

Berechnung von Kurzschlussströmen und Spannungsfällen

Überstromschutzeinrichtungen, Selektivität, Schutz bei Kurzschluss, Berechnungen für die Praxis mit
Calckus

Bearbeitet von
Gunter Pistora

04. Auflage, neu bearb. 2016. Taschenbuch. 747 S. Paperback

ISBN 978 3 8007 4224 0

Format (B x L): 14,8 x 21 cm

Gewicht: 1002 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Energietechnik, Elektrotechnik > Elektrotechnik](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of varying sizes, arranged in a slight arc. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Leitungen) ausgewählt wird, sowie Verlege- und Umgebungsbedingungen gemäß DIN VDE 0298-4 vorliegen und die Hinweise des Abschnitts 7.1 von DIN VDE 0100-430 beachtet werden (Schutz durch eine gemeinsame Überstromschutzeinrichtung), sind normalerweise keine besonderen Betrachtungen beim Schutz bei Kurzschluss erforderlich.

11.6 Maximal zulässige Stromkreislänge

11.6.1 Allgemeine Hinweise

Grundlagen zur Berechnung der zulässigen Stromkreislänge sind im Kapitel 8 ausführlich behandelt. Die Berechnung erfolgt nach dem Berechnungsverfahren von Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100:1995-11, Abschnitt 4.1 und gilt u. a. für den Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (Fehlerschutz) und den Schutz bei Kurzschluss im TN-System, wobei die automatische Abschaltung der Stromversorgung mittels einer Überstromschutzeinrichtung (Leitungsschutzschalter, Leitungsschutzsicherungen) oder einem Leistungsschalter sichergestellt wird.

Schutzeinrichtungen für Kabel- und Leitungen, die sowohl den Schutz bei Überlast als auch bei Kurzschluss sicherstellen, sind im Abschnitt 11.4.1 aufgeführt. Dies gilt auch für Schutzeinrichtungen, die nur für den Schutz bei Kurzschluss eingesetzt werden dürfen.

Für die Berechnung der zulässigen Kabel- und Leitungslänge im TN-System wird der kleinste einpolige Kurzschlussstrom $I''_{k1\min}$ bei generatorfernem Kurzschluss nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) verwendet. Die Mindestkurzschlussströme beziehen sich auf die Einbaustelle der Schutzeinrichtung.

Maximal zulässige Stromkreislängen, die sich ab einer Anschlussstelle in einer elektrischen Anlage ergeben, sind abhängig vom Bemessungsstrom (Nennstrom) der vorgeschalteten Schutzeinrichtung, dem Leiterquerschnitt, dem Mindestkurzschlussstrom (Abschaltstrom der Schutzeinrichtung) und der Schleifenimpedanz vor der Schutzeinrichtung (Vorimpedanz). Ist die Vorimpedanz an der Anschlussstelle des betreffenden Stromkreises nicht bekannt, so können die Werte nach Abschnitt 8.1 als Richtwerte angesehen werden.

Im Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100 sind Tabellen enthalten, aus denen mit den o. g. Parametern die maximal zulässige Stromkreislänge ermittelt werden kann.

Die Berechnung der maximal zulässigen Stromkreislängen mit dem Programm ist im Abschnitt 8.6 (Berechnungsbeispiele) erläutert. Innerhalb des Programms „Calculus V4-Zubehör (Berechnungstools)“ steht ein weiteres Dialogfeld zur Berechnung der zulässigen Stromkreislänge zur Verfügung.

Weitere Informationen zu diesen Programmen sind der „Berechnungstools Hilfe“ zu entnehmen, die innerhalb des Programms „Calckus V4“ zur Verfügung steht.

Im Auswahlmenü wählen Sie die Option

Maximal zulässige Stromkreislängen – Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung

und im folgenden Menü die erste Option

Berechnung nach Bbl. 5 zu DIN VDE 0100 unter Berücksichtigung der Abschaltzeiten nach DIN VDE 0100-410 und der zulässigen Kurzschlussstemperatur am Leiter (160 °C)

Der erforderliche Mindestkurzschlussstrom (Abschaltstrom) kann den Tabellen aus Bbl. 5 zu DIN VDE 0100, den Zeit-Strom-Bereichen nach Kapitel 6 oder Herstellerunterlagen entnommen werden.

Dieses Dialogfeld (siehe hierzu Bild 11.16) kann auch für die Ermittlung der maximal zulässigen Länge beim Einsatz von Leistungsschaltern benutzt werden. Der erforderliche Mindestkurzschlussstrom ergibt sich durch eine Erhöhung des Einstellwerts des Kurzschlussstromauslösers auf $I_a = \text{Einstellwert} \cdot 1,2$.

So ist bei einem Einstellwert des Kurzschlussstromauslösers von 400 A ein Mindestkurzschlussstrom von $400 \text{ A} \cdot 1,2 = 480 \text{ A}$ erforderlich. Mit diesem Mindestkurzschlussstrom von 480 A ergibt sich bei einer Schleifenimpedanz vor der Schutzeinrichtung von $50 \text{ m}\Omega$ und einem Leiterquerschnitt von 50 mm^2 eine zulässige Länge von 416 m.

Für die Berechnung gelten die Gleichungen der Abschnitte 8.2 und 8.3 sowie 8.7, wobei der erforderliche Kurzschlussstrom (Mindestkurzschlussstrom) einzusetzen ist, der das automatische Ansprechen der Überstromschutzeinrichtung innerhalb der geforderten Zeit bewirkt (spätestens nach 5 s) oder der die Abschaltung in einer Zeit bewirkt, ohne dass die zulässige Leitertemperatur erreicht wird.

Die Ermittlung der zulässigen Stromkreislänge wird in den nachfolgenden Beispielen erläutert.

11.6.2 Berechnungsbeispiele

Beispiel 11.13

An einer Verteilung einer vorhandenen Anlage soll ein Kompressor mit einer Leistung von 12 kW bei einem Grundschwingungs-Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,85$ und dem Wirkungsgrad von $\eta = 0,83$ über eine Leitung NYM-J $4 \times 4 \text{ mm}^2$ angeschlossen werden. Die maximal zulässige Stromkreislänge ist zu ermitteln.

Die Leitung wird durch einen Motorstarter (Motorschutzschalter) gegen Überlast geschützt.

Die Stromaufnahme des Motors beträgt:

$$\frac{I}{\text{A}} = \frac{P/\text{kW}}{\sqrt{3} \cdot U_n/\text{V} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \cdot 10^3 = \frac{12 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85 \cdot 0,83} \cdot 10^3$$

$$I = 24,55 \text{ A} \approx 25 \text{ A}$$

Unter Beachtung des Motoranlaufstroms erfolgt die Absicherung mit einer Leitungsschutzsicherung 32 A/gG.

An der Verteilung wurde eine Impedanz (Schleifenimpedanz) von $Z_V = Z_S = 200 \text{ m}\Omega$ gemessen. Die Korrektur des Messwerts ergibt eine Impedanz von:

$$Z_{V(\text{korrigiert})} = 1,3 \cdot 1,24 \cdot Z_{S(\text{Messwert})} = 1,3 \cdot 1,24 \cdot 200 \text{ m}\Omega = 322,4 \text{ m}\Omega$$

Der Faktor 1,24 berücksichtigt die Temperaturerhöhung der Leitung von 20 °C auf 80 °C, der Faktor 1,3 den Messfehler.

Bild 11.11 zeigt den Netzschaltplan für die Ermittlung der maximal zulässigen Stromkreislänge beim Schutz bei Kurzschluss für das Beispiel 11.13.

Für die Leitungsschutzsicherung mit einem Bemessungsstrom 32 A der Betriebsklasse gG ist ein Abschaltstrom I_a (Mindestkurzschlussstrom) nach Tabelle 5.4 von 150 A erforderlich, damit die Abschaltung bei einer Zeit $t = 5 \text{ s}$ erfolgt.

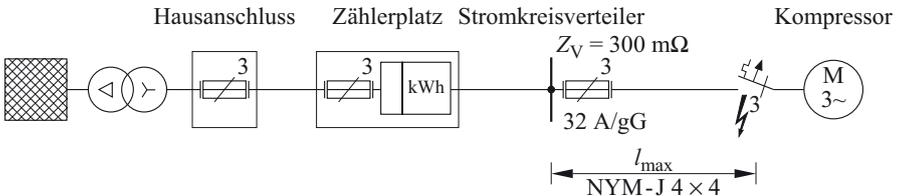


Bild 11.11 Netzschaltplan für die Ermittlung der maximal zulässigen Stromkreislänge beim Schutz bei Kurzschluss – Beispiel 11.13

Mit den Impedanzbelag von 5,655 mΩ/m nach Tabelle 7.7 ergibt sich die zulässige Stromkreislänge zwischen Stromkreisverteiler und Motor nach Gl. (8.16) zu:

$$l_{\max} = \frac{\frac{c_{\min} \cdot U_n/\text{V}}{\sqrt{3} \cdot I_a/\text{A}} \cdot 10^3 - Z_{V(\text{korrigiert})}/\text{m}\Omega}{2 \cdot Z'_L / \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 150 \text{ A}} \cdot 10^3 - 322,4 \text{ m}\Omega}{2 \cdot 5,717 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}}$$

$$l_{\max} = 99,7 \text{ m}$$

Nach Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100, Tabelle 3 beträgt die maximal zulässige Leitungslänge 105 m bei einer Schleifenimpedanz vor der Schutzeinrichtung von 300 mΩ.

Die Ausschaltzeit (Kurzschlussdauer) ergibt sich zu:

$$t_k = \left(\frac{k \cdot q_n}{I_{k1 \min}} \right)^2 = \left(\frac{115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm}^2}{150 \text{ A}} \right)^2 = 9,40 \text{ s (nach Bild 6.6b beträgt diese 5 s)}$$

Bild 11.12 zeigt das Dialogfeld (Berechnung maximal zulässige Stromkreislänge – Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (Fehlerschutz)) und Schutz bei Kurzschluss mit den Daten für das Berechnungsbeispiel 11.13.

In diesem Fall ist die Grenzlänge für den Spannungsfall die begrenzende Größe, da bei einem zulässigen prozentualen Spannungsfall von 3 % und dem Leiterquerschnitt von 4 mm² sowie dem Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung von 32 A sich nach Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100, Tabelle 23 eine maximal zulässige Leitungslänge von 47 m ergibt (bei einem Spannungsfall von 4 % sind dies 63 m).

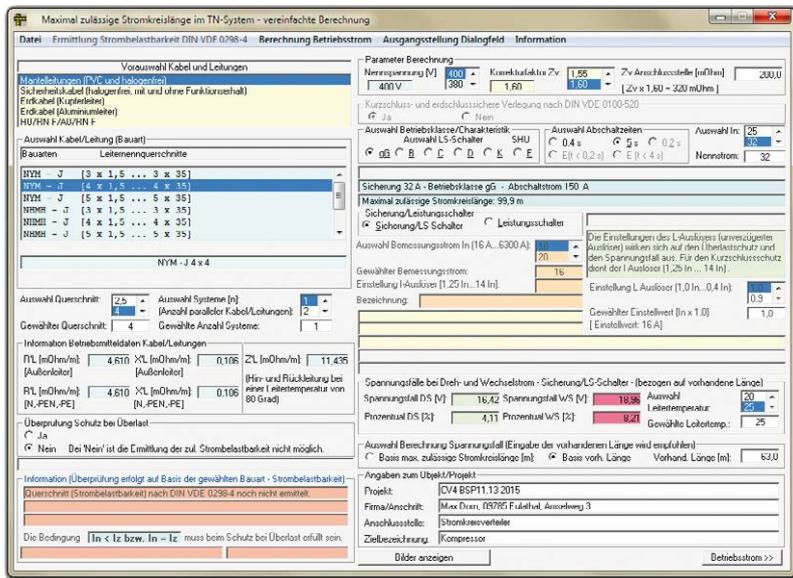


Bild 11.12 Dialogfeld (Berechnung maximal zulässige Stromkreislänge – Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (Fehlerschutz)) und Schutz bei Kurzschluss mit den Daten für das Berechnungsbeispiel 11.13

Anmerkung: Geringfügige Abweichungen gegenüber den Tabellenwerten von Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100 sind auf unterschiedliche Werte der Betriebsmitteldaten (Resistanz- und Reaktanzbeläge) zurückzuführen, da in diesen Tabellen mit einem Impedanzwinkel von 28° gerechnet wurde, während im Programm die zulässige Länge nach den Gln. (8.16) und Gl. (8.27) und den Impedanzbelägen der Tabelle 7.7 ermittelt wird.

Beispiel 11.14

An einer vorhandenen Verteilung soll eine Förderpumpe (Drehstromverbraucher) mit einer Leistung von $P=7\text{ kW}$ mit einem Grundschwingungs-Leistungsfaktor von $\cos\varphi=0,85$ und einem Wirkungsgrad von $\eta=0,83$ über eine Leitung NYM-J $4\times 2,5\text{ mm}^2$ angeschlossen werden.

Die Stromaufnahme der Förderpumpe beträgt:

$$\frac{I}{\text{A}} = \frac{P/\text{kW}}{\sqrt{3} \cdot U_n/\text{V} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \cdot 10^3 = \frac{7\text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400\text{ V} \cdot 0,85 \cdot 0,83} \cdot 10^3$$

$$I = 14,32\text{ A} \approx 15\text{ A}$$

Unter Beachtung des Motoranlaufstroms soll die Leitung mit einer Sicherung von 25 A/gG bei Auftreten eines Kurzschlusses geschützt werden. Für die Leitungsschutzsicherung mit einem Bemessungsstrom 25 A der Betriebsklasse gG ist ein Abschaltstrom I_a (Mindestkurzschlussstrom) nach Tabelle 5.4 von 110 A erforderlich, damit die Abschaltung bei der Zeit $t=5\text{ s}$ erfolgt.

Die Schleifenimpedanz am Hausanschluss wurde mit $Z_S=Z_V=200\text{ m}\Omega$ durch Messung ermittelt. Zwischen Hausanschluss und Zählerplatz (Hauptverteilung) ist eine Leitung NYM-J $4\times 25\text{ mm}^2$ mit einer Länge von $l_1=6\text{ m}$ verlegt. Die Länge der Leitung NYM-J $5\times 16\text{ mm}^2$ zwischen dem Zählerplatz und dem Stromkreisverteiler beträgt $l_2=50\text{ m}$. Der Schutz der Motorzuleitung gegen Überlast wird durch einen Motorstarter (Motorschutzschalter) sichergestellt.

Die maximal zulässige Länge der Leitung NYM-J $4\times 2,5\text{ mm}^2$ vom Stromkreisverteiler bis zur Förderpumpe ist zu ermitteln.

Im Bild 11.13 ist der Netzschaltplan für das Beispiel 11.14 dargestellt.

Rechengang

Die Korrektur des Messwerts ergibt eine Impedanz von:

$$Z_{V(\text{korrigiert})} = 1,3 \cdot 1,24 \cdot Z_{V(\text{Messwert})} = 1,3 \cdot 1,24 \cdot 200\text{ m}\Omega = 322,4\text{ m}\Omega$$

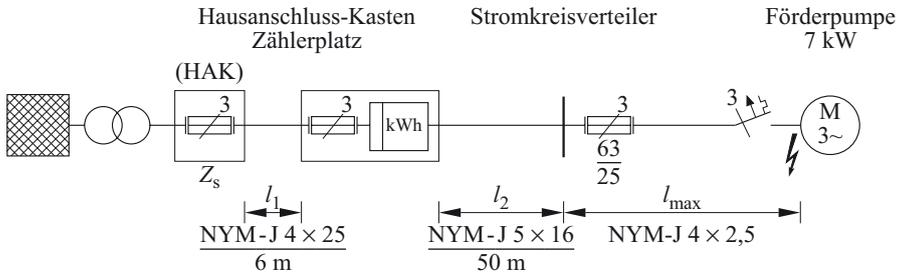


Bild 11.13 Netzschaltplan für die Ermittlung der maximal zulässigen Stromkreislänge beim Schutz bei Kurzschluss – Beispiel 11.14

Der Faktor 1,24 berücksichtigt die Temperaturerhöhung der Leitung von 20 °C auf 80 °C, der Faktor 1,3 den Messfehler.

Die Impedanz am Stromkreisverteiler ergibt sich zu:

$$Z_V = Z_V(\text{korrigiert}) + Z_{L1} + Z_{L2} = Z_V(\text{korrigiert}) + 2 \cdot Z'_{L1} \cdot l_1 + 2 \cdot Z'_{L2} \cdot l_2$$

$$Z_V = 322,4 \text{ m}\Omega + 2 \cdot 0,905 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot 6 \text{ m} + 2 \cdot 1,429 \text{ m}\Omega/\text{m} \cdot 50 \text{ m} = 476,160 \text{ m}\Omega$$

Die maximal zulässige Leitungslänge zwischen Stromkreisverteiler und Förderpumpe ergibt sich mit dem erforderlichen Abschaltstrom I_a (Mindestkurzschlussstrom) von 110 A nach Tabelle 5.4 zu:

$$\frac{l_{\max}}{\text{m}} = \frac{\frac{c_{\min} \cdot U_n / V}{\sqrt{3} \cdot I_a / A} \cdot 10^3 - Z_V / \text{m}\Omega}{2 \cdot Z'_L / \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 110 \text{ A}} \cdot 10^3 - 475,024 \text{ m}\Omega}{2 \cdot 9,189 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}}$$

$$l_{\max} = 82,6 \text{ m}$$

Nach Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100, Tabelle 3 beträgt die maximal zulässige Leitungslänge 83 m bei einer Schleifenimpedanz vor der Schutzeinrichtung von 500 mΩ.

Berechnung mit dem Programm (Beispiel 11.14)

Die Ermittlung der Impedanz am Stromkreisverteiler und der zulässigen Stromkreislänge erfolgt mit dem Programm „Ik1 minZv“.

Zur Ermittlung der Vorimpedanz sind folgende Daten einzugeben:

Vorimpedanz Z_V (Impedanz an der Anschlussstelle): 200 mΩ

Auswahl Korrekturfaktor (entspricht etwa $1,24 \times 1,3 = 1,61$): 1,6

(Die Korrektur des Messwerts ergibt eine Impedanz von $320 \text{ m}\Omega$)

Länge l_1 : 6 m

Auswahl Bauart Leitung: NYM-J $4 \times 25 \text{ mm}^2$

Länge l_2 : 50 m

Auswahl Bauart Leitung: NYM-J $5 \times 16 \text{ mm}^2$

Nach Eingabe der genannten Daten ergibt sich eine Vorimpedanz (Impedanz am Ende der Leitung l_2) von $Z_V = 473,7 \text{ m}\Omega \approx 474 \text{ m}\Omega$. Das Dialogfeld zur Ermittlung der zulässigen Stromkreislänge wird im Menü *Stromkreislänge Abzweige ...* und dem Eintrag *Abzweige Knoten 2* aufgerufen.

Nach Auswahl der Betriebsklasse gG und Auswahl des Nennstroms von 25 A sowie Auswahl der Bauart und des Leiternennquerschnitts von $2,5 \text{ mm}^2$ ergibt sich eine zulässige Stromkreislänge von 82,7 m und ein prozentualer Spannungsfall für eine vorhandene Länge l_3 (z. B. 40 m) von $\epsilon_{DS} = 3,27 \%$.

Nach Auswahl der Leitung NYM-J $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$ und Eingabe der Länge l_3 von 83 m ergibt sich ein einpoliger Kurzschlussstrom von 109,7 A.

Soll das Berechnungsergebnis dokumentiert werden, so sind die Angaben (Anschlussstelle und Zielbezeichnung) einzugeben.

Beispiel 11.15

An einer Niederspannungsverteilung soll ein Kabel NYY-J $4 \times 50 \text{ mm}^2$ angeschlossen werden, wobei nur Schutz bei Kurzschluss gefordert wird. Als Schutzeinrichtung wird eine Leitungsschutzsicherung (NH-Sicherung, Betriebsklasse gG) mit einem Bemessungsstrom $I_n = 400 \text{ A}$ eingesetzt. Durch Messung wurde eine Impedanz von $Z_V = 50 \text{ m}\Omega$ an der Verteilung ermittelt. Es ist die maximal zulässige Stromkreislänge zu ermitteln. **Bild 11.14** zeigt den Netzschaltplan für die Ermittlung der maximal zulässigen Kabellänge beim Schutz bei Kurzschluss.

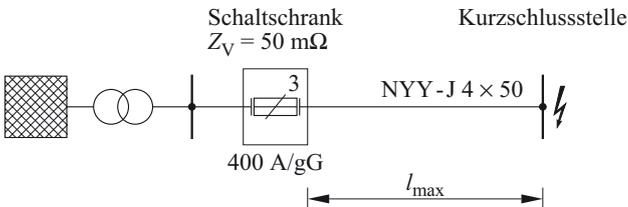


Bild 11.14 Netzschaltplan zur Ermittlung der maximal zulässigen Stromkreislänge beim Schutz bei Kurzschluss für das Beispiel 11.15

Rechengang

- Aus den Kennlinien der Zeit-Strom-Bereiche für die Leitungsschutzsicherung von 400 A wird der Strom ermittelt, der eine Abschaltung in 5 s gewährleistet. Nach Bild 6.6a ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Ordinate bei $t=5$ s und der oberen Kennlinie des Toleranzbands ein Strom von $I \approx I_p \approx 2\,800$ A.
- Mit Gl. (11.23) wird jetzt überprüft, ob bei diesem Strom von 2 800 A eine rechtzeitige Abschaltung gegeben ist, damit die Temperatur im Kurzschlussfall nicht höher als 160 °C wird (die maximal zulässige Temperatur bei Kurzschluss für PVC-Isolierung beträgt 160 °C).

Die Kurzschlussdauer ergibt sich zu:

$$t_k = \left(\frac{k \cdot q_n}{I} \right)^2 = \left(\frac{115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 50 \text{ mm}^2}{2\,800 \text{ A}} \right)^2 = 4,22 \text{ s}$$

Wie das Ergebnis zeigt, wird die Temperatur am Leiter von 160 °C bereits nach einer Abschaltzeit $t_a = 4,22$ s erreicht. Dies hat jedoch eine unzulässig hohe Erwärmung zur Folge, da die Leitungsschutzsicherung den Kurzschlussstrom erst nach 5 s abschaltet.

Abhilfe

Der Kurzschlussstrom muss größer werden, damit schneller abgeschaltet wird. Aus der Ausschaltstromkennlinie ist für die Sicherung der Strom zu ermitteln, der die Abschaltung in kürzerer Zeit gewährleistet.

Unter Anwendung von Bild 6.6a und Gl. (11.23) ist der Strom zu ermitteln, der in ausreichend kurzer Zeit die Abschaltung der Sicherung gewährleistet.

Durch mehrmaliges Berechnen ergeben sich die in **Tabelle 11.6** aufgeführten Ablesewerte und ermittelten Kurzschlusszeiten (Kurzschlussdauer). Bei einem Kurzschlussstrom von $I = I_p = 3\,500$ A ist die zulässige Ausschaltzeit t_k größer als die Abschaltzeit nach Bild 6.6a. Der Strom von 3 500 A ist somit maßgebend für die Ermittlung der zulässigen Kabellänge.

Die Kurzschlusszeiten (Kurzschlussdauer) ergeben sich zu:

$$t_k = \left(\frac{k \cdot q_n}{I} \right)^2 = \left(\frac{115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 50 \text{ mm}^2}{3\,000 \text{ A}} \right)^2 = 3,67 \text{ s}$$

$$t_k = \left(\frac{k \cdot q_n}{I} \right)^2 = \left(\frac{115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 50 \text{ mm}^2}{3500 \text{ A}} \right)^2 = 2,70 \text{ s}$$

Ablesewerte Bild 6.6a		Kurzschlussdauer t_k nach Gl. (11.23)
Kurzschlussstrom $I=I_p$	Abschaltzeit t	
3000 A	4,00 s	3,67 s
3500 A	2,00 s	2,70 s

Tabelle 11.6 Tabellarische Aufstellung der Abschaltzeiten zur Ermittlung des Kurzschlussstroms zur Berechnung der maximal zulässigen Stromkreislänge – Beispiel 11.15

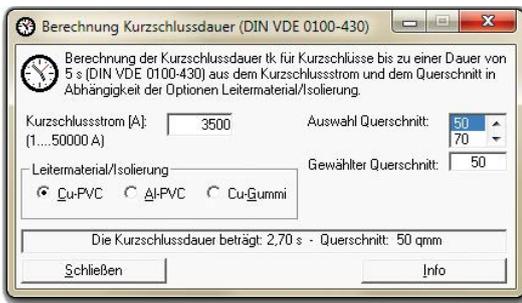


Bild 11.15 Dialogfeld zur Berechnung der Kurzschlussdauer nach Tabelle 11.6 – Beispiel 11.15

Damit wird die höchstzulässige Leitertemperatur von 160 °C im Kurzschlussfall nicht erreicht, sodass die Abschaltbedingung erfüllt ist. Mit dem Kurzschlussstrom $I=3500 \text{ A}$ ergibt sich die maximal zulässige Stromkreislänge zu:

$$l_{\max} = \frac{\frac{c_{\min} \cdot U_n / V}{\sqrt{3} \cdot I_a / A} \cdot 10^3 - Z_V / \text{m}\Omega}{2 \cdot Z'_L / \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V} \cdot 10^3 - 50 \text{ m}\Omega}{2 \cdot 0,487 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}}$$

$$l_{\max} = 13 \text{ m}$$

Eine Berechnung dieses Beispiels ist nach Beiblatt 5 zu DIN VDE 0100 in diesem Fall nicht möglich, da einem Leiternennquerschnitt von 50 mm^2 nach Tabelle 20 ein maximaler Bemessungsstrom von 250 A zugeordnet ist.

Die Berechnung ist nur mit dem Dialogfeld zur Berechnung der zulässigen Stromkreislänge mit Programm „Calckus Zubehör – Berechnungstools“ möglich. Das Dialogfeld mit den Daten des Beispiels 11.15 ist im **Bild 11.16** dargestellt.

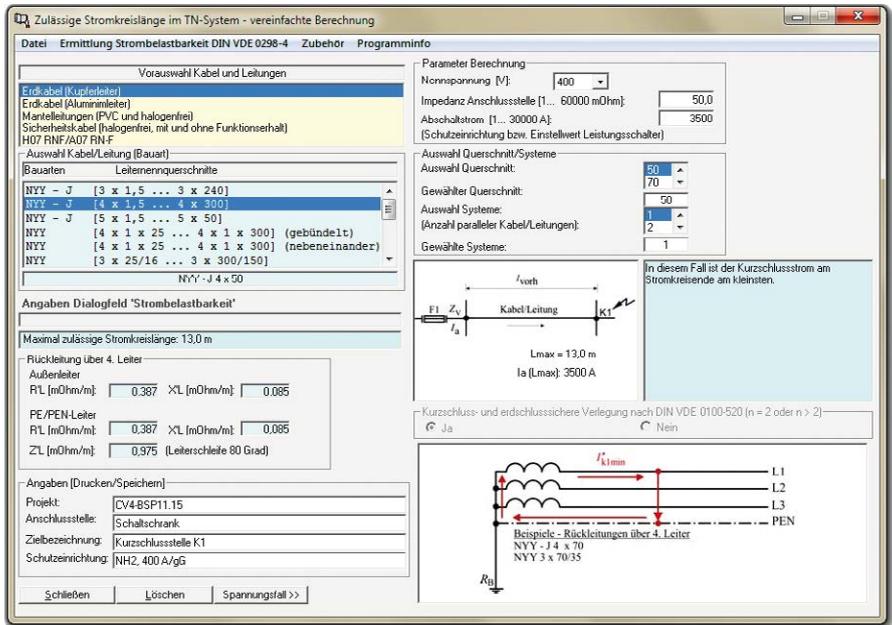


Bild 11.16 Dialogfeld (Berechnung maximal zulässige Stromkreislänge – Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (Fehlerschutz)) und Schutz bei Kurzschluss mit den Daten für das Berechnungsbeispiel 11.15

Mit

$$(k \cdot q_n)^2 = \left(115 \frac{\text{A}\sqrt{\text{s}}}{\text{mm}^2} \cdot 50 \text{ mm}^2 \right)^2 = 33\,062\,500 \text{ A}^2\text{s}$$

und

$$I^2 \cdot t_a = (3\,500 \text{ A})^2 \cdot 2,0 \text{ s} = 24\,500\,000 \text{ A}^2\text{s}$$

$$24\,500\,000\text{ A}^2\text{s} < 33\,062\,500\text{ A}^2\text{s}$$

ist die Bedingung $I^2 \cdot t_a < (k \cdot q_n)^2$ erfüllt.

Die Berechnung zur Überprüfung ist mit dem im Programm integrierten Dialogfeld möglich und ist im **Bild 11.17** dargestellt.

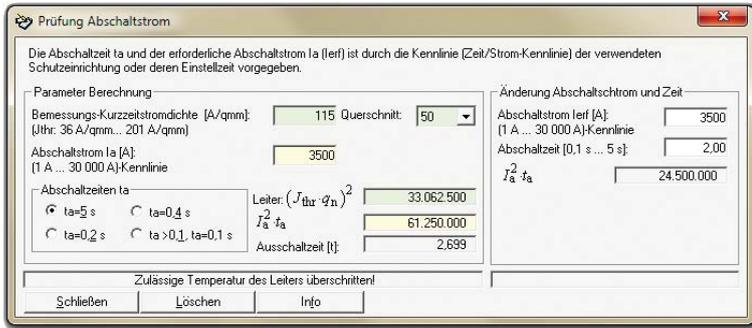


Bild 11.17 Dialogfeld zur Überprüfung der Bedingung $I^2 \cdot t_a < (k \cdot q_n)^2$ mit den Daten für das Berechnungsbeispiel 11.15 – Beispiel 11.15

11.6.3 Kabel und Leitungen mit vermindertem PEN – oder Schutzleiterquerschnitt

Für die Berechnung gelten die Gleichungen des Abschnitts 8.2, wobei der erforderliche Kurzschlussstrom (Mindestkurzschlussstrom), der das automatische Ansprechen der Kurzschlusschutzeinrichtung innerhalb der geforderten Zeit bewirkt (spätestens nach 5 s), einzusetzen ist. Die Berechnung erfolgt nach Gl. (8.27) des Abschnitts 8.4. Die Ermittlung der zulässigen Stromkreislänge wird in den nachfolgenden Beispielen erläutert.

Hinweis

Bei der Verwendung verminderter Querschnitte für den PEN-Leiter ist die Oberschwingungsbelastung zu beachten. Durch steigende Oberschwingungspegel in Netzen kommt es insbesondere in Niederspannungsnetzen zu einer starken Belastung der N- und PEN-Leiter durch die dritte Oberschwingung. Die Ausführung des N- bzw. PEN-Leiters mit vermindertem Querschnitt kann zu Überlastungen und zur Zerstörung des Leiters führen. Die Ausführung von Niederspannungsinstallationen mit vermindertem N- bzw. PEN-Querschnitt ist in jedem Fall unter dem Gesichtspunkt der zu erwartenden Oberschwingungsbelastung sorgfältig zu prüfen. Informationen