B. DEOS) auszurüsten. Die verlustarmen Vorschaltgeräte (VVG) sind in Klasse B1 auszuführen.

Kabeleinführungen bei Leuchten sind mit passendem metrischem Gewinde als Verschraubung auszuführen. Bei einzeln angebrachten Leuchtstofflampen ist die unbenutzte Einführung mit einem Verschlussstopfen zu versehen.

Die Leuchten müssen im Allgemeinen so angebracht werden, dass sie ohne Gerüst mit einer höchstens achtsprossigen Leiter zugänglich sind (möglichst außerhalb des Handbereichs in waagrechter

Anordnung). Ausnahme hierfür sind die Strahler in der Turbinenhalle und bei Anlagenbereichen mit Krananlagen.

Aufhängevorrichtungen für Leuchten, z. B. Deckenhaken mit Dübel, müssen so ausgewählt und angebracht werden, dass sie das 5-fache Gewicht der daran befestigten Leuchten, mindestens über 100 N, ohne Formänderung tragen können.

Alle Leuchten sind dauerhaft und gut sicht- bzw. lesbar mit der KKS-Nummer des Stromkreises zu bezeichnen. Die Sicherheitsleuchten sind zusätzlich mit einem gut sichtbaren, unverlierbaren roten Punkt bzw. Stromkreisplakette - Rot mit weißer Schrift - gemäß VDE zu kennzeichnen; dazugehörige rote Abzweigdosen sind einzusetzen

Für die Markierung der Fluchtwege sind nachleuchtende Piktogramme einzusetzen. Zur Kennzeichnung ist die Farbe Grün nach DIN 4818 einzusetzen.

Alle Leuchten sind aus korrosionsfestem Material, vorzugsweise Kunststoff, zu verwenden.

Die Wannenschlüsse müssen aus rostfreiem Material und ohne Werkzeuge leicht zu öffnen sein. Dichtungen aus wärme- und alterungsbeständigem Material verhindern ein Eindringen von Wasser, Staub und Insekten.

1.3.10 Beleuchtungsverteilungen

1.3.10.1 Beleuchtungsverteilung für Normalbeleuchtung

Es dürfen nur typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (TSK) bzw. partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (PTSK) gemäß VDE 0660, Teil 500 und Installationsverteiler gemäß VDE 0606 eingesetzt werden.

1.3.10.1.1 Aufbau und Ausführung:

- Gehäuse aus widerstandsfähigem Material (z.B. Kunststoff, Metall usw.). Bei Metall verzinkte Ausführung mit Farbanstrich RAL 7035.
- Grundrahmen bzw. Aufbaurahmen.
- Schutzart IP 54 oder höher, entsprechend den Bedingungen am Aufstellungsort ggf. zusätzlich mit Dach; innerhalb von klimatisierten E-Räumen Schutzart IP54
- Geeignet für Wandaufstellung.
- Kabeleinführungsflansch
- Sockel mit Kabeltrageisen.
- Einspeisung mit 5 Leiter- Kabel.
- Separate PE- und N-Schiene
- Kabeleinführung von unten
- Meldung "Spannungsausfall" auf potentialfreiem Kontakt.
- Sammelmeldung „Automatenfall“ (bei manuellem Auslegen eines Automaten darf der zugehörige Meldekontakt nicht melden)
- Abgänge für über Taster und Stromstoßrelais geschaltete Beleuchtungskreise max. 10 A mit Leitungsschutzschalter.
- RCDs für Schukosteckdosen Stromkreise

Die Schaltgeräte dürfen nur bis 50% ausgelastet werden. Die Einspeisung ist grundsätzlich mit einem Sicherungslastschalter auszustatten. Der Anschluss der Stromkreise hat über eine Klemmleiste zu erfolgen. Bei den Verteilungen ist eine ausgebaute Reserve von 5 % vorzusehen.

Die einzelnen Abschnitte einer Beleuchtungsverteilung sind durch geeignete Maßnahmen so gegeneinander abzuschotten, dass durch Fehler in einem Abschnitt die Funktionsfähigkeit der anderen Abschnitte nicht beeinträchtigt wird.

Jeder Abschnitt einer Beleuchtungsverteilung erhält auf der Vorderseite ein Bezeichnungsschild gemäß Spezifikation C1.13 „Beschilderung“ mit eingraviertem KKS-Kennzeichen.

1.3.10.1.2 Elektrische Auslegung der Beleuchtungsverteilung

- Bemessungsspannung: 400 V \pm 10%
- Bemessungsfrequenz: 50 Hz
- Bemessungsstrom der Sammelschiene: 500 A
- Stoßkurzschlussstrom der Sammelschiene : > 20 kA *

*...Abhängig von der Größe (Nennstrom) der im Abgang für die Einspeisung der Beleuchtungsverteilung in der 400 V-Licht- Krafthauptverteilung. Dieser Wert ist jeweils zu überprüfen und, falls erforderlich, anzupassen.

Die Einspeisung der Beleuchtungsverteilung erfolgt von der 400 V Lichthauptverteilung über NH-Sicherungsabgänge. Die Größe der Beleuchtungsverteilungen ist abhängig von der Anzahl der zu versorgenden Beleuchtungskreise.

1.3.10.2 Beleuchtungsverteilung für Sicherheitsbeleuchtung (SLSV und SUV)

Es dürfen nur typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (TSK) bzw. partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (PTSK) gemäß VDE 0660 Teil 500 und Installationsverteiler gemäß VDE 0606 eingesetzt werden. Außerdem haben die Verteiler der VDE 0108/1 zu entsprechen.

1.3.10.2.1 Aufbau und Ausführung

Gehäuse aus widerstandsfähigem Material (z. B. Kunststoff, Metall usw.). Bei Metall verzinkte Ausführung mit Farbanstrich RAL 7035.

- Entflammbarkeit min BH1 VDE 0304/3
- Grundrahmen bzw. Aufbaurahmen
- Schutzart IP 54 oder besser entsprechend den Bedingungen des Aufstellungsortes, ggf. zusätzlich mit Dach; innerhalb von klimatisierten E-Räumen Schutzart IP54
- Geeignet für Wandaufstellung
- Kabeleinführungsflansch
- Sockel mit Kabeltrageisen
- Einspeisung mit 2x5 Leiter-Kabel
- Separate PE- und N-Schiene
- Kabeleinführung von unten
- Meldung "Spannungsausfall" auf potentialfreien Kontakten
- Sammelmeldung „Automatenfall“ (bei manuellem Auslegen eines Automaten darf der zugehörige Meldekontakt nicht melden)
- Abgänge für Beleuchtungskreise in Dauerschaltung: max. 10 A mit Leitungsschutzschalter
- 2 Einspeisungen:
 - 1. Einspeisung aus sicherem Netz und

- 2. Einspeisung aus dem Normalnetz.

Die Schaltgeräte dürfen nur bis 60 % ausgelastet werden. Der Anschluss der Stromkreise erfolgt über Klemmleisten. Bei den Verteilungen ist eine ausgebaute Reserve von 5 % vorzusehen.

Die einzelnen Abschnitte einer Beleuchtungsverteilung sind durch geeignete Maßnahmen so gegeneinander abzuschotten, dass durch Fehler in einem Abschnitt die Funktionsfähigkeit der anderen Abschnitte nicht beeinträchtigt wird. Jeder Abschnitt einer Beleuchtungsverteilung erhält auf der Vorderseite ein Bezeichnungsschild aus Resopal mit eingraviertem KKS-Kennzeichen.

1.3.10.2.2 Elektrische Auslegung

- Bemessungsspannung: 400 V \pm 10%
- Bemessungsfrequenz: 50 Hz
- Bemessungsstrom der Sammelschiene : 500 A
- Stoßkurzschlussstrom der Sammelschiene : > 20 kA*

* Abhängig von der Größe (Nennstrom) der im Abgang für die Einspeisung der Beleuchtungsverteilung vorgesehenen Sicherung. Dieser Wert ist jeweils zu überprüfen und, falls erforderlich, anzupassen.

Die Einspeisungen der Sicherheitslichtverteilung erfolgen aus 2 Quellen. Die 1. Einspeisung erfolgt aus einer sicheren 400 V AC Verteilung. Die 2. Einspeisung erfolgt aus dem 400 V AC Normalnetz. Eine automatische Umschalteneinrichtung schaltet bei Spannungsfall auf die 2. Einspeisung um. Diese Störung wird auf potentialfreiem Kontakt separat gemeldet. Die Größe der Beleuchtungsverteilungen ist abhängig von der Anzahl der zu versorgenden Beleuchtungskreise.

1.3.10.3 Beleuchtungsverteiler Außenbeleuchtung

Wo technisch sinnvoll, sind für die Außenbeleuchtung separate Beleuchtungsverteiler vorzusehen. Diese Beleuchtungsverteiler sind im Außenbereich auf Fundamentsockel zu montieren und mit einem Dach zu versehen. Bei Innenaufstellung sind diese entsprechend der Normallichtverteilung auszuführen. Die Einspeisung erfolgt von der 400 V Lichthauptverteilung.

1.3.10.4 Schuko-Steckdosennetz

Nach den örtlichen Erfordernissen sind in den einzelnen Räumen und Anlagen 230 V-Schuko-Steckdosen zu installieren. Alle Schuko Steckdosen sind dauerhaft und gut sichtbar bzw. lesbar nach KKS zu beschriften. An jeden Steckdosenkreis dürfen max. 10 Steckdosen angeschlossen werden. Die 230-V-Steckdosen werden über 0,03A RCDs aus den **Normallicht**verteilungen versorgt. Auf Gängen und Fluren ist ca. alle 20 m eine Putzsteckdose vorzusehen. In Keller- und Lagerräume sind min. an den Türen auf Schalterhöhe (120 cm OkFFB) Steckdosen anzubringen

Für PC-Steckdosen sind separate, mit gesondertem Überspannungsschutz ausgerüstete Stromkreise zu verwenden. Der Feinschutz ist örtlich zu realisieren. PC-Steckdosen sind zum Unterscheiden von normalen Steckdosen durch andere Farbgebung bzw. durch die Aufschrift „EDV“ zu kennzeichnen. Die Einspeisung von PC-Steckdosen erfolgt aus dem USV-Netz bzw. sicherem Netz.

1.3.11 Kraft- und Revisionsanlagen (LKSV und KV)

In den Anlagenschwerpunkten sind Kraftverteilungen vorgesehen. Die Kraftverteilungen erhalten Abgänge zu Steckdosen, Steckdosenkombinationen und Abgänge für Direktanschlüsse von Verbrauchern größerer Leistung für Revisionsarbeiten.

In den Schaltanlagen- und Leittechnikräumen sind Kraftverteiler nach Abstimmung mit der Bauleitung vorzusehen.

1.3.11.1 400 V AC Kraftverteilungen

Es dürfen nur typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (TSK) bzw. partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (PTSK) gemäß VDE 0660, Teil 500 und Installationsverteiler gemäß VDE 0606 eingesetzt werden. Die Kraftverteilung ist mit Lastschalttereinspeisung auszuführen.

1.3.11.1.1 Aufbau und Ausführung

- Stahlblechstandverteilung, Größe H x B x T, 2000 x 1200 x 400 mm,
- Grundrahmen bzw. Aufbaurahmen,
- Die Schutzart der Schalt- und Steuerschränke bzw. -kästen richtet sich nach dem Aufstellungsort. In E-Räumen mindestens IP54 oder besser, entsprechend den Bedingungen des Aufstellungsortes, ggf. mit Dach,
- mit Innenbeleuchtung und FI-Steckdose 230V bei Aufstellung im Anlagenbereich,
- Geeignet für Wandaufstellung,
- Kabeleinführungsflansch,
- Sockel mit Kabeltrageisen,
- Einspeisung mit 5- Leiterkabel,
- Einspeisungen mit 400 A Lastschalter,
- Separate PE- und N-Schiene,
- Kabeleinführung von unten

1.3.11.1.2 Mindestbestückung

- 2 Abgänge mit Leistungsselbstschaltern, Absicherung mit 250 A für Revisionsarbeiten
- 10 Abgänge mit Leistungsselbstschaltern, Absicherung mit 100 A für Steckdosenkombinationen
- 6 Sicherungsabgänge für einzelne Kraftsteckdosen
- 1 Abgang mit 16 A Sicherungsautomat für das 42 V-Kraftnetz (Trafoeinspeisung)
- 2 Reserveabgänge

Der Anschluss der Stromkreise hat über eine Klemmleiste zu erfolgen. Bei den Verteilungen ist eine ausgebaute Reserve von 5 % vorzusehen.

Die einzelnen Abschnitte einer Kraftverteilung sind durch geeignete Maßnahmen so gegeneinander abzuschotten, dass durch Fehler in einem Abschnitt die Funktionsfähigkeit der anderen Abschnitte nicht beeinträchtigt wird.

Die Kraftverteilung erhält auf der Vorderseite Bezeichnungsschilder aus Resopal mit eingraviertem KKS- Kennzeichen.

1.3.11.1.3 Elektrische Auslegung der Kraftverteilung

- Bemessungsspannung: 400 V \pm 10 %
- Bemessungsfrequenz: 50 Hz
- Bemessungsstrom der Sammelschiene: 500 A
- Stoßkurzschlussstrom der Sammelschiene : > 30 kA*

*... Abhängig von der Größe (Nennstrom) der im Abgang für die Einspeisung der Kraftverteilung vorgesehenen Sicherung. Dieser Wert ist jeweils zu überprüfen und, falls erforderlich, anzupassen.

Die Einspeisung der Kraftverteilung erfolgt von der 400 V Hauptverteilung.

1.3.11.2 Revisionsverteiler

Die Revisionsverteiler werden von der 400 V Verteilerschiene versorgt. Es sind im Kessel 2 Verteiler, in den Maschinenhäusern jeweils 1 Verteiler vorgesehen, die genauen und weitere, mögliche Standorte sind mit dem AG/Planer abzustimmen.

Es dürfen nur typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (TSK) bzw. partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (PTSK) gemäß VDE 0660, Teil 500 und Installationsverteiler gemäß VDE 0606 eingesetzt werden.

Die Revisionsverteiler sind mit folgenden Abgängen auszurüsten:

| | |
|--------------|--|
| Einspeisung: | 1x Leistungsschalter 400A 1x Voltmeter mit Spannungsmesserumschalter (7stellig) |
| Abgänge: | 2x 250A NH-Lasttrenner mit Schraubklemmen (4x150mm ²) 3x 125A NH-Lasttrenner mit Schraubklemmen (4x50mm ²) 2x 125A CEE-Steckdosen jeweils mit RCD (I _A 0,3A / allstromsensitiv) und NH-Lasttrenner |

1.3.11.3 42 V AC Kraftverteilungen

Die nachfolgend beschriebenen Kleinspannungsverteiler werden von der nächstgelegenen 400V Kraftverteilung versorgt.

Es dürfen nur typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (TSK) bzw. partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen (PTSK) gemäß VDE 0660, Teil 500 und Installationsverteiler gemäß VDE 0606 eingesetzt werden. Die 42V Verteilung wird in der Regel direkt bei der 400V Kraftverteilung angeordnet. Diese Kraftverteilung ist Trafosekundärseitig mit Sicherungslasttrenner als Einspeiseschalter auszuführen.

1.3.11.3.1 Aufbau und Ausführung

- Stahlblechstandverteilung, Größe H x B x T, 2000 x 1200 x 400 mm,
- Grundrahmen bzw. Aufbaurahmen,
- Die Schutzart der Schalt- und Steuerschränke bzw. -kästen richtet sich nach dem Aufstellungsort. In E-Räumen mindestens IP54 oder besser. entsprechend den Bedingungen des Aufstellungsortes, ggf. mit Dach,
- mit Innenbeleuchtung und FI-Steckdose 230 V bei Aufstellung in Anlagenbereichen,
- Geeignet für Wandaufstellung,
- Kabeleinführungsflansch,
- Sockel mit Kabeltrageisen,
- Einspeisung mit 5 Leiterkabel,
- 6,3kVA Transformator 400/42 V,
- Einspeisung mit 80 A Sicherungslasttrennschalter (Trafosekundärseite),

- Separate PE- und N-Schiene,
- Kabeleinführung von unten,
- Mindestbestückung 4 Abgänge Neozed Sicherungen- 40 A

Der Anschluss der Stromkreise hat über eine Klemmleiste zu erfolgen. Bei den Verteilungen ist eine ausgebaute Reserve von 5 % vorzusehen.

Die einzelnen Abschnitte einer Kraftverteilung sind durch geeignete Maßnahmen so gegeneinander abzuschotten, dass durch Fehler in einem Abschnitt die Funktionsfähigkeit der anderen Abschnitte nicht beeinträchtigt wird.

Die 42 V-Kraftverteilung erhält auf der Vorderseite Bezeichnungsschilder aus Resopal mit eingraviertem KKS-Kennzeichen.

1.3.11.3.2 Elektrische Auslegung der Kraftverteilung

- Bemessungsspannung: 42 V \pm 10 %
- Bemessungsfrequenz: 50 Hz
- Bemessungsstrom der Sammelschiene: 500 A
- Stoßkurzschlussstrom der Sammelschiene : > 10 kA*

* ... abhängig vom Transformator (6,3kVA). Dieser Wert ist jeweils zu überprüfen und, falls erforderlich, anzupassen.

Die Einspeisung der Kraftverteilung erfolgt von der zugeordneten 400V Kraftverteilung.

1.3.11.4 Steckdosenkombination 400V und 42 V

Die Steckdosenkombinationen werden aus den Kraftverteilungen eingespeist.

Der gesamte Anlagenbereich ist mit Steckdosenkombinationen auszurüsten.

Bestückung der Steckdosenkombinationen gemäß nachfolgender Betriebsmittelbeschreibung. Der Abstand zwischen 2 Steckdosenkombinationen darf max. 40 m je Höhenebene nicht überschreiten.

An einem Stromkreis dürfen max. 2 Steckdosenkombinationen angeschlossen werden.

1.3.11.4.1 400 V Steckdosenkombinationen

CEE-Steckdosenkombination 400 V mit folgender Bestückung:

- Gehäuse aus Vollgummi schlagfest,
- Kabeleinführung je nach Standort oben oder unten,
- Typ: GIFAS, Elspro, Jube

Jeder Abgang erhält seinen eigenen FI-Schutzschalter!

| | | |
|---|------------------------|----------------------|
| 1 | FI-Schutzschalter | 63 A, 0,03 A, 4polig |
| 1 | Leitungsschutzschalter | 63 A, 3polig |
| 1 | CEE-Steckdose | 63 A, 5 polig, 400 V |
| 1 | FI-Schutzschalter | 32 A, 0,03 A, 4polig |
| 1 | Leitungsschutzschalter | 32 A, 3polig |
| 1 | CEE-Steckdose | 32 A, 5polig, 400 V |
| 1 | FI-Schutzschalter | 16 A, 0,03 A, 4polig |

| | | |
|---|---------------------------|---------------------|
| 1 | Leitungsschutzschalter | 16 A, 3polig |
| 1 | CEE-Steckdose | 16 A, 5polig, 400 V |
| 3 | FI/LS (DI) Schutzschalter | 16 A, 1polig |
| 3 | Schuko Steckdosen | 16 A, 3polig, 230 V |

Befestigungsschienen sind zur Montage vorzusehen

1.3.11.4.242 V Steckdosenkombinationen

CEE-Steckdosenkombination 42 V mit folgender Bestückung:

- Gehäuse aus Vollgummi schlagfest,
 - Kabeleinführung je nach Standort oben oder unten,
 - Typ: GIFAS, Elspro, Jube
- | | | |
|---|------------------------|--------------------------|
| 6 | Leitungsschutzschalter | 32 A, 3polig |
| 6 | CEE-Steckdose | 32 A, 3 polig, 4 V, weiß |

Befestigungsschienen sind zur Montage vorzusehen.

Für die Steckdosenkombinationen sind vorzugsweise Produkte der Fa. Gifas, Elspro, Jube einzusetzen.

Bei Auswahl der Steckdosen ist die Einstufung der Räume hinsichtlich möglicher Ex-Gefährdungen zu berücksichtigen.

1.3.11.5 **Kraftsteckdosen**

An durch den AG/GPL vorgegebenen Räumlichkeiten und Orten sind einzelne Kraftsteckdosen in der Größe 125 A anzubringen. Alle Kraftsteckdosen sind dauerhaft und gut sichtbar bzw. lesbar nach KKS zu beschriften. Alle Kraftsteckdosenstromkreise sind mit einem 0,03 A FI-Schalter auszurüsten. Die normale Montagehöhe beträgt 110 cm OkFFB. Alle Kraftsteckdosen sind mit einem Rechtsdrehfeld zu installieren.

1.4 Prüfungen

Es sind über den spezifizierten Prüfumfang hinaus alle Prüfungen durchzuführen und nachzuweisen, die zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Funktion erforderlich sind.

Folgende Prüfungen sind vor und nach der Inbetriebnahme mindestens pro Steckdose bzw. Lampenstromkreis durchzuführen:

- Isolationsprüfung aller Außenleiter gegen Erde
- Durchgängigkeit des Schutzleiters mit Angaben des Leiterwiderstandes
- Erdungswiderstand (Steckdosen- und Leuchtenstromkreise)
- Schleifenimpedanz
- Auslösezeit und Auslösestrom des FI's bei Fehlerstrom
- Funktion der Prüftaste des FI's
- Berührungsspannung
- Drehfeld (Rechtsdrehfeld)

- Spannung zwischen L und PE
- Netzfrequenz
- Oberwellen (bis 82. Harmonische wegen EVG)

Für alle Prüfungen sind komplette Prüfnachweise (Protokolle) zu erbringen. Bei den Protokollen muss der Stromkreis, die Verteilungs-Nr. (KKS) sowie der Raum (Raum-Nr.) gut zuordenbar sein.

Nachträgliche Eintragungen per Hand in die Protokolle sind nicht zulässig.

1.4.1 Stückprüfungen

Stückprüfungen nach den einschlägigen Vorschriften sind für alle Beleuchtungs- und Kraftverteilungen mit den Einbaugeräten auszuführen und durch Prüfnachweise zu belegen.

1.4.2 Abnahmeprüfung auf der Baustelle

Überprüfung der vollständigen und ordnungsgemäßen Montage sowie der vollständigen Bezeichnungen nach dem KKS-System.

Zur Abnahme gehört auch ein messtechnischer Nachweis der geforderten Beleuchtungsstärke aller Räume.

Vor Endabnahme ist an allen Leuchten ein Leuchtmitteltausch vorzunehmen.

1.5 Dokumentation

Die Dokumentation für den Bereich Installation umfasst min. folgende Inhalte:

- Prüfnachweise
- Konformitätsnachweise
- Schaltbücher
- Berechnungs- und Auslegungsgrundlagen der Beleuchtung.

Die Schaltbücher der einzelnen Verteilungen und der Steckdosenverteiler sind entsprechend der Musterschaltpläne auszuführen. Der Aufbau hat folgenden Schemata zu entsprechen:

- Deckblatt
- Inhaltsverzeichnis
- Anlagenschema *
- Anordnungsplan: Schrankinnenansicht und Schrankaußenansicht mit Betriebsmittelkennzeichnung
- Stromlaufpläne getrennt nach Einspeisungen, Abgänge, Meldekreis
- Klemmenpläne *
- Kabelpläne zum Schaltschrank (externe Kabel)
- Geräteliste *

* ... entfällt bei Steckdosenkombination

Bei der Stromlaufplanerstellung ist unbedingt darauf zu achten, dass die KKS-Zählteilnummerierung eingehalten und gepflegt wird.

Weiterhin sind die Spezifikation C6.1 „CAD-Vorgaben“ und die Spezifikation C1.15 „Enddokumentation“ zu berücksichtigen.

2 KABELWEGE

2.1 Geltungsbereich

Das vorliegende technische Konzept enthält allgemeingültige Bedingungen für die Anordnung und Ausführung der Kabelwege, für die Kabelverlegung, die Brandschottung von Durchbrüchen für Kabel sowie die Kennzeichnung von Kabelwegen.

Dieses Technische Konzept ist für alle Lieferungen und Leistungen für Kabelwege, Kabelverlegung, Brandschottungen und Kabelwegekennzeichnung verbindlich. Es gilt in der jeweils letzten Fassung.

2.2 Allgemeine Bestimmungen, Vorschriften, Richtlinien, Empfehlungen

Es gelten die einschlägigen Normen, Bestimmungen, Regeln, Richtlinien und Empfehlungen von: IEC, EN (nur in Abhängigkeit/Verbindung mit DIN VDE),

DIN, DIN VDE, VDEW, VGB, UVV (VBG) usw. insbesondere:

- DIN VDE 0100: Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V
- DIN VDE 0101: Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV
- DIN VDE 0105/100: Bestimmungen für den Betrieb von Starkstromanlagen
- DIN VDE 0132: Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen
- DIN VDE 0298: Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen
- VDE 0639: Kabelträgersysteme, allgemeine Festlegungen
- DIN 4102/Teil 12: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen. Anforderungen, Prüfungen
- VGB-R 108: VGB - Richtlinie "Brandschutz im Kraftwerk"
- LAR Leitungsanlagen-Richtlinie

Abweichungen von den vorgenannten Vorschriften und Spezifikationen sind grundsätzlich mit dem AG / Planer schriftlich abzustimmen.

Sollten sich einzelne Punkte innerhalb einer der vorstehend genannten Unterlagen widersprechen, so gilt jeweils diejenige Fassung, welche dem AG die weitergehenden Rechte bzw. die bessere Ausführung zusichert. Dies gilt auch für die Ausführungsrichtlinien und den Liefer- und Leistungsumfang.

Kabel und Leitungen sind generell muffenfrei zu verlegen.

2.3 Anforderungen

Kabelwege und Kabelanordnung sind so zu gestalten, dass eine hohe Zuverlässigkeit der Energie- und Signalübertragung sowie eine übersichtliche und weitgehend kreuzungsfreie Kabelverlegung gewährleistet sind.

Kabeltragekonstruktionen sind entsprechend der zu erwartenden mechanischen und den Beanspruchungen durch Korrosion zu dimensionieren. Bei Verlegung von Kabeln mit Funktionserhalt im Brandfall müssen die Kabelkonstruktionen auch den thermischen Beanspruchungen während der für den Funktionserhalt festgelegten Zeitdauer standhalten.

Die Komponenten der Kabelwege sollen aus serienmäßig vorgefertigten Einzelteilen bestehen, um den Montaufwand auf der Baustelle zu minimieren.

2.4 Kabelwege

2.4.1 Definitionen

Die Kabelverlegung erfolgt auf Kabeltrassen, die in Haupt- und Stichkabeltrassen unterteilt werden: Hauptkabeltrassen sind anlagenübergreifende Kabelwege, die vom Planer festgelegt und vorgegeben sowie durch den AN des INS-Paketes erweitert werden

Stichkabeltrassen sind Kabelwege zu Komponenten oder Komponentengruppen, die von dem für die Kabeltrassenausrüstung beauftragten AN zu planen und mit der Bauleitung abzustimmen und örtlich anzupassen sind

2.4.2 Redundante Kabeltrassen

Als redundante Kabeltrassen gelten:

- räumlich getrennte Kabelwege, die mindestens den Feuerwiderstandsklassen F oder I mit einer Feuerwiderstandsdauer von 90 min genügen (DIN 4102),
- getrennte Rohre in erdverlegten Rohrtrassen bei entsprechender Schottung in den Kabelziehbauwerken,
- gegenüberliegende Pritschenreihen in zweiseitig belegten, begehbaren Kabelkanälen mit stationärer Feuerlöschanlage.

Grundsätzlich auf redundanten Kabeltrassen sind zu führen:

- sich reservierende Kabel für Doppeleinspeisungen von Schaltanlagen,
- sich reservierende Kabel für Schutz und Steuerung,
- Kabel zu sich reservierenden Komponenten, Aggregaten oder Anlagenkomplexen.

2.4.3 Anforderungen an Kabelwege bezüglich des Brandschutzes

2.4.3.1 Kabeltrassen mit Funktionserhalt

Für Kabel mit Funktionserhaltsklasse E90 sind die Kabeltrassen mit integriertem Funktionserhalt für die Funktionserhaltsklasse E90 vorzusehen (feuerbeständige brandgeprüfte Tragsysteme nach DIN 4102/12).

2.4.3.2 Anforderungen an den Brandschutz (VGB-R 108)

Die Festlegungen zur Ausrüstung der Kabelanlagen mit Brandschutzeinrichtungen werden im Brandschutzkonzept getroffen.

Bei der Anordnung der Kabeltrassen ist die Einhaltung folgender Mindestgangabmessungen in begehbaren Kabelbauwerken (nach Kabelverlegung) zu gewährleisten (H x B):

Flucht- und Rettungswege:

2,10 m x 1,00 m

In begründeten Einzelfällen kann nach Abstimmung mit dem AG in Teilbereichen die Breite auf 0,80 m und die Höhe auf 2,00 m reduziert werden.

Überwachungsgänge:

2,10 m x 0,50 m.

Entfernung bis zum nächstgelegenen Ausgang:

gemäß Brandschutzkonzept und Arbeitstättenrichtlinie ASR10/1(Regellänge:35 m bei vorhandener Löschanlage, sonst 25 m)

2.5 Trassenausrüstung

2.5.1 Kabelbauwerke und freiverlegte Kabeltrassen

2.5.1.1 Haupt- und Stichkabeltrassen

Kabelpritschen und Steigetrassen werden aus vorgefertigten Bauteilen in schwerer Ausführung auf der Baustelle installiert und gemäß Spezifikation C4.7 „Erdung, Blitzschutz, Potenzialausgleich“ elektrisch leitend verbunden. Beim Regelabstand der Stiele bzw. Ausleger für die Kabelpritschen von 1500 mm muss eine Tragfähigkeit der Kabelpritschen von 1,5 kN/m gewährleistet sein. Die Kabelpritschenbreite auf den Hauptkabeltrassen ist grundsätzlich 600 mm (Kabelpritschen für Kabel mit Funktionserhalt im Brandfall: 500 mm), die Holmhöhe beträgt 60 mm, der Sprossenabstand 300 mm.

Die Materialstärke beträgt mindestens 1,5 mm.

Die Befestigung der Kabelpritschen erfolgt bei frei im Raum verlaufenden Trassen an Auslegern, die ein- bzw. doppelseitig an Raum-, Decken- oder Standstielen befestigt sind. Bei Kabeltrassen, die entlang von Betonwänden verlaufen, werden die Ausleger an Wandstielen, an Halfenschienen oder mit Schwerlastdübeln befestigt. An Stahlkonstruktionen werden die Ausleger angeklammert. Für den Anschluss der Kabeltrassen an Stahlkonstruktionen ist die Spezifikation C3.1 „Stahlbau- und Schlosserarbeiten“ zu berücksichtigen.

Kabelpritschen sollen weitgehend ohne Rüstung oder mit nur geringem Rüstungsaufwand, d.h. ≤ 4 m Höhe erreichbar sein.

Für vertikale Kabelwege sind Steigetrassen mit Kabelleitern vorzusehen, die ober- und unterhalb von Decken bzw. an abgestimmten und für diese Nutzung vorgesehenen Stahlkonstruktionen der Gebäude oder des Sekundärstahlbaus abgefangen (befestigt) werden. Die Kabel sind mit Schellen zu befestigen.

Für Stichkabeltrassen bzw. Einzelkabel sollen vorzugsweise Drahtgitterrinnen oder Schutzrohre verwendet werden.

Falls eine Rohrverlegung nicht möglich ist (z.B. auf dem letzten Teilstück vor der Einführung am Verbraucher) sind die Kabel durch geeignete Maßnahmen vor mechanischen Beschädigungen zu schützen.

Für Gebäudeinstallationen kommen je nach Örtlichkeit und Einsatzbeanspruchung neben Stahlpanzerrohren auch Kunststoffpanzerrohre, Installationskanäle oder Fensterbankkanäle (ggf. mit Trennwand für unterschiedliche Kabelarten) zur Anwendung.

2.5.1.2 Korrosionsschutz

Kabeltragesysteme, Stützkonstruktionen und Sonderkonstruktionen sind auf eine Lebensdauererwartung auszulegen, die der Lebensdauer des Kraftwerks entspricht.

Die Bauteile sind durch Verzinken nach DIN EN ISO 1461 (Tauchverzinkung mit Mindeststärke des Materialauftrags von 40 μm) dauerhaft vor Korrosion zu schützen.

Kabeltrassen in Bereichen mit erhöhter Korrosionsgefahr (mit Chemikalien belastet) sind dauerhaft widerstandsfähig gegen die Korrosionsgefährdung (Beschichtung; Edelstahl) auszuführen. An Säureböden befestigte Trassenstiele sind in Beton bzw. Fliesen in der üblichen Sockelhöhe des Gesamtraumes einzubetten.

Montagebedingte Verletzungen der Korrosionsschutzbeschichtung (Schnittstellen, Schweißstellen in Ausnahmefällen) sind durch Kaltverzinkung und ggf. zusätzlicher Oberflächenbeschichtung nachzubehandeln.

2.5.1.3 Kabeldurchtritte

Kabelpritschen oder -leitern dürfen nicht durch wasser- oder luftdichte Abschlüsse hindurchgeführt werden. Sie enden mindestens 500 mm vor und nach der Durchtrittsstelle.

Die Anforderungen zu den Maximalabständen der Befestigung vor bzw. nach Kabelschotten sind gemäß der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen dieser Brandschotte zu berücksichtigen.

2.5.2 Rohrtrassen im Erdreich

Sofern im Außenbereich keine begehbaren Kabelkanäle Anwendung kommen, sind für die Kabel erdverlegte Rohrbündel mit Kabelziehbauwerken vorzusehen.

Zur Anwendung kommen PE-Rohre hoher Dichte (PE-HD nach DIN 8074) ausnahmsweise auch Stahl- oder Steinzeugrohre, mit Rohrdurchmessern von 100 bis 150 mm

- Vorzugslösung: PE-HD nach DIN 8074 und DIN 8075
- Ausführung: starr
- Rohraußendurchmesser: 125 mm
- Wandstärke: ca. 7-10 mm

Bei Bündelverlegung soll der lichte Abstand zwischen den Einzelrohren etwa 80 mm betragen. Hierfür sind Abstandshalter aus nicht verrottbarem Material zu verwenden.

Zur Verbindung der Rohrschüsse sind Steckmuffen mit Gummidichtungen zu verwenden.

Mindestlegetiefe (Überdeckung bis OK Gelände bzw. OK Schiene):

- allgemein 0,6 m
- unter Straßen 0,8 m
- unter Gleisen mit Schwellenunterbau ca. 1,20 m

Kreuzungen mit Verkehrswegen sollen rechtwinklig erfolgen. Bei Gleiskreuzungen und Schwerlasttransportwegen ist zusätzlicher Schutz der Rohre (Betondecke) mit dem Bauplaner festzulegen.

Nach Ihrer Verlegung sind die Rohre durch den ausführenden AN Bau beidseitig mit Mauerdurchführungen abzudichten. Bei starken Richtungsänderungen oder Rohrbögen sind die Rohre mit eingelegtem Vorseil (z.B. Stahlseil 4 ...5 mm \varnothing) oder Hilfsseil zu verlegen. Der 2fache zulässige Biegeradius des Kabels mit dem größten zulässigen Biegeradius darf bei Richtungsänderung der Rohre nicht unterschritten werden. Bei geradlinigen Rohrstrecken wird das Hilfs- oder Vorseil mit Druckluft eingeschossen.

Schirmung und Blitzschutz der Rohrtrassen werden gemäß Spezifikation C4.7 „Erdung, Blitzschutz, Potenzialausgleich“ ausgeführt.

Kabelziehbauwerke sind bei wesentlichen Richtungsänderungen sowie bei Abzweigungen und Kreuzungen von Kabeltrassen vorzusehen. Bei geradlinigem Trassenverlauf gelten folgende Richtwerte für die Abstände der Bauwerke:

- allgemein (anzustrebende Länge): 80 m
- Maximalwerte (nur Leistungskabel): 200 m
- Maximalwerte (LT-Kabel oder gemischte Belegung): 100 m.

2.6 Kabelpritschenbelegung

MS-Leistungskabel (Level A), NS-Leistungskabel und Steuerkabel > 60 V (Level B) sowie Steuerkabel ≤ 60 V, Leittechnik- und Kommunikationskabel (Level C) sind auf getrennten Kabelpritschen zu verlegen. Der Abstand zwischen den Kabelpritschen beträgt prinzipiell 300 mm, in beengten verfahrenstechnischen Bereichen und kürzeren Trassen ist ein geringerer Kabelpritschenabstand - minimal jedoch 200 mm - in Ausnahmefällen möglich.

Dabei sind die Mindestabstände der Leittechnikkabel von 300 mm zu Level B und 600 mm zu Level A für eine ausreichende elektromagnetische Abschirmung einzuhalten.

Bei der Trassenplanung ist eine Reserve von 35 % vorzusehen.

Die Belegung der Level erfolgt von oben nach unten:

- Kabelpritschen für Kabel mit Funktionserhalt (mit dem Planer abzustimmen)
- Level C (mit mehrlagiger Belegung)
 - Leittechnikkabel < 60 V binär und analog
 - Messkabel
 - Lichtwellenleiter
 - Kommunikationskabel < 60 V
 - Steuerkabel < 60 V
 - Leistungskabel 24 V
- Level B (mit ein- bis dreilagiger oder Dreierbündelbelegung unter Beachtung der Holmhöhe)
 - NS-Leistungskabel < 1000 V
 - Steuerkabel > 60 V
- Level A (mit einlagiger Belegung bzw. Dreierbündelverlegung bei Einleiterkabelsystemen)
 - MS-Leistungskabel

2.7 Brandschottung und Verschluss von Gebäudeeinführungen

Verschlüsse sind erforderlich bei Kabel-Durchtritten aus Kabelkanälen oder Gebäuden in das Erdreich (direkt oder in Rohrtrassen). Die Verschlüsse sind wasserdicht mit geeigneten Durchführungen, z.B. Hauff-Dichtpackungen mit Schutzfolien und Einsätzen in Gummi- bzw. Silikontechnik, auszuführen. Kernbohrungen sind durch Rohrdichtungen, Fabrikat Hauff (Typ HRD) oder gleichwertig, zu verschließen.

Kabelbrandabschottungen sind erforderlich bei Kabel-Durchtritten durch Bauteile mit Brandschutzanforderungen wie zum Beispiel feuerbeständige Wände, Brandwände, feuerbeständige Decken, unter Schaltanlagen und zwischen Brandabschnitten in Kabelkanälen und -schächten.

Kabelbrandabschottungen sind erforderlich bei Kabel-Durchtritten durch Brandwände, Branddecken, unter Schaltanlagen und zwischen Brandabschnitten in Kabelkanälen und -schächten.

Die Ausführung erfolgt entsprechend Dichtheitsanforderungen vorzugsweise mit Weichschotten auf Mineralfaserbasis z.B. Fabrikat SVT. Die durchlaufenden Kabel sind auf einer Länge von mind. 200 mm mit dem Schottanstrich zu versehen, entsprechend den Vorschriften bzw. Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Brandabschottung.

Unter Sonderbedingungen wie Freibewitterung, Stauwasseranfall oder erhöhten mechanischen Beanspruchungen sind Mörtelschotts einzusetzen und bei Notwendigkeit gegen Feuchtigkeit durch Schutzanstriche zu schützen.

Für ausgewählte Kabeltrassenabschnitte (z.B. Kreuzung gesicherter Rettungswege) sind F 90- oder E 90 - Brandschutzverkleidungen vorzusehen.

Kabelbrandabschottungen müssen folgenden Feuerwiderstandsklassen (DIN 4102) entsprechen:

- Kabelschottungen in feuerbeständigen Decken und -wänden, unter Schaltschränken und zwischen Kabelkanal – Brandabschnitten S 90
- Kabelschottungen zwischen Schaltschränken und aufgestellten Kabelböden S 30, entfällt bei Schaltanlagenräumen mit zentraler Kühllüftung von unten und gemeinsamen Brandschutzbereich Schaltanlage aufgestellter Kabelboden.
- Brandschutzkanäle/Brandschutzbekleidungen E90/I90
- Temporäre Kabelschottungen S 30

2.8 Kabeltrassenkennzeichnung

Die Kennzeichnung der Kabeltrassen erfolgt 16stellig auf der Basis des KKS-Firmenstandards.

Die Flurkoten (Höhe Fertigfußboden) von Kabelräumen (bezogen auf Kraftwerks- $\pm 0,00$) sowie von 600 mm abweichende Pritschenbreiten werden auf den Trassenplänen angegeben.

2.9 Dokumentation

Weiterhin sind die Spezifikation C6.1 „CAD-Vorgaben“ und die Spezifikation C1.15 „Enddokumentation“ zu berücksichtigen.

Die Kabeltrassen sind wie folgt zu dokumentieren (endrevidiert):

- Trassenpläne (Kabeltrassenverläufe)
- Trassenausführungspläne (Trassenquerschnitte, Anzahl der Pritschen bzw. Rohre, Levelzuordnung)
- Belegungsichte zu den Trassenquerschnitten zum Auszug Kabelliste
- gültige Prüfzeugnisse und Zulassungen nach DIN 4102 für sämtliche Abschottungssysteme und für Tragsysteme von Kabeltrassen mit Funktionserhalt im Brandfall.

Die Kabelbrandschotts sind in einer Zusammenstellung mit folgenden Angaben zu dokumentieren:

- Typ
- Zulassungs-Nr.
- Größe
- Ortsangabe

3 VERKABELUNG

3.1 Aufgabenstellung

In dieser Spezifikation werden alle Kabelquerschnitte und die Anzahl der parallelen Kabel für die Mittelspannungskabel sowie die Einspeisekabel zu den Niederspannungsschaltanlagen und NS-Gleichspannungskabel ermittelt. Weiterhin werden die Dimensionierungsgrundsätze für sämtliche Kabel benannt und das vorgesehene Kabelmanagement erläutert.

3.2 Allgemeine Angaben, Vorschriften

Die Berechnung erfolgt gemäß VDE-Vorschriften:

Tabelle: Kabeldimensionierung (gültige Normen)

| Bezeichnung/Inhalt | VDE | DIN EN |
|--|---|---------|
| Errichten von Starkstrom- und Niederspannungsanlagen | VDE 0100 Teil 410 Teil 430/Teil 520 | - |
| Kurzschlussströme in Drehstromnetzen | VDE 0102 | 60909-0 |
| Kurzschlussströme – Berechnung der Wirkung | VDE 0103 | 60865-1 |
| Starkstromkabel | VDE 0276 Teil 603 Teil 1000 | - |
| Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen | VDE 0298 Teil 4 | - |

3.3 Reduktionsfaktoren

3.3.1 Verlegung von Kabeln in Luft

Unter Berücksichtigung der von den Nennbedingungen abweichenden Verlegebedingungen hinsichtlich höherer Umgebungstemperaturen und der Häufung von Kabeln ergibt sich eine Reduzierung der zulässigen Strombelastbarkeit. Diese Reduzierung wird durch Umrechnungsfaktoren bestimmt, die in DIN VDE 0276-1000 beschrieben sind. Die tatsächliche Belastbarkeit eines Kabels wird wie folgt ermittelt:

$$I_Z = I_R \cdot f_{\text{ges}}$$

I_Z = Zulässige Strombelastbarkeit des Kabels

I_R = Nennstrom des Kabels

f_{ges} = Umrechnungsfaktor aufgrund von abweichenden Betriebsbedingungen

Im Sinne der rationellen Kabeldimensionierung ist es zweckmäßig mit einheitlichen Minderungsfaktoren für in Luft verlegte Leistungskabel zu rechnen. Es kann somit auf die individuelle Betrachtung der einzelnen Kabel und Verlegearten verzichtet werden. Damit ist es möglich für die Montage eine handhabbare Verlegevorgabe zu erstellen.

3.3.2 Einteilung in Kabelgruppen

Um den technischen und normativen Anforderungen zu genügen, aber auch einer wirtschaftlichen Auslegung gerecht zu werden, muss mit 2 verschiedenen Gesamtminderungsfaktoren f_{ges} gerechnet werden.

Hierbei werden alle Kabel in drei Kabelgruppen unterteilt.

Kabelgruppe 1:

Reduktionsfaktor für die Verkabelung des EB Netzes.

Als Standardminderungsfaktor wird $f_{\text{ges}} = 0,7$ verwendet.

Kabelgruppe 2 und 3:

Reduktionsfaktor für Kabel von Verbraucheranschlüssen in verfahrenstechnischen Bereichen.

Als Standardminderungsfaktor wird $f_{ges} = 0,64$ verwendet.

Für die Auslegung der Zuleitungen der MS-Motoren werden die für den jeweiligen Bereich geltenden, genauen, Reduktionsfaktoren herangezogen.

Bei gemeinsamer Verlegung von Kabeln der Kabelgruppe 1 mit Kabeln der Kabelgruppe 2 auf einer Trasse wird für beide Kabeltypen $f_{ges} = 0,64$ verwendet.

Die Einteilung in Kabelgruppen entbindet den AN nicht von der Pflicht bei möglichen Abweichungen von den festgelegten Gesamtminderungsfaktoren deren Anwendbarkeit im Einzelfall zu prüfen. Insbesondere bei der Verlegung in Kabelleerrohren ist möglicherweise mit niedrigeren Gesamtreduktionsfaktoren zu rechnen.

3.3.2.1 Kabelgruppe 1 - Reduktionsfaktoren für Verkabelung des EB-Netzes

In dieser Gruppe werden folgende Kabelverbindungen zusammengefasst:

- Mittelspannungs-1-Leiter Kabel, verlegt als Dreierbündel von den EB-Transformatoren zu den 10 kV Haupteinspeisungen der MS-Schaltanlage von den 10 kV Abgangsfeldern zu den NS-Transformatoren
- Niederspannungs-Einleiter-Kabel, verlegt als Dreierbündel
- Kupplungsverbindungen zwischen den Halbschienen 1 und 2 von NS-Schaltanlagen (im Einzelfall zu genehmigen, standardmäßig sind hier Hochstromschienenverbindungen vorzusehen).

In die Ermittlung des Reduktionsfaktors für die Kabelgruppe 1 gehen folgende Einflussgrößen ein:

- Umgebungstemperatur:
 - +35°C für Kabelgeschosse
 - +30°C für Kabelkanäle
 - +28°C für E- und Leittechnikräume
- Anzahl der Kabeltrassen übereinander

Dabei wird der max. Wert von +35°C als Berechnungsgrundlage verwendet. Weiterhin werden in der Kabelgruppe 1 ausschließlich halogenfreie Kabel eingesetzt.

Fallbeispiel:

Im folgenden Beispiel wurden 6 horizontale Kabeltrassen übereinander, und je Pritsche 3 Systeme im Dreierbündel mit Abstand $2 \times d$ verlegte Einleiterkabel betrachtet.

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 1

| | | |
|-----------|-------|--|
| f_1 | 0,96 | Umgebungstemperatur 35°C, aus VDE 0276 Teil 1000 Tabelle 12 |
| f_2 | 0,87 | (Anzahl der Trassen übereinander = 6 Trassen, drei Systeme nebeneinander), VDE 0276 Teil 1000 Tabelle 10 |
| f_{ges} | 0,835 | $f_{ges} = f_1 \cdot f_2$ |

Rechnerisch ergibt sich der Gesamtreduktionsfaktor zu $f_{ges} = 0,835$. Dieser übersteigt den zulässigen Gesamtreduktionsfaktor von 0,7. In diesem Falle wird also ein Gesamtreduktionsfaktor von 0,7 angewendet.

3.3.2.2 Kabelgruppe 2 - Reduktionsfaktoren für verfahrenstechnische Bereiche mit einer Umgebungstemperatur von max. 35°C

In dieser Gruppe werden die Kabelverbindungen von Schaltanlagen zu Verbrauchern (z.B. Motoren) in verfahrenstechnischen Bereichen zusammengefasst, in denen mit einer max. Umgebungstemperaturen von 35°C und gegebenenfalls mit der ständigen Einwirkung von Wasser zu rechnen ist (PVC-Kabel).

In die Ermittlung des Reduktionsfaktors für die Kabelgruppe 2 gehen folgende Einflussgrößen ein:

- Umgebungstemperatur:
 - +35°C für Kabelgeschosse
 - +30°C für Kabelkanäle
 - +28°C für E- und Leittechnikräume
 - +35°C für Versorgungsbereiche
- Anzahl der Kabeltrassen übereinander
- mehrlagige Verlegung (Häufung)
- Faktor für den Aussetzbetrieb

Damit wird der max. Wert von +35°C als Berechnungsgrundlage verwendet.

Fallbeispiel 1:

Im folgenden Beispiel wurden 6 horizontale Kabeltrassen und, je Pritsche, eine 3-lagige Kabelverlegung betrachtet.

Reduktionsfaktoren für VPE Kabel:

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 2, Verlegeart 1, VPE-Kabel

| | | |
|------|------|---|
| f1 | 0,96 | Umgebungstemperatur 35°C, aus VDE 0276 Teil 1000 Tabelle12 |
| f2 | 0,66 | Anzahl der Trassen übereinander = 6, 9 Kabel nebeneinander. VDE 0276 Teil 1000 Tabelle 11 |
| f3 | 0,72 | Mehrlagige Verlegung (Häufung, angenommener Faktor, da für die mehrlagige Verlegung von Kabeln auf Kabelpritschen in der VDE 0276 kein genauer Faktor gegeben ist. Siehe Buch „Kabel und Leitungen für Starkstrom“, 5.Auflage 1999, Pirelli Verlag) |
| fAB | 1,41 | Faktor für den Aussetzbetrieb |
| fges | 0,65 | $f_{ges} = f1 \cdot f2 \cdot f3 \cdot fAB$ |

Daraus ergibt sich für die Verlegeart 1 (VPE) ein Reduktionsfaktor von $f_{ges} = 0,65$

Reduktionsfaktoren für PVC Kabel:

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 2, Verlegeart 1, PVC-Kabel

| | | |
|----|------|--|
| f1 | 0,94 | Umgebungstemperatur 35°C, aus VDE 0276 Teil 1000 Tabelle12 |
| f2 | 0,66 | Anzahl der Trassen übereinander = 6, 9 Kabel nebeneinander. VDE 0276 Teil 1000 Tabelle 11 |
| f3 | 0,72 | Mehrlagige Verlegung (Häufung, angenommener Faktor, da für die mehrlagige Verlegung von Kabeln auf Kabelpritschen in der VDE 0276 kein genauer |

| | | |
|------------------|------|---|
| | | Faktor gegeben ist. Siehe Buch „Kabel und Leitungen für Starkstrom“, 5. Auflage 1999, Pirelli Verlag) |
| f _{AB} | 1,41 | Faktor für den Aussetzbetrieb |
| f _{ges} | 0,63 | $f_{ges} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_{AB}$ |

Daraus ergibt sich für die Verlegeart 1 (PVC) ein Reduktionsfaktor von $f_{ges} = 0,63$

Fallbeispiel 2:

Für die Verlegung von 3 mehradrigen Kabeln in einem Kabelleerrohr in Luft/Beton gemäß DIN VDE 0298-4, Tabelle 9.

Reduktionsfaktoren für VPE Kabel:

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 2, Verlegeart 2, VPE-Kabel

| | | |
|------------------|------|---|
| f ₁ | 0,96 | Umgebungstemperatur 35°C, aus VDE 0276 Teil 1000 Tabelle12 |
| f ₂ | 1 | Ermittelt aus dem zul. Nennstrom und der Belastbarkeit laut DIN VDE 0298 Tabelle 5, Verlegeart B2 |
| f ₃ | 0,57 | 3 mehradrige Kabel im Rohr nach DIN VDE 0298-4 Punkt 5.3.3.2.2 |
| f _{ges} | 0,54 | $f_{ges} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$ |

Rechnerisch ergibt sich der Gesamtreduktionsfaktor zu $f_{ges} = 0,54$

Reduktionsfaktoren für PVC Kabel:

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 2, Verlegeart 2, PVC-Kabel

| | | |
|------------------|------|---|
| f ₁ | 0,94 | Umgebungstemperatur 35°C, aus VDE 0276 Teil 1000 Tabelle12 |
| f ₂ | 1 | Ermittelt aus dem zul. Nennstrom und der Belastbarkeit laut DIN VDE 0298 Tabelle 5, Verlegeart B2 |
| f ₃ | 0,57 | 3 mehradrige Kabel im Rohr nach DIN VDE 0298-4 Punkt 5.3.3.2.2 |
| f _{ges} | 0,53 | $f_{ges} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$ |

Rechnerisch ergibt sich der Gesamtreduktionsfaktor zu $f_{ges} = 0,53$

Dieser Fall ist im Einzelnen zu prüfen und gegebenenfalls der errechnete, geringere Reduktionsfaktor anzuwenden. Werden die Verbraucher im Aussetzbetrieb betrieben, kann sich ein höherer Reduktionsfaktor ergeben ($f_{AB}=1,41$). Sind die Verbraucher Dauerläufer muss in diesem Fall der errechnete Gesamtreduktionsfaktor von 0,53 zugrunde gelegt werden.

3.3.2.3 Kabelgruppe 3 - Ausgewählte Bereiche im Dampferzeuger und GT- und DT Maschinenhaus mit einer Umgebungstemperatur von max. 45°C

In die Ermittlung des Reduktionsfaktors für die Kabelgruppe 3 gehen folgende Einflussgrößen ein:

- Umgebungstemperatur:
 - +35°C für Kabelgeschosse
 - +30°C für Kabelkanäle
 - +28°C für E- und Leittechnikräume

- +45°C für Kesselhaus, Maschinenhaus

Damit wird der max. Wert von +45°C als Berechnungsgrundlage für die Teilstücke im Dampferzeuger verwendet. Weiterhin werden in der Kabelgruppe 3 ausschließlich halogenfreie Kabel eingesetzt.

Anzahl der Kabeltrassen übereinander

Mehrlagige Verlegung (Häufung)

Faktor für den Aussetzbetrieb

Fallbeispiel:

Für 6 übereinander, horizontal angeordnete Kabeltrassen und eine 3-lagige Kabelverlegung je Pritsche ergibt sich für dieses Beispiel:

Reduktionsfaktoren für VPE Kabel

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 3, VPE-Kabel

| | | |
|------|------|--|
| f1 | 0,87 | Umgebungstemperatur 45°C, aus VDE 0276 Teil 1000 Tabelle 12 |
| f2 | 0,66 | Anzahl der Trassen übereinander = 6, 9 Kabel nebeneinander. VDE 0276 Teil 1000 Tabelle 11 |
| f3 | 0,72 | Mehrlagige Verlegung (Häufung, angenommener Faktor, da für die mehrlagige Verlegung von Kabeln auf Kabelpritschen in der VDE 0276 kein genauer Faktor gegeben ist. Siehe Buch „Kabel und Leitungen für Starkstrom“, 5. Auflage 1999, Pirelli Verlag) |
| fAB | 1,41 | Faktor für den Aussetzbetrieb |
| fges | 0,58 | $f_{ges} = f1 \cdot f2 \cdot f3 \cdot fAB$ |

Daraus ergibt sich für die Verlegeart 1 (VPE) ein Gesamtreduktionsfaktor von $f_{ges} = 0,58$

In diesem Bereich wird der zuvor mit 0,64 festgelegte Reduktionsfaktor leicht unterschritten. Dies kann jedoch aufgrund von erfahrungsgemäß geringer ausfallenden Belastungszuständen toleriert werden um auch hier den mit 0,64 festgelegten Gesamtreduktionsfaktor zu verwenden.

3.3.2.4 Kabel in erdverlegten Kabelschutzrohren

Im Gegensatz zu den präzisen Vorgaben für die Ermittlung von Minderungsfaktoren für fast alle in der Praxis vorkommenden Verlegearten in Luft und direkt in Erde nach DIN VDE 0276-1000, gibt es für die Verlegung von Kabeln in erdverlegten Schutzrohren keine vergleichbaren Vorgaben. Lediglich in DIN VDE 0298 Teil 4 werden in Tabelle 25 Umrechnungsfaktoren für die „Häufung von Kabeln oder ummantelten Installationsleitungen in Elektroinstallationsrohren oder Kabelschächten im Erdboden“ angegeben.

Betrachtet wird dort aber nur die einlagige Verlegung, die Verlegetiefe wird hierbei nicht variiert, ausgegangen wird von 0,7 m. Für Rohrpakete mehrlagig übereinander gibt es keine Vorgaben.

Diese Verlegeform tritt so nicht, oder höchstens, in idealen Ausnahmefällen auf. In der Regel werden mehrlagige Anordnungen mit bereits für die obere Lage deutlich mehr Überdeckung als 0,7 m genutzt.

Mit zunehmender Verlegetiefe verringern sich die Umgebungstemperatur und im Allgemeinen auch der spezifische Erdbodenwärmewiderstand, da die tieferen Regionen des Bodens meist feuchter sind und gleichmäßiger feucht bleiben als die oberen Lagen. Für die üblichen Legetiefen der NS- und MS-Kabel wird deshalb angenommen, dass die erforderliche Reduktion der Belastbarkeit durch die günstigeren Bedingungen kompensiert wird. Aus diesem Grunde wird bei der Änderung der

Legetiefe von einer Reduktion der Belastbarkeit bei Verwendung der Tabelle in Tabelle 25 von DIN VDE 0298 Teil 4 abgesehen.

Weiterhin ist zu beachten, dass in diesen Bereichen mit der ständigen Einwirkung von Wasser zu rechnen ist (Kabelzugschächte, Leerrohre). Aus diesem Grund ist die Verlegung von halogenfreien Kabeln in diesen Bereichen nicht zulässig.

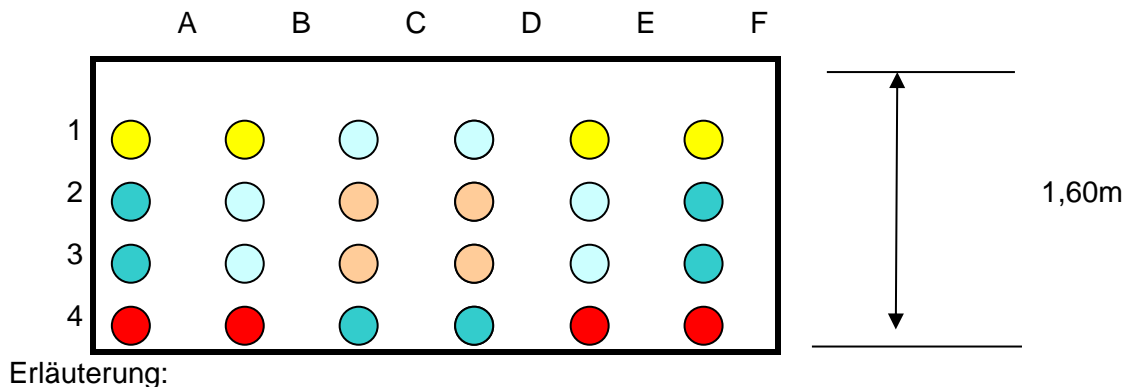
Für die vereinfachte Ermittlung des Übertragungsvermögens von Kabeln, die in erdverlegten mehrlagigen Kabelschutzrohrpaketen verlegt werden, gelten die folgenden Voraussetzungen und Annahmen:

3.3.2.4.1 Belastungsgrad

- Der Abstand zwischen den Rohren (Abstand zwischen den Rohraußenwänden) beträgt sowohl in der Ebene als auch zwischen den Lagen mindestens 9 cm.
- Anwendung des Belegungsschemas für die Rohrlagen, in dem hoch belastete Kabel nur in Außenbereichen der Rohrpakete verlegt werden.
- Analog zu der für die in Luft verlegten Kabel getroffenen Annahme wird davon ausgegangen, dass die Auslastung der in einem Rohrpaket verlegten Kabel in Summe 0,5 ist. Daraus leitet sich, wie beschrieben, ein Korrekturfaktor von $f_{AB}=1,41$ ab, mit dem die Gesamtreduktion multipliziert wird.
- Verlegeordnung

Entscheidend für die effektive Anwendung der Verlegeart „Kabel in erdverlegten Schutzrohr“ ist die Planung und Einhaltung der Rohrbelegung. Dabei gilt der Grundsatz, dass die Kabel-leerrohre so zu bestücken sind, dass die Wärmeabgabe an das Erdreich optimiert wird (siehe Grafik unten).

Als Beispiel dient ein Rohrpaket bestehend aus 4 Lagen übereinander, jede Lage besteht aus 6 Rohren nebeneinander.



| | |
|--|---|
| | Leistungskabel 10 kV |
| | Leistungskabel 690V / 400V (hoch belastet, z. B. Einspeisungen Unterverteilungen, große Antriebe im Dauerbetrieb) |
| | Leistungskabel 690V / 400V, Verbraucher geringer Leistung und Stellantriebe, Steuerkabel LT |
| | Steuerkabel (ET) |
| | Leistungskabel 690V / 400V (hoch belastet, z. B. Einspeisungen Unterverteilungen, große Antrieb im Dauerbetrieb) |

3.3.2.4.2 Reduktionsfaktor f_{ges}

Grundlage für die Ermittlung eines allgemein anwendbaren Reduktionsfaktors für Kabel in erdverlegten Schutzrohren ist die in DIN VDE 0298 Teil 4 aufgeführte Tabelle 25 – Umrechnungsfaktoren für Häufung von Kabeln oder ummantelten Installationsleitungen in Elektroinstallationsrohren oder Kabelschächten im Erdboden. Diese Tabelle berücksichtigt bereits den ungünstigsten Wärmewiderstandswert des Erdbodens von 2,5 Km/W.

Wie bereits erwähnt wurde, wird für die üblichen Legetiefen (unter 0,7 m) der NS- und MS-Kabel angenommen, dass die erforderliche Reduktion der Belastbarkeit durch die günstigeren Bedingungen (niedrigere Temperaturen, gleichmäßigere Feuchtigkeit des Erdbodens) kompensiert wird.

Nachfolgend wird kurz auf die Berechnung mit Tabelle 25 aus DIN VDE 0298 Teil 4 und Tabelle 12 aus DIN VDE 0276-1000 eingegangen.

Fallbeispiel 1:

Der Abstand zwischen den Rohren (Rohr außenwand – Rohr außenwand) beträgt 9 cm.

Auf eine Interpolation zwischen den Tabellenwerten

kein Abstand (0 m)

0,25 m Abstand

wird verzichtet und als wirksame Gesamtreduktion der für „kein Abstand“ und „Häufung von 6 Kabeln“ in jedem Schutzrohr $f_{Häufg} = 0,6$ abgelesen. Zusätzlich wird ein Faktor für von 20 °C abweichende Lufttemperaturen (die Kabel sind in den Rohren von Luft umgeben) berücksichtigt. Dieser Wert ist DIN VDE 0276-1000, Tabelle 12 entnommen.

Angenommene Bedingungen:

Zulässige Betriebstemperatur: 70 °C

| | | | |
|---------------------------|-------|----|------|
| Lufttemperatur (im Rohr): | 45 | °C | |
| Minderungsfaktor | f_T | = | 0,79 |

Damit ergibt sich ein Gesamtreduktionsfaktor von

$$f_{\text{Ges}} = f_{\text{Häufung}} \cdot f_T = 0,6 \cdot 0,79 = 0,474$$

In Kombination mit dem Korrekturwert für den Auslastungsfaktor bzw. der Berücksichtigung des Aussetzbetriebs, ergibt sich eine für die Auslegung zu berücksichtigende Reduktion von

$$f_{\text{Total}} = f_{\text{Ges}} \cdot f_{\text{AB}} = 0,474 \cdot 1,41 = 0,67$$

Fallbeispiel 2:

Der Abstand zwischen den Rohren (Rohraußenwand – Rohraußenwand) beträgt 9 cm.

Auf eine Interpolation zwischen den Tabellenwerten

| |
|---------------------|
| Kein Abstand (Null) |
| 0,25 m Abstand |

wird verzichtet und als wirksame Gesamtreduktion der für „kein Abstand“ und „Häufung von 4 Kabeln“ in jedem Schutzrohr $f_{\text{Häufung}} = 0,7$ abgelesen.

Zusätzlich wird ein Faktor für von 20 °C abweichende Lufttemperaturen (die Kabel sind in den Rohren von Luft umgeben) berücksichtigt. Dieser Wert ist DIN VDE 0276-1000, Tabelle 12 entnommen.

Angenommene Bedingungen:

| | | | |
|-------------------------------|-------|----|------|
| Zulässige Betriebstemperatur: | 70 | °C | |
| Lufttemperatur (im Rohr): | 50 | °C | |
| Minderungsfaktor | f_T | = | 0,71 |

Damit ergibt sich ein Gesamtreduktionsfaktor von

$$f_{\text{Ges}} = f_{\text{Häufung}} \cdot f_T = 0,7 \cdot 0,71 = 0,497$$

In Kombination mit dem Korrekturwert für den Auslastungsfaktor bzw. der Berücksichtigung des Aussetzbetriebs, ergibt sich eine für die Auslegung zu berücksichtigende Reduktion von

$$f_{\text{Total}} = f_{\text{Ges}} \cdot f_{\text{AB}} = 0,497 \cdot 1,41 = 0,70$$

3.3.2.4.3 Schlussfolgerung und Empfehlung

Die beiden vorstehend beschriebenen Fälle beschreiben sehr hohe Anforderungen, die im ersten Fall durch die Häufung von 6 Kabeln in einem Rohr und einer Umgebungstemperatur im Rohr von 45°C bestimmt wird und im zweiten Fall durch eine Häufung von vier Kabeln im Rohr und einer Umgebungstemperatur im Rohr von 50°C bestimmt werden.

Fall 2 erscheint als das realistischere Szenario und deshalb wird empfohlen, generell auch für die in erdverlegten Schutzrohren befindlichen Kabel als Reduktionsfaktor

$$f_{\text{Total}} = 0,64$$

anzusetzen.

3.4 Auslegung und Berechnung der Kabel

3.4.1 Gleichspannungs-/ Leittechnikkabel

Die Konzeptvorgaben für

- Kabelauswahl, -verlegung
- Kennzeichnung von Kabeln
- Kabeltrassen
- Dokumentation/Kabelwegeerfassung
- Vorschriften und Normen

gelten gemäß dieser Spezifikation auch für die Leittechnik.

Besondere Hinweise zur Auswahl der leittechnischen Kabeltypen:

- Für alle Einzelsignalverbindungen von Elektronikschränken zu Gebern in der Anlage und zur Schaltanlage sind abgeschirmte Kabel zu verwenden.
- Die Adern der ausgewählten Kabel müssen für die festgelegten Anschlusstechniken geeignet sein (schrauben, klammern, quetschen).
- Alle Kabel, die innerhalb von Gebäuden verlaufen, müssen einen schwer entflammbaren Außenmantel aufweisen.
- Kabel, die außerhalb von Gebäuden verlaufen, müssen für Erdverlegung bzw. für die Verlegung im Freien (UV - beständig) geeignet sein.
- Kabel, die von außerhalb in das Innere von Gebäuden verlaufen, müssen für beide Bereiche geeignet sein.
- Kabel für die vor Ort-Verkabelung innerhalb von Gebäuden (von Gebern und Antrieben zur Unterverteilung) müssen für eine Umgebungstemperatur vom mindestens 70°C geeignet sein.
- Die Adern von StICKkabel müssen verseilt, bei Übertragung von mV-Signalen paarweise verdreht und abgeschirmt sein.
- Grundsätzlich müssen Kabel für die teilweise nur in begrenzten Anlagenbereichen herrschenden verschärften Umgebungseinflüssen geeignet sein.
- Im Außenbereich sind Kabel mit stromtragfähigem Schirm einzusetzen. (siehe Konzept Erdung, Schirmung, Blitzschutz)
- In EMV-gefährdeten Bereichen sind Buskabel (Cu-Ausführung) in Stapa-Rohren zu verlegen.
- LWL- Buskabel sind in farbige PVC-Schutzrohre einzuziehen, wenn die entsprechenden Umgebungsbedingungen einen Schutz erfordern.
- Kommunikationsverbindungen zwischen den Teilanlagen des PLS sind vorrangig als LWL-Bus auszuführen. Nach Montage ist eine Dämpfungsmessung durchzuführen und zu protokollieren.
- Die ausgewählten Kabeltypen sind mit dem AG abzustimmen.

In den nachfolgenden Kapiteln wird das Verfahren zur Auslegung und Auswahl der Kabel für Gleichspannung und Leittechnik beschrieben.

3.4.1.1 Schutzeinrichtung

Die Auslegung der Gleichspannungskabel muss nach 2 Kriterien erfolgen. Zunächst wird ein Kabel anhand des durch die Absicherung vorgegebenen Mindestquerschnitts ausgewählt. Diese sind in folgender Tabelle angegeben.

| Sicherung, Nennstrom | | Mindestquerschnitt |
|-------------------------|---|-----------------------|
| 2 A | → | 1,5 mm ² |
| 4 A | → | 1,5 mm ² |
| 6 A | → | 1,5 mm ² |
| 10 A | → | 1,5 mm ² |
| 16 A | → | 1,5 mm ² |
| 20 A | → | 2,5 mm ² |
| 25 A | → | 4,0 mm ² |
| 35 A | → | 4,0 mm ² |
| 40 A | → | 6,0 mm ² |
| 50 A | → | 10,0 mm ² |
| 63 A | → | 16,0 mm ² |
| 80 A | → | 16,0 mm ² |
| 100 A | → | 25,0 mm ² |
| 125 A | → | 35,0 mm ² |
| 160 A | → | 50,0 mm ² |
| 200 A | → | 70,0 mm ² |
| 225 A | → | 95,0 mm ² |
| 250 A | → | 95,0 mm ² |
| 315 A | → | 150,0 mm ² |
| 355 A | → | 185,0 mm ² |
| 400 A | → | 240,0 mm ² |
| 500 A | → | 300,0 mm ² |

3.4.1.2 Maximal zulässiger Spannungsfall

Bei diesem Diagramm ist zu beachten, dass die Adern ab einem Kabel-Querschnitt von 10mm² pro Ader, die Leiter (Adern) parallel zu schalten sind. Dieses bedeutet 2-Adern für Plus und 2-Adern für Minus.

Der begleitende gelb-grüne Leiter (Ader) ist als Funktionserder zu betrachten und dementsprechend auf der PE-Schiene mit aufzulegen und zu behandeln. Der Querschnitt des gelb-grünen Leiters ist daher kleiner dem gesamten (ab 2 Adern pro Pol) Leiterquerschnitt.

Die Berechnung der Kennlinien liegt die Auslegung nach dem höchstzulässigen Spannungsfall zu Grunde. Dieser wurde bei $U_N = 24V$ mit $\Delta U_{\max} = 1,4V$ und bei $U_N = 220V$ mit $\Delta U_{\max} = 3,5V$ pro Teilstrecke gewählt. Diese Werte wurden durch die jeweils erhöhten Batteriausgangsspannungen $>24V$ und $>220V$ festgelegt. Von einer Staffelung des höchstzulässigen Spannungsfalls pro Teilstrecke wurde durch den verringerten (von z.B. 3V auf 1,4V bei 24V-DC) Spannungsfall abgesehen.

Es wurde jeweils eine Zuleitung mit 2 Adern pro Phase betrachtet. Um auf der sicheren Seite zu liegen wurde der spezifische Widerstand von Kupfer bei maximaler Betriebstemperatur des Kabels (VPE-Kabel, $T_{\max}=90^{\circ}$) gewählt.

Die Kabel/Leitungen von den Einspeisequellen (Gleichrichteranlagen zu den Hauptverteilungen / Hauptverteilungen zu HLT-Hauptverteilungen) sind separat zu betrachten und mit dem AG/GPL abzustimmen.

Die Kabelgrenzlänge errechnet sich wie folgt:

$$L_{\text{Grenz}} = \frac{A \cdot \Delta U_{\max}}{\rho_{\text{Cu},90^{\circ}\text{C}} \cdot I_{\text{Nenn}}}$$

Hier ist:

A Querschnitt des Kabels in mm^2

$\rho_{\text{Cu},90^{\circ}\text{C}}$ spezifischer Widerstand von Kupfer bei 90°C

ΔU_{\max} maximal zulässiger Spannungsabfall

I_{Nenn} Nennstrom des angeschlossenen Verbrauchers

Dabei ist $\rho_{\text{Cu},90^{\circ}\text{C}} = \rho_{\text{Cu},20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + 0,0039 \cdot (90^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}))$ mit $\rho_{\text{Cu},20^{\circ}\text{C}} = 0,01786 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$

3.4.2 NS-Kabel

Die Auslegung der NS-Kabel wird in folgenden Kapiteln erläutert.

3.4.2.1 Schutz gegen Überlast

Der Schutz bei Überlast muss folgende Bedingungen erfüllen:

$$I_Z \geq I_n \geq I_B$$

$$1.45 I_Z \geq I_2$$

Daraus folgt:

$$I_n = f_{\text{Ges}} \cdot I_Z, \text{ mit}$$

I_Z Maximal zulässiger Strom des betrachteten Kabels

I_B Nennstrom des angeschlossenen Verbrauchers

I_n Nennstrom der Schutzeinrichtung

I_2 Strom, der eine Auslösung der Schutzeinrichtung unter den in den Gerätebestimmungen festgelegten Bedingungen bewirkt (großer Prüfstrom I_2)

Bei einstellbaren Schutzeinrichtungen entspricht I_n dem Einstellwert $f = 1.0$ und $I_n = 1.0 \cdot I_Z$

Tabelle: Berechnung Reduktionsfaktoren für die Kabelgruppe 2, Verlegeart 2, PVC-Kabel

| Nennstrom I_n [A] für Leitungsschutzsicherungen | I_2 [A] | | | |
|---|------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|
| | gG-Sicherungen | gR-Sicherungen | aM-Sicherungen | Relais |
| Bis 4A | $1,45 \cdot I_n$ | *) | *) | $1,0 \cdot I_n$ für alle I_n |
| 6 – 10A | $1,45 \cdot I_n$ | | | |
| 16 – 25A | $1,45 \cdot I_n$ | | | |
| $\geq 32A$ | $1,45 \cdot I_n$ | | | |

*) Der größte Prüfstrom I_2 , (A) = $1,6 \cdot I_n$ für alle I_n VDE 0636 Teil 40 (EN 60269-4:1996 +A1:1997 +A2:2003, Punkt 5.6.2.2, Tabelle II);

3.4.2.2 Schutz bei Kurzschluss

Der Schutz bei Kurzschluss besteht darin, Schutzorgane vorzuschalten, die Kurzschluss-Ströme in den Leitern eines Stromkreises unterbrechen, ehe sie eine für die Leiterisolierung, die Anschluss- und Verbindungsstellen sowie für die Umgebung der Leitungen und Kabel schädliche Erwärmung hervorrufen können. Allgemein kann die zulässige Ausschaltzeit für Kurzschlüsse bis zu einer Dauer von 5s annähernd nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$A^2 \cdot K_{thr}^2 \geq I_{k \max}^2 \cdot t_{zul}$$

wobei:

- $A^2 \cdot K_{thr}^2$ zulässige Energieaufnahme des Kabels,
- A gewählter Kabelquerschnitt in mm^2 ,
- J_{thr} Bemessungskurzzeitstromdichte

J_{thr} für eine Kurzschlussdauer von 1s und einer anfänglichen Leitertemperatur beim Kurzschluss von 70°C (PVC) bzw. 90°C (VPE) zur Berücksichtigung der Kurzschlussbelastbarkeit von Leitermaterial und Isolation

($K_{thr} = 115 \frac{A}{mm^2}$ - für PVC- isoliertes Kupferkabel, $K_{thr} = 143 \frac{A}{mm^2}$ für VPE –isoliertes Kupferkabel),

- $I_{k \max}$ maximal eingegebener Kurzschluss-Strom bei vollkommenem Kurzschluss an der Einbaustelle des Schutzorgans (in Drehstromnetzen maximaler 3polige Kurzschlussstrom),
- t_{zul} zulässige Ausschaltzeit des Überstromschutzorgans im Kurzschlussfall (Dauer des Kurzschluss-Stromes)

Bei sehr kurzen zulässigen Ausschaltzeiten (<0.1 s) erfolgt eine Überprüfung der Durchlassenergie des Schutzgerätes.

Bei Sicherungen ist die Durchlassenergie im Allgemeinen kleiner als die zulässige Energieaufnahme des Kabels.

Die Ausschaltbedingungen werden bei den minimalen Kurzschluss-Strömen I_{kmin} überprüft. Bei der Überprüfung der Ausschaltbedingungen wird der Wirkwiderstand des PVC-Kabels auf die zulässige

Kurzschlusstemperatur +160°C (+250°C für 1-Leiterkabel mit VPE- Isolierung) umgerechnet, damit das Ergebnis auf der sicheren Seite liegt.

3.4.2.3 Spannungsfall

Der Spannungsfall vom Schnittpunkt zwischen Verteilungsnetz und Verbraucheranlage bis zum Anschlusspunkt eines elektrischen Verbrauchsmittels (Steckdose oder Geräteanschlussklemme) soll nicht größer als 4% der Nennspannung des Netzes sein (VDE 0100- Teil 520 Punkt 520). Größere Werte sind für Motoren während des Anlaufs und für elektrische Verbraucher mit hohen Einschaltströmen zulässig. Vorübergehende Bedingungen wie Überspannung und Spannungsänderungen aufgrund von abnormalem Betrieb dürfen vernachlässigt werden. Für die Berechnung der Kabelgrenzlängen im Projekt GKM9 wurden 4% zulässiger Spannungsfall im Normalbetrieb und 10% im Falle des Anlaufs von Motoren festgelegt.

Für die Berechnung des Spannungsabfalls werden folgende Eingangsgrößen benötigt:

- I Betriebs- oder Anlauf-, Einschaltstrom
- R'_L Widerstand Ohm/km
- X'_L Reaktanz Ohm/km
- L Kabellänge (einfach), km
- ΔU Spannungsfall in V (absolut)
- $\cos \varphi$ Leistungsfaktor (Im Normalbetrieb / Anlauf)

Spannungsfall für dreiphasige AC – Verbraucher:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi)$$

Spannungsfall für einphasige und zweiphasige AC – Verbraucher:

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot l \cdot (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi)$$

Der prozentuale Spannungsfall wird wie folgt berechnet:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U \text{ (in Volt)} \cdot 100\%}{U_n \text{ (in Volt)}}$$

Bei der Überprüfung des Spannungsfalls wird der Wirkwiderstand des Kabels von +20°C auf die zulässige Betriebstemperatur (+70°C für PVC-Kabel, +90°C für VPE- Kabels) umgerechnet, damit das Ergebnis auf der sicheren Seite liegt. Zur Berechnung der Grenzlängen sind oben genannte Formeln entsprechend umzuformen.

3.4.2.4 Schutz bei indirektem Berühren

Das Auftreten oder Bestehen gefährlicher Berührungsspannungen im Fehlerfall (Körperschluss) muss verhindert werden. Der Schutz durch Ausschaltung oder Meldung bewirkt, dass beim Auftreten von Fehlern das Bestehen bleiben gefährlicher Berührungsspannungen durch Schutzeinrichtungen automatisch verhindert wird. Diese Schutzeinrichtungen müssen das fehlerbehaftete Anlagenteil in der vorgeschriebenen Ausschaltzeit ausschalten.

- Ausschaltbedingung der Schutzeinrichtungen in TN-Netzformen

Die Ausschaltbedingungen in TN-Netzformen werden bereits bei der Berechnung der Kabelgrenzlängen erfasst. Auf diese Abschaltbedingung wird hier nicht mehr gesondert eingegangen.

- Ausschaltbedingung der Schutzeinrichtungen in IT-Netz (400V DS)

Die folgende Bedingung muss im Falle des ersten Fehlers erfüllt sein:

$$R_A \cdot I_d \leq 50V,$$

wobei:

- R_A Summe der Widerstände des Erders und des Schutzleiters,
 I_d Fehlerstrom im Falle des ersten Fehlers mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem Außenleiter und einem Körper

Die folgende Bedingung muss im Falle des zweiten Fehlers erfüllt sein:

$$Z_s \leq U / (2 \cdot I_a)$$

wenn der Neutralleiter nicht mit verteilt wird, wobei:

- Z_s Impedanz der Fehlerschleife, bestehend aus dem Außenleiter und dem Schutzleiter des Stromkreises,
- U Nennwechselspannung (effektiv) zwischen Außenleitern,
- I_a Strom, der eine automatische Ausschaltung des Kreises bewirkt:
 - innerhalb von 0,4s ($U_0 / U = 230 / 400V$) soweit anwendbar (DIN VDE 0100-420, Tabelle 41B),
 - innerhalb von $\leq 5s$ in Endstromkreisen, die nur ortsfeste Betriebsmittel versorgen (gemäß VDE 0100 Teil 410).
- Ausschaltbedingung der Schutzeinrichtungen in TN-Netzformen
 $Z_s \cdot I_a \leq U_0$, wobei:

Z_s Impedanz der Fehlerschleife,

U_0 Nennspannung gegen geerdeten Leiter,

I_a Strom, der eine automatische Ausschaltung bewirkt:

 - innerhalb von 0,2s ($U_0=400V/230V$) in Endstromkreisen, die über Steckdosen oder festen Anschluss Handgeräte der Schutzklasse I, oder ortsveränderliche Betriebsmittel der Schutzklasse I versorgen (HD 384.4.41 S2:1996, Tabelle 41A),
 - innerhalb von $\leq 5s$ in allen anderen Endstromkreisen, die nur ortsfeste Betriebsmittel versorgen.

In Norm DIN VDE 0100 Beiblatt 5 ist eine Formel zur Berechnung des einpoligen Kurzschlussstromes I_{k1min} gegeben. Diese kann, laut DIN VDE 0100, zur Grenzlängenberechnung hinsichtlich der Schutzeinrichtung verwendet werden. Umgeformt ergibt sich:

$$L_{Grenz} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{K \cdot I_{NSi} \cdot \sqrt{(2R'_L + R'_{0L})^2 + (2X'_L + X'_{0L})^2}}$$

wobei:

| | |
|-------------|---|
| U_n | Netznominalspannung des AC-Netzes (Spannung zwischen den Außenleitern) |
| c | Spannungsfaktor vorgegeben gem. DIN VDE 0102, Teil 100 |
| L_{Grenz} | Kabellänge / Grenzlänge (einfach) in m |
| R'_L | Widerstand des Kabels im Mitsystem in Ohm/km bei +70°C |
| X'_L | Reaktanz des Kabels im Mitsystem in Ohm/km |
| R'_{0L} | Widerstand des Kabels im Nullsystem in Ohm/km bei +70°C |
| X'_{0L} | Reaktanz des Kabels im Nullsystem in Ohm/km |
| K | Verhältnis Auslösestrom / Sicherungs-nennstrom |
| I_{NSi} | Sicherungs-nennstrom |

- Ausschaltbedingung der Schutzeinrichtungen in IT-Netz (220V GS)

Es wird eine Ausschaltzeit von 5s angenommen, sofern diese Ausschaltzeit für die Endstromkreise, die nur ortsfeste Betriebsmittel versorgen, zugelassen ist

- Ausschaltbedingung der Schutzeinrichtungen in IT-Netz (400V DS)

Die folgende Bedingung muss im Falle des ersten Fehlers erfüllt sein:

$$R_A \cdot I_d \leq 50V, \text{ wobei:}$$

| | |
|-------|--|
| R_A | Summe der Widerstände des Erders und des Schutzleiters, |
| I_d | Fehlerstrom im Falle des ersten Fehlers mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem Außenleiter und einem Körper, |

Die folgende Bedingung muss im Falle des zweiten Fehlers erfüllt sein:

$$Z_s \leq U / (2 \cdot I_a), \text{ wenn der Neutraleiter nicht mit verteilt wird, wobei:}$$

| | |
|-------|--|
| Z_s | Impedanz der Fehlerschleife, bestehend aus dem Außenleiter und dem Schutzleiter des Stromkreises, |
| U | Nennwechselspannung (effektiv) zwischen Außenleitern, |

I_a Strom, der eine automatische Ausschaltung des Kreises bewirkt:

- innerhalb von 0,4s ($U_0 / U = 230 / 400V$) soweit anwendbar (HD 384.4.41 S2:1996, Tabelle 41B),
- innerhalb von $\leq 5s$ in Endstromkreisen, die nur ortsfeste Betriebsmittel versorgen

3.4.2.5 Berechnung

Die Berechnung erfolgt anhand der in DIN VDE 0100 Beiblatt 5 gezeigten Verfahren.

Sie gliedert sich in 4 Schritte:

1. Auswahl des Leitungsquerschnitts hinsichtlich der Absicherung bzw. Laststromhöhe
2. Auslegung nach dem maximal zulässigen Spannungsfall im Normalbetrieb.
3. Auslegung nach dem maximal zulässigen Spannungsfall im Anlauffall.
4. Auslegung nach verwendeter Schutzeinrichtung bzw. Nullung.

Für jeden Verbraucher werden jeweils alle 4 Berechnungen durchgeführt. Die kürzeste der aus den verschiedenen Auslegungsarten erhaltenen Länge entspricht der anzuwendenden Grenzlänge. Als Gesamtreduktionsfaktor f_{red} wurde 0,6 gewählt. Dieser Berücksichtigt die in den DIN VDE Normen ungünstigste Verlegeart bzw. liegt noch darunter.

3.4.3 MS-Kabel

Entsprechend den ermittelten Minderungsfaktoren für das EB Netz und den unterhalb der folgenden Tabelle genannten Minderungsfaktoren für den Anschluss von MS Motoren ergeben sich folgende reduzierten Belastungsströme für die ausgewählten Kabel:

Tabelle: Ausgewählte Kabel, reduzierte Belastungsströme, Beispiel

| Querschnitt [mm ²] | Verwendung | Belastbarkeit [A] Nennbedingungen | Minderungsfaktor | Reduzierte Belastbarkeit [A] |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------------|
| 400 (Einleiter) | EB Netz | 827 | 0,7 *1 | 579 |
| 185 (Einleiter) | 10 kV Verbraucher, Dauerläufer | 535 | 0,53 *2 | 283 |
| 185 (Einleiter) | 10 kV Verbraucher, sonstige | 535 | 0,64 *3 | 342 |

3.4.3.1 Überprüfung der Leiterquerschnitte im Kurzschlussfall

3.4.3.1.1 Stosskurzschlussstrom - Belastbarkeit

Bei der Bestellung der 10-kV-Dreileiter-Kabel muss der Stoßkurzschlussstrom $i_p = 110 \text{ kA}$ angegeben werden, da die Normal-Ausführung lediglich für $i_p = \text{ca. } 63 \text{ kA}$ vorgesehen ist. Ausnahmen hiervon sind nur mit Rücksprache mit dem AG gestattet.

Die Einleiterkabel selbst werden nicht auf diesen Stoßkurzschlussstrom ausgelegt. Die auf den Kabelpripschen waagerecht liegenden Kabel werden mittels wärmefesten und witterungsbeständigen Abrollklebebändern im Dreieck zusammengebunden. Die senkrecht geführten Kabel werden mittels speziellen Schellen (keine Kabelbinder) befestigt. Bei der Ermittlung dieser Bandagen und Befestigungen muss die Stoßkurzschlussstromfestigkeit gewährleistet werden.

3.4.3.1.2 Thermische Beanspruchung im Kurzschlussfall

Die thermische Beanspruchung im Kurzschlussfall ist abhängig von der Kurzschlussdauer und der Höhe des in dieser Zeit fließenden Kurzschlussstroms.

Die zulässige Betriebstemperatur für die im Mittelspannungsbereich ausschließlich verwendeten VPE Kabel beträgt 90°C . Bei der Beanspruchung im Kurzschlussfall darf die Leitertemperatur die höchstzulässige Leitertemperatur 250°C nicht überschreiten.

Die Bemessungskurzzeitstromdichte J_{thr} bei einer Kurzschlussdauer von 1s beträgt

$$J_{thr} = 143 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \text{ für Mittelspannungs- VPE Kabel}$$

Zur Ermittlung der Mindestquerschnitte werden folgende Eingangsdaten benötigt:

Thermisch wirksamer Kurzzeitstrom $I_{th} = I_k'' \sqrt{m+n}$

Bemessungskurzzeitstrom $I_{thr} = J_{thr} \cdot S_N$

Kurzschlussbelastbarkeit $I_{thz} = I_{thr} \sqrt{t_{kr}/t_k} \text{ mit } t_{kr}=1\text{s}$

Der Leiternennquerschnitt ist hinsichtlich der thermischen Kurschlussbelastbarkeit ausreichend dimensioniert, wenn für eine durch den thermisch wirksamen Kurzzeitstrom I_{th} nach DIN VDE 0103 und eine Kurschlussdauer t_k bestimmte Belastung folgende Bedingung erfüllt ist:

$$I_{th} \leq I_{thz}$$

Zur Berechnung des Mindestquerschnitts gilt folgende Formel:

$$S_{Min} = I_k'' \sqrt{m+n} / I_{thr} \sqrt{t_{kr}/T_k}$$

Dabei ist:

| | |
|-----------|--|
| S_{Min} | Mindestquerschnitt (mm^2) |
| I_k'' | Anfangskurzschlusswechselstrom / Effektivwert (kA) |
| I_{th} | thermisch wirksamer Kurzzeitstrom |
| I_{thr} | Bemessungs-Kurzzeitstrom |
| J_{thr} | Bemessungskurzzeitstromdichte für $t_{kr}=1\text{s}$ |
| I_{thz} | Kurzschlussbelastbarkeit |

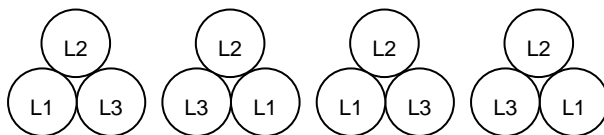
| | |
|----------|--|
| m | Faktor für Wärmewirkung des Gleichstromanteils nach VDE0103 |
| n | Faktor für Wärmewirkung des Wechselstromanteils nach VDE0103 |
| T_K | Kurzschlussdauer |
| t_{kr} | Bemessungskurzschlussdauer (1s) |

Die MS-Kabel werden auf einen maximalen Kurzschlussstrom von $I''_k=40\text{kA}$ ausgelegt. Dies stellt sicher, dass die Kabel auch bei zukünftiger Veränderung der Netzkonfiguration (z.B. Hinzufügen von MS-Verbrauchern) ausreichend dimensioniert sind.

3.4.3.1.3 Bandagenabstände

Bei der Verlegung und Montage aller Einleiterkabeln wird die gebündelte Dreieckanordnung der zu einem Drehstromsystem gehörenden Kabel bevorzugt. Bei dieser Anordnung wird ein weit geringerer induktiver Zusatzwiderstand als bei einer Nebeneinanderlegung erreicht.

Bei einer Parallelverlegung mehrerer Einleitersysteme muss, mit Rücksicht auf eine gleichmäßige Stromverteilung innerhalb der Parallelsysteme, auf folgende Phasenordnung geachtet werden:



Der aufgrund der Kurzschlussberechnung ermittelte Stosskurzschlussstrom teilt sich jeweils auf die Anzahl der parallel verlegten Systeme auf. Es ist, zur Berechnung der Bündelungsabstände sowie Bandlagenanzahl der Kurzschlussstrom zu verwenden auf den die Schaltanlage ausgelegt ist ($I_k'' = 40\text{kA}$). Für den zu berücksichtigenden Stoßkurzschlussstrom i_p muss $2,5 \cdot I_k''$, also 100kA gesetzt werden. Näherungsweise kann der maximale Abstand b_{\max} der Bandagen zum Bündeln der Einleiterkabel mit folgender Formel errechnet werden:

$$b_{\max} = 280 \cdot \frac{d_{\text{Kabel}}^2}{i_p}$$

Die aufzubringenden Bandlagen sind nach folgender Formel zu ermitteln:

$$L_{\text{agen}_{\min}} = \frac{i_p^2 \cdot b_{\max}}{10 \cdot F_{\text{Reiß}} \cdot d_{\text{Kabel}} \cdot b_{\max}}$$

| | | |
|--------------------------|--|--------|
| i_p | Stosskurzschlussstrom | [kA] |
| b_{\max} | Max. Abstand der Bandagen | [cm] |
| d_{Kabel} | Kabeldurchmesser | [cm] |
| $L_{\text{agen}_{\min}}$ | mindest aufzubringende Bandlagenanzahl | |
| $F_{\text{Reiß}}$ | Festigkeit des Montagebandes | [N/cm] |

Sollte der sich ergebende Bündelungsabstand größer als 100cm sein, wird ein maximaler Bündelungsabstand von 100cm festgelegt. Das zur Bündelung verwendete Montageband hat unbedingt UV-Beständigkeit aufzuweisen. Es ist zusätzlich zu gewährleisten, dass die Reißfestigkeit des verwendeten Montagebandes immer gegeben ist.

3.5 Zusammenstellung der ausgewählten Kabel

3.5.1 MS Kabel

3.5.1.1 VPE – Kabel

Die für die Verlegung zu den MS-Verbrauchern vorgesehenen Kabelquerschnitte und Typen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle: Ausgewählte MS-VPE-Kabel

| Verbraucher | Nennleistung | Nennstrom | Kabeltyp | Querschnitt | Maximalzulässiger Strom, in Luft | Maximalzulässiger Strom, verlegt | Mindestquerschnitt nach Kurzschlussbelastung | Reduktionsfaktor | Biegeradius | Zulässiger Laststrom, Gesamt (alle Systeme), reduziert |
|---|--------------|-----------|--------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|------------------|-------------------------------|--|
| 10kV-Sammelschiene zu NS-Trafos | | | | | | | | | | |
| 2,00 MVA-Transformator | 2,0 MVA | 116,0 A | N2XSH* (3) | 1x3x1x185mm ² | 535,0 A | 374,5 A | 147 mm ² | 0,7/0,53 | 15xD _{Kabel} (53 cm) | 327,6 A |
| 10kV-Sammelschiene zu MS-Motoren | | | | | | | | | | |
| Speisewasserpumpe | 2,1 MVA | 127,6 A | N2XSH* | 1x3x1x185mm ² | 535,0 A | 342,4 A | 147 mm ² | 0,64 | 15xD _{Kabel} (53 cm) | 299,5 A |
| EB-Trafo zu 10kV-Sammelschiene | | | | | | | | | | |
| Sammelschiene A0BBA | 20,0 MVA | 1100,0 A | N2XS(FL)2Y*1 | 3x3x1x240mm ² | 631,0 A | 496,0 A | 181 mm ² | 0,786 (4) | 15xD _{Kabel} (59 cm) | 1488,0 A |

3.5.1.2 Kabel für FU-Antriebe

Tabelle: Schaltanlage zu Trafo

| Verbraucher KKS | Leistung | Strom | ip in kA/System | Kabeltyp | Kabel-Nennspannung | Biegeradius | Querschnitt |
|----------------------|----------|-------|-----------------|----------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Hauptkühlwasserpumpe | 2310 kVA | 127 A | 100 kA | N2XSH | 10,5 kV | 15xD _{Kabel} (53 cm) | 1x3x1x185mm ² |

Tabelle Trafo zu Frequenzumrichter

| Verbraucher KKS | Sekundärwicklungen | Strom | ip in kA/System | Kabeltyp | Kabel-Nennspannung | Biegeradius | Querschnitt |
|----------------------|--------------------|-------|-----------------|----------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Hauptkühlwasserpumpe | 2 | 350 A | 11 kA | N2XSH | 6/10 kV | 15xD _{Kabel} (59 cm) | 1x3x1x240mm ² |

Frequenzumrichter zu Motor

| Verbraucher KKS | Leistung | Strom | ip in kA/System | Kabeltyp | Kabel-Nennspannung | Biegeradius | Querschnitt |
|----------------------|----------|-------|-----------------|--------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Hauptkühlwasserpumpe | 1850 kVA | 455 A | - | N2XS(FL)2Y*1 | 6/10 kV | 15xD _{Kabel} (51 cm) | 2x3x1x120m m ² |

3.5.2 NS-Kabel

Durch den AN des Kabelmanagements werden die Kabelquerschnitte im Zuge der Kabelwegeplanung überprüft, optimiert und endgültig festgelegt.

Für diese endgültige Festlegung ist vom AN des Kabelmanagements ein Berechnungsprogramm zur Optimierten Kabelauswahl und -dimensionierung zu verwenden. Dieses ist mit dem Programm zur Kabelwegeplanung zu verknüpfen.

Im Bedarfsfall werden zur Kabeloptimierung Einzelfallberechnungen durchgeführt.

In den Anlagen Anlage 9: Kabelauswahllisten 0,23/0,4/0,69 kV (werden nachgereicht) sind die jeweils zur Auslegung der Zuleitungen zu verwendenden Kabelauswahllisten für 230 / 400 und 690V gegeben (Werden nachgereicht). Diese sind für die jeweils in den Listen angegebenen sowie vom Aufbau analoge Kabeltypen anzuwenden.

3.5.3 GS-Kabel

Die maximal zulässigen Leitungslängen der GS-Kabel werden in einem separaten Dokument nachgereicht.

3.6 Kabel- und Leitungsanschlüsse

Zur Herstellung von Kabel- und Leitungsanschlüssen hat der AN eine Arbeitsrichtlinie für Kabel- und Leitungsanschlüsse zu erstellen und mit dem AG/Planer abzustimmen. Die Arbeitsrichtlinie hat alle Arbeitsschritte, von Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung zu enthalten.

Die Herstellung von Kabel- und Leitungsanschlüssen sind nach den einschlägigen DIN Normen und VDE Vorschriften zu errichten. Es dürfen keine DIN-ähnlichen Werkzeuge und Materialien verwendet werden.

3.7 Kabelmanagement

Für das Kabelmanagement (Kabeldimensionierung, Kabelwegeplanung und Erstellung der Kabelziehkarten) ist ein Programm einzusetzen, mit dem eine einheitliche Kabeldatenbank erzeugt wird. Das Datenbanksystem wird vom INS-Paket in Abstimmung mit GKM vorgegeben.

Die Kabeldatenbank muss mindestens mit den Datenfeldern gemäß Anlagen 1 und 2 geführt werden. Der AN stellt für die Eintragung der Kabeldaten in die Datenbank eine Access-Anwendung bei.

Die Daten der Kabel und Leitungen der einzelnen ANs, welche über die Haupttrassen verlegt werden, sind dem AN des INS-Paketes zu übergeben. Hierzu ist ein Mindestvorlauf für die Teilausgabe der ersten Kabelziehkarten von 3 Wochen einzuplanen. Die Ausgabe der Kabelziehkarten erfolgt nur nach erfolgreich bestandener Prüfung der Kabelliste durch den AN für das INS-Paket.

3.7.1 Kabelprüfungen

Die Prüfungen aller Kabel haben nach den gültigen VDE Normen zu erfolgen (unter anderem VDE 0276).

Mittelspannungskabel

Prüfung mit $3 \cdot U_0$. Hierbei ist das U_0 vom Kabeltyp zu verwenden, nicht die tatsächliche ggf. niedrigere Betriebsspannung.

Niederspannungskabel

Schleifenwiderstand und Isolationswiderstände der verlegten Kabel sind zu dokumentieren

Insbesondere für:

Leistungskabel

Steuer- und Meldungskabel

3.7.2 Kabelbezeichnung

Zur Bezeichnung der Kabel wird gemäß KKS (Kraftwerk-Kennzeichen-System) eine Buchstaben-Ziffern-Kombination gemäß Tabelle verwendet. Siehe hierzu KKS-Richtlinie.

Alle Kabel sind an beiden Enden mit einer Kabelbezeichnung gemäß Kabelliste zu versehen.

Alle Kabel müssen vor und nach Durchbrüchen, an Abzweigen und spätestens nach ca. 15 m gekennzeichnet werden.

Die Kabelkennzeichnung hat gut sichtbar, licht- und temperaturbeständig, wisch- und verrottungsfest und unverlierbar zu erfolgen. Es sind Beschriftungsbänder (LxB 3x1cm) mit einer Schrifthöhe von min 2,5 mm, erhältlich mit der Kabelziehkarte, zu verwenden.

Ergänzend dazu werden am Anfang und Ende jeden Kabels Kabelschilder entsprechend der Ausführungsrichtlinie für Beschilderung angebracht.

Tabelle: Kabelbezeichnung

| Lfd. Nr. der Gliederungsstufe | 0 | 1 | 2 |
|--------------------------------|---------------|---|---|
| Benennung der Gliederungsstufe | Gesamt-Anlage | Funktion ->klassifizieren | Kabelnummer ->gruppieren + zählen |
| Bezeichnung der Datenstelle | G | F ₀ F ₁ F ₂ F ₃ F _N F _N | A _n |
| Art der Datenstelle | A | N A A A N N | N N N N |

Tabelle zur Festlegung der Kabelnummern

| Verwendungsbereich Laufende Nr. | Bezeichnung | Spannung | Farbe Kabelmarken |
|--|--|-----------------|------------------------------|
| 0001 bis 0999 | Leistungskabel | > 1kV | wird nachgereicht |
| 1001 bis 1999 | Leistungskabel | < 1kV | wird nachgereicht |
| 2001 bis 2999 | frei verfügbar | > 60 V | wird nachgereicht |
| 3001 bis 3999 | Kabel für Steuerung und Schutz | > 60 V | wird nachgereicht |
| 4001 bis 4999 | Buskabel für Feldbus | <= 60 V | wird nachgereicht |
| 5001 bis 5999 | Buskabel für zentrale LT + Datenverarbeitung | <= 60V | wird nachgereicht |
| 6001 bis 6999 | Kabel für Stromversorgung/Wartenkabel | <= 60 V | wird nachgereicht |
| 7001 bis 7999 | Kabel für LT-Schrank | <= 60 V | wird nachgereicht |
| 8001 bis 8999 | Kabel für Messung-Regelung | <= 60V | wird nachgereicht |
| 9001 bis 9999 | Kabel für Steuerung | <= 60 V | wird nachgereicht |

Innerhalb einer jeden Funktion (1. Gliederungsstufe) werden die Kabelnummern neu vergeben. Für den klassifizierenden Teil wird das verfahrenstechnische oder das Einbauortkennzeichen teilweise verwendet (G, F0-FN), wobei für die Kabelbezeichnung das Kennzeichen verwendet wird, das im Alphabet (F1-FN) weiter vorne steht.

4 ZUGEHÖRIGE UNTERLAGEN, ANLAGEN

4.1 Beleuchtung, Steckdosen, Installation

- | | | |
|-----|----------|---|
| [1] | Anlage 1 | Leuchtentypen |
| [2] | Anlage 2 | Steckdosen- und Inst. Materialtypen |
| [3] | Anlage 3 | Prinzipschaltbild Beleuchtungsverteilung Flughindernisleuchtung |

4.2 Verkabelung

- | | | |
|-----|----------|--|
| [4] | Anlage 4 | Kabelverlegearten Tabelle 1: Übersicht Legearten Tabelle 2: Kabel auf Pritschen liegend Tabelle 3: Kabel auf dem Boden liegend Tabelle 4: Kabel auf Steigetrassen Tabelle 5: Kabel auf Steigetrassen (Fortsetzung) Tabelle 6: Kabel in Erde / Rohren |
|-----|----------|--|

4.3 Kabelwege

- | | | |
|-----|----------|---|
| [5] | Anlage 5 | Datenfelder der Datei Kabelverlegeliste |
| [6] | Anlage 6 | Datenfelder der Datei Kabelwege |
| [7] | Anlage 7 | Datenfelder der Datei Kabelliste |
| [8] | Anlage 8 | Kabeltypenliste |
| [9] | Anlage 9 | Kabelauswahllisten 0,23/0,4/0,69 kV |

Anlage 1: Leuchtentypen

| Hallenleuchten | Fabrikat: | Typ |
|---|-----------|--|
| Hallenspiegelleuchten 250 – 1000 Watt, Schutzart IP 65 bestückt mit Halogenmetall dampflampen HIT/HIE kompensiert | Schuch | 3038/1000 HI komp 3048/1000 HI komp 3466/400 HI komp 3476/400 HI komp |
| Planflächenstrahler bis 2000 Watt für Montageöffnungen | Schuch | 7574/1000 |

| Beleuchtung E-Räume | Fabrikat: | Typ |
|---|-----------|---|
| Prismenwannenleuchten 1x58 Watt, Schutzart IP40, EVG, kompl. mit Tragschienensystem als Lichtband | Trilux | 3451PN/58 E + 07690/III mit systemgebunden. Zubehör |

| Beleuchtung Anlagenbereiche | Fabrikat: | Typ |
|--|---|--|
| Feuchtraum Wannenleuchte, Polycarbonat, mit Edelstahlverschlüssen, mind. 50°C Ausführung, einflammig, VVG ind. | Schuch; Bau- reihe 161 Siteco ; Bau- reihe FR100 | 1x58 W: 161158 PC KE SC H50 i GKM Spez. Nr. 4FR0952 sonder gem. GKM-Ausführung Art.Nr.: 161028938 1x58Watt : 5LS3291-1ET5 ind. (PMMA) 1x18Watt : 5LS3291-1AT5 ind. (PMMA) für 70°C entsprechend 1x58W : 1LS3291-1ET7 (PC) |

| Außenbeleuchtung | Fabrikat: | Typ |
|---------------------------------------|-----------|---------------|
| Mastansatzleuchten HST 1x150/100 Watt | Schuch | 64150 HS komp |

| Sicherheitsbeleuchtung | Fabrikat: | Typ |
|---|-----------|------------|
| Hinweisleuchten Atex Zone 22 mit Fluchtwegspiktogrammen (Pfeile links, rechts, unten) , 8 Watt; EVG bis +55°C | Schuch | n D 849108 |

Fluchtwegbeleuchtung, Leuchstofflampenleuchten:
wie unter Beleuchtung im Anlagenbereich (Schuch)

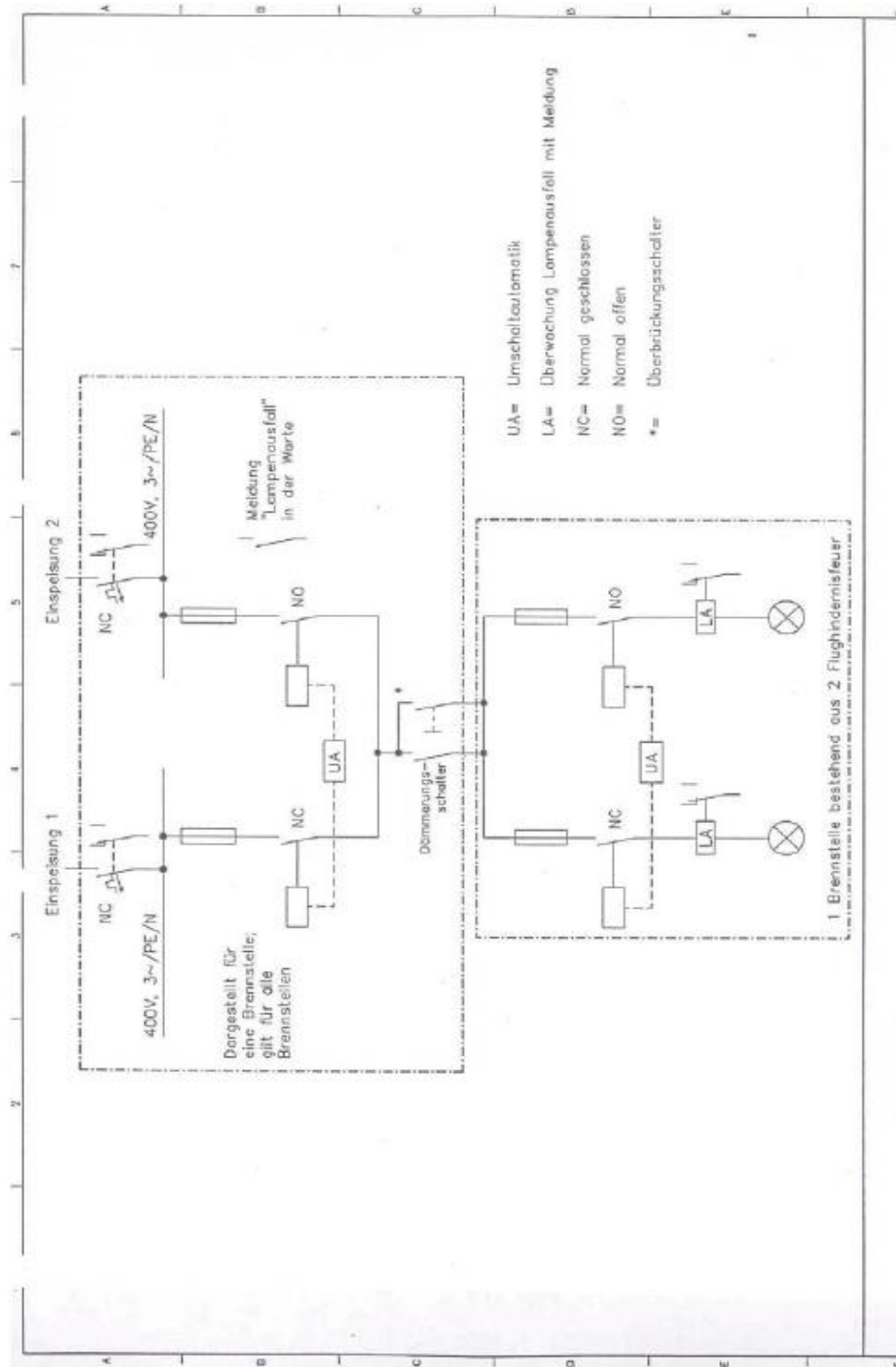
Anlage 2: Steckdosen- und Inst. Materialtypen

| Abzweigdosen, Schalter, Steckdosen | Fabrikat: | Typ |
|--|------------------|---------------------|
| Isolierstoffklemmenkästen, Schutzart IP54, im Innenbereich | Hensel | D9025 |
| Isolierstoffklemmenkästen, Schutzart IP54, im Außenbereich | Hensel | DF0404 |
| Schalter, Steckdosen und Li-Taster, Schutz-art IP44 | Peha | Feuchtraum Programm |

| Kraftsteckdosennetz | Fabrikat: | Typ |
|--|------------------|------------------------------------|
| CEE-Kraftsteckdosen 5pol. Schutzart IPX4 bis 32 A (400V) | Mennekes PCE | 1419 und 1557 115-6k und 125-6k |
| CEE-Kraftsteckdosen 5 pol. Schutzart IPX4 über 32 A. mit Schalter (400V) | Mennekes PCE | 5959A 7535-6k |
| CEE-Kraftsteckdosen 5 pol. Schutzart IPX4 bis 32 A mit Schalter (690V) | Mennekes | 5771A und 5787A |

Bei erhöhter Schutzart IPxx entsprechende Ausführung der rechts genannten Fabrikate

Anlage 3: Prinzipschaltbild Beleuchtungsverteilung Flughindernisleuchtung



Anlage 4: Kabelverlegearten

Tabelle 1: Übersicht Legearten

| Legeart (übergeordnet) | verwendet für: | Stromart* | Legeart auf/in | | | |
|------------------------|--|----------------------------|----------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| | | | P Pritsche | B ¹⁾ Boden | S Steigetrasse | E Erde/Rohre |
| A1 | 10 kV-Einleiterkabel 10 kV-Mehrleiterkabel 1 kV-Einleiterkabel | DS DS DS | P1 | - | S1 | ER A ER B ER C- |
| A2 | 1 kV-Mehrleiterkabel > = 60 A 1 kV-Einleiterkabel | DS GS WS DS GS | P2 | | S2 | ER D |
| A3 | 1 kV-Mehrleiterkabel < 60 A | DS GS WS | P3 | B2 | S3 | ER E |
| A4 | 1 kV-Mehrleiterkabel I _N Kleinantriebe mit-----< 0,2 I _{VDE} 0298 wenn Kabel nicht in Erde verlegt, alle L5-Kabel | DS WS GS | P3 | B3 | S3 | ER E |
| A5 | 1 kV-Mehrleiterkabel Steuerkabel (220 V) Kurzzeitantriebe Kleinantriebe (bis 71W)<0,32A Magnetventile | DS WS GS | P3 | B3 | S4 | ER F |
| | MRS-Kabel Steuerkabel < 60 V = | GS | P4 | B4 | S5 | ER G |

- 1) = Bodenverlegung nur im vom AG zu genehmigenden Ausnahmefall
DS = Drehstrom
WS = Wechselstrom
GS = Gleichstrom
MRS = Mess-, Steuer-, Regelkabel

Tabelle 2: Kabel auf Pritschen liegend

| Pos. | Legart | Kabelart | Stromart | Spannungsebene | Verbraucherart |
|------|--------|----------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| P1 | | M | DS DS DS mit PEN DS | 10 kV *3 bis 1 kV bis 1 kV 10 kV *3 | Verbraucher großer Leistung |
| P2 | | E | DS, WS, GS DS, GS | bis 1 kV ≥ 60 A bis 1 kV | Verbraucher großer Leistung |
| P3 | | M | DS, WS, GS | bis 1 kV ≤ 60 A | Verbraucher mittlerer Leistung |
| P4 | | MRS | GS | < 60 V | Messen, Steuern, Regeln |

E = Einleiter
 M = Mehrleiter
 St = Stammkabel
 MRS = Mess-, Steuer-, Regelkabel

Tabelle 3: Kabel auf dem Boden liegend

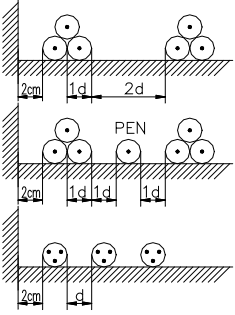
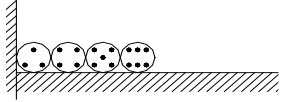
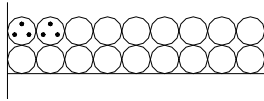
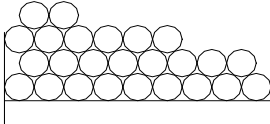
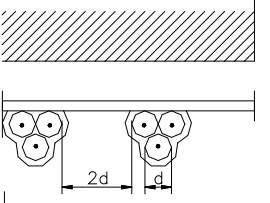
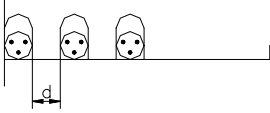
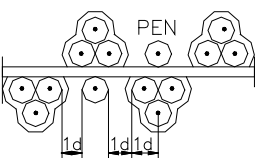
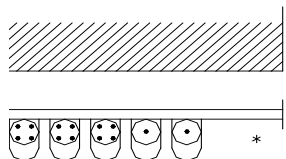
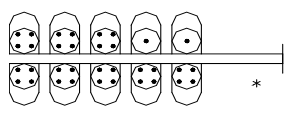
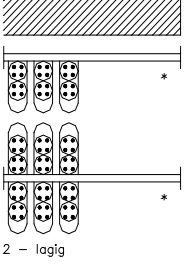
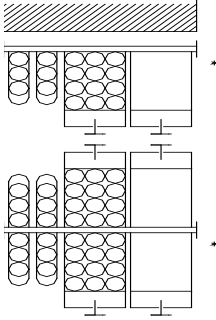
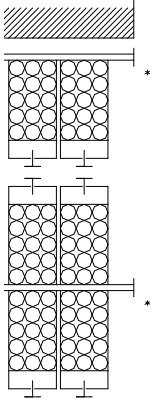
| Pos. | Legeart | Kabelart | Stromart | Spannungsbene | Verbraucher- art |
|------|--|----------|------------|---------------------|--|
| B1 |  | E | DS | 10 kV | Verbraucher großer Leis- tung |
| | | E | DS mit PEN | bis 1 kV | |
| | | M | DS | 10 kV | |
| B2 |  | M | DS | bis 1 kV | Verbraucher großer und mittlerer Leis- tung |
| | | E | GS | bis 1 kV | |
| B3 |  <p>Mehrlagig</p> | M | DS | bis 1 kV | Verbraucher mittlerer Leistung |
| | | | WS GS | $\leq 60 \text{ A}$ | |
| B4 |  <p>Mehrlagig</p> | MRS | GS | < 60 V | Messen, Steuern, Regeln |

Tabelle 4: Kabel auf Steigetrassen

| Pos. | Legeart | Kabelart | Stromart | Spannungsebene | Verbraucherart |
|------|---|----------|------------|----------------|--|
| S1 |  | E | DS | 10 kV | Verbraucher großer Leistung |
| |  | M | DS | 10 kV | |
| |  | E | DS mit PEN | bis 1 kV | |
| S2 |  | M | DS, WS, GS | bis 1 kV | Verbraucher großer Leistung |
| |  | E | GS | bis 1 kV | > ≈ 60 A |
| S3 |  | M | DS, WS, GS | bis 1 kV | Verbraucher mittlerer Leistung < ≈ 60 A |


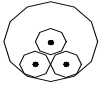
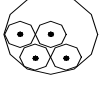




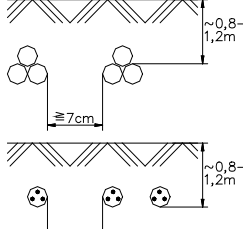
* ... Schellen ohne Abstand

Tabelle 4: Kabel auf Steigetrassen (Fortsetzung)

| Pos. | Legart | Kabelart | Stromart | Spannungsebene | Verbraucherart |
|------|--|-------------|------------|----------------|-------------------------------|
| S4 |  | M St | DS, WS, GS | bis 1 kV | wie P3 |
| S5 |  | MRS | GS | < 60 V | Messen, Steuern, Regeln |

* Schellen ohne Abstand

Tabelle 5: Kabel in Erde / Rohren

| Pos. | Legart | Kabelart | Stromart | Spannungsebene | Verbraucherart |
|------|---|----------|------------|----------------|--|
| ER | Kabel in PVC-Rohren Rohrbelegung | | | | |
| A |  | M | DS | 10 kV | Verbraucher großer Leistung |
| B |  | E | DS | 10 kV | - " - |
| C |  | E | DS mit PEN | bis 1 kV | - " - |
| D |  | M | DS, WS | bis 1 kV | Verbraucher großer Leist. > ≈ 60 A |
| E |  | M | DS, WS, GS | bis 1 kV | Verbr. mittlerer u. kleiner Leist. >0,32 A < ≈ 60 A |
| F |  | M, St | DS, WS, GS | bis 1 kV | Verbr. mit kleiner Leistung Kurzzeitantriebe Steuerkabel(220 V) < ≈ 0,32 A |
| | G  *6) | MRS | GS | < 60 V | Messen, Steuern, Regeln |
| ED | Kabel direkt in Erde | E | DS | 10 kV | Verbraucher großer Leistung |
| *5) |  | M | DS, WS, GS | bis 1 kV | |
| | | M | DS | 10 kV | |
| | | E | DS | 10 kV | |

*5) für diese Verlegeart sind gezielte Planungsvorgaben zu beachten;

Anlage 5: Datenfelder der Datei Kabelverlegeliste (Entwurf)

| Bezeichnung | | Feldname | Datentyp | Feldgröße |
|------------------------------------|------------|----------|----------|---------------------|
| Kabelnummer | KAB_NR | Text | 20 | |
| Kabeltyp | TYP | Text | 18 | aus Kabelcode |
| Aderquerschnitt | AD_QUER | Text | 18 | aus Kabelcode |
| Kabelleiche | LEICHE | Text | 4 | |
| Kabelcode | CODE | Text | 7 | mitgeführte Tabelle |
| Kabel von | KAB_VON | Text | 20 | |
| Kabel nach | KAB_NACH | Text | 20 | |
| Verbraucher | VERBRAUCH | Text | 30 | |
| Level | LEVEL | Text | 3 | |
| Parallel | PARALLEL | Text | 2 | |
| Anschluss 1 von Firma | FIRMAN1 | Text | 10 | |
| Anschluss 2 von Firma | FIRMAN2 | Text | 10 | |
| Verlegung von Firma | FIRMVERL | Text | 10 | |
| Geplante Meter | GEPL_METER | ZAHL | Double | Schätzung Planer |
| Kabeldurchmesser | DURCHM | ZAHL | Double | aus Kabelcode |
| Verlegte Meter | VERL_METER | ZAHL | Double | |
| Verlegte Meter Klemme-Klemme | KLKL_M | ZAHL | Double | |
| Bemerkung | BEMERKUNG | Text | 30 | |
| Isolationswert | MEGOHM | Text | 4 | |
| Kabelmarkierung verl. Meter Anfang | ANFANG | Text | 5 | |
| Kabelmarkierung | ENDE | Text | 5 | |
| Klemme-Klemme endverl. Meter An- | ANFANG1 | Text | 5 | |
| Klemme-Klemme endverl. Meter Ende | ENDE1 | Text | 5 | |
| Verlegung Datum | VERL_DAT | Datum | | |
| Anschluss 1 Datum | AN1DAT | Datum | | |
| Anschluss 2 Datum | AN2DAT | Datum | | |
| Messung Datum | MESSDAT | Datum | | |
| Geplant Name | AV | Text | 6 | |
| Geplant Datum | GEPLANT | Datum | | |
| Messung von Firma | FIRMA | Text | 15 | |
| Raumkennzeichen 1 | RAUMKENN1 | Text | 18 | |
| Raumkennzeichen 2 | RAUMKENN2 | Text | 18 | |
| Notiz | NOTIZ | Memo | | |
| Anlage | Block | Text | 3 | |
| Revisionsanlaß | REVANL | Text | 8 | |
| Revision Datum | REVDAT | Datum | | |
| Anzahl Stanzungen | STANZUNG | Zahl | Double | |
| Berechnete Länge | P_LAENGE | Zahl | Double | Summe Wegelemente |
| Satz | SATZ | Text | 5 | |
| Wegelement n<=60 | WEGn<=60 | Text | 21 | |

Anlage 6: Datenfelder der Datei Kabelwege (Entwurf)

| Bezeichnung | Feldname | Datentyp | Feldgröße |
|-----------------------|-----------|----------|-----------|
| Kabelnummer | KAB_NR | Text | 20 |
| Anschlusslänge Anfang | AVON_MTR | Zahl | Double |
| Anschlusslänge Ende | ANACH_MTR | Zahl | Double |
| Wegelement 1 | WEG1 | Text | 21 |
| . | . | Text | 21 |
| . | . | Text | 21 |
| . | . | Text | 21 |
| Wegelement n<=60 | WEGn<=60 | Text | 21 |

Anlage 7: Datenfelder der Datei Kabelliste (Entwurf)

| Bezeichnung | Feldname | Datentyp | Feldgröße | |
|-------------------|-----------|----------|-----------|---------------|
| Kabelnummer | KAB_NR | Text | 20 | |
| Kabeltyp | TYP | Text | 18 | aus Kabelcode |
| Aderquerschnitt | AD_QUER | Text | 18 | aus Kabelcode |
| Kabel von | KAB_VON | Text | 20 | |
| Kabel nach | KAB_NACH | Text | 20 | |
| Verbraucher | VERBRAUCH | Text | 30 | |
| Kabeldurchmesser | DURCHM | ZAHL | Double | aus Kabelcode |
| Bemerkung | BEMERKUNG | Text | 30 | |
| Isolationswert | MEGOHM | Text | 4 | |
| Messung Datum | MESSDAT | Datum | | |
| Raumkennzeichen 1 | RAUMKENN1 | Text | 18 | |
| Raumkennzeichen 2 | RAUMKENN2 | Text | 18 | |
| Notiz | NOTIZ | Memo | | |
| Revision Datum | REVDAT | Datum | | |

Anlage 8: Kabeltypenliste

Mittelspannungskabel 10 kV halogenfrei

N2XSH

N2XSEH

Mittelspannungskabel 10 kV VPE

N2XS(FL)2Y

N2XSEY

Niederspannungs- und Steuerkabel halogenfrei

N2XH

N2XCH

Gummischlauchleitung halogenfrei

H05ZZ-F

H07ZZ-F

Aderleitung halogenfrei

H05Z-K

H07Z-K

Niederspannungs- und Steuerkabel PVC

NYCY

NYY

NYCWY

flexible NS-Kabel PVC

Ölfex

Niederspannungs- und Steuerkabel halogenfrei mit Funktionserhalt

NHXXH E30

NHXXH E90

NHXCH E30

NHXCH E90

Steuer- und Fernsprechkabel halogenfrei

J-H(St)H

JE-LIHCH

Steuer- und Fernsprechkabel PVC

A2Y(L)2Y

IY(ST)Y

Steuer- und Fernsprechkabel halogenfrei mit Funktionserhalt

JE-H(St)H E90

Anlage 9: Kabelauswahllisten 0,23/0,4/0,69 kV

Die Kabelauswahllisten werden im Rahmen der Ausführungsplanung durch den AN erstellt und mit dem AG abgestimmt.