



TOTALLY INTEGRATED POWER

Technisches Handbuch SIMARIS design

SIEMENS

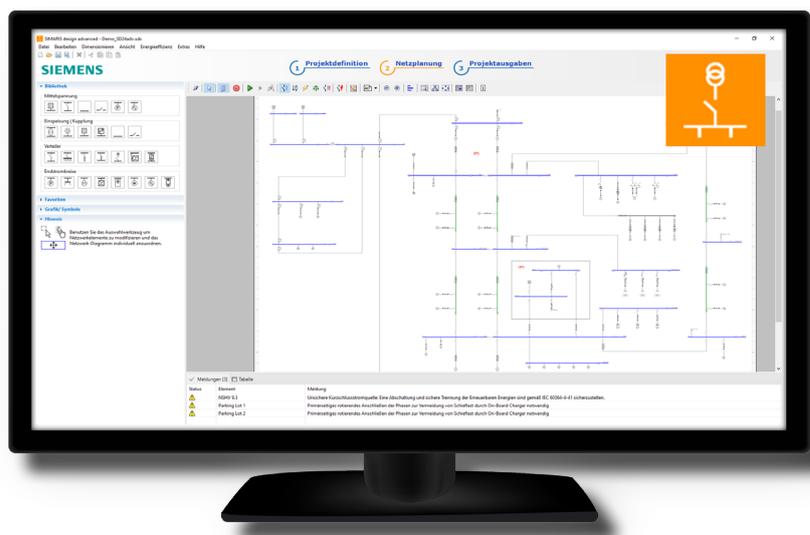
Inhalt

	Planungstool SIMARIS design	4			
1	Einstieg, Grundfunktionen, Bedienelemente	6	2.4	Berechnungs-Schnellanzeige (Tooltip-Funktion)	53
			2.4.1	Tooltip-Anzeige Schutz- / Schaltgerät	55
			2.4.2	Tooltip-Anzeige Einspeisequelle	57
			2.4.3	Tooltip-Anzeige Verteiler	59
			2.4.4	Tooltip-Anzeige Verbindungsstrecke	61
			2.4.5	Tooltip-Anzeige Endverbraucher	63
2	Technische Hauptfunktionen für die Elektroplanung	6	2.5	MS-/NS-Netzschutz	64
2.1	Berechnungsfunktionen	7	2.5.1	Schutzparametereinstellung	64
2.1.1	Energiebilanz des Netzes	8	2.5.2	Kennliniendarstellung	66
2.1.2	Lastflussberechnungen symmetrisch / unsymmetrisch	10	2.6	Selektivität / Backup-Schutz	69
2.1.3	Spannungsfallberechnungen statisch / dynamisch	11	2.7	Überprüfungsfunktionen, Prüfredeln	72
2.1.4	Kurzschlussberechnungen	15	2.8	Fehlersequenzanalyse	73
2.1.5	Verlustleistungsberechnung	16	3	Nachhaltige Elektroplanung	76
2.2	Netz- /Stromkreisdimensionierung	19	3.1	Überblick technische Dokumente	76
2.2.1	Definition Netzbetriebsarten / Schaltzustände	20	3.2	Anwendungsfälle aus der Praxis – Abbildung in SIMARIS design	77
2.2.2	Netzform nach Art der Erdverbindung	21	3.3	Industrie- und Infrastruktur-Applikationen	77
2.2.3	Netzeinspeisung, Kuppelverbindungen	22	4	Anhang	78
2.3	Betriebsmitteldimensionierung	27	4.1	Stromkreissymbole	78
2.3.1	Vorgaben zur Betriebsmitteldimensionierung	27	4.2	Formelbezeichner, Abkürzungen	80
2.3.2	Dimensionierung von Einspeisequellen	30			
2.3.3	Dimensionierung von Schalt-/Schutzgeräten	37			
2.3.4	Dimensionierungsziel Backup-Schutz / Selektivität	44			
2.3.5	Dimensionierung von linearen und nicht-linearen Verbraucherlasten	46			

Planungstool SIMARIS design

SIMARIS design ermöglicht die Planung und Auslegung elektrischer Mittel- und Niederspannungsnetze.

Die Dimensionierung der Betriebsmittelkomponenten erfolgt auf Basis realer, bestellfähiger Produkte aus dem Hause Siemens.



Eine einfache, intuitive Bedienung auf einer vollgrafischen Oberfläche sorgt für hocheffizientes Arbeiten.

In kürzester Zeit erhalten Elektroplaner fundierte und belastbare Arbeitsergebnisse.

Als Demo-Version kann das Planungstool SIMARIS design 30 Tage kostenlos erprobt werden.

Nach Ablauf des Testzeitraums ist die Nutzung lizenzpflichtig.

Für SIMARIS design stehen folgende Software-Lizenzen zur Verfügung:

- Basic
- Professional
- Advanced

Detaillierte Informationen zu den Funktionsbausteinen der jeweiligen Softwarelizenz enthält das

Tutorial SIMARIS design

Innerhalb dieses technischen Handbuches werden lizenzunabhängig, alle verfügbaren technischen Hauptfunktionen des Planungstools vorgestellt und beschrieben. Zusätzliche Planungshinweise tragen überdies zu einer optimalen Anwendung im praktischen Bedarfsfall bei.

1 Einstieg, Grundfunktionen, Bedienelemente

Die grundlegenden Bedienelemente des Tools, verfügbare Ausgabefunktionen und Programm-Schnittstellen werden im [Tutorial SIMARIS design](#) beschrieben.

Erstbenutzern von SIMARIS design wird erklärt, wie sie bei der Neuanlage von Projekten idealerweise vorgehen.

Das [Tutorial SIMARIS design](#) ist zugänglich über

- die Programmoberfläche von [SIMARIS design](#)
- die [SIMARIS Suite](#) in der Rubrik SUPPORT
- die Web-Seite [siemens.de/simaris](https://www.siemens.de/simaris)

Darauf aufbauend, werden in diesem Handbuch zusätzliche Bedienmöglichkeiten erläutert und wie diese in Verbindung mit den technischen Hauptfunktionen angewendet werden.

2 Technische Hauptfunktionen für die Elektroplanung

Die technischen Hauptfunktionen von SIMARIS design umfassen drei Kernbereiche:

- Netzberechnungen
- Betriebsmitteldimensionierung
- Überprüfungsfunktionen

Ein Grundverständnis für die Anforderungen an die Elektroplanung bzw. an die Betriebsmitteldimensionierung vermittelt das

[Planungshandbuch - Planung der elektrischen Energieverteilung](#).

[siemens.de/tip/downloadcenter](https://www.siemens.de/tip/downloadcenter)

Kapitel 6 des oben genannten Planungshandbuches enthält detaillierte Informationen zum Thema „Dimensionierung von Energieverteilungen“, welche die Basis für die technischen Hauptfunktionen von SIMARIS design bilden.

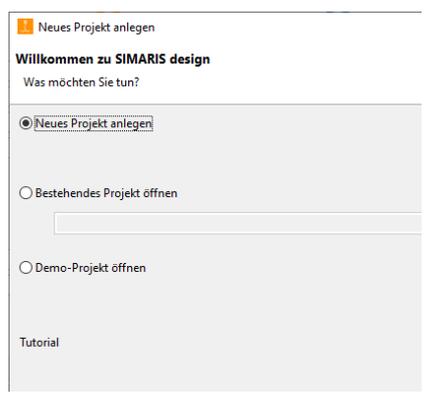


Abb. 1/1: Programmstart SIMARIS design

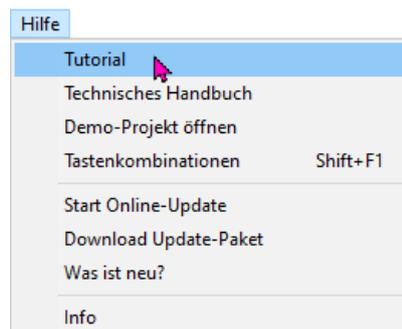


Abb. 1/2: SIMARIS design, Menüpunkt Hilfe

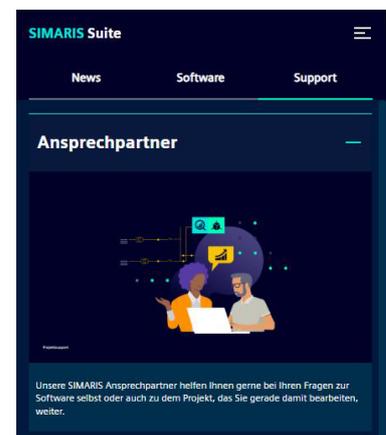


Abb. 1/3: SIMARIS Suite, Rubrik Support

2.1 Berechnungsfunktionen

SIMARIS design umfasst folgende Netz-
berechnungsfunktionen:

- Energiebilanz des Netzes
- Lastflussberechnung symmetrisch / unsymmetrisch
- Spannungsfallberechnung statisch / dynamisch
- Kurzschlussberechnung
- Verlustleistungsberechnung
- Energieeffizienzbewertung

Netzberechnungen werden von SIMARIS design im Vorfeld einer Stromkreis- bzw. Betriebsmitteldimensionierung durchgeführt (Kap. 2.2) Die Berechnungsdurchführung erfolgt auf Basis der angegebenen (aktivierten) Netzbetriebsarten und hierin definierter Schaltzustände.

Für jede (aktive) Netzbetriebsart führt SIMARIS design eigenständige Netzberechnungen durch (Abb. 2/1).

Die resultierenden worst-case Ergebnisse aus allen Berechnungen und Netzbetriebsarten werden in den Netzbildansichten zur Anzeige gebracht.

Planungshinweise – Netzberechnungen

Zusätzlich zu den in der Netzbildansicht angezeigten Ergebnissen weitere Detailinformationen über die durchgeführten Berechnungs- und Dimensionierungsergebnisse für jeden Verteiler- oder Netzknotenpunkt abgefragt werden. Dies geschieht durch Einschalten der Berechnungs-Schnellanzeige, der sog. Tooltip-Funktion.

Die Berechnungs-Schnellanzeige kann Aufschluss darüber geben, welche technischen Rahmenbedingungen ausschlaggebend für die vorliegenden Berechnungs- bzw. Dimensionierungsergebnisse sind oder mögliche Ursache für angezeigte Fehler- oder Warnmeldungen.

Eine eingehende Beschreibung zu einzelnen Anzeigewerten der Tooltip-Funktion enthält [Kap. 2.4](#)



Abb. 2/1b: Abschaltung Netzberechnungs- und Überprüfungsfunktion

Per Menüicon können die automatische Netzberechnungs- und Überprüfungsfunktion temporär abgeschaltet werden (Abb. 2/1b). Die Abschaltung unterbindet die fortlaufende Aktualisierung entstehender Fehler- und Warnmeldungen, solange Änderungen an Betriebsmittelkomponenten im Netz vorgenommen werden.

Dies kann sich positiv auf die Reaktionsgeschwindigkeit des Programmes auswirken.

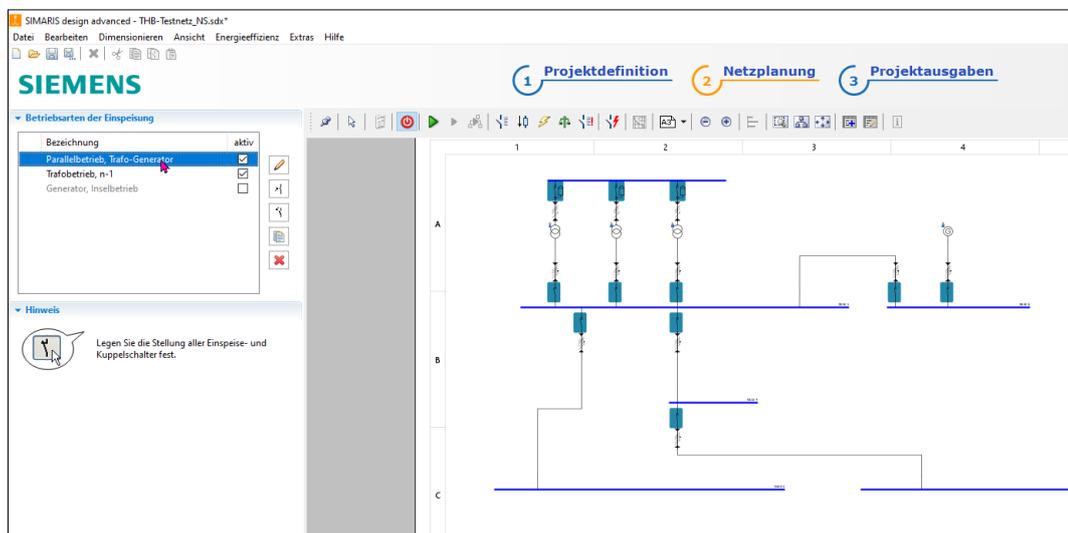


Abb. 2/1: SIMARIS design: aktive und inaktive Netzbetriebsarten mit Definition von Schaltzuständen

2.1.1 Energiebilanz des Netzes

Basierend auf den Angaben für angeschlossene Netzlasten und Einspeisequellen, erfolgt für das gesamte elektrische Netz eine Leistungsbilanzierung.



Abb. 2/2: Netzbildansicht Energiebilanz

In der Netzbildansicht „Energiebilanz“ wird für jeden Verteilerknoten und jede Einspeisequelle der resultierende maximale Wert für Wirk-, Blind-, Scheinleistung und Belastungsstrom aus allen (aktiven) Netzbetriebsarten für die Einspeisung ermittelt.

Die Energiebilanz vermittelt dem Elektroplaner einen ersten Eindruck über die Auslastung einzelner Verbindungsstrecken, der Einspeisequellen und jeweiligen Phasenbelastungen für L1, L2, L3 und N.

Für 1- bzw. 2-polige Verbraucher wird der jeweilige Phasenanschluss aufgezeigt (L1, L2 bzw. L3).

Verbraucheranschluss, Phasenaufteilung

Beim Einfügen neuer 1- bzw. 2-polige Verbraucher offeriert SIMARIS design eine bestmögliche Verteilung diese Verbraucherlasten auf die Phasen L1, L2 und L3.

Alternativ kann der jeweilige Phasenanschluss eines Verbrauchers durch den Anwender manuell vorgegeben bzw. angepasst werden (Abb. 2/4).



Abb. 2/4: Phasenanschluss für einen Verbraucher manuell definieren

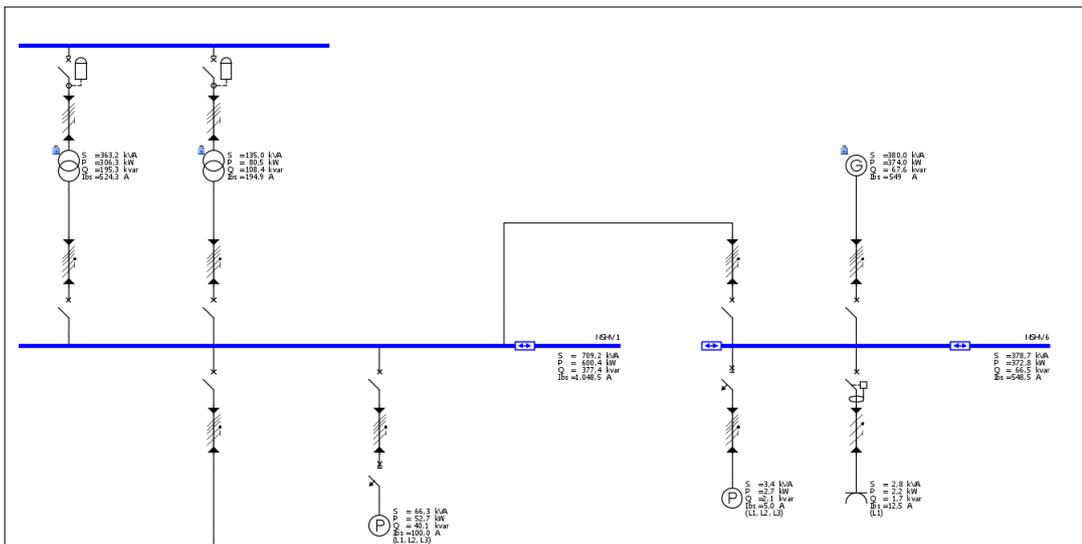


Abb. 2/3: Netzbildansicht Energiebilanz in SIMARIS design

Gleichzeitigkeitsfaktoren, Ausnutzungsfaktoren

Neben Angaben zu Bemessungsdaten, können Gleichzeitigkeitsfaktoren und Ausnutzungsfaktoren $< 1,0$ angegeben werden, welche in die Energiebilanz mit einfließen.

Gleichzeitigkeitsfaktor

Gleichzeitigkeitsfaktoren $< 1,0$ können für Verteilungen oder für einzelne Abschnitte von Stromschienensystemen definiert werden.

Als Stromschienenabschnitt wird die Verbindungsstrecke zwischen zwei Schienenabgängen angesehen.

Gleichzeitigkeitsfaktoren wirken sich in der Energiebilanzierung aus und werden bei der Betriebsmitteldimensionierung für übergeordnete Stromkreise berücksichtigt.

Wurden in übergeordneten Verteilungen ebenfalls Gleichzeitigkeitsfaktoren angegeben, multipliziert sich der Effekt.

Ausnutzungsfaktor

Für Verbraucher- oder motorische Lasten können innerhalb SIMARIS design sog. Ausnutzungsfaktoren $< 1,0$ für diesen Endstromkreis definiert werden.

Ausnutzungsfaktoren wirken sich – analog zu Gleichzeitigkeitsfaktoren - ebenfalls auf Energiebilanz und Betriebsmitteldimensionierung in übergeordneten Stromkreisen aus.

Die Betriebsmitteldimensionierung des Endstromkreises orientiert sich weiterhin an den Bemessungsdaten des jeweiligen Verbrauchers bzw. Motors.

Diese Funktion kann genutzt werden, wenn ein Antrieb bzw. Verbraucher in Bezug auf seine Bemessungsleistung dimensioniert werden soll, jedoch im spezifischen Betriebsfall nicht voll ausgelastet wird.

Berechnungstechnisch wirken sich Angaben zum Ausnutzungsfaktor auch auf die Spannungsfallberechnung im Endstromkreis aus ([Kap. 2.1.3](#)).

Planungshinweise – Ausnutzungsfaktoren für Wallboxen und Ladestationen

Für die Abbildung von öffentlich zugänglichen Wallboxen ohne Lastmanagement wird auf die Vorgaben der DIN VDE 0100 Teil 722 hingewiesen.

Treffen die oben genannten Rahmenbedingungen zu, ist für diese Verbraucher ein Gleich- bzw. Ausnutzungsfaktor von $1,0$ anzusetzen.

Weitere Details zur Planung und Auslegung von Ladeinfrastruktur-Einrichtungen für Elektrofahrzeuge enthält das [Applikationshandbuch für E-Car Ladestationen](#) sowie die [Planungscheckliste Ladeinfrastruktur E-Fahrzeuge](#).

[siemens.de/tip/downloadcenter](https://www.siemens.de/tip/downloadcenter)

Planungshinweise – Ausnutzungsfaktoren für Steckdosenstromkreise

Für Steckdosenstromkreise hängt der anzusetzende Ausnutzungsfaktor von Art, Montage und Örtlichkeit ab (z.B. im Gebäude, feste Montage an der Wand oder portable Steckdosenleiste) und davon, welche Betriebsmittel hierüber elektrisch versorgt werden sollen.

In der Regel kann keine gesicherte Aussage darüber gemacht werden, welche Verbraucher bzw. Schalt-/Schutzgeräte an Steckdosenstromkreisen in Betrieb genommen werden.

Aus diesem Grund wird für Steckdosenstromkreise die Anwendung eines Ausnutzungsfaktors von $1,0$ empfohlen.

Dies gewährleistet die Einhaltung der Anforderungen der DIN VDE 0100 Teil 520 Beiblatt 2.

2.1.2 Lastflussberechnungen symmetrisch / unsymmetrisch

Die Darstellung der resultierenden Lastflüsse bzw. der Lastverteilung erfolgt in der Netzbildansicht „Lastfluss / Lastverteilung“.

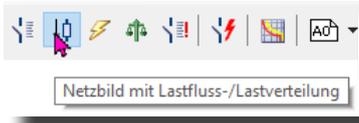


Abb. 2/5: Netzbildansicht Lastfluss / Lastverteilung

In der Netzbildansicht „Lastfluss / Lastverteilung“ werden Berechnungswerte für die resultierende Strombelastung, die resultierende Netzspannung und der zugehörige $\cos \varphi$ angezeigt.

Parallel dazu wird der angewandte Gleichzeitigkeitsfaktor für die jeweilige (Unter-)Verteilung angezeigt.

Bei der Lastflussberechnung werden statische Betriebszustände betrachtet.

Die Berechnung erfolgt auf Basis der ermittelten Energiebilanz und der erfolgten Betriebsmitteldimensionierung.

Für die Durchführung einer Lastflussberechnung stehen zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden zur Auswahl:

- symmetrische Lastflussberechnung
- unsymmetrische Lastflussberechnung

Die entsprechenden Einstellungen hierfür können in der Projektdefinition für die Niederspannung vorgenommen werden (Kap. 2.3.2.5, Abb. 2/39).

Symmetrische Lastflussberechnung

Bei der symmetrischen Lastflussberechnung handelt es sich um ein vereinfachtes, leicht nachvollziehbares Berechnungsverfahren für eine sichere Betriebsmitteldimensionierung im Drehstromnetz mit Leistungsreserven.

Vor Durchführung der Lastflussberechnung erfolgt eine überschlägige (vereinfachte) Symmetrierung (Aufrundung) der angeschlossenen Verbraucherleistungen für jede angegebene (Unter-)Verteilung auf die Phasen L1, L2 und L3.

Beispiel: Verteilung NSUV 2

Ermittelte Gesamtbelastung durch die angeschlossenen Verbraucher Phase L1 = 100 A

Ermittelte Gesamtbelastung durch die angeschlossenen Verbraucher Phase L2 = 100 A

Ermittelte Gesamtbelastung durch die angeschlossenen Verbraucher Phase L3 = 200 A

→ Für alle Phasen L1, L2, L3 für NSUV2 ist 200 A nunmehr die Ausgangsbasis für die symmetrische Lastflussberechnung.

Die Anwendung dieses vereinfachten Berechnungsverfahrens kann aufgrund der entstehenden Leistungsreserven partiell zu einer Überdimensionierung der Betriebsmittel führen.

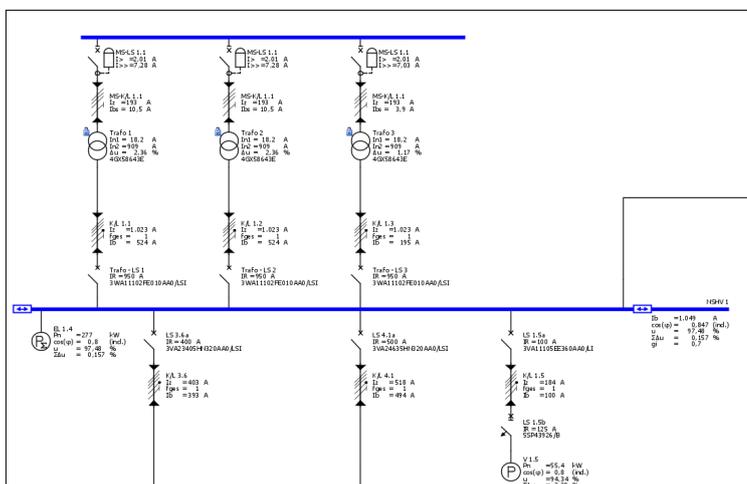


Abb. 2/6: Netzbildansicht Lastfluss- / Lastverteilung in SIMARIS design

Unsymmetrische Lastflussberechnung

Bei der unsymmetrischen Lastflussberechnung erfolgt für das gesamte AC-Netz eine exakte mathematische Berechnung der jeweiligen Phasenbelastung, der N-Leiterbelastung sowie der hieraus entstehenden Spannungsfälle, durchgängig von der Einspeisequelle bis hin zum einzelnen Verbraucher.

Bei Anwendung der unsymmetrischen Lastflussberechnung können sich günstigere Werte bei der Spannungsfallberechnung ergeben.

Die Betriebsmitteldimensionierung erfolgt gemäß den vorliegenden Verbraucher- und Belastungsangaben ohne zusätzliche Leistungsreserven.

In der Netzbildansicht "Lastfluss / Lastverteilung" werden die sich ergebenden min/max-Werte für jede Verteilung zur Anzeige gebracht. Detailinformationen zu den Belastungsdaten der einzelnen Phasen L1, L2, L3 und des N-Leiters können durch der Berechnungs-Schnellanzeige entnommen werden (Kap. 2.4).

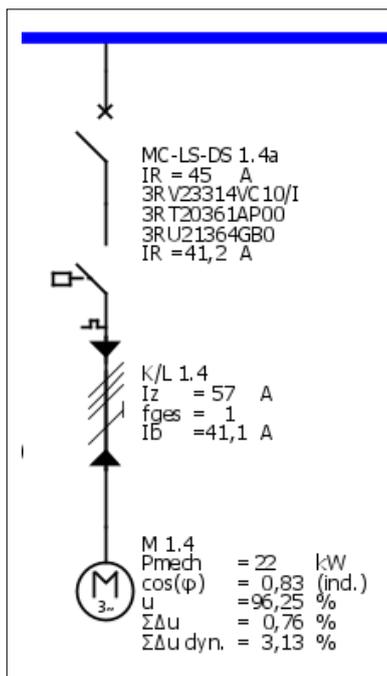


Abb. 2/7: Spannungsfall stat. / dyn.,
Motorstromkreis, Netzbildansicht
Lastfluss / Lastverteilung

2.1.3 Spannungsfallberechnungen statisch / dynamisch

Parallel zur Lastflussberechnung erfolgt für jeden Stromkreis (Einspeisung, Verteiler, Endstromkreis) eine Spannungsfallberechnung für die jeweilige Verbindungsstrecke.

Die Anzeige der Spannungsfall-Berechnungsergebnisse erfolgt in der Netzbildansicht „Lastfluss / Lastverteilung“ zusammen mit den ermittelten Strombelastungswerten und den resultierenden Daten für Spannung und $\cos \phi$ für die jeweilige Verteilung (Abb. 2/6).

Analog zur Lastflussberechnung erfolgt die Spannungsfallberechnung für statische Betriebszustände mit Bezug auf die ermittelten Belastungswerte aus der Energiebilanz (Kap. 2.1.1).

Bei Einsatz motorischer Lasten ohne Frequenzumrichter erfolgt eine zusätzliche Berechnung der Spannungsfallverhältnisse bei Motoranlauf (dynamischer Spannungsfall).

Die resultierenden kumulierten Werte Δu und Δu dyn. werden in der Netzbildansicht „Lastfluss / Lastverteilung“ am jeweiligen Motor angezeigt (Abb. 2/7).

Beide Spannungsfallberechnungen (statisch und dynamisch) werden jeweils für das gesamte Netz durchgeführt.

Planungshinweise – dynamischer Spannungsfall

Mithilfe der dynamischen Spannungsfallberechnung kann überprüft werden, ob ein gesicherter, störungsfreier Motoranlauf, trotz temporärem Spannungseinbruch, gewährleistet ist und welche Auswirkungen sich hierbei auf die Netzspannung der Zuleitungsstrecken und anderen vorgeordneten Verteilungen ergeben.

Als Richtwert kann hier Wert von Δu dyn. 10 % angenommen werden.

Liegt der ermittelte Wert Δu dyn. über diesem Wert sollten Maßnahmen ergriffen werden wie z.B. der Einsatz von Sanftstartern, Frequenzumrichtern oder Stern-Dreieck-Anlauf.

Spannungsfallberechnung an Stromschienensystemen

Für Stromschienensysteme erfolgt die Spannungsfallberechnung für die einzelnen Teilabschnitte zwischen zwei Stromschienenabgängen bzw. für die Zuleitung zum Schienenverteiler-System.

Die Anzeige der kumulierten Spannungsfallwerte für Δu und Δu dyn. erfolgt am Anfang des Stromschienensystems bzw. an den einzelnen Verbraucherabgängen (Abb. 2/8).

Spannungsfallberechnung an Transformatoren

Für die Spannungsfallberechnung im Bereich der Transformatoren können unterschiedliche Start- bzw. Bezugspunkte definiert werden:

- Speisepunkt (beginnt ab MS-Ebene)
- Transformator-Primärklemmen
- Transformator-Sekundärklemmen

Bezugspunkte und Vorgaben für den maximal zulässigen Spannungsfall im Netz können in der Projektdefinition für die Niederspannung vorgenommen werden (Abb. 2/9).

Wird der vorgegebene maximale Spannungsfall im Netz überschritten, erfolgt die Ausgabe einer Warnmeldung (Abb. 2/10).

Entstehende Fehler- oder Warnmeldungen werden dem betreffenden Stromkreis zugeordnet.

Per Klick auf die einzelne Meldung, navigiert SIMARIS design automatisch an die betreffende Stelle im Netz.

Zulässige Spannungstoleranzen für Schalt-/Schutzgeräte und Anlagen sind in IEC 60038 normiert.

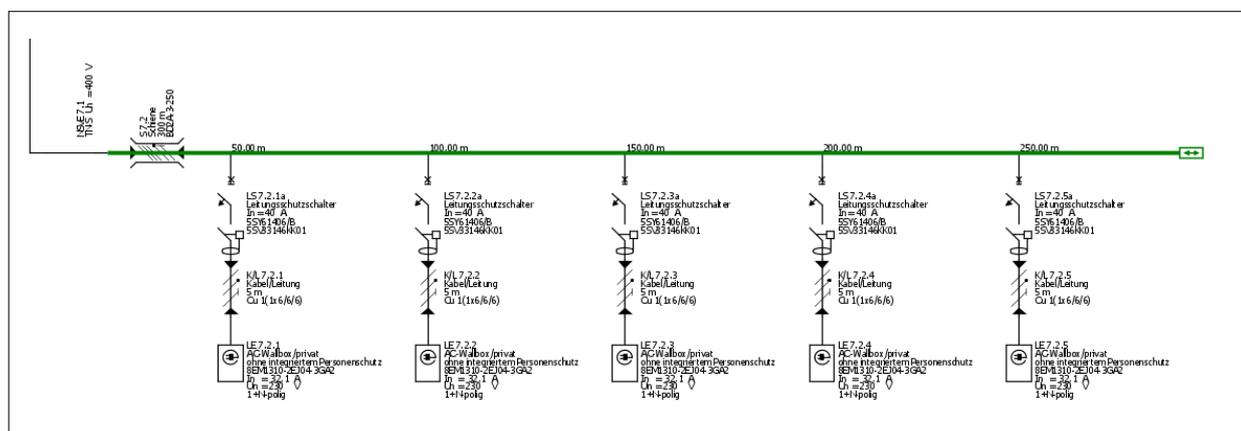


Abb. 2/8: Spannungsfall-Berechnungsanzeige an einem Stromschienensystem, Netzbildansicht Lastfluss / Lastverteilung

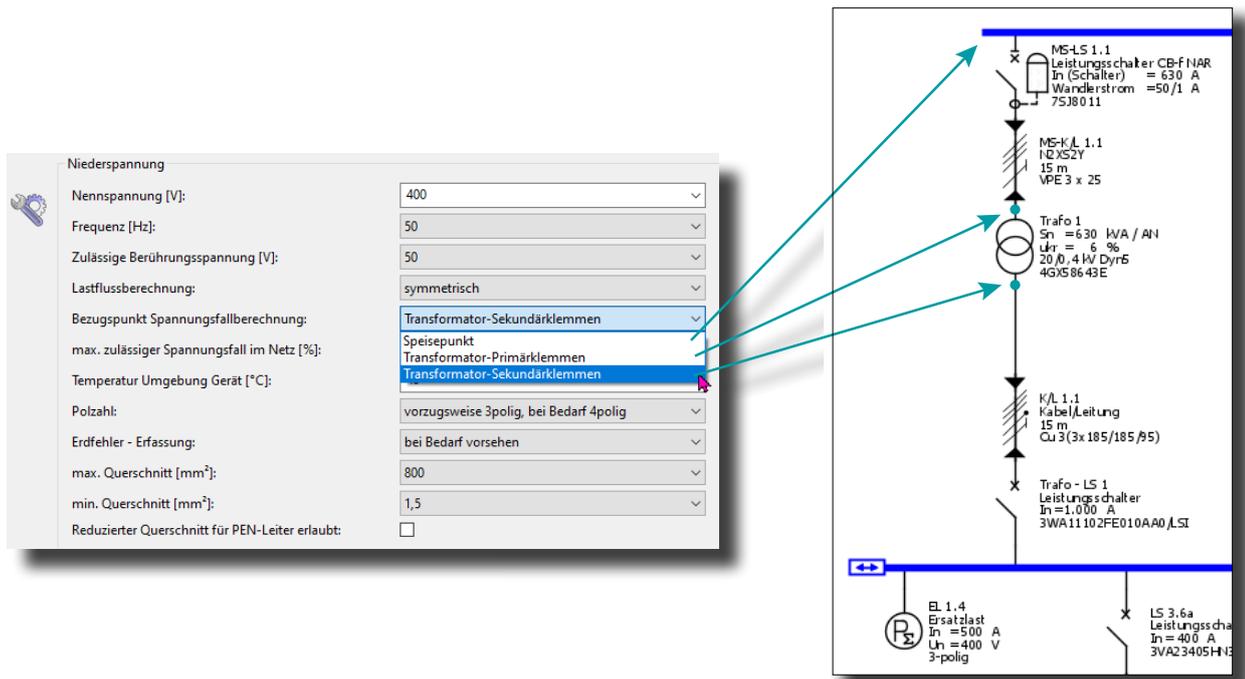


Abb. 2/9: Projektdefinition Niederspannung: Definition des Bezugspunktes für Spannungsfallberechnung an Transformatoren

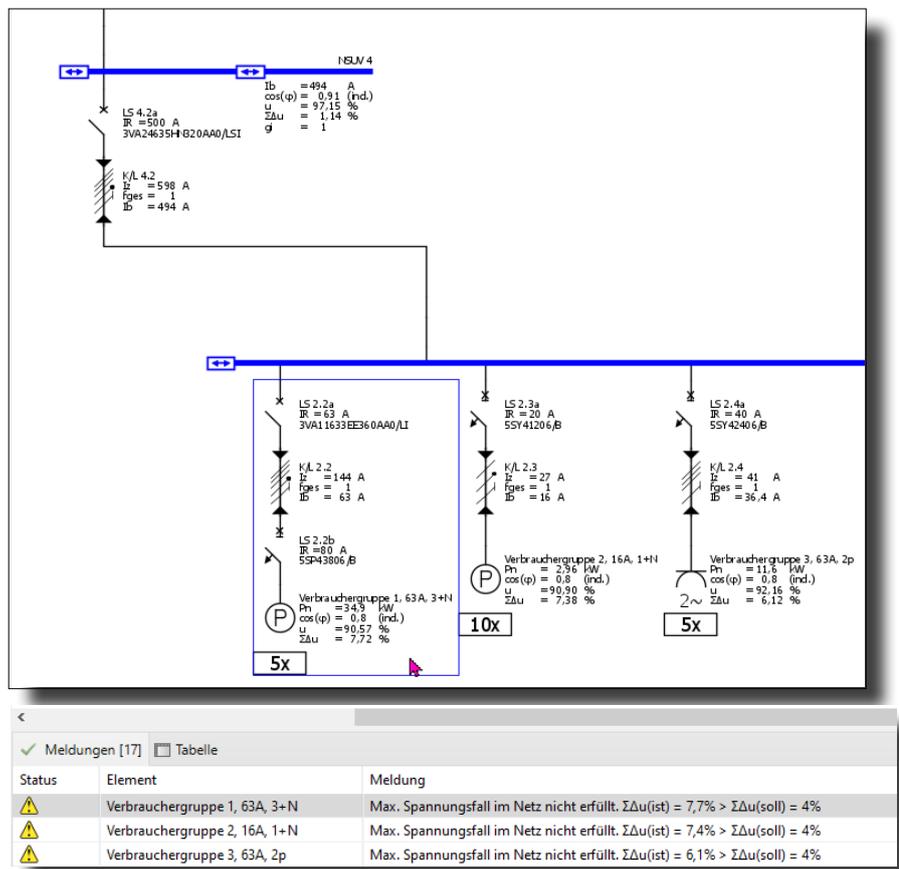


Abb. 2/10: Netzbeispiel SIMARIS design: Warnmeldung, maximal zulässiger Spannungsfall überschritten

Darüber hinaus orientieren sich Spannungstoleranzen und maximal zulässige Spannungsfallgrenzen an der Wahrung eines sicheren Betriebes des angeschlossenen Verbrauchers bzw. motorischen Lasten.

Um diesem Umstand bei der Betriebsmitteldimensionierung Rechnung tragen zu können, besteht in SIMARIS design die Möglichkeit, zusätzlich zum Spannungsfall für das gesamte Netz bzw. einem kompletten Strompfad einen stromkreis-spezifischen maximalen Spannungsfall vorzugeben.

Stromkreis-spezifische Vorgaben zum maximal zulässigen Spannungsfall können in den Eigenschaften der jeweiligen Verbindungsstrecke vorgenommen werden (Abb. 2/11).

Die Voreinstellung für den maximal zulässigen Spannungsfall einer Verbindungsstrecke beträgt 4 % bei einer angenommenen, mittleren Betriebstemperatur von 55 °C.

Bei Bedarf können an diesen Voreinstellungen Änderungen vorgenommen werden.

Wird der maximal zulässige Vorgabewert für den Spannungsfall einer Verbindungsstrecke überschritten, erfolgt die Ausgabe einer Fehlermeldung.

Fehlermeldungen sind im Gegensatz zu Warnmeldungen als kritisch für die Dimensionierung einzustufen.

Bei Auftreten von Fehlermeldungen, gilt die Dimensionierung des jeweiligen Stromkreises in Sinne der Überprüfungsregeln als unvollständig bzw. fehlerhaft (Kap. 2.7).

Planungshinweise – Parameteränderung für Spannungsfallberechnung

Etwaige Änderungen an den Voreinstellungen für den maximal zulässigen Spannungsfall einer Verbindungsstrecke bzw. der anzusetzenden Umgebungstemperatur für die Spannungsfallberechnung, wirken sich zunächst nur stromkreis-spezifisch auf Berechnung und Betriebsmitteldimensionierung aus.

Hierbei wird davon ausgegangen, dass für die gewählte Verbindungsstrecke besondere Anforderungen bzw. Betriebsbedingungen vorliegen.

Handelt es sich um mehrere Netzabschnitte, für die diese besondere Anforderungen gelten sollen, können die durchgeführten Änderungen „als Vorgabe“ für neue, noch einzuführende Stromkreise deklariert werden (Abb. 2/11).

Planungshinweise – Fehlermeldung Spannungsfall

Beeinflusst wird der Spannungsfall maßgeblich durch die Länge einer Verbindungsstrecke (Kabel/Leitung oder Stromschiene) sowie dem gewählten Querschnitt.

Ist der berechnete Spannungsfall zu hoch, sollte vorrangig eine Anpassung im Bereich der Endstromkreise in Erwägung gezogen werden.

Kabel/Leitung	
Bezeichnung	<input type="checkbox"/> Automatisch dimensionieren K/L 2.2
Funktionserhalt	kein i
Kabeltyp	mehradrige Kabel oder Mantelleitungen
Leitermaterial	Cu
Isoliermaterial	PVC70
Kabelbauarten	z.B. NYG, NYCWV, NYCV, NYKY
Verlegeart	C i
Reduktionsfaktor fges	1 i
Zul. Spannungsfall Strecke [%]	4
Temperaturen [°C]	ΔU: 55; Ikmin: 80
Anzahl paralleler Kabelsysteme	1
Länge [m]	300
Längster Brandabschnitt [m]	0
Querschnitt Außenleiter [mm²]	50
Querschnitt N-Leiter [mm²]	50
Querschnitt PE-Leiter [mm²]	25
Als Vorgabe OK Abbrechen	

Abb. 2/11: Eigenschaften Kabel/Leitung: Vorgabe eines maximal zulässigen Spannungsfalls für diese Verbindungsstrecke

2.1.4 Kurzschlussberechnungen

Für alle angegebenen Netzbetriebsarten und Schaltzustände erfolgt eine Berechnung der 1-, 2- und 3poligen minimalen bzw. maximalen Kurzschlussströme je Netzknoten.

Für 1polige Fehlerströme erfolgt eine gesonderte Ermittlung der Fehlerströme Phase gegen Erde bzw. Phase gegen Neutralleiter.

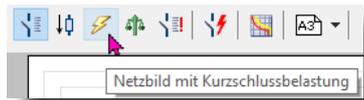


Abb. 2/12: Netzbildansicht "Kurzschluss"

Die Kurzschlussstromberechnungen basieren auf den Vorgaben der IEC 60909 bzw. DIN VDE 0102.

Hiernach werden die Berechnungsergebnisse für maximale / minimale Fehlerströme überwiegend durch die Impedanzwerte eingesetzter Kabel- bzw. Stromschienensysteme bestimmt.

Die Größenordnung für Resistanzwerte ist zudem temperaturabhängig.

Die Berechnung maximaler Fehlerströme basiert auf einer Umgebungstemperatur von 20 °C.

Für die Berechnung minimaler Fehlerströme ist eine Umgebungstemperatur von 80 °C voreingestellt.

Liegen besondere Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen vor, kann die Temperaturvorgabe für die Berechnung minimaler Fehlerströme angepasst werden (Abb. 2/11).

In der Netzbildansicht "Kurzschluss" werden an jeder Verteilung, Einspeisequelle und Endverbraucher die resultierenden minimalen und maximalen Fehlerströme polzahlunabhängig zur Anzeige gebracht (Abb. 2/13).

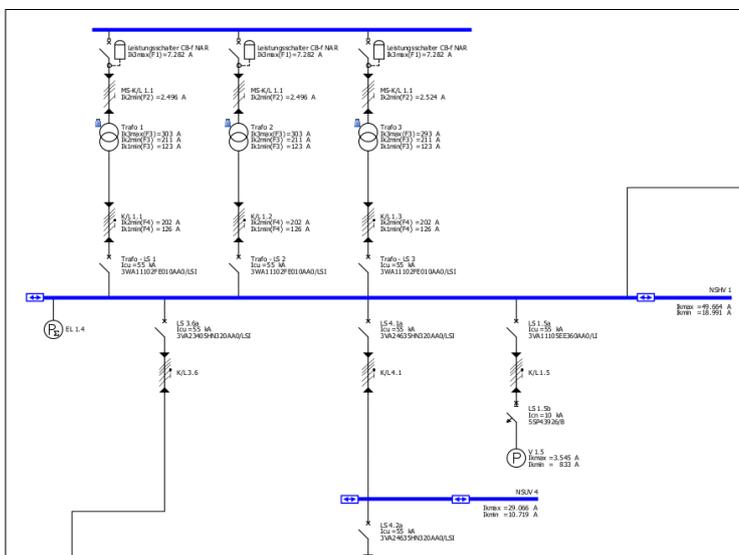


Abb. 2/13: Netzbildansicht Kurzschluss in SIMARIS design

Kurzschlussstromwerte werden in SIMARIS design für jeden Stromkreis an 4 verschiedenen Fehlerstellen ermittelt:

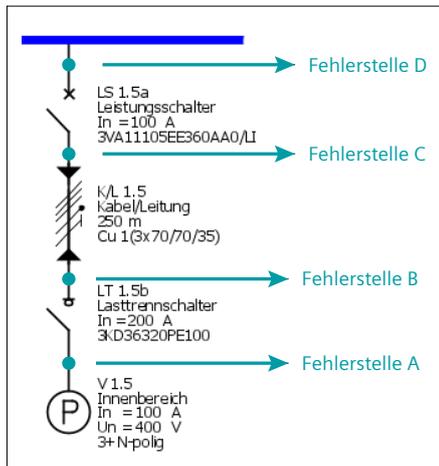


Abb. 2/14: Stromkreismodell und Kurzschlussberechnungspunkte

Fehlerstelle D entspricht dem übergeordneten Verteiler, örtlich vor dem eingebauten Schaltgerät (Abb. 2/14: Leistungsschalter LS 1.5a).

Fehlerstelle C entspricht dem Anfang der Verbindungsstrecke dieses Stromkreises (Abb. 2/14: Kabel/Leitung K/L 1.5).

Fehlerstelle B entspricht dem Ende der Verbindungsstrecke dieses Stromkreises (Abb. 2/14: Kabel/Leitung K/L 1.5).

Fehlerstelle A entspricht dem angeschlossenen Verteiler bzw. Endverbraucher (Abb. 2/14: Verbraucher V1.5).

Dieses Stromkreismodell ist für die korrekte Dimensionierung und Überprüfung der gewählten Kombination aus Verbindungsstrecke und Schaltgerät maßgeblich (Kap. 2.7).

Detailinformationen, welche Fehlerströme und Betriebsarten an der jeweiligen Fehlerstelle zum Ergebnis für I_{kmax} und I_{kmin} geführt haben, können der Berechnungs-Schnellanzeige entnommen werden (Kap. 2.4). In diesem Kapitel wird auch die Bedeutung der angezeigten Werte erklärt.

2.1.5 Verlustleistungsberechnung

Für jeden Stromkreis und jede Netzbetriebsart ermittelt SIMARIS design die zugehörigen Werte für Wirk- und Scheinleistung der dimensionierten Transformatoren, Verbindungsstrecken (Kabel bzw. Stromschienensystem), Schaltgeräte sowie Kondensatoren.

Die Berechnung erfolgt auf Basis der ermittelten Belastungsströme aus der Energiebilanz (Kap. 2.1.1).

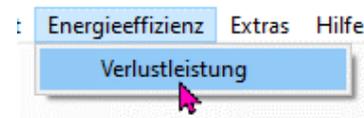


Abb. 2/15: SIMARIS design: Menüpunkt Verlustleistungsberechnung

Die gesonderte Betrachtung der im Netz entstehenden Betriebsverluste kann im weiteren Planungsverlauf für die Belüftung bzw. Klimatisierung von Schaltanlagenräumen oder die Auslegung von Energietrassen und Einhausungen relevant sein, da es infolge der hier stattfindenden Bündelung von Betriebsmitteln (z.B. in gemeinsamen Schaltfeldern bzw. Kabelkanälen) zu einer vermehrten Wärmeentwicklung kommen kann, die einer gesonderten Ableitung bedarf, um den sicheren Betrieb der Anlage gewährleisten zu können.

Zugleich wird hierüber auch eine Energiekostenbetrachtung des Netzes ermöglicht und etwaige Optimierungspotentiale in Richtung Energieeffizienzsteigerung aufgezeigt (Kap. 2.1.6).

Basierend auf der gewählten (Haupt-)Netzbetriebsart (Abb. 2/1: Parallelbetrieb Transformator/Generator) ermittelt SIMARIS design die Verlustleistungswerte für jeden Stromkreis und erzeugt daraus eine tabellarische Gesamtübersicht für das angelegte Projekt (Abb. 2/16).

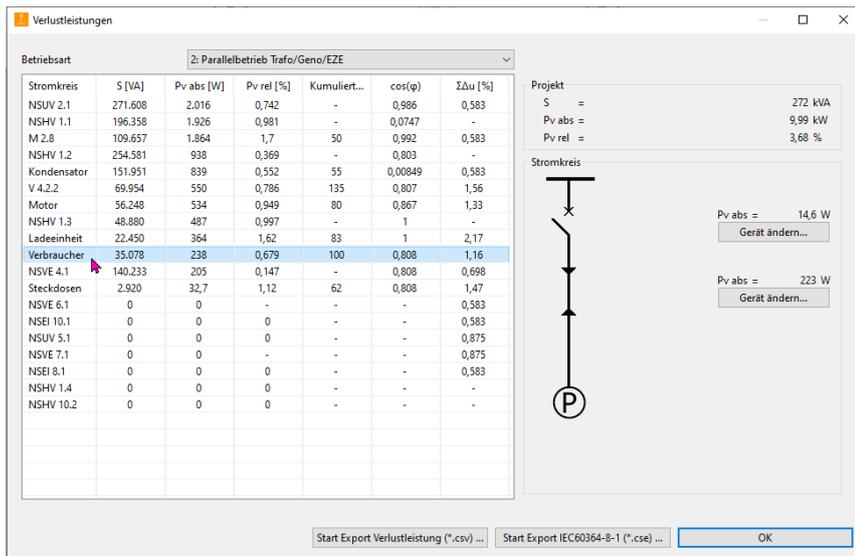


Abb. 2/16: Gesamtübersicht Verlustleistungen im Netz mit Anzeige von Detailinformationen des selektierten Stromkreises

Durch Klick auf die jeweilige Spaltenüberschrift kann innerhalb dieser Übersicht eine Umsortierung der angezeigten Datensätze vorgenommen werden (z.B. Sortierung nach Stromkreisbezeichnung oder Sortierung nach Verlustscheinleistung S[VA]).

Die Standard-Sortierreihenfolge ist von A-Z; bei numerischen Werten auf- bzw. absteigend.

Bei Selektion eines spezifischen Stromkreises erfolgt die Anzeige der Detaildaten verbunden mit der Möglichkeit Änderungen an der jeweiligen Netzkomponente vornehmen zu können.

Parallel dazu markiert SIMARIS design den selektierten Stromkreis in der aktuellen Netzbildansicht.

Die angezeigte Gesamtübersicht der ermittelten Verlustleistungen kann als *.csv Datei aus SIMARIS design exportiert werden.

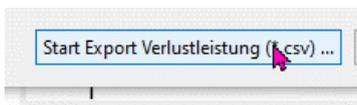


Abb. 2/17: Datelexport: Gesamtübersicht Verlustleistungen

Planungshinweise – Verlustleistungsbetrachtung

Das Dateiformat *.csv ist universell weiter verarbeitbar.

Mit Blick auf BIM, kann damit eine einfache Übernahme und Weiterverarbeitung der Daten in andere Software-Anwendungen gewährleistet werden.

BIM für die Elektroplanung

Planungshinweise – Verlustleistungsbetrachtung Transformatoren

Detaillierte Informationen zu diesem Thema enthält die **Technische Schrift 16: Auswahl von Transformatoren nach Belastungsprofil**.

2.1.6 Energieeffizienzbewertung

Basierend auf den mathematischen Berechnungen von Verlustleistungswerten (Kap. 2.1.5), unterstützt SIMARIS design bei einer Energieeffizienzbewertung bzw. -klassifikation des elektrischen Netzes gemäß den Vorgaben der IEC 60364-8-1 bzw. DIN VDE 0100 Teil 801.

Technische Grundlagen zur Energieeffizienzbewertung bei der Planung von Niederspannungsanlagen vermittelt die **Technische Schrift 17: Energieeffizienz bei der Planung von Niederspannungsanlagen**.

SIMARIS design unterstützt die Durchführung der Energieeffizienz-Bewertung bzw. der Gebäudeklassifikation durch Bereitstellung der relevanten Netz- und Verbraucherdaten in Form einer *.cse-Exportdatei.

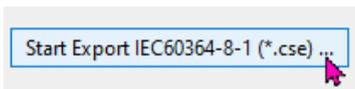


Abb. 2/18: Datenbereitstellung für Energieeffizienzbewertung

Die Verarbeitung der exportierten SIMARIS design-Daten sowie die Durchführung der Energieeffizienzbewertung und Gebäudeklassifikation erfolgt mit Hilfe des Tools **Efficiency Guide** aus der **SIMARIS Online Toolbox**.

SIMARIS Suite

Grundlagen zum Energiemanagement vermittelt die **Technische Schrift 11: Energiemanagement gemäß DIN EN ISO 50001**

Bzgl. Lebenszyklus-Energiekosten wird auf die technische Expertise der **Technischen Schrift 5: Energiekostenbetrachtung in elektrischen Netzen** verwiesen.

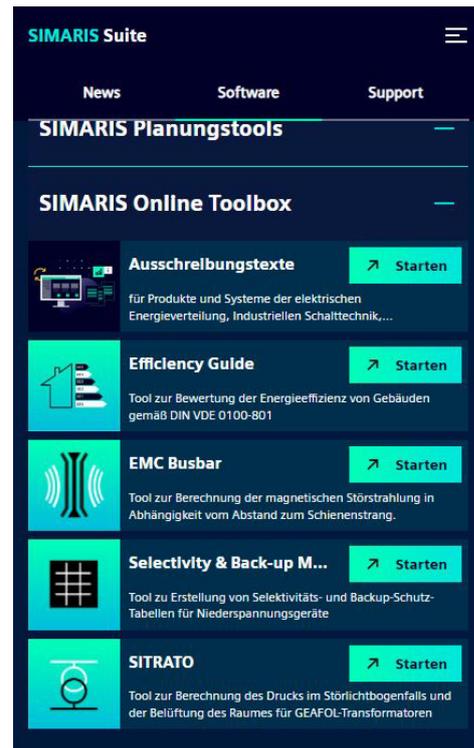


Abb. 2/19: SIMARIS Suite – Online Toolbox

2.2 Netz- /Stromkreisdimensionierung

Basierend auf den durchgeführten Netzberechnungen, führt SIMARIS design eine Betriebsmitteldimensionierung für Einspeisequelle(n), Energieübertragungs- und Verbindungsstrecken sowie für erforderliche Schaltgeräte auf der Mittel- und der Niederspannungsseite durch.

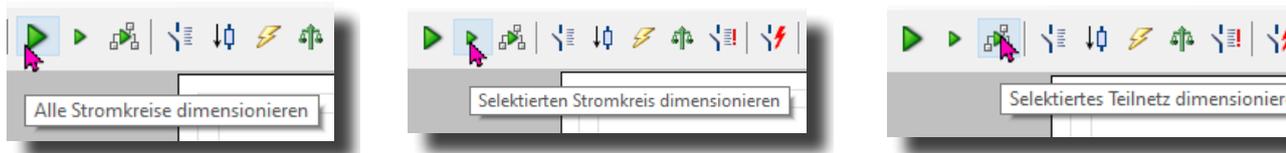


Abb. 2/20: Optionen für die Netz- und Stromkreisdimensionierung

Je nach Planungsfortschritt besteht die Wahl zwischen:

- Dimensionierung des gesamten Netzes (Abb. 2/20, Bild links)
- Selektierten Stromkreis dimensionieren (Abb. 2/20, Bild mittig)
- Selektiertes Teilnetz dimensionieren (Abb. 2/20, Bild rechts)

Netzberechnung und Betriebsmitteldimensionierung können gestartet werden, sobald für das angelegte elektrische Netz die relevanten Netzbetriebsarten und Schaltzustände definiert wurden (Kap. 2.2.1).

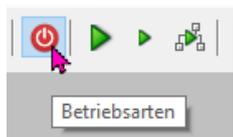


Abb. 2/21: Definition Netzbetriebsarten

Planungshinweise – Netz-/Stromkreisdimensionierung

Änderungen oder Löschungen an einzelnen Stromkreisen oder Betriebsmitteln können Einfluss auf den jeweiligen Stromkreis wie auch auf vor- und nachgelagerte Netzstrukturen haben. Daher sollte nach Möglichkeit immer eine vollständige Neudimensionierung des gesamten Netzes durchgeführt werden.

Die Größenordnung des angelegten Netzes (Anzahl der Stromkreise, Grad der Vermaschung, Anzahl paralleler Verbindungen) oder die Rechenleistung des verwendeten PCs können u.U. lange Laufzeiten für die Netzdimensionierung in Anspruch nehmen.

Um hierbei etwaige Wartezeiten zu verkürzen, kann optional auch eine stromkreis- oder teilnetzspezifische Netzdimensionierung initiiert werden.

Die Durchführung eines stromkreis- oder teilnetzspezifischen Dimensionierungsvorganges wird in vielen Fällen die erwünschte Behebung von Fehlermeldungen bewirken. In Summe kann eine effiziente Betriebsmitteldimensionierung jedoch nur bei ganzheitlicher Betrachtung des Netzes erfolgen.

So wird empfohlen, spätestens nach Umsetzung aller geplanten Einzeländerungen abschließend eine Neudimensionierung des gesamten Netzes durchzuführen.

2.2.1 Definition Netzbetriebsarten / Schaltzustände

Für alle in SIMARIS design angelegten Netze mit Einspeisequellen ist der Anwender gehalten, eine Festlegung für die relevanten Netzbetriebsarten bzw. Schaltzustände zu treffen.

Per Voreinstellung sind neu eingefügte Einspeisestromkreise und Kuppelschalter zunächst ausgeschaltet (offline).

Dies stellt sicher, dass dieser wichtige Schritt vom Anwender vor Durchführung einer Netzberechnung bewusst vorgenommen wird.

Innerhalb eines SIMARIS design-Projektes können ein oder mehrere Inselnetze mit eigenständigen Einspeisequellen angelegt werden.

Hierbei ist unerheblich, ob Verbindungen zwischen diesen Inselnetzen aufgebaut werden oder nicht.

Planungshinweise – Teilnetze mit Einspeisequellen, Nutzung von Summen- oder Ersatzlasten

Der Aufbau von mehreren Teilnetzen mit eigenständigen Einspeisequellen innerhalb eines gemeinsamen SIMARIS design-Projektes kann hilfreich sein, wenn bspw. eine Netzanalyse mit spezifischen Betriebsparametern für sensible oder kritische Situationen untersucht bzw. dokumentiert werden soll. Dies könnte bspw. eine spezifische Netzbetrachtung für einen Not- / Havariefall oder USV-Batteriebetrieb sein.

Diese Vorgehensweise kann zu einer Komplexitätsreduzierung des Gesamtnetzes beitragen, um bspw. den typischen Aufbau bestimmter, wiederkehrender Unterverteilungen repräsentativ zu dokumentieren.

In der Gesamtübersicht können Teilnetze vereinfacht als Summen- bzw. Ersatzlast integriert werden.

In diesem Zusammenhang sei auf die Anwendbarkeit von Grafiken bzw. Text-Beschriftungen hingewiesen, die in der Netzbildansicht nützlich sein können, um bei mehreren dargestellten Teilnetzen den Überblick zu behalten.



Abb. 2/22: Grafik / Symbol Bibliothek

Gleichwohl können über Planungsänderungen (z.B. nach erfolgter Durchsprache mit Planungspartnern, Kunde) mit entspr. Änderungsindizes in der Netzbildansicht versehen werden.

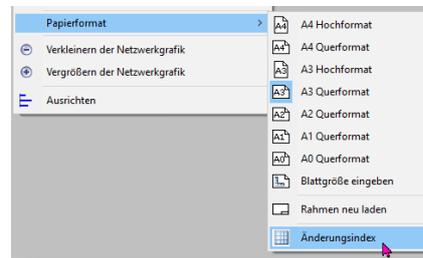


Abb. 2/23: Eingabe Änderungsindizes für Netzbildansicht

Für jedes angelegte (Insel-)netz können ein oder mehrere Netzbetriebsarten und Schaltzustände durch den Anwender definiert werden. Für alle angegebenen Netzbetriebsarten führt SIMARIS design gesonderte Netzberechnungen durch. Die Ergebnisse aus allen Berechnungen werden abschließend gesamtheitlich ausgewertet.

So ist sichergestellt, dass bei der Planung und Auslegung der Komponenten alle kritischen Energieflüsse und Netz-situationen erfasst werden, ohne dass hierfür 1 oder mehrere Berechnungsvarianten des elektrischen Netzes aufgebaut und dauerhaft auf dem gleichen Stand gehalten werden müssen.

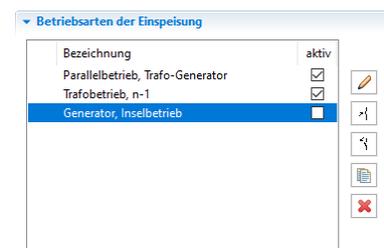


Abb. 2/24: Betriebsarten der Netzeinspeisung

Planungshinweise – aktive, inaktive Netzbetriebsarten

Für elektrische Netze können je nach Komplexität sehr vielschichtige Fehlermeldungen entstehen, deren Ursache auf der Überlagerung unterschiedlichster Effekte beruhen. Bei der Lösungsfindung kann u.U. eine schrittweise aufbauende Netzdimensionierung hilfreich sein, bei der zunächst nur einzelne Netzbetriebsarten betrachtet werden.

In SIMARIS design können definierte Netzbetriebsarten daher aktiv bzw. inaktiv geschaltet werden, ohne dass vorhandene Angaben (z.B. Schaltzustände) verloren gehen. Beispielhaft ist dies in [Fig. 2/1](#) dargestellt (Netzbetriebsart: Generator, Inselbetrieb = inaktiv).

Ebenso ist über diese Programmfunktion eine Simulation/ Test zu verschiedenen Netzbetriebsarten durchführbar, um bspw. deren Auswirkungen und Sinnhaftigkeit im Rahmen der Planungstätigkeit zu bewerten.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Deaktivierung einzelner Betriebsarten signifikant Einfluss auf Netzberechnung und Betriebsmitteldimensionierung nimmt.

Dieses Feature ist daher primär für eine temporäre Anwendung bzw. Netzanalyse angedacht.

2.2.2 Netzform nach Art der Erdverbindung

Die Netzform nach Art der Erdverbindung ist maßgeblich an der Auslegung von Verbindungsstrecken und Schaltgeräten (Polzahl-Ausführung, N-Leiterschutz) beteiligt.

In SIMARIS design kann die Netzform in den Eigenschaften der Einspeisestromkreise bzw. bei Einfügen eines Verteilers definiert werden ([Abb. 2/25](#)).

Die eingestellte Netzform wird an nachgelagerte Stromkreise automatisch vererbt.

Sofern techn. zulässig, kann die Netzform in nachgelagerten Stromkreisen erneut angepasst werden (z.B. TN-C → TN-S).

Welche Netzformen in SIMARIS design zur Verfügung stehen, verdeutlicht [Abb. 2/26](#).

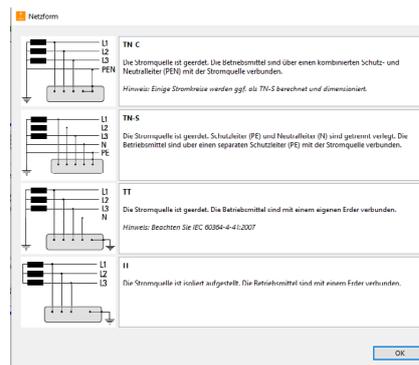


Abb. 2/26: Netzformen nach Art der Erdverbindung

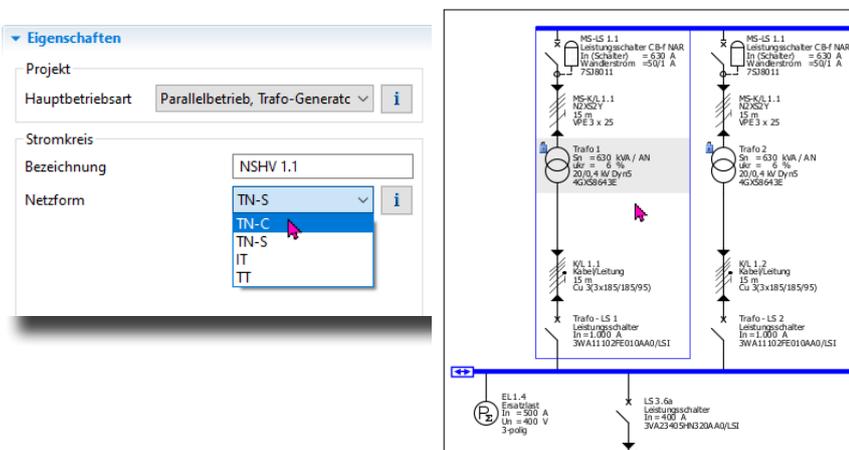


Abb. 2/25: Definition der Netzform nach Art der Erdverbindung an einem Einspeisestromkreis

Bei einem angedachten Parallelbetrieb von 1 oder mehreren Einspeisequellen müssen Netzform und Sternpunktbehandlung der Einspeisequellen zusammenpassen.

Für detaillierte Auslegung eines Erdungskonzeptes auf der Mittel- und Niederspannungsseite, insbesondere im Bereich einer Transformatormehrfacheinspeisung wird auf die **Technische Schrift 20: Erdungskonzepte für Energieversorgungsanlagen** ¹⁾ verwiesen.

Ebenso enthalten die Kap. 2.7 und 2.8 des **Planungshandbuchs – Planung der elektrischen Energieverteilung** weiterführende Informationen zu Netzstrukturen und Netzsystemen nach Art der Erdverbindung.

2.2.3 Netzeinspeisung, Kuppelverbindungen

In SIMARIS design können sowohl Strahlennetze wie auch vermaschte Netze oder Ringleitungsnetze dimensioniert werden.

Für den Aufbau dieser Netze stehen auf der Niederspannungsseite verschiedene Arten von zentralen oder dezentralen Einspeisequellen und Kuppelverbindungen zur Verfügung.

2.2.3.1 Zentrale, dezentrale Einspeisungen

Für die Abbildung von Transformatoren, Generatoren oder regenerativen Einspeisequellen finden sich in der Stromkreis-Bibliothek entsprechende Typicals, die unmittelbar eingesetzt werden können, um die jeweilige Einspeisequelle an der gewünschten Stelle im Netz platzieren zu können.

Die jeweiligen spezifischen technischen Angaben und Verhaltensweisen dieser Einspeisequellen in Bezug auf Netzbetrieb und Kurzschlussverhalten, sind in den Typicals dieser Stromkreise bzw. im SIMARIS design-Rechenkern hinterlegt.



Abb. 2/27a: Stromkreistypicals für spezifische Einspeisequellen

Weitere Arten von Einspeisequellen (z.B. USV-Anlagen, Batterien), deren Betriebs- und Kurzschlussverhalten sehr individuell ausfällt, können in SIMARIS design durch Nutzung des Typicals „Ersatzstromquelle“ bzw. „neutrale Netzeinspeisung“ abgebildet werden (Abb. 2/27b).

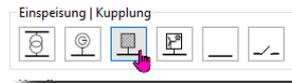


Abb. 2/27b: Stromkreistypical für neutrale Netzeinspeisung

Für Ersatzstromquellen bzw. neutrale Netzeinspeisungen können wahlweise Angaben zu

- Kurzschlussströmen
- Impedanzen
- Schleifenimpedanzen

vorgenommen werden, je nachdem, wie die Ersatzstromquelle sich bevorzugt abbilden lässt bzw. welche Angaben hierfür vorliegen.

Planungshinweise – zentrale, dezentrale Einspeisequellen / Eigenerzeugungsanlagen (EZA)

In der Praxis werden für individuelle Einspeisequellen wie z.B. Batterien selten konkrete / vollständige Angaben über minimale und maximale Schleifen- oder Einzelimpedanzwerte vorliegen, welche zur Durchführung von Kurzschlussberechnungen sinnvoll herangezogen werden können.

Hierfür ist die alternative Abbildung mit Kurzschlussdaten besser geeignet.

Die Anwendung von Schleifen- oder Einzelimpedanzwerten ist in diesem Zusammenhang sinnvoll einsetzbar, wenn verlässliche und vollständige Detailangaben z.B. aus anderen Netzberechnungen vorliegen, die sich für eine Fortsetzung der Netzberechnungen übernehmen bzw. leicht adaptieren lassen.

Für die Planung und Auslegung von GEAFFOL- oder Öltransformatoren wird auf die technischen Schriften

Planungshinweise für GEAFFOL-Transformatoren

Planungsdaten für GEAFFOL-Transformatoren

Planungsdaten für Öl-Transformatoren

verwiesen.

1) vor. verfügbar ab Mitte 2024

2.2.3.2 Kuppelverbindungen

Für den Aufbau von Kuppelverbindungen gibt es in SIMARIS design mehrere Möglichkeiten:

- Kuppelverbindung mit/ohne eigenständiger Verbindungsstrecke (Kabel/Schiene)
- Kuppelverbindung in Ausführung als reine Schutz- bzw. Trennfunktion
- Kuppelverbindung zu neuem Zielverteiler mit/ohne Einspeisequelle am Zielverteiler
- Kuppelverbindung zu einem bestehenden Haupt- oder Unterverteiler

Stromkreistypical Kupplung

Das Stromkreistypical „Kupplung“ eignet sich für den Aufbau von zentralen oder dezentralen Kuppelverbindungen, die als reine Trenn- oder Schaltstelle zwischen zwei Verteilungen fungieren soll.



Abb. 2/28a: Stromkreistypical Kupplung

Bei Nutzung dieses Typicals wird neben der Kuppelverbindung zugleich auch ein neuer Zielverteiler angelegt, der mit oder ohne einer eigenständigen Einspeisequelle ausgeführt sein kann (Abb. 2/28a).

Ein Eingabeassistent führt den Anwender schrittweise durch die erforderlichen Angaben und optionale Eingabemöglichkeiten.

Die Anlage von Kuppelverbindungen mit diesem Typical erfolgt aus grafischer Sicht generell als starre Verbindung, d.h. hieran sind keine grafischen Veränderungen wie z.B. Verschieben oder Umplatzen möglich.

Stromkreistypical Verteiler

Mithilfe des Stromkreistypicals „Verteiler“ können neben einfachen Unterverteilungen auch Kuppelverbindungen zwischen bestehenden Verteilungen aufgebaut werden (Abb. 2/28b).

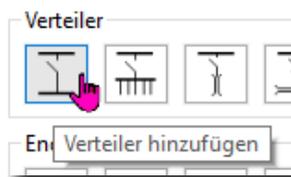


Abb. 2/28b: Stromkreistypical Verteiler

Die neue Verbindung wird hierzu in der Netzbildansicht grafisch direkt an die bestehende Verteilung angedockt (Abb. 2/28c).

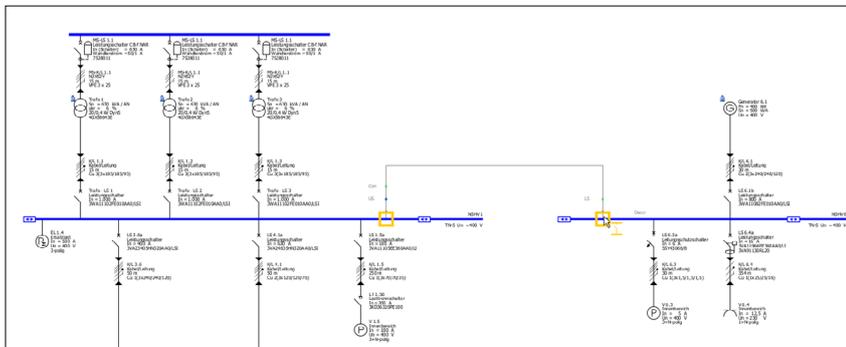


Abb. 2/28c: Einfügen einer Kuppelverbindung zwischen zwei bestehenden Verteilungen

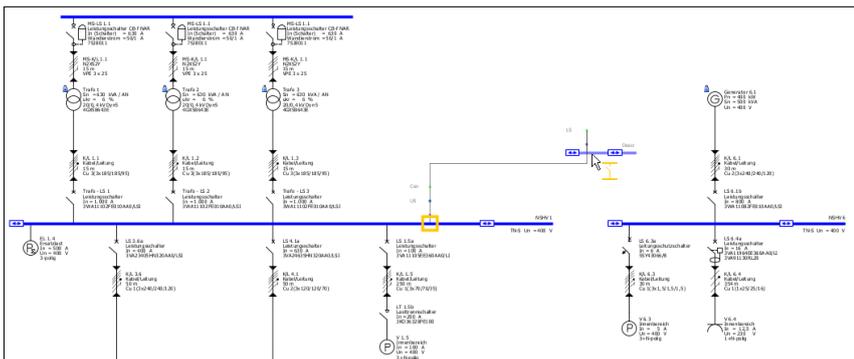


Abb. 2/28d: Einfügen einer Kuppelverbindung inkl. Aufbau eines neuen Zielverteilers

Wird der eingblendete Zielverteiler an einer freien Stelle in der Netzbildansicht positioniert, erfolgt der automatische Aufbau eines neuen Zielverteilers inkl. Kuppelverbindung zum Startverteiler (Abb. 2/28d).

Verteilungen und Kuppelverbindung bleiben trotz neu geschaffener Verbindungsstrecke grafisch autark und können individuell umpositioniert oder nachbearbeitet werden.

Planungshinweise – Kuppelverbindung

Im Rahmen der Nachbearbeitung besteht die Möglichkeit innerhalb einer Kuppelverbindung ein zweites Schaltgerät zu implementieren, welches bspw. für bidirektionale Einspeisemöglichkeiten relevant sein kann.

Die zu berücksichtigenden Schaltzustände werden bei der Definition der Netzbetriebsarten festgelegt.

Hierüber lassen sich auch etwaige Umschaltverbindungen aufbauen, die in der Praxis mit gegenseitigen Verriegelungen versehen werden.

2.2.3.3 Mittelspannungsebene

Beim Anlegen neuer Projekte kann der Anwender in SIMARIS design vorgeben, ob das elektrische Netz mit oder ohne MS-Komponenten ausgelegt werden soll.

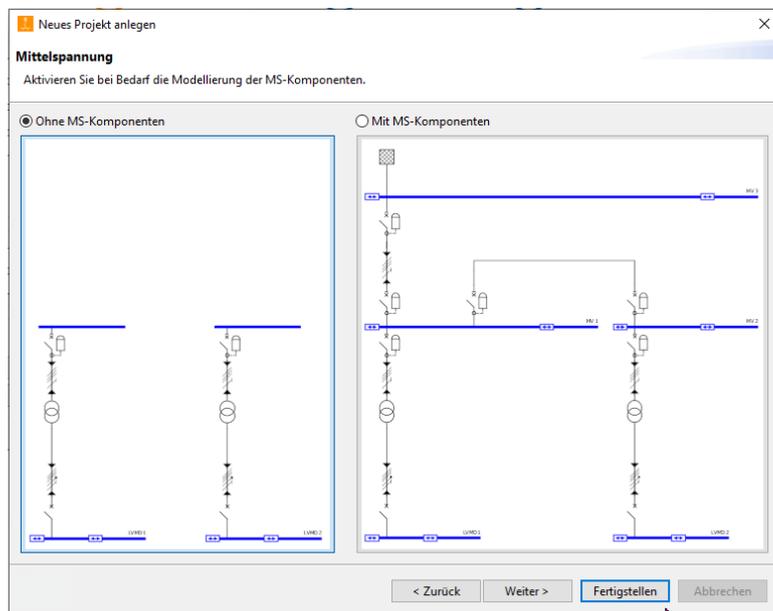


Abb. 2/29a: Projektneuanlage wahlweise mit oder ohne MS-Komponenten

Für Netze, deren Fokus zunächst auf der Auslegung der NS-Komponenten liegt, kann das vorhandene MS-Teilnetz zu einem späteren Zeitpunkt ergänzt werden.

Dies geschieht durch Aktivierung der MS-Komponenten in der Stromkreis-Bibliothek.

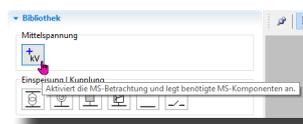


Abb. 2/29b: nachträgliche Aktivierung der MS-Komponenten



Abb. 2/29c: MS-Komponenten aktiviert

Bei nachträglicher Aktivierung der MS-Komponenten an bestehenden Projekten erfolgt einmalig eine automatische Projektkonvertierung.

Dieser Konvertierungsschritt kann nicht rückgängig gemacht werden.

Daher wird seitens SIMARIS design eine Sicherungskopie des bestehenden Netzes unter einem neuen Projektnamen mit der Extension „_NS“ am Speicherort des Originalprojektes angelegt.

Im Rahmen der Aktivierung der MS-Komponenten wird auf der Mittelspannungsseite der Einspeisetransformatoren ein sog. Slack-Knoten eingefügt.

Der Slack-Knoten stellt die neue, externe Versorgungsquelle auf der Mittelspannungsseite dar.

Nach Aktivierung der MS-Komponenten kann das bestehende Netz – analog zur Niederspannungsseite – mit eigenständigen MS-Verteilungen, MS-Kuppelverbindungen, MS-Verbraucherlasten oder zusätzlichen MS-Einspeisepunkten (Slack-Knoten) ergänzt werden.

Planungshinweise – Mittelspannung

Werden auf der Mittelspannungsseite mehrere Einspeisepunkte (Slack-Knoten) definiert, können diese aus berechnungstechnischen Gründen nicht parallelgeschaltet werden.

In der Definition der Netzbetriebsarten ist die Zuschaltung der Kuppelverbindungen aus diesem Grund softwareseitig verriegelt.

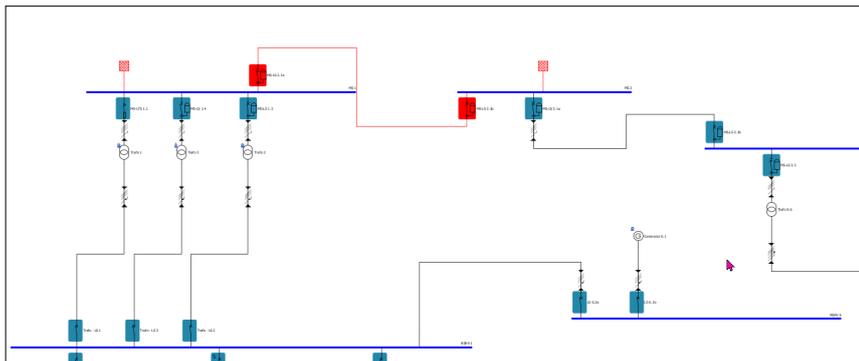


Abb. 2/29d: Einfügen einer Kuppelverbindung inkl. Aufbau eines neuen Zielverteilers

Weitere technische Grundlageninformationen zur Projektierung von Mittelspannungssystemen enthält das

[Planungshandbuch – Mittelspannung](#)

sowie die technischen Schriften

[Planungshinweise für GEAFOL-Transformatoren](#)

[Planungsdaten für GEAFOL-Transformatoren](#)

[Planungsdaten für Öl-Transformatoren](#)

2.3 Betriebsmitteldimensionierung

Basierend auf den Ergebnissen aus den in [Kap. 2.1](#) beschriebenen Netzberechnungen führt SIMARIS design eine Dimensionierung der erforderlichen Netzkomponenten durch.

Ziel der Betriebsmitteldimensionierung ist es, für jeden einzelnen Stromkreis des elektrischen Netzes eine technisch zulässige Kombination aus Schalt-/Schutzgeräte(n) und Verbindungsstrecke zu erhalten.

Um eine effiziente Komponentenauslegung für das gesamte Netz zu gewährleisten, erfolgt im Anschluss daran eine stromkreis-übergreifende Betrachtung und Abstimmung der gewählten Netzkomponenten untereinander.

Der Dimensionierungsvorgang startet mit der automatischen Auslegung der Einspeisequellen auf Grundlage der Ergebnisse aus der Energiebilanz. Mithilfe der ermittelten Belastungsströme werden anschließend Anzahl und Querschnitt der jeweiligen Verbindungsstrecke bestimmt.

Die maximal zulässige Belastung der gewählten Verbindungsstrecke gibt vor, welches Schalt-/Schutzgerät innerhalb eines Stromkreises zum Einsatz kommen.

Hierbei ist u.a. der Einbauort des jeweiligen Schalt-/Schutzgerätes ausschlaggebend ([Abb. 2/14](#)).

Bei einstellbaren Schalt-/Schutzgeräten (z.B. für MS-Schutzrelais) werden von SIMARIS design geeignete Schutzparametereinstellungen vorgeschlagen.

2.3.1 Vorgaben zur Betriebsmitteldimensionierung

Der automatische Dimensionierungsvorgang kann auf verschiedenen Ebenen von Anwender beeinflusst bzw. unterbunden werden. Die einzelnen Möglichkeiten werden nachfolgend erläutert.

Für jedes Betriebsmittel kann der Anwender vorgeben, ob es automatisch oder manuell dimensioniert werden soll. Diese Einstellung kann an den Eigenschaften des jeweiligen Betriebsmittels vorgenommen werden.

Die Abschaltung der automatischen Dimensionierung für einzelne Betriebsmittel wird in der Netzbildansicht durch ein blaues Schloss-Symbol gekennzeichnet ([Abb. 2/30](#)).

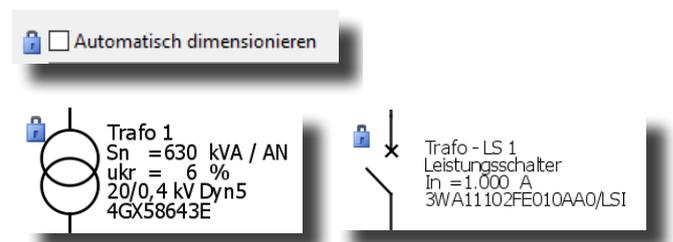


Abb. 2/30: Umschaltung und Symbol-Kennzeichnung zwischen automatischer und manueller Betriebsmitteldimensionierung

Für geübte Anwender ist eine Schnellumschaltung zwischen automatischer und manueller Betriebsmitteldimensionierung für einzelne Betriebsmittel auch direkt in der Netzbildansicht durchführbar.

Hierzu mit gedrückter ALT-Taste in der Netzbildansicht an die Position klicken, an der das blaue Schlosssymbol stehen bzw. erscheinen würde.

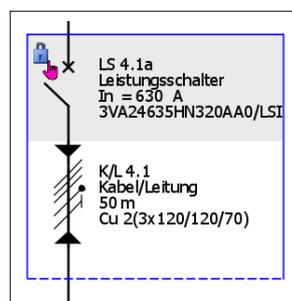


Abb. 2/31: Schnellumschaltung automatische / manuelle Betriebsmitteldimensionierung

Planungshinweise – automatische / manuelle Betriebsmitteldimensionierung

Liegen für bestimmte Netzabschnitte bereits konkrete Angaben zu Betriebsmitteln vor (bspw., wenn es sich um die Nachbildung einer Bestandsanlage handelt), kann der Anwender die automatische Dimensionierung deaktivieren und ein spezifisches Produkt manuell aus dem Produktkatalog auswählen. Erfolgt die Bestimmung eines Betriebsmittels manuell über den Produktkatalog, wird die automatische Dimensionierung für das jeweilige Betriebsmittel durch SIMARIS design abgeschaltet.

Die manuelle Festlegung einzelner Betriebsmittel kann sehr zeitintensiv sein.

Für die manuelle Festlegung einzelner Netzkomponenten wird daher eine strukturierte Herangehensweise für den Netzaufbau in SIMARIS design empfohlen.

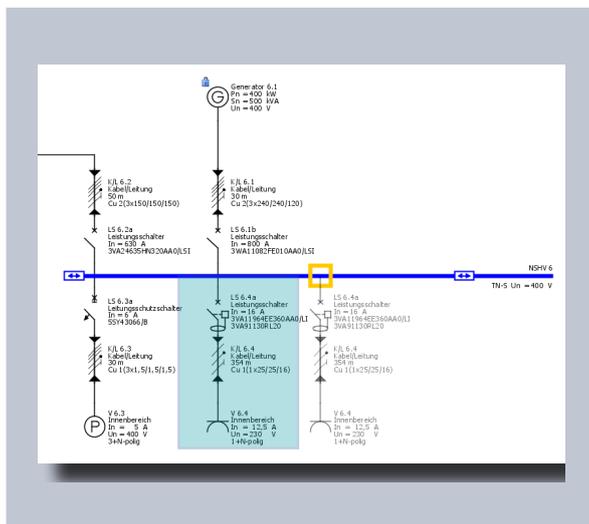
Ein möglicher Weg besteht darin, einzelne Netzelemente einmalig vollständig aufzubauen und anschließend zu duplizieren.

Dieser Vorgang kann auf Stromkreise, Verteilungen oder komplette Netzabschnitte angewandt werden (Beispiel 1-3 nachfolgend).

Eine zweite Möglichkeit den Netzaufbau zügig zu gestalten bzw. einzelne Betriebsmittel für die automatische Dimensionierung zu sperren, ist das Umkopieren einzelner, bereits ausgewählter Betriebsmittel auf andere Stromkreise (Beispiel 4 nachfolgend).

Diese Vorgehensweise kann auch dann eine Zeitersparnis mit sich bringen, wenn es sich um ähnliche Betriebsmittel handelt, an denen nur geringfügige nachträgliche Änderungen vorgenommen werden müssen wie z.B. Änderungen an einzelnen Ausprägungen von Leistungsschaltern.

Beispiel 1 – Duplizieren von Stromkreisen



Durch Gedrückthalten der STRG-Taste kann ein selektierter Stromkreis dupliziert und per Drag & Drop an beliebiger Stelle an diesem oder einem anderen Verteiler andockt werden.

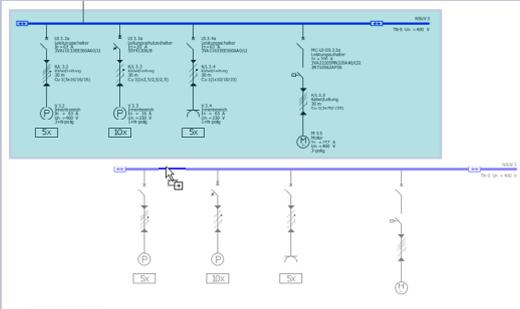
Mögliche Andockstellen werden durch ein gelbes Quadrat-Symbol im Netzbild angezeigt.

An der Cursorposition wird die Entstehung eines neuen, duplizierten Elementes (hier: Stromkreis) durch ein „+“-Zeichen hervorgehoben.

Der neue, duplizierte Stromkreis hängt zusätzlich als Schattenbild am Cursor.

Das Schattenbild zeigt auch an, ob der neue Stromkreis unterhalb oder oberhalb des Verteilers eingefügt wird. Die Ausrichtung ist von der gewählten Cursorposition abhängig.

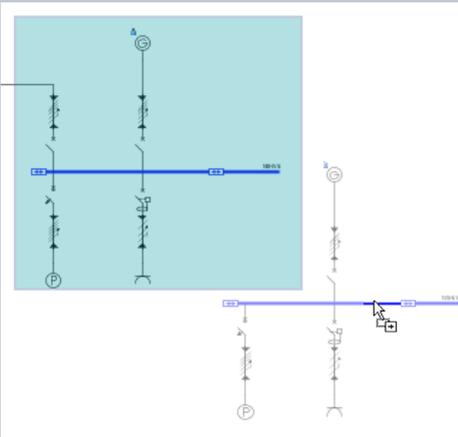
Beispiel 2 – Duplizieren eines Unterverteilers



Analog zur beschriebenen Vorgehensweise in Beispiel 1 kann ein derartiger Duplizierungsvorgang auch für eine Unterverteilung inkl. der daran befindlichen Stromkreise durchgeführt werden.

Der neue Verteiler kann an beliebiger freier Stelle im Netzbild platziert werden.

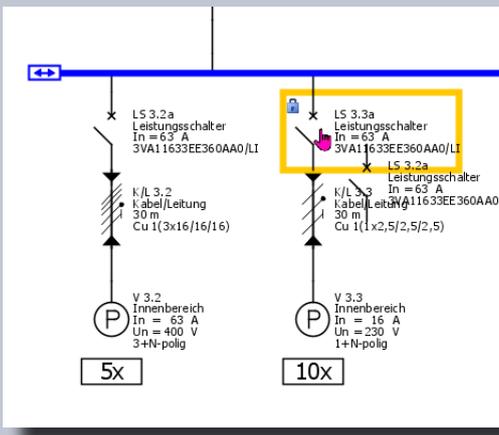
Beispiel 3 – Kopieren eines Teilnetzes



Analog zur beschriebenen Vorgehensweise in Beispiel 1 und 2 kann ein derartiger Duplizierungsvorgang auch für ganze Netzabschnitte oder Teilnetze durchgeführt werden.

Das duplizierte Teilnetz kann an beliebiger freier Stelle im Netzbild platziert werden.

Beispiel 4 – Umkopieren einzelner Betriebsmittel



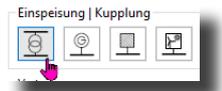
Wird ein Betriebsmittel innerhalb eines Stromkreises selektiert, kann dieses Betriebsmittel durch Gedrückt halten der ALT-Taste per Drag & Drop auf andere, gleichartige Betriebsmittel übertragen werden.

Nach erfolgter Übertragung erhält das jeweilige Betriebsmittel automatisch ein blaues Schlosssymbol, um zu kennzeichnen, dass die automatische Dimensionierung für dieses Element deaktiviert wurde.

Dieser Vorgang kann auf Schalt-/Schutzgeräte, Transformatoren oder Kabelverbindungen angewandt werden.

2.3.2 Dimensionierung von Einspeisequellen

2.3.2.1 Transformatoren



Die Produktdatenbank von SIMARIS design beinhaltet technische Daten und Größen für Trockentransformatoren (Fabrikate: GEAFFOL und GEAFFOL Neo) sowie Öltransformatoren (Fabrikat: FIT-Former) des Herstellers

[Siemens Energy](#).

Der verfügbare Leistungsbereich für Verteiltransformatoren umfasst 100kVA bis einschl. 3.150kVA bei GEAFFOL- bzw. 2.500kVA bei Öl-Transformatoren.

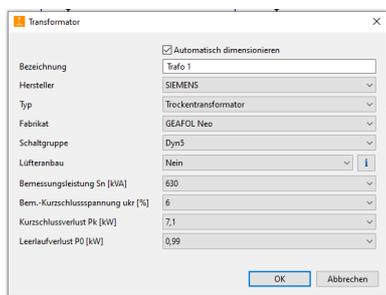


Abb. 2/33b: Dimensionierungsvorgaben für Transformator

Bei automatischer Betriebsmitteldimensionierung wird SIMARIS design in Anlehnung an die Energiebilanz des Netzes die Größenordnung (Bemessungsleistung) der eingesetzten Transformatoren selbstständig bestimmen.

Sind mehrere parallele Transformatoren im Einsatz, wird zur Bestimmung der Transformatorgröße eine symmetrische Lastaufteilung durchgeführt.

Über das Eigenschaftsfenster können zu jedem Zeitpunkt Änderungen an der Transformatorauswahl vorgenommen werden.

Bei Durchführung von manuellen Anpassungen erfolgt für das gewählte Betriebsmittel eine Umstellung von automatischer auf manuelle Dimensionierung.

Planungshinweis – Leistungssteigerung von Transformatoren durch Lüfteranbau

GEAFFOL-Verteiltransformatoren bieten die Möglichkeit einer Leistungssteigerung auf bis zu 140 % ihrer Bemessungsleistung mittels Einsatzes von Querstromlüftern (AF – air forced cooling, AN – air natural cooling).

Ferner können Querstromlüfter dazu genutzt werden, die Verfügbarkeit der vollen Transformator-Bemessungsleistung z.B. bei hohen Umgebungstemperaturen sicherzustellen.

Da die Verluste im Quadrat zum Belastungsstrom ansteigen, ist die Wirtschaftlichkeit von Querstromlüftern ab Transformatorleistungen ≥ 500 kVA gegeben.

Bei Einsatz von Querstromlüftern sollte die Absicherung der Transformatoren mittels Leistungsschalter vorgenommen werden, da die Überlastfähigkeit aufgrund des Deratings von HH-Sicherungen u.U. eingeschränkt ist.

Weiterführende Fachinformationen zur Dimensionierung von Transformatoren finden sich in folgenden Dokumenten:

[Planungshinweise für GEAFFOL-Transformatoren](#)

[Planungsdaten für GEAFFOL-Transformatoren](#)

[Planungsdaten für Öl-Transformatoren](#)

[Technische Schrift 2: Transformatorschutz durch Lastschalter-Sicherungs-Kombination](#)

[Technische Schrift 16: Auswahl von Transformatoren nach Belastungsprofil](#)

[Technische Schrift 1: Abbildung von IT-Trenntransformatoren](#)

Bei Einsatz von Transformatoren

- in Sondergrößen (bspw. mit spezifischem u_{kr})
- älterer Baureihen oder
- Transformatoren fremder Hersteller

besteht die Möglichkeit einer individuellen Dateneingabe (Abb. 2/34).

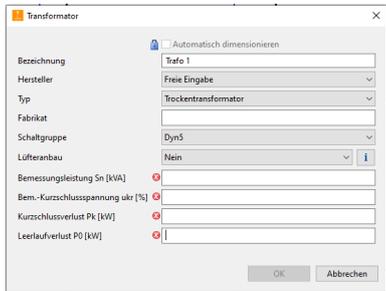


Abb. 2/34: Transformator – freie Dateneingabe (ohne Datenbank)

Planungshinweise – Transformatoren „freie Eingabe“

Bei der Eingabe individueller Transformatoren sind neben der Bemessungsleistung ferner Angaben zum u_{kr} , sowie den Kurzschluss- und Leerlaufverlusten erforderlich.

Diese Angaben finden sich in der Regel in technischen Datenblättern oder auf dem Typenschild.

2.3.2.2 Generatoren



Die SIMARIS design-Produkt Datenbank beinhaltet technische Daten und Größen für Standard-Generatoren auf die SIMARIS design bei der automatischen Betriebsmittel-dimensionierung zurückgreift.

Analog zur Vorgehensweise bei der Dimensionierung von Transformatoren, erfolgt auch die Betriebsmittel-dimensionierung für Generatoren in Anlehnung an die Energiebilanz des Netzes.

Sind ein oder mehrere parallele Generatoren im Einsatz, wird zur Bestimmung der Bemessungsleistung eine symmetrische Lastaufteilung durchgeführt.

Bei Parallelbetrieb mit anderen Einspeisequellen erfolgt die Lastaufteilung auf Basis der Impedanzen der Einspeisequellen.

Über das Eigenschaftsfenster können Änderungen an den gewählten technischen Daten des Generators vorgenommen werden.

U.a. können hierin Vorgaben für einen maximalen Auslastungsfaktor sowie Angaben zur maximalen Einspeiseleistung für einen Netzparallelbetrieb z.B. mit Trafos vorgenommen werden (Abb. 2/35b).

Mit der Angabe „Maximaler Auslastungsfaktor“ kann bspw. bei der Projektierung von Notstrom-Generatoren eine Betriebsreserve mitberücksichtigt werden.

Bei Durchführung von manuellen Anpassungen erfolgt für das gewählte Betriebsmittel eine Umstellung von automatischer auf manuelle Dimensionierung.

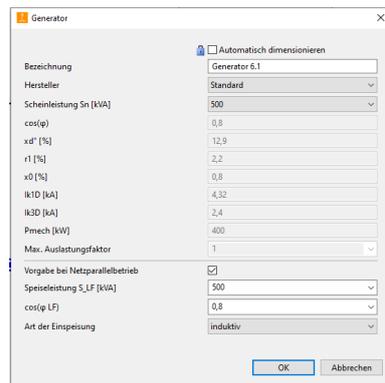


Abb. 2/35b: Dimensionierungsvorgaben für Generator

Für die Einsatz von herstellerspezifischen Generatoren, besteht die Möglichkeit einer individuellen Dateneingabe (Abb. 2/35c).

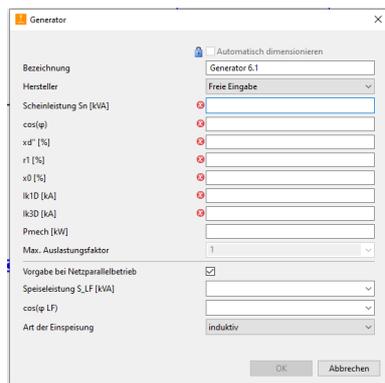


Abb. 2/35c: Generator – freie Dateneingabe (ohne Datenbank)

Planungshinweise – Generatoren „freie Eingabe“

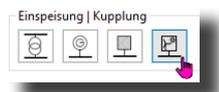
Bei der Eingabe hersteller-spezifischer Generatoren sind neben der Bemessungsleistung ferner technischen Angaben zu Impedanzwerten und Angaben zum Kurzschlussverhalten des Generators erforderlich (Abb. 2/35c).

Diese Angaben finden sich in der Regel in technischen Datenblättern oder auf dem Typenschild.

Planungshinweise – Parallelbetrieb Transformatoren / Generatoren, Speiseleistung

Ist die (vorgegebene) Speiseleistung der Generatoren größer als die benötigte Leistung der angeschlossenen Verbraucher, berücksichtigt SIMARIS design bei Parallelbetrieb mit Transformatoren eine Rückspeisung in das Mittelspannungsnetz.

2.3.2.3 Regenerative (volatile) Energieerzeuger



Zur Einbindung regenerativer Energieerzeuger wie z.B. Windturbinen, PV-Anlagen o.ä. steht das Stromkreistypical „erneuerbare Energien“ zur Verfügung.

Analog zu Transformatoren und Generatoren können regenerative Energieerzeuger in SIMARIS design sowohl für eine autarke Stromversorgung (Inselbetrieb) wie auch für den Parallelbetrieb mit anderen Einspeisequellen verwendet werden.

Die für die Gesamtanlage vorgesehen Netzbetriebsarten und Schaltzustände können über den Menüpunkt „Betriebsarten“ definiert werden (Kap. 2.2.1).

Die Anwendung dieses Stromkreistypicals ist primär für den Einsatz von regenerativen Energieerzeugern ausgelegt, die je nach Stromverfügbarkeit einen Beitrag zur Minimierung der entstehenden Stromkosten leisten.

Ein etwaiger maximaler Kurzschlussanteil ist im Eigenschaftsfenster definierbar (Abb. 2/36b).

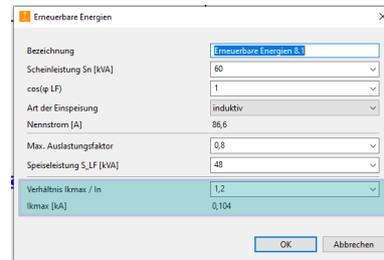


Abb. 2/36b: Regenerativer Energieerzeuger – Definition maximaler Kurzschlussanteil

Etwaige Beiträge zu minimalen Kurzschlussströmen werden gemäß IEC 60909 bzw. DIN VDE 0102 für regenerative Energieerzeuger bei den Kurzschlussberechnungen nicht betrachtet.

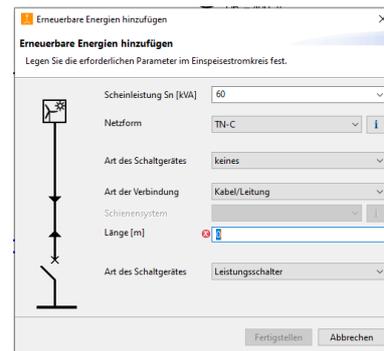


Abb. 2/36c: Dimensionierungsvorgaben für regenerative Energieerzeuger

Planungshinweise – Abbildung von (nicht-volatilen) Eigenerzeugungsanlagen

Für die Abbildung von nicht-volatilen Stromerzeugungsanlagen wie bspw. BHKW, Klein-Wasserkraftwerke oder Biogasanlagen wird die Anwendung des Stromkreistypicals "Generator" empfohlen.

Weitere Informationen für Planung und Anschluss von Eigenerzeugungsanlagen enthält die

Technische Schrift 18: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromversorgungsnetzen mit Eigenerzeugungsanlagen

2.3.2.4 Neutrale Netzeinspeisung



Zur Abbildung alternativer Stromerzeuger mit spezifischem Betriebs- bzw. Kurzschlussverhalten steht das Stromkreistypical „neutrale Netzeinspeisung“ zur Verfügung.

Analog zu Transformatoren, Generatoren und regenerativen Energieerzeugern, kann eine „neutrale Netzeinspeisung“ zur Nachbildung autarker Stromversorgungsanlagen oder Netzabschnitte genutzt werden.

Die für neutrale Netzeinspeisungen vorgesehenen Netzbetriebsarten und Schaltzustände können über den Menüpunkt „Betriebsarten“ definiert werden (Kap. 2.2.1).

Die Abbildung einer neutralen Netzeinspeisung kann abhängig von Datenverfügbarkeit bzw. Betriebsverhalten des Energieerzeugers über die Modelle

- Kurzschlussströme
- Impedanzen
- Schleifenimpedanzen

erfolgen (Abb. 2/37b).

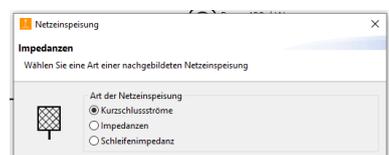


Abb. 2/37b: Abbildungsmöglichkeiten für neutrale Netzeinspeisung

Planungshinweise – Abbildung von (statischen) USV-Anlagen über neutrale Netzeinspeisung

Zur Abbildung von statischen USV-Anlagen als Einspeisequelle wird die Nutzung einer neutralen Netzeinspeisung empfohlen.

Details dazu enthält die **Technische Schrift 3: Abbildung von USV-Anlagen in SIMARIS design**

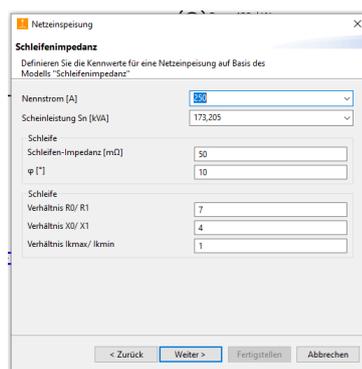
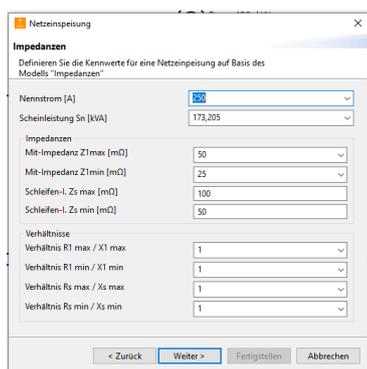
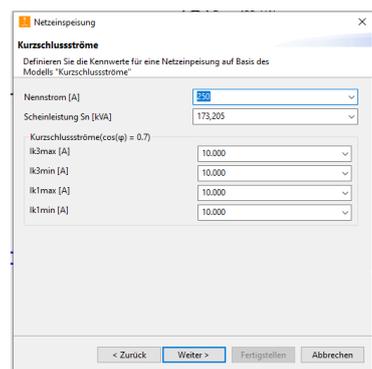


Abb. 2/38: Abbildungsmöglichkeiten für eine neutrale Netzeinspeisung

2.3.2.5 Dimensionierung von Verbindungsstrecken (zur Energieverteilung)

Für jeden Stromkreis, der neu eingefügt wird, gibt der SIMARIS design-Anwender die Art der Verbindung vor, d.h. ob es sich um eine Kabelverbindung, eine Stromschienenverbindung oder einen Direktanschluss handeln soll.

Direktanschlüsse können gleichermaßen für Mittel- oder Niederspannungsseitige Kuppelverbindungen definiert werden (Kap. 2.2.3.2).

Für die Auslegung von Mittel- oder Niederspannungsverbindungen kann in den Projekteinstellungen eine Anwendervorgabe zur Verwendung minimaler bzw. maximaler Querschnitte vorgenommen werden (Abb. 2/39).

Diese Voreinstellung ist primär für die Auslegung von Kabel/Leitungen relevant, weniger für Stromschienensysteme.

Planungshinweise – Dimensionierung von Kabeln / Leitungen

Eine Dimensionierungsvorgabe für einzusetzende min/max-Querschnitte kann sinnvoll sein, wenn deren Einsatz aufgrund von vorgegebenen Anschlusskriterien oder -einschränkungen bei der Planung von vornherein ausgeschlossen werden soll.

Bei vorliegenden Dimensionierungseinschränkungen wird SIMARIS design versuchen, etwaige Belastungsströme sodann durch Verlegung einer höheren Anzahl paralleler Kabelsysteme auszugleichen.

Ebenso ist in der Projektdefinition einstellbar, ob bei der automatische Kabeldimensionierung auf die Verwendung von Kabelsystemen mit reduzierten PEN-Leiterquerschnitt zurückgegriffen werden darf.

Eine Kabelauslegung mit reduziertem PEN-Leiterquerschnitt kann zusätzliches Optimierungspotential bieten, falls insb. minimale Kurzschlussströme andernfalls zu einer allgemeinen Querschnittserhöhung für diese Verbindungsstrecke führen würden.

Eine Kabeldimensionierung mit reduziertem PEN-Leiterquerschnitt eignet sich für Netze mit überwiegend symmetrischer Auslastung.

Dimensionierungsvorgaben, die in den Projekteinstellungen getätigt werden, werden innerhalb eines SIMARIS design-Projektes für alle Stromkreise angewandt.

Weitere spezifische Vorgaben können in den Eigenschaften der jeweiligen Verbindungsstrecke vorgenommen werden, wie z.B. Vorgaben für einen Reduktionsfaktor, Spannungsfall, Kabeltyp, Leitermaterial, Verlegeart, Funktionserhalt im Brandfall etc.

Umfasst bestimmte Vorgaben ein größeres oder komplexeres Themenfeld (wie z.B. die Bestimmung des Reduktionsfaktors f_{ges} oder Funktionserhalt im Brandfall) kann der Anwender, über den nebenstehenden Infobutton Detailinformation zur jeweiligen Funktion abrufen, welche bei der Bestimmung des jeweiligen Parameters unterstützen.

Technische Einstellungen	
Mittelspannung	
Nennspannung [kV]:	20
relative Betriebsspannung am Speisepunkt [%]:	100
max. Kurzschlussleistung [MVA]:	290
min. Kurzschlussleistung [MVA]:	100
max. Kurzschlussstrom [kA]:	7,217
min. Kurzschlussstrom [kA]:	2,887
max. Querschnitt [mm ²]:	500
min. Querschnitt [mm ²]:	25

Niederspannung	
Nennspannung [V]:	400
Frequenz [Hz]:	50
Zulässige Berührungsspannung [V]:	50
Lastflussberechnung:	symmetrisch
Bezugspunkt Spannungsfallberechnung:	Transformator-Sekundärklemmen
max. zulässiger Spannungsfall im Netz [%]:	8
Temperatur Umgebung Gerät [°C]:	45
Polzahl:	vorzugsweise 3polig, bei Bedarf 4polig
Erdfehler - Erfassung:	bei Bedarf vorsehen
max. Querschnitt [mm ²]:	800
min. Querschnitt [mm ²]:	1,5
Reduzierter Querschnitt für PEN-Leiter erlaubt:	<input type="checkbox"/>

Abb. 2/39: Dimensionierungsvorgaben für Querschnitte von Mittel- und Niederspannungsverbindungen

Planungshinweise – Auslegung von Erdkabeln

Für die Abbildung von Erdkabeln in SIMARIS design wird auf die **Technische Schrift 12: Auslegung von Erdkabeln** verwiesen.



Abb. 2/40: Infobutton zum Abruf zusätzlicher Informationen oder Unterfunktionen

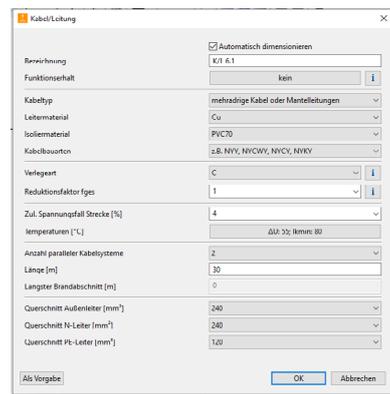


Abb. 2/41: Dimensionierungsvorgaben für Verbindungsstrecke (Kabel/Leitung)

Planungshinweise – Dimensionierung von Stromschienensystemen

Für die Abbildung von Stromschienensystemen und Abgängen stehen in SIMARIS design drei spezifische Stromkreistypicals zur Verfügung:

Var. 1: Abbildung eines Schienensystems mit einseitiger Zuleitung und ein oder mehreren Abgängen.

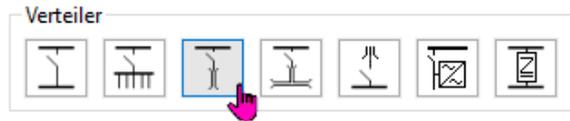


Abb. 2/42a: Stromkreistypical Schienenverteiler

Var. 2: Abbildung von Applikationslösungen mit zwei Stromschienenabschnitten und einer Mitteneinspeisung (Anwendungsfälle: Spannungsoptimierung, Verbesserung der Energieeffizienz).



Abb. 2/42b: Stromkreistypical Schienenverteilung mit Mitteneinspeisung

Planungsbeispiele zur Projektierung von Stromschienensystemen mit Mitteneinspeisung finden sich im

Planungshandbuch Schienenverteilersysteme SIVACON 8PS, Kap. 2.3 und 2.4

Var. 3: Abbildung von Stromschienensystemen, welche in eine nachgelagerte Unterverteilung bzw. Schaltanlage führen.

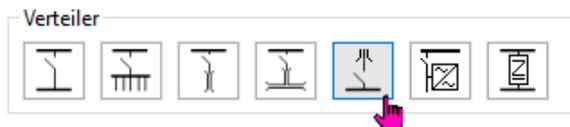


Abb. 2/42c: Stromkreistypical Schienenverteilung mit nachgelagerter Unterverteilung / Kabelsteigeleitung

Stromkreistypicals für Schienensysteme können in SIMARIS design beliebig miteinander kombiniert werden.

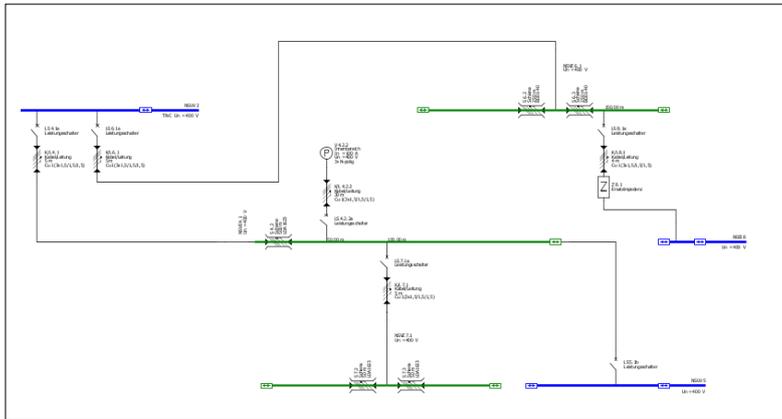


Abb. 2/43: Beispielhafte Kombination der Stromkreistypicals für Schienensysteme

Planungshinweise – Funktionserhalt Kabel / Stromschiene

Grundlagen und Hinweise zu technischen Anforderungen für Planung und Aufbau von Brandabschnitten enthält das **Planungshandbuch – Planung der elektrischen Energieverteilung** (Kap. 10.5, Kap. 15 und 16).

Berechnungsinformationen sowie Informationen zum Aufbau von Brandabschnitten für das jeweilige Stromschienensystem enthält das **Planungshandbuch Schienenvertilersysteme SIVACON 8PS**.

2.3.3 Dimensionierung von Schalt-/Schutzgeräten

In der Projektdefinition kann der Anwender für das gesamte SIMARIS design-Projekt vorgeben, mit welcher Polzahl die Dimensionierung von Schalt-/Schutzgeräten erfolgen soll und ob eine generelle oder bedarfsweise Erdfehlererfassung vorzusehen ist (Abb. 2/39).

In diesem Zusammenhang wird auch auf [Kap. 2.2.2](#) (Netzform nach Art der Erdverbindung) verwiesen, sowie die

Technische Schrift 20: Erdungskonzepte für Energieversorgungsanlagen ¹⁾

welche u.a. das Thema Sternpunktbehandlung von Transformatoren aufgreift.

Dimensionierungsvorgaben für die Polzahl von Schalt-/Schutzgeräten sind primär für die Netzdimensionierung auf der Niederspannungsseite relevant.

Niederspannung	
Nennspannung [V]:	400
Frequenz [Hz]:	50
Zulässige Berührungsspannung [V]:	50
Lastflussberechnung:	symmetrisch
Bezugspunkt Spannungsfallberechnung:	Transformator-Sekundärklemmen
max. zulässiger Spannungsfall im Netz [%]:	8
Temperatur Umgebung Gerät [°C]:	45
Polzahl:	vorzugsweise 3polig, bei Bedarf 4polig
Erdfehler - Erfassung:	bei Bedarf vorsehen
max. Querschnitt [mm ²]:	800
min. Querschnitt [mm ²]:	1,5
Reduzierter Querschnitt für PEN-Leiter erlaubt:	<input type="checkbox"/>

Abb. 2/39: Dimensionierungsvorgaben für Schaltgeräte, Niederspannung

Neben projektübergreifenden Dimensionierungsvorgaben aus Projektdefinition, können weitere Dimensionierungsvorgaben beim Einfügen neuer Stromkreise getätigt werden ([Abb. 2/44 bis 46](#)).

Im Eigenschaftfenster des neuen Stromkreises wird bspw. durch den Anwender definiert, von welcher Art das Schalt-/Schutzgerät sein soll und an welcher Stelle des Stromkreises der Einsatz erfolgen soll.

Der Einsatzort des Schalt-/Schutzgerätes bestimmt u.a. welche Schutzziele mit Blick auf die Verbindungsstrecke eines Stromkreises erreicht werden können (siehe hierzu auch [Kap. 2.1.4](#), Erläuterungen zu Fehlerstellen, [Abb. 2/14](#) sowie [Kap. 2.7](#) – Überprüfungsfunktionen).

Auf der Niederspannungsseite stehen folgende Arten an Schalt-/Schutzgeräten zur Auswahl zur Verfügung:

- Leistungsschalter (ACB/MCCB/MCB sowie Kombinationsgeräte mit integrierter MCB-Schutzfunktion)
- Lasttrennschalter mit Sicherung (Ausführung als Einzelgerät oder in Leistenbauform)
- Sicherungslasttrennschalter (Ausführung als Einzelgerät oder in Leistenbauform)
- Sicherung mit Sockel
- Leistungstrennschalter (in Leistungsschalterbauform)
- Lasttrennschalter (in MCCB-Bauform, als Netzumschalter oder als Lasttrennschalter gemäß IEC 60947-3)
- FI-Schutzschalter (als Einzelgerät)
- Keines

Umfangreiche Planungsinformationen für die technisch korrekte Auslegung von NS-Schalt-/Schutzgeräten enthält das

Planungshandbuch – Planung der elektrischen Energieverteilung

1) vor. verfügbar ab Mitte 2024

Auf der Mittelspannungsseite stehen folgende Schaltgeräteearten zur Auswahl zur Verfügung:

- Lasttrennschalter mit HH-Sicherung
- Leistungsschalter CB-f NAR (NAR – non automatic reclosing, ohne automatische Wiedereinschaltung)
- Leistungsschalter CB-f AR (AR – automatic reclosing, mit automatischer Wiedereinschaltung)
- Lasttrennschalter
- Keines

Für weiterführende Planungsinformationen zu verfügbaren MS-Komponenten und Schaltgeräten wird auf das [Planungshandbuch Mittelspannung](#), Kap. 7 und 8 verwiesen.

Bei Auswahl von Lasttrennschaltern mit HH-Sicherungen erfolgt die Betriebsmitteldimensionierung in Verbindung mit HH-Sicherungen der Fa. SIBA.

Bei Auswahl von Leistungsschaltechnik erfolgt die mittelspannungsseitige Betriebsmitteldimensionierung in Verbindung mit Stromwandlern und Schutzrelais.

Der vorgeschlagene Primärstrom des Stromwandlers kann im Eigenschaftsfenster des Stromkreises bei Bedarf angepasst werden (Abb. 2/46).

Anpassungen für das einzusetzende MS-Schutzrelais und der Wandler-Sekundärstrom können im Produktkatalog vorgenommen werden (Abb. 2/46)

Technische Planungsinformationen für Lastschalter-Sicherungskombinationen von Transformatoren bietet die

Technische Schrift 2: Schutz von Verteilungstransformatoren durch Lastschalter-Sicherungskombinationen

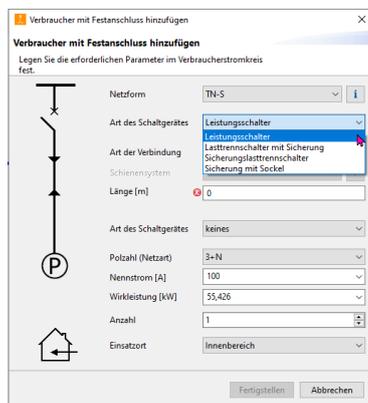


Abb. 2/44: Dimensionierungsvorgaben Art des Schaltgerätes, Niederspannung

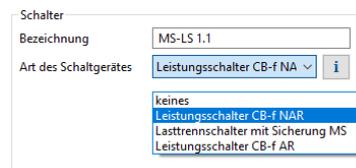


Abb. 2/45: Dimensionierungsvorgaben Art des Schaltgerätes, Mittelspannung

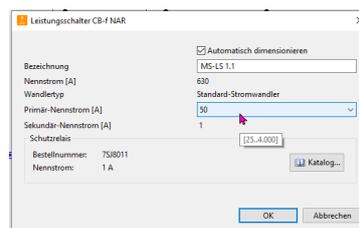


Abb. 2/46: Dimensionierungsvorgaben MS-Schaltgerät, Stromwandler, MS-Schutzrelais

Planungshinweise – Polzahl Schalt-/Schutzgerät, Erdfehlererfassung, Niederspannung

Bei der Elektroplanung ist die Polzahl für Schalt-/ Schutzgeräte von verschiedenen Faktoren abhängig, wie bspw. von der Netzform nach Art der Erdverbindung, vorhandenen Umschaltverbindungen oder der Sternpunktbehandlung der Einspeisequellen.

Ferner kann es landes- oder errichterspezifische Präferenzen geben.

Normative oder landesspezifische Vorgaben können ferner den Einbau zusätzlicher Erdfehler-Erfassungseinrichtungen für bestimmte Stromkreise erforderlich machen.

Sofern technische oder normative Rahmenbedingungen vorliegen, wird SIMARIS design dies bei der Betriebsmitteldimensionierung automatisch mitberücksichtigen.

Ist diese Entscheidungsgrundlage für bestimmte Anwendungen unzureichend, kann die Betriebsmitteldimensionierung in der Projektdefinition pauschal umgestellt werden.

Der Begriff „Erdfehler-Erfassung“ umfasst bei der Betriebsmitteldimensionierung den etwaigen Einsatz von NS-Leistungsschaltern mit g-Auslöser bzw. die Dimensionierung von Zweit- bzw. Kombinationsgeräten mit RCD-Schutzfunktion (Verweis auf Planungshinweise für MCBs und Planungshinweise für Kombinations- und Zweitgeräte in [Kap. 2.3.3](#))

Dimensionierungsvorgaben zur Erdfehlererfassung, die im Rahmen der automatischen Gerätedimensionierung nur für einzelne Geräte bzw. Stromkreise angewandt werden sollen, können in den Eigenschaften des jeweiligen Schaltgerätes getätigt werden (Abb. 2/47).

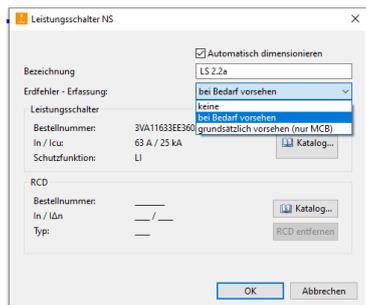


Abb. 2/47: Geräte- bzw. stromkreispezifische Dimensionierungsvorgaben zur Erdfehlererfassung

Gerätespezifische Vorgaben zur Polzahlausführung können hierbei nicht vorgenommen werden.

Hierfür wird auf die alternative Möglichkeit einer manuellen Geräteauswahl aus dem SIMARIS design-Produktkatalog verwiesen (Abb. 2/47).

Die manuelle Produktauswahl kann mithilfe des dort integrierten Konfigurators anhand technischer Geräteeigenschaften erfolgen oder alternativ durch Eingabe einer vollständigen oder einer teilqualifizierten Produktbestellnummer im Suchfeld (Abb. 2/48).

Der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle auf die Möglichkeit einer reversiblen Gerätekonfiguration hingewiesen, die durch Selektion eines roten Eintrages einer technischen Produkteigenschaft vorgenommen werden kann.

Die Nutzung des Rekonfigurations-Algorithmus führt, abhängig von der Bestellbarkeit bestimmter Produktvarianten u.U. zu einer automatischen Umstellung oder einem Reset bereits ausgewählter Produkteigenschaften.

Bei einer etwaigen Umstellung der Gerätepolzahl z.B. von 3- auf 4polig wird dieser Rekonfigurations-Effekt in den meisten Fällen jedoch nicht zum Tragen kommen.

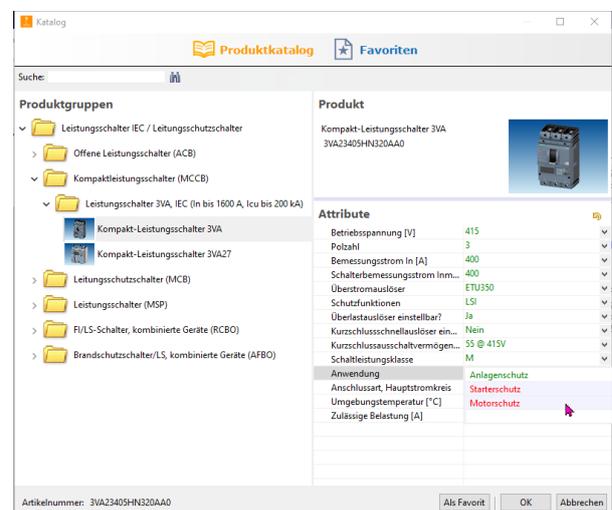


Abb. 2/48: Manuelle Geräteauswahl aus dem SIMARIS design-Produktkatalog

Planungshinweise – Mittelspannungsschutz

Eine Übersicht über verfügbare SIPROTEC Schutzgeräte von Siemens sowie Anwendungsbeispiele für

- Transformatoren
- Motorschutz
- Generatorschutz
- Leitungsschutz
- 1 ½-Leistungsschalter
- Doppelsammelschiene mit Kupplung
- Kondensatorbänke
- Netzmonitoring mit PMU

sind im **Planungshandbuch – Mittelspannung**, Kap. 8 aufgeführt.

Die in diesem Planungshandbuch beschriebenen MS-Leistungsschalter und Schutzfunktionen für UMZ- und AMZ-Schutzrelais können mithilfe der in SIMARIS design hinterlegten MS-Stromkreisbibliothek abgebildet werden.

Schutzeinstellungen, Kennlinien und Selektivitätsanalysen für das gewählte MS-Schutzrelais können – analog zu einstellbaren NS-Schalt-/Schutzgeräten – in der Netzbildansicht „Selektivität“ vorgenommen werden (Kap. 2.5.1).

Technische Grundlagen für Planung und Auslegung von Mittelspannungsnetzen enthält ferner das

Planungshandbuch – Planung der elektrischen Energieverteilung

(Kap. 4 - Planung von Mittelspannungsnetzen, Kap. 6.2.2 Hauptmerkmale von MS- und NS-Schutzeinrichtungen, Kap. 7.7 Schutz von Verteilungstransformatoren und dessen Projektierung (inkl. Definition UMZ / AMZ, verfügbare Schutzstufen, Wandlerauslegung und Schutzeinstellungen)

sowie die

Technische Schrift 2: Transformatorschutz durch Lastschalter-Sicherungs-Kombinationen

Planungshinweise – Schutzparametereinstellungen MS/NS

Um das selektive Verhalten eingesetzter Schalt-/ Schutzgeräte bzw. Schutzrelais zu verbessern, kann der Anwender in der Netzbildansicht „Selektivität“ Schutzparametereinstellungen vornehmen oder ändern.

Die zugehörige Strom-Zeit-Auslösekennlinie wird automatisch adaptiert, ebenso wie die Aussage zum selektiven Verhalten (Kap. 2.5).

Planungshinweise – Dimensionierung von NS-Leistungsschaltern (ACB / MCCB)

Die automatische Dimensionierung von NS-Leistungsschaltern in SIMARIS design orientiert sich in erster Linie an der technischen Zulässigkeit für die gewählte Kombination aus Belastungsstrom, Verbindungsstrecke, Schalt-/ Schutzgerät und Einbauort.

In der Leistungsschalbertechnik besteht jedoch – insb. mit Blick auf die Schutztechnik – eine hohe Variantenvielfalt (TMTU-Technik, Elektronische Auslöser, Verfügbarkeit und Einstellbarkeit der Schutzparameterfunktionen usw.).

Durch die Festlegung des Dimensionierungszieles für einzelne Stromkreise bzw. das gesamte Projekt, kann der Anwender vorgeben, ob bevorzugt NS-Leistungsschalter mit einfacher / kostengünstiger oder mit hochwertiger Schutztechnologie zum Einsatz kommen sollen (Kap. 2.3.4).

Für einstellbare NS-Leistungsschalter können in der Netzbildansicht „Selektivität“ die Schutzparameter überprüft und adaptiert werden (Kap. 2.5.1).

Weiterführende technische Informationen zur Projektierung und Auslegung von Leistungsschaltern und deren Komponenten finden sich zusätzlich in folgenden Unterlagen:

Planungshandbuch – Planung der elektrischen Energieverteilung, Kap. 7 – Schutzgeräte für die NS-Verteilung

Projektierungshandbuch 3WA

Projektierungshandbuch Selektivität 3VA

Planungshinweise – Dimensionierung von Leitungsschutzschaltern (MCB), Schaltvermögen Icn bzw. Icu

Leitungsschutzschalter (MCBs) können ganz oder teilweise nach zwei Produktnormen geprüft und zugelassen sein.

- IEC 60898-1 für die Anwendung im Laienbereich (Hausinstallation)
- IEC 60947-2 für die Anwendung als Leistungsschalter im Industriebereich bzw. als branchenspezifische Anwendungen

Demzufolge können MCB-Produkte unterschiedliche (mehr als eine) Angaben zum Schaltvermögen aufweisen (Icn gemäß IEC 60898, Icu gemäß IEC 60947-2).

Die Entscheidung, für welchen Einsatzzweck sich die jeweiligen MCB-Produktreihe eignet und nach welcher Norm das Schalt-/Schutzgerät zugelassen bzw. geprüft wird, obliegt dem Gerätehersteller.

Angaben zum Schaltvermögen Icn sind in der Regel niedriger als Angaben zum Schaltvermögen Icu.

Dies resultiert aus unterschiedlichen Prüfkriterien der jeweiligen Produktnorm. Die in der jeweiligen Norm verankerten Prüfkriterien orientieren sich an dem vorgesehenen Einsatzzweck des Schalt-/Schutzgerätes (Laienbedienbar, Hausinstallation bzw. Bedienung durch unterwiesenes Fachpersonal, Industrieanwendung).

Schaltvermögensangaben zum Icn sind normiert und enden für AC-Netze bei 15 kA, was für den Einsatz im Wohnbaubereich als ausreichend angesehen wird.

Im industriellen Bereich oder für branchen-spezifische Applikationen (z.B. Bahnstrom, Schiffbau) können durchaus höhere Kurzschlussströme auftreten.

Der Einsatz von MCBs mit ausgewiesenem Schaltvermögen Icu kann aufgrund seines geringen Platzbedarfs eine kostengünstige Alternative zum Einsatz eines Kompaktleistungsschalters darstellen.

Für Endstromkreise kann die Dimensionierungsvorgabe wahlweise basierend auf Icn (IEC 60898-1) oder Icu (IEC 60947-2) eingestellt werden (Abb. 2/49).

Die Voreinstellung für die MCB-Dimensionierung in SIMARIS design ist: gemäß Icn (IEC 60898-1).

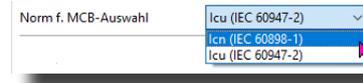


Abb. 2/49: Normauswahl für die Dimensionierung von MCBs

Weiterführende technische Informationen zu Leitungsschutzschaltern finden sich in folgenden Unterlagen:

Planungshandbuch – Planung der elektrischen Energieverteilung, Kap. 7 – Schutzgeräte für die NS-Verteilung

Technik-Fibel Leitungsschutzschalter (MCB)

Projektierungshandbuch Leitungsschutzschalter (MCB)

Planungshinweise – Dimensionierung selektiver Hauptleitungsschutzschalter (SHU)

Einsatz und Einbauort von SHU-Schaltern kann normativ bzw. vom örtlichen VNB für bestimmte Anwendungsfälle verpflichtend vorgegeben sein (z.B. Zählerplatzabsicherung).

Auch kann der Einsatz von SHU-Schaltern das selektive Verhalten bestimmter Gerätekombinationen verbessern.

Da es sich hierbei um spezielle Anwendungsfälle und Einsatzzwecke handelt, unterliegen SHU-Schalter nicht der automatischen Dimensionierung.

Bei Bedarf können SHU-Schalter manuell aus dem SIMARIS design-Produktkatalog ausgewählt werden.

Technische Schrift 4: selektiver Hauptleitungsschutzschalter (SHU)

Planungshinweise – Dimensionierung von Zweit- oder Kombinationsgeräten (RCBO, RCCB, RCCB-Unit, AFBO)

Basierend auf den Dimensionierungsvorgaben und den technischen Rahmenbedingungen wird SIMARIS design bei der Betriebsmitteldimensionierung den Einsatz von Zweit- bzw. Kombinationsgeräten vorschlagen.

Der Einsatz von Zweitgeräten mit RCD-Schutzfunktion erfolgt im Rahmen der automatischen Dimensionierung auf Basis der technischen Eigenschaften der gewählten Gerätekombination bzw. auf Basis typgeprüfter Gerätekombinationen (z.B. bei Motorstromkreisen oder Frequenzumrichtern, [Kap. 2.3.5](#)).

Aufgrund der hohen Zahl verfügbarer Gerätevarianten und Kombinationsmöglichkeiten wird dem Anwender ein paralleler Blick in die SIMARIS design-Produktdatenbank empfohlen, um zu prüfen, ob für seinen spezifischen Anwendungsfall u.U. weitere, kostengünstige bzw. platzsparende Kombinationsgeräte zur Verfügung stehen, die am gewünschten Einbauort aus technischen Aspekten zulässig und einsetzbar wären.

In diesem Zusammenhang wird insb. auch auf Kombinationsgeräte in Verbindung mit einer Brandschutzfunktion (AFDD) verwiesen, die bspw. in Deutschland gemäß DIN VDE 0100 Teil 420 für bestimmte Bauvorhaben und Stromkreisarten normativ vorgeschrieben sind.

Geeignete Gerätekombinationen aus der SIMARIS design Produktdatenbank können als Favorit abgelegt werden, was u.U. die Zugriffszeit bei der Produktauswahl und die Projektarbeit beschleunigen kann.

Weiterführende technische Informationen für die Elektroplanung bzw. Dimensionierung von Zweit- bzw. Kombinationsgeräten:

[Technik-Fibel Brandschutzschalter AFDD](#)

[Technik-Fibel FI-Schutz \(RCBO\)](#)

Planungshinweise – Dimensionierung von sicherungsbehafteter Technik

Alternativ zur Leistungsschalter-Technik steht in SIMARIS design die Dimensionierung von sicherungsbehafteter Technik zur Verfügung.

Sicherungen zeichnen sich durch ihre Wirtschaftlichkeit, ihre Zuverlässigkeit und eine einfache technische Projektierung aus. Der Einsatz von Sicherungen kann die stromkreisübergreifende Koordination von Gerätekombinationen vereinfachen und zu einer Verbesserung des selektiven Verhaltens beitragen ([Kap. 2.6](#)).

Weiterführende technische Informationen zur Anwendung sicherungsbehafteter Technik:

[Technik-Fibel Sicherungen](#)

[Projektierungshandbuch Sicherungen](#)

[Technik-Fibel Lasttrennschalter](#)

[Planungshandbuch – Mittelspannung](#)

[Technische Schrift 2: Transformatorschutz durch Lastschalter-Sicherungs-Kombination](#)

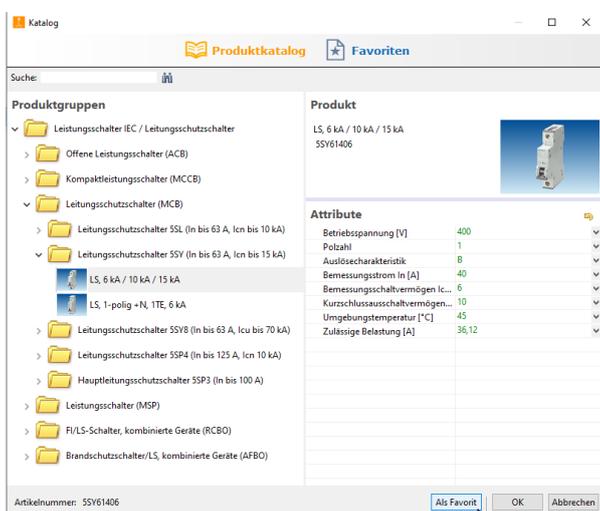


Abb. 2/50: SIMARIS design Produktdatenbank - manuelle Geräteauswahl als Favorit speichern

Planungshinweise – Gruppenschalter

Zur Dimensionierung von Schalt-/Schutzgeräten, die für mehrere Kabelstrecken bzw. Endverbraucher eine gemeinsame Schutzfunktion darstellen sollen, wird die Anwendung des Stromkreistypicals "Gruppenschalter" empfohlen (Abb. 2/50a).



Abb. 2/50a: Stromkreistypical Gruppenschalter

Verteilerstromkreise vom Typ Gruppenschalter enthalten keine Verbindungsstrecken (Kabel/Leitung oder Stromschiene). In diesen Stromkreistypicals können ein bis zwei Gruppenschalter definiert werden. Die Art der verfügbaren Schalt-/Schutzgeräte ist identisch mit denen der übrigen Verteilerstromkreise auf der Niederspannungsseite (Abb. 2/50b).

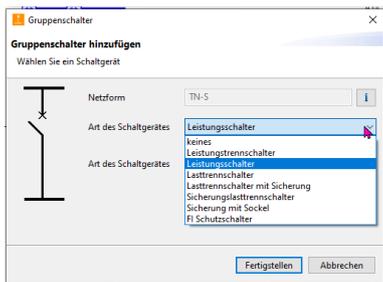


Abb. 2/50b: Steckdosenstromkreis, technische Daten

2.3.4 Dimensionierungsziel Backup-Schutz / Selektivität

Für das gesamte SIMARIS design-Projekt oder alternativ für einzelne Stromkreise, wird durch den Anwender vorgegeben, ob ein aktiver Backup-Schutz bei der (stromkreisübergreifenden) Koordination einer Gerätekombination die primäre Planungsintention sein soll (Abb. 2/51).

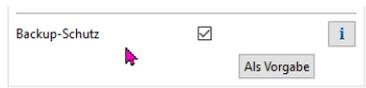


Abb. 2/51: Normauswahl für die Dimensionierung von MCBs

Das gewählte Dimensionierungsziel nimmt Einfluss die Geräteauswahl durch SIMARIS design.

Bei Aktivierung des Dimensionierungszieles "Backup-Schutz" werden bei automatischer Dimensionierung die gewählten Schutzgeräte so aufeinander abgestimmt, dass der benötigte Kurzschlusschutz entweder durch das gewählte Schalt-/ Schutzgerät oder durch die Kombination mit einem unmittelbar vorgeordneten Schutzgerät gewährleistet werden kann.

Die Überprüfung erfolgt anhand herstellergeprüfter Gerätekombinationen, die in der SIMARIS design-Datenbank hinterlegt sind ([Backup-Schutz Tabellen](#)).

Diese Vorgehensweise kann planungstechnisch hilfreich sein, wenn das Schaltvermögen eines Schutzgerätes gegenüber den ermittelten (maximalen) Kurzschlussströmen am Einbauort u.U. zu gering bemessen wurde.

Der Kurzschlusschutz für die Verbindungsstrecke bzw. die automatische Schutzabschaltung würde bei Vorliegen eines aktiven Backup-Schutzes im Fehlerfall von der Gerätekombination durch eine gemeinsame Interaktion wahrgenommen werden, was in Anlagenabschnitten, die ursächlich nicht vom Fehler betroffen waren, u.U. zu Versorgungsausfällen oder (kurzzeitigen) Störungen im Betriebsablauf führen kann.

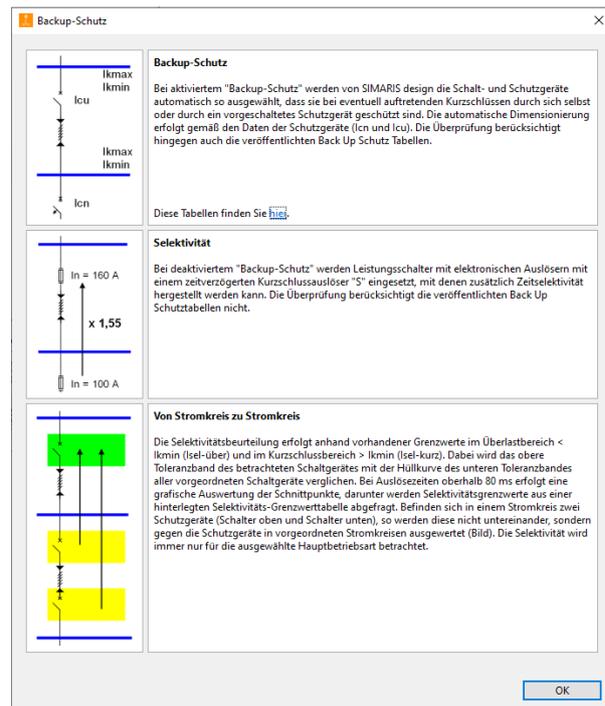


Abb. 2/52: Infobutton zu Dimensionierungsziel Backup-Schutz

Allgemeine Backup-Schutz Tabellen für Siemens-Schutzgeräte sind abrufbar unter:

Niederspannungs-Schutzgeräte Backup-Schutz Tabellen

Individuelle (projektspezifische) Abfragen zu verfügbaren Backup-Schutz-Grenzwerten können mithilfe des "Selektivität & Backup-Managers" vorgenommen werden. Hierin können auch projektspezifische Tabellenauszüge, z.B. für eine erweiterte Projektdokumentation, erstellt werden.

SIMARIS Suite – Selectivity & Backup Manager

Das funktionale Gegenstück zu Backup-Schutz ist das Dimensionierungsziel "Selektivität".

Wenn Selektivität bei der Betriebsmitteldimensionierung im Vordergrund stehen soll, ist die Option Backup-Schutz zu deaktivieren ([Abb. 2/51](#)).

Beim Dimensionierungsziel "Selektivität" steht die maximale Anlagenverfügbarkeit im Vordergrund und die Anforderung, dass im Fehlerfalle möglichst immer nur das Schutzgerät automatisch abschaltet, welches dem Fehlerort am nächsten ist.

SIMARIS design wird in diesem Fällen bei der automatischen Dimensionierung auf hochwertige Leistungsschaltertypen mit einstellbaren bzw. zeitverzögerten Schutz-Auslösefunktionen zurückgreifen und auf eine Überprüfung eines möglichen Backup-Schutzes anhand von herstellergeprüften Backup-Schutz Tabellen verzichten.

Zur Erlangung bestmöglicher Selektivität optimiert SIMARIS design anschließend die Schutzeinstellungen der gewählten Leistungsschalter. Die erreichte Selektivität wird in der Netzbildansicht „Selektivität“ zur Anzeige gebracht. In dieser Netzansicht können bei Bedarf Änderungen an den vorgeschlagenen Schaltereinstellungen durchgeführt werden ([Kap. 2.5](#)).

Die Dimensionierungsziele "Backup-Schutz" und "Selektivität" müssen sich nicht per se gegenseitig ausschließen.

Technischen Grundlageninformationen über Backup-Schutz und Selektivität, empfohlene Vorgehensweisen für Schutzstaffelungen sowie Aufbau durchgängiger Netzschutzkonzepte finden sich unter:

[Projektierungshandbuch Selektivität 3VA](#)

[Planungshandbuch - Planung der elektrischen Energieverteilung](#)

[Planungsleitfaden für Energieverteilungsanlagen \(Fachbuch\)](#)

2.3.5 Dimensionierung von linearen und nicht-linearen Verbraucherlasten

Die Betriebsmitteldimensionierung linearer bzw. nicht-linearer Netzlasten orientiert sich an den Spezifika der angeschlossenen Verbraucher und den damit in Verbindung stehenden normativen Anforderungen.



Abb. 2/53: Stromkreistypicals Verbraucher mit Festanschluss, Steckdosenstromkreis

2.3.5.1 Verbraucher mit Festanschluss, Steckdosenstromkreise

Mithilfe der in Abb. 2/53 markierten Stromkreistypicals lassen sich induktive oder kapazitive Verbraucherlasten in 1-, 2- oder 3-poliger Ausführung mit oder ohne Neutralleiter spezifizieren.

Wahlweise können Angaben zur angeschlossenen Wirkleistung oder Angaben zum Bemessungsstrom vorgenommen werden (Abb. 2/54 und 2/55).

Angaben zum Einsatzort (Innen-, Außen-, Nassbereich) führen je nach Normanforderung zur Anwendung verkürzter automatischer Abschaltzeiten bzw. zur Anwendung zusätzlicher Schutzmaßnahmen (z.B. separater Personenschutz durch RCD).

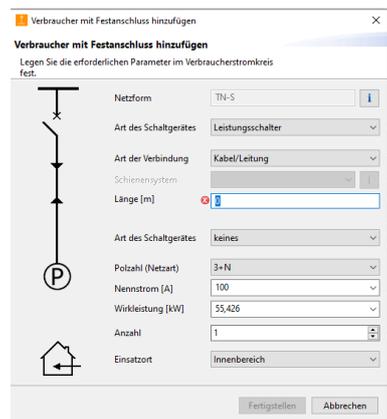


Abb. 2/54: Verbraucher mit Festanschluss, technische Daten

Planungshinweise – (Ersatz-)last für Endverbraucher

Sind mehrere gleichartige (induktive bzw. kapazitive) Verbraucherstromkreise zum Anschluss an einen gemeinsamen Verteiler vorgesehen, gibt es für deren Abbildung in der Netzbildansicht mehrere Möglichkeiten:

- Separate Abbildung jedes einzelnen Endstromkreises
- Exemplarische Abbildung in Verbindung mit Angabe der Anzahl der Stromkreise
- Wort-Case-Abbildung z.B. für den kritischsten Verbraucher bzw. Strompfad



Abb. 2/55b: Stromkreistypical Ersatzlast

Wird Möglichkeit a erwogen, empfiehlt sich die Nutzung der Duplizierungsfunktion (Kap. 2.3.1, Beispiel 1).

Möglichkeit b verhilft zur Wahrung der Übersichtlichkeit in der Netzbildansicht, setzt jedoch identische Verhältnisse in diesen Endstromkreisen voraus.

Möglichkeit c dient einer vereinfachten Netzprojektierung. Für eine korrekte und vollständige Energiebilanz ist hierfür u.U. die parallele Einbindung einer Ersatzlast erforderlich (Abb. 2/55b).

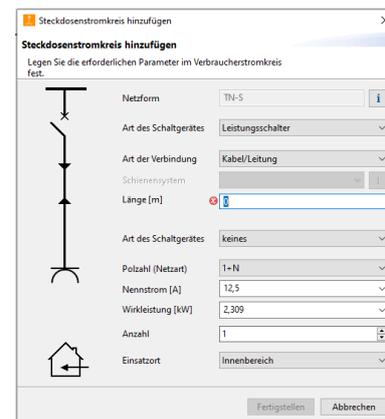


Abb. 2/55: Steckdosenstromkreis, technische Daten

Planungshinweise – Ersatzimpedanz für Verbindungsstrecke



Abb. 2/55c: Stromkreistypical Ersatzimpedanz, Verteiler

Analog zu Ersatzlasten für Endverbraucher können mithilfe des Typicals „Verteiler – Ersatzimpedanz“ Stromkreise mit Kurzschlussbegrenzungsdrossel oder nicht standardisierte Kabelverbindungen nachgebildet werden (Abb. 2/55c).

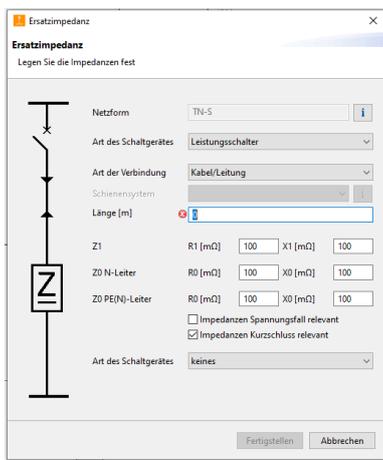


Abb. 2/55d: Ersatzimpedanz Verteilerstrecke, technische Daten

Für eine korrekte Einbindung in die Netzberechnungen sind bei der Nutzung von Ersatzimpedanzen detaillierte Angaben zu Widerständen R und Reaktanzen X für Null- und Mitsystem für die aktiven Leiter, den N-Leiter und den PE(N)-Leiter erforderlich.

Für die Netzberechnungen sind Widerstandswerte R für eine Umgebungstemperatur von 20 °C anzugeben.

Wahlweise kann entschieden werden, ob zu der angegebenen Ersatzimpedanz eine Zuleitungsstrecke führt (Kabel oder Schiene) oder ein (impedanzloser) Direktanschluss erfolgen soll.

Ferner ist vorzugeben, ob die angegebenen Impedanzwerte zur Ersatzimpedanz in Kurzschluss- bzw. Spannungsfallberechnung Anwendung finden sollen (Abb. 2/55d).

Sofern die angegebenen Ersatzimpedanzen in der Kurzschlussberechnung berücksichtigt werden sollen, erfolgt für die Berechnung minimaler Kurzschlussströme eine Umrechnung der zur Ersatzimpedanz angegebenen Widerstandswerte R auf eine Umgebungstemperatur von 80 °C (analog zum übrigen Netz).

Für die Berücksichtigung bei der Spannungsfallberechnung erfolgt eine Umrechnung der Impedanzangaben auf 55 °C.

Planungshinweise – Abbildung von Kurzschlussbegrenzungsdrosseln

Für die Abbildung von Kurzschlussbegrenzungsdrosseln wird empfohlen, die Impedanzwerte für Kurzschluss- und Spannungsfallberechnung zu aktivieren.

Planungshinweise – Abbildung von (dyn.) USV-Anlagen

Für die Abbildung von dynamischen USV-Anlagen in SIMARIS design wird auf die [Technische Schrift 21: Modellierung von dyn. USV-Anlagen in SIMARIS® design](#)²⁾ verwiesen.

Planungshinweis – Abbildung IT-Trenntransformatoren

Für die Abbildung von IT-Trenntransformatoren in SIMARIS design wird auf die [Technische Schrift 1: Abbildung von IT-Trenntransformatoren](#) verwiesen.

2.3.5.2 Ladeeinheiten für Elektrofahrzeuge

Mithilfe des Stromkreistypicals Ladeinheit (Abb. 2/56) lassen sich die am Markt üblichen Arten von Ladeeinheiten (Wallboxen, Schnellladesäulen etc.) in verschiedenen Ausprägungen spezifizieren.

Angaben über integrierte Schutzfunktionen entscheiden, ob bei der Dimensionierung zusätzliche Schalt-/Schutzgeräte für den erforderlichen Personenschutz vorgesehen werden sollen.

Wahlweise können Angaben zur angeschlossenen Wirkleistung oder Angaben zum Bemessungsstrom vorgenommen werden.



Abb. 2/56: Stromkreistypicals Endstromkreise, Ladeeinheiten

2) vor. verfügbar ab Mitte 2024

2.3.5.3 Asynchronmotor, Motor-Starter-Kombination

Bei der Dimensionierung von Endstromkreisen mit angeschlossenen Asynchronmotoren gibt der Anwender vor, ob ein einfacher Motorschutz oder eine Motor-Starter-Kombination dimensioniert werden soll (Abb. 2/57).



Abb. 2/57: Stromkreistypical (Asynchron-)Motor, Motor-Starter-Kombination

Unter einem einfachen Motorschutz wird in SIMARIS design der Einsatz eines einzelnen Schalt-/Schutzgerätes verstanden, welches primär für den Überlastschutz der Zuleitungsstrecke zum Motor benötigt wird.

Die "Art des Schaltgerätes" ist in SIMARIS design hierbei auf den Einsatz von Leistungsschaltertechnik beschränkt (Abb. 2/58).

Soll eine Motor-Starter-Kombination dimensioniert werden, definiert der Anwender, ob sicherungslose oder sicherungsbehaftete Technik zum Einsatz kommen soll (Abb. 2/59).

Ein Eingabeassistent führt den Anwender durch die benötigten zusätzlichen Angaben wie Anlaufart und Zuordnungsart für den benötigten Kurzschlussschutz gemäß IEC 60947-4-1 sowie Angaben zu einem etwaig verfügbaren Überlast-Relais.

Neben Angaben zur mechanischen Wirkleistung ist über einen sog. Rückspeisefaktor anzugeben, ob und in welcher Größenordnung der angeschlossene Asynchronmotor einen Beitrag zur Kurzschlussstromberechnung leistet (Abb. 2/60).

Der Eingabeassistent führt den Anwender zu den benötigten Eingabedaten.

Spezifische Angaben, z. B. zum I_a/I_n -Verhältnis beim Direktstarter oder ein abweichendes R/X -Verhältnis beim Motoranlauf, können über das Eigenschaftsfenster nachjustiert werden.

Sollten die vorliegenden Daten für weitere, noch einzufügende Motorstromkreise angewandt werden, kann dies durch Speicherung der Daten „als Vorgabe“ erfolgen.

Die Betriebsmitteldimensionierung eines Leistungsschalters für einfachen Motorschutz kann durch manuelle Auswahl eines alternativen Leistungsschalters aus dem SIMARIS design-Produktkatalog vorgenommen werden.

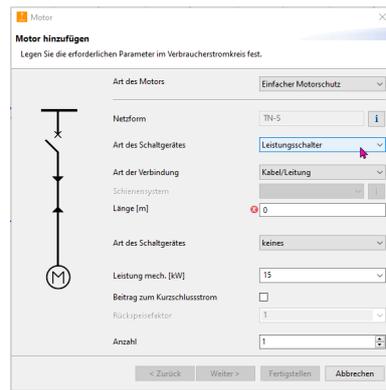


Abb. 2/58: Einfacher Motorschutz, technische Daten

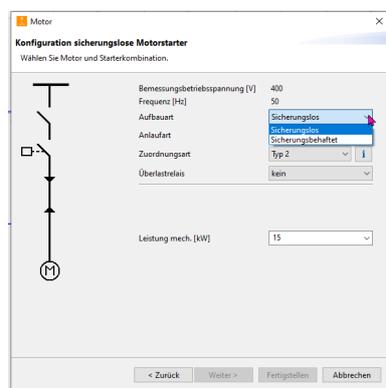


Abb. 2/59: Konfiguration Motor-Starter-Kombination

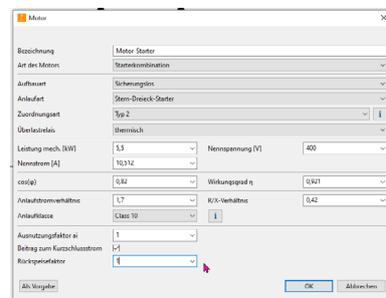


Abb. 2/60: Motor-Starter-Kombination, technische Daten

Eine manuelle Anpassung dimensionierter Motor-Starter-Kombinationen kann nicht durchgeführt werden.

Die Auswahl basiert auf typgeprüften Gerätekombinationen seitens des Herstellers, die in SIMARIS design hinterlegt sind.

Weiter Projektierungsinformationen sind verfügbar unter:

[Gerätehandbuch SIRIUS Motorstarter](#)

[Handbuch SIRIUS Verbraucherabzweige](#)

[Siemens Konfigurator Verbraucherabzweige](#)

[Siemens Konfigurator Elektromotoren](#)

[Übersicht Motor-Starter-Kombinationen in SIMARIS design](#)

2.3.5.4 Frequenzumrichter

In Ergänzung zu Endstromkreisen mit angeschlossenen Asynchronmotoren können über das Stromkreistypical Frequenzumrichter Endstromkreise mit umrichtergespeisten Motoren, Pumpen oder Lüftern nachgebildet werden (Abb. 2/61).



Abb. 2/61: Stromkreistypical Frequenzumrichter

Die Wahl des Frequenzumrichters kann basierend auf der Art der Anwendung erfolgen oder alternativ über die Option „Typ“, sofern die Umrichtertypen von Siemens geläufig sind (Abb. 2/62).

Ein Eingabeassistent führt Schritt für Schritt zu den erforderlichen Angaben und Wahlmöglichkeiten.

Die Festlegung zusätzlicher Komponenten erfolgt abhängig von der Aufbauform (Einbaugerät, Schrank oder dezentral) (Abb. 2/63).

Die Betriebsmitteldimensionierung bestimmt sich u.a. durch Vorgabe des benötigten Überlastprofils.

Mithilfe der Option „EMV-Maßnahme“ können zusätzliche Betriebsmittel wie z.B. geeignete Netzfilter oder Netzdrosseln konfiguriert werden (Abb. 2/64).



Abb. 2/62: Auswahlmöglichkeiten Frequenzumrichter

Analog zu Motor-Starter-Kombinationen (Kap. 2.3.5.3) orientieren sich die angebotenen Konfigurations- und Auswahlmöglichkeiten für Betriebsmittel in Frequenzumrichter-Stromkreisen an typgeprüften Kombinationen für Produkte der SINAMICS-Reihe.

Technische Grundlagen und Projektierungshinweise für Wahl und Auslegung von Stromkreisen mit Frequenzumrichtern vermittelt überdies das [Projektierungshandbuch SINAMICS](#).

Frequenzumrichter können Oberschwingungen bzw. Wirbelstromverluste an Transformatoren erzeugen. Dies kann Einfluss auf die Auslegung von Transformatoren oder Verbindungsstrecken nach sich ziehen.

Technische Schrift 14: Oberschwingungen im Verteilnetz

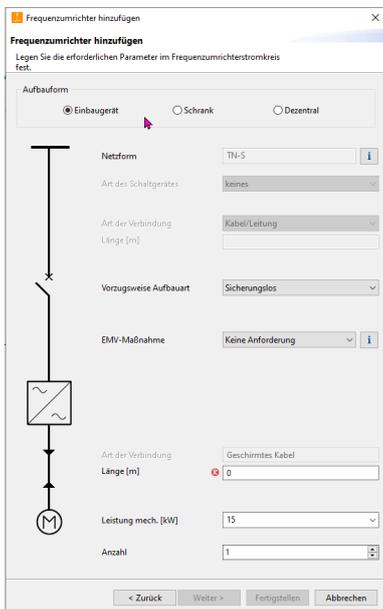


Abb. 2/63: Frequenzumrichter, technische Daten



Abb. 2/64: Frequenzumrichter, Betriebsmittelkomponenten

2.3.5.5 Powerbus

Der Powerbus ist eine Spezialform einer Kabelsteigeleitung für Frequenzrichter-Stromkreise.

Die Abbildung in SIMARIS design erfolgt mithilfe des Stromkreistypicals „Powerbus“ (Abb. 2/65).



Abb. 2/65: Stromkreistypical Powerbus

Analog zur Projektierung von Stromschienenabgängen (Kap. 2.3.2.5) können am Powerbus dezentrale Frequenzrichter an verschiedenen Stromschienenabschnitten angeschlossen werden.

Die Absicherung der Frequenzrichter-Stromkreise erfolgt durch ein zentrales Schalt-/Schutzgerät, welches auf der Eingangsseite des Powerbusstrangs als Gruppenabsicherung installiert wird (Kap. 2.3.3).

Die einzelnen Frequenzrichter-Abgänge an einem Powerbus besitzen kein eigenständiges Schalt-/Schutzgerät, da in der Regel davon auszugehen ist, dass diese Abgänge einem gemeinsamen, übergeordneten System zugeordnet sind.

Die Projektierung eines Powerbus-Systems beschränkt sich auf Systeme mit eindeutiger Einspeisung- bzw. Stromflussrichtung, d.h. Systeme mit Mitteneinspeisung, NS-Ringleitungen o.Ä. können hierüber nicht projiziert werden.

Typische Einsatzgebiete für diese Anwendung sind beispielsweise Paket- und Gepäckförderbänder.

Intention ist die Einsparung von Verkabelungsaufwand und die Reduktion der Anzahl an Schalt-/Schutzgeräten für die einzelnen Frequenzrichter-Stromkreise.

2.3.5.6 Kondensatoren, kapazitive Last, Blindstromkompensation

Mithilfe des Stromkreistypicals Kondensator (Abb. 2/66) können Kondensatoren bzw. kapazitive Verbraucherlasten in SIMARIS design nachgebildet werden.



Abb. 2/66: Stromkreistypical Endstromkreis, Kondensator

Da dieses primär für die Abbildung von Blindstromkompensationsanlagen angedacht ist, erfolgt die Angabe angeschlossener kapazitiver Lasten in Form von verfügbaren und zugeschalteten (Kondensator-)Stufen (Abb. 2/67).

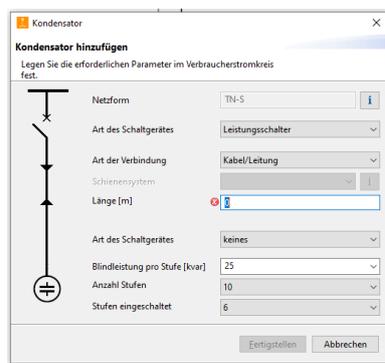


Abb. 2/67: Kondensatorstromkreis, technische Daten

Planungshinweise – Blindleistungskompensation (für AC-Netze)

Befinden sich etliche bzw. große Umrichter oder motorische Lasten im elektrischen Versorgungsnetz, kann sich dies ungünstig auf die Netzbelastung, den Leistungsfaktor $\cos \varphi$ und den Spannungsfall auswirken.

Gleiches gilt für Netze mit 1- bzw. 2poligen Verbrauchern, die bei ungünstiger Phasenaufteilung unerwünschte Phasensymmetrien und damit einseitige Phasenbelastungen bzw. hohe N-Leiterströme hervorrufen.

Ungünstige Phasenlagen, Phasenverschiebungen oder einseitige Phasenüberlastungen belasten die Stromversorgung, verschlechtern die Strom- und Spannungsqualität, und führen zur verstärkter Erzeugung von Blindleistung, Netzverlusten sowie der Entstehung von Oberschwingungen.

SIMARIS design betrachtet bei der Durchführung der Lastflussberechnungen primär statische Betriebszustände. Dennoch ist es sinnvoll, eine vorhandene Blindleistungskompensationsanlage mit Angabe der maximalen bzw. zugeschalteten Kondensatorleistung korrekt nachzubilden, da die Ergebnisse aus der Lastflussberechnung Basis für die Betriebsmitteldimensionierung sind.

Innerhalb der Lastflussberechnung sollte der $\cos \varphi$ des Netzes, insb. im Bereich der installierten Kompensationsanlage möglichst nahe dem Faktor 1,0 (Idealzustand) liegen, zumindest aber sollte er sich im induktiven Bereich bewegen. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang die Nutzung der Berechnungs-Schnellanzeige (Kap. 2.4).

Ergeben sich trotz Anpassung der zugeschalteten Kondensatorleistung weiterhin ungünstige $\cos \varphi$ -Werte bzw. hohe Blindleistungsanteile, ist ggf. der Aufbau weiterer Schwerpunktstationen für eine Blindstromkompensation vorzusehen, bspw. in unmittelbarer Nähe großer Umrichter.

Planungshinweise – Angabe Bemessungsfaktor

Über das Eingabefeld „Faktor x In“ kann der Bemessungsfaktor für den zu dimensionierenden Einspeiseschalter der Kondensatorregelanlage manuell angepasst werden, sodass seitens SIMARIS design ein Schalt-/Schutzgerät mit einem höheren Bemessungsstrom ausgewählt wird (Abb. 2/68).

Gemäß IEC 60831-1 bzw. VDE 0560-46 muss für Kondensatorstromkreise aufgrund von Spannungsschwankungen und vorhandenen Oberschwingungen mit einem erhöhten Stromaufkommen von bis zu 30 % gerechnet werden.

Zugleich ist bei der Stromkreisauslegung eine Toleranz von -5 % bis +10 % für die eingesetzten Kondensatorbänke zu berücksichtigen (IEC 60358-1 bzw. VDE 0560-2).

Bei Neuprojekten beträgt die Voreinstellung für diesen Bemessungsfaktor daher 1,43 (= 1,1 x 1,3).

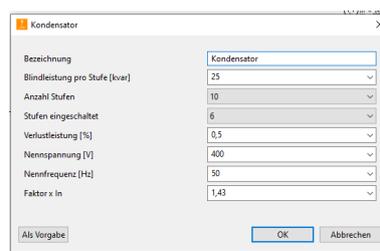


Abb. 2/68: Kondensator, technische Daten

Planungshinweise – Ermittlung der Gesamtkondensatorleistung

Für eine überschlägige Ermittlung der benötigten Kondensatorleistung für eine Blindstromkompensation bieten sich zwei Vorgehensweisen an:

Variante 1

Die benötigte Gesamtkondensatorleistung eines Netzes kann mit folgenden Faktoren grob abgeschätzt werden:

- 25 - 30 % der Transformatorenleistung bei $\cos \varphi = 0,9$
- 40 - 50 % der Transformatorenleistung bei $\cos \varphi = 1,0$

Variante 2

Ermittlung der benötigten Kondensatorleistung über die angezeigten Werte zur ermittelten Blindleistung Q per Faustformel (Rückrechnung).

$$Q_c [kVA] = P [kW] \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$\tan \varphi = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \varphi}{\cos^2 \varphi}}$$

Tabelle $\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$ -Werte zur Bestimmung der Kondensatorleistung Q_c bei Kompensation von $\cos \varphi_1$ auf $\cos \varphi_2$

Weiterführende Informationen zur Planung und Auslegung von Kompensationsanlagen enthält das

Planungshandbuch - Planung der elektrischen Energieverteilung (Kap. 5 – Versorgungsqualität, Kap. 5.4 – Blindleistung und Kompensation)

2.3.5.7 Blitz- und Überspannungsschutz

Mithilfe des Stromkreistypicals Blitz- und Überspannungsschutz kann innerhalb SIMARIS design an beliebige(n) Verteilungen im Netz ein Blitz- und Überspannungsschutz in der Netzbildansicht eingefügt werden (Abb. 2/69).

Über "Art des Schaltgerätes" erfolgt die Festlegung des Schutzsystems für diese Stromkreise.

Bei der automatischen Dimensionierung werden Schutzgerät und Überspannungsableiter aufeinander abgestimmt.

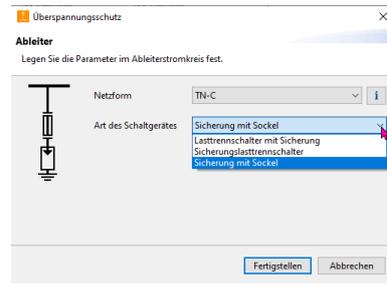


Abb. 2/69: Blitz- und Überspannungsableiter, technische Daten

Weiterführende technische Informationen zur Auslegung und Anwendung von Überspannungs-Schutzeinrichtungen:

Technik-Fibel – Blitz- und Überspannungsschutz

Planungshandbuch - Planung der elektrischen Energieverteilung

(Kap. 5.5 – Schutz vor Blitzstrom und Überspannung)

		Ziel-Leistungsfaktor $\cos \varphi_2$										
		0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,98	1,0
Ist-Leistungsfaktor $\cos \varphi_1$	0,40	1,27	1,41	1,54	1,67	1,81	1,87	1,93	1,96	2,00	2,09	2,29
	0,45	0,96	1,10	1,23	1,36	1,50	1,56	1,62	1,66	1,69	1,78	1,98
	0,50	0,71	0,85	0,98	1,11	1,25	1,31	1,37	1,40	1,44	1,53	1,73
	0,55	0,50	0,64	0,77	0,90	1,03	1,09	1,16	1,19	1,23	1,32	1,52
	0,60	0,31	0,45	0,58	0,71	0,85	0,91	0,97	1,00	1,04	1,13	1,33
	0,65	0,15	0,29	0,42	0,55	0,68	0,74	0,81	0,84	0,88	0,97	1,17
	0,70	—	0,14	0,27	0,40	0,54	0,59	0,66	0,69	0,73	0,82	1,02
	0,75	—	—	0,13	0,26	0,40	0,46	0,52	0,55	0,59	0,68	0,88
	0,80	—	—	—	0,13	0,27	0,32	0,39	0,42	0,46	0,55	0,75
	0,85	—	—	—	—	0,14	0,19	0,26	0,29	0,33	0,42	0,62
0,90	—	—	—	—	—	0,06	0,12	0,16	0,19	0,28	0,48	

Quelle: Planungsleitfaden für Energieverteilungsanlagen, H.Kiank, W.Fruth, 2011, S.299

2.4 Berechnungs-Schnellanzeige (Tooltip-Funktion)

Die Berechnungs-Schnellanzeige bzw. Tooltip-Funktion unterstützt den Anwender bei der Suche nach möglichen Ursachen für angezeigte Fehler- oder Warnmeldungen durch Aufzeigen detaillierter Berechnungsergebnisse.

Die Tooltip-Funktion kann über die Menüleiste ein- bzw. ausgeschaltet werden (Abb. 2/70).

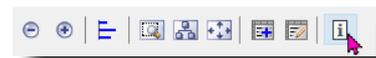


Abb. 2/70: Menüfunktion: Berechnungs-Schnellanzeige (Tooltip-Funktion)

Die Tooltip-Funktion agiert mauszeigersensitiv, d.h. Daten, die angezeigt werden, orientieren sich an der aktuellen Position des Cursors in der Netzbildansicht.

Grundsätzlich kennt die Tooltip-Funktion 4 unterschiedliche Anzeigepositionen für jeden Stromkreis, da diese auch für Netzberechnung und Betriebsmitteldimensionierung relevant sind (Kap. 2.1.4, Abb. 2/14).

In Anlehnung an Abb. 2/14 sind diese Anzeigepositionen im Tooltip ebenfalls als Fehlerstelle A bis D deklariert.

Tooltip-Fenster enthalten Detailinformationen zu allen durchgeführten Netzberechnungen sowie Anforderungs- und Ergebnisdaten der durchgeführten (automatischen oder manuellen) Betriebsmitteldimensionierung.

Anforderungsdaten für einzelne Betriebsmittel resultieren aus:

- Durchgeführten Berechnungen
- Projekt- oder stromkreisspezifischen Vorgabewerten bzw. -grenzen
- Normativen Vorgaben

Vorliegende Anforderungsdaten werden innerhalb des Tooltip-Fensters den Betriebs-, Einstell- und Kennliniendaten des aktuell gewählten Betriebsmittels gegenübergestellt.

Im Hintergrund läuft die Überprüfung, ob die vorliegenden Anforderungen vollumfänglich erfüllt werden (Kap. 2.7).

Anhang von Beispielen werden nachfolgend Bedeutung und Nutzen angezeigter Tooltip-Werte betriebsmittelspezifisch aufgezeigt und erläutert.

Eine Übersicht der hierbei verwendeten Formelzeichen befindet sich im Anhang dieses Technischen Handbuchs.

Planungshinweise – Tooltip-Anzeigen nach MS Excel exportieren

Alle nachfolgend beschriebenen Tooltip-Anzeigen können via STRG-C/V nach MS Excel exportiert werden.

Datenstruktur, Formelbezeichner, Einheiten und Zahlenwerte bleiben hierbei erhalten.

Hierfür die gewünschte Tooltip-Anzeige in der Netzbildansicht aufrufen und den Cursor an beliebiger Stelle per Mausklick (1x links) innerhalb der Tooltip-Anzeige aktivieren.

Mithilfe der Tastenkombination STRG+C die Tooltip-Anzeigedaten in die Zwischenablage kopieren und an gewünschter Stelle in einer geöffneten MS Excel-Datei mit der Tastenkombination STRG-V einfügen.

Verteiler: SV-UV			
max. zulässige Abschaltzeit = 5s			
Ib	=	195 (φ=24°)	A
S	=	129 (117; 52,3)	kVA
Ib (L1)	=	195 (φ=24°)	A
Ib (L3)	=	181 (φ=96°)	A
S (L1)	=	45 (41,1; 18,5)	kVA
S (L2)	=	41,8 (38,1; 17,1)	kVA
S (L3)	=	41,8 (38,3; 16,7)	kVA
Ipk	=	49,253	kA
Ik3max	=	29,698 (φ=58°)	kA
Ik1maxph_n	=	23,479 (φ=53°)	kA
Ik1maxph_n	=	23,479 (φ=127°)	kA
Ik1maxph_pe	=	23,157 (φ=52°)	kA
Ik1maxph_pe	=	23,157 (φ=128°)	kA
Backup-Schutz Ia			
I ² t	=	336.038,51	kA ² s
I ² t(L1-L2-L3)	=	336.038,51	kA ² s
I ² t(PE(N))	=	205.566,69	kA ² s
Z1min	=	8,554 (4,506; 7,271)	mΩ
Z0minph_n	=	15,488 (10,427; 11,4)	mΩ
Z0minph_pe	=	15,983 (11,051; 11,5)	mΩ
U (L1)	=	231 (φ=0°)	V
U (L2)	=	231 (φ=120°)	V
U (L3)	=	231 (φ=120°)	V
U (N)	=	0	V
ΣΔU	=	-1,05 (φ=137°)	V
gf	=	1	
cos(φ)	=	0,914	ind.
Ib (L2)	=	181 (φ=-144°)	A
Ib (N)	=	12,4 (φ=150°)	A
cos(φ)	=	0,912	ind.
cos(φ)	=	0,912	ind.
cos(φ)	=	0,917	ind.
Ik3min	=	9,357 (φ=-44°)	kA
Ik2min	=	8,103 (φ=-44°)	kA
Ik1minph_n	=	8,803 (φ=-42°)	kA
Ik1minph_n	=	8,803 (φ=138°)	kA
Ik1minph_pe	=	8,572 (φ=-41°)	kA
Ik1minph_pe	=	8,572 (φ=139°)	kA
ta(min kzs)	=	0,467	s
ta(min abs)	=	0,467	s
Z1max	=	8,336 (4,835; 6,796)	mΩ
Z0maxph_n	=	14,896 (10,817; 10,2)	mΩ
Z0maxph_pe	=	15,613 (11,698; 10,2)	mΩ
U (L1L2)	=	400 (φ=30°)	V
U (L2L3)	=	400 (φ=90°)	V
U (L3L1)	=	400 (φ=150°)	V
u	=	99,871	%
ΣΔu	=	-0,193	%

Abb. 2/71: Beispiel importierte Tooltip-Anzeigedaten eines Verteilers in MS Excel

Planungshinweise – Tooltip-Anzeigen Umrechnungsfunktion

Die nachfolgend beschriebenen Tooltip-Anzeigen beruhen in weiten Teilen auf mathematischen Berechnungen mit komplexen Zahlen und Winkelfunktionen.

Für eine leichtere Nachvollziehbarkeit der Werte bzw. zur Unterstützung für eine mögliche Datenübertragung in andere Koordinatensysteme, können die Tooltip-Anzeigewerte durch Nutzung der STRG-Taste umgeschaltet werden.

Verteiler: SV-UV										
max. zulässige Abschaltzeit = 5s										
lb	=	195	(φ=-24°) A	gf	=	1				
S	=	129	(117; 52,3) kVA	cos(φ)	=	0,914				ind.
lb (L1)	=	195	(φ=-24°) A	lb (L2)	=	181	(φ=-144°) A			
lb (L3)	=	181	(φ=96°) A	lb (N)	=	12,4	(φ=150°) A			
S (L1)	=	45	(41,1; 18,5) kVA	cos(φ)	=	0,912				ind.
S (L2)	=	41,8	(38,1; 17,1) kVA	cos(φ)	=	0,912				ind.
S (L3)	=	41,8	(38,3; 16,7) kVA	cos(φ)	=	0,917				ind.
l _{pk}	=	49,253	kA	lk _{3min}	=	9,357	(φ=-44°) kA			
lk _{3max}	=	29,698	(φ=-58°) kA	lk _{2min}	=	8,103	(φ=-44°) kA			
lk1maxph_n (L)	=	23,479	(φ=-53°) kA	lk1minph_n (L)	=	8,803	(φ=-42°) kA			
lk1maxph_n (N)	=	23,479	(φ=127°) kA	lk1minph_n (N)	=	8,803	(φ=138°) kA			
lk1maxph_pe (L)	=	23,157	(φ=-52°) kA	lk1minph_pe (L)	=	8,572	(φ=-41°) kA			
lk1maxph_pe (PE)	=	23,157	(φ=128°) kA	lk1minph_pe (PE)	=	8,572	(φ=139°) kA			
Backup-Schutz Ja										
I ² t	=	336.038,513	kA ² s							
I ² t(L1-L2-L3)	=	336.038,513	kA ² s	ta(min kzs)	=	0,467				s
I ² t(PE(N))	=	205.566,691	kA ² s	ta(min abs)	=	0,467				s
Z1min	=	8,554	(4,506; 7,271) mΩ	Z1max	=	8,336	(4,835; 6,790) mΩ			
Z0minph_n	=	15,488	(10,427; 11,452) mΩ	Z0maxph_n	=	14,896	(10,817; 10,241) mΩ			
Z0minph_pe	=	15,983	(11,051; 11,546) mΩ	Z0maxph_pe	=	15,613	(11,698; 10,341) mΩ			
U (L1)	=	231	(φ=0°) V	U (L1L2)	=	400	(φ=30°) V			
U (L2)	=	231	(φ=-120°) V	U (L2L3)	=	400	(φ=-90°) V			
U (L3)	=	231	(φ=120°) V	U (L3L1)	=	400	(φ=150°) V			
U (N)	=	0	V							
ΣΔU	=	-1,05	(φ=-137°) V	ΣΔu	=	99,871	%			%
				ΣΔu	=	-0,193	%			%

Abb. 2/72a: Tooltip-Anzeige Verteiler (Standardansicht), Anzeige von Winkelangaben

Verteiler: SV-UV										
max. zulässige Abschaltzeit = 5s										
lb	=	195	(178; -80) A	gf	=	1				
S	=	129	(117; 52,3) kVA	cos(φ)	=	0,914				ind.
lb (L1)	=	195	(178; -80) A	lb (L2)	=	181	(-147; -106) A			
lb (L3)	=	181	(-20,4; 180) A	lb (N)	=	12,4	(-10,8; 6,13) A			
S (L1)	=	45	(41,1; 18,5) kVA	cos(φ)	=	0,912				ind.
S (L2)	=	41,8	(38,1; 17,1) kVA	cos(φ)	=	0,912				ind.
S (L3)	=	41,8	(38,3; 16,7) kVA	cos(φ)	=	0,917				ind.
l _{pk}	=	49,253	kA	lk _{3min}	=	9,357	(6,785; -6,444) kA			
lk _{3max}	=	29,698	(15,643; -25,244) kA	lk _{2min}	=	8,103	(5,876; -5,581) kA			
lk1maxph_n (L)	=	23,479	(14,061; -18,803) kA	lk1minph_n (L)	=	8,803	(6,532; -5,901) kA			
lk1maxph_n (N)	=	23,479	(-14,061; 18,803) kA	lk1minph_n (N)	=	8,803	(-6,532; 5,901) kA			
lk1maxph_pe (L)	=	23,157	(14,116; -18,356) kA	lk1minph_pe (L)	=	8,572	(6,494; -5,595) kA			
lk1maxph_pe (PE)	=	23,157	(-14,116; 18,356) kA	lk1minph_pe (PE)	=	8,572	(-6,494; 5,595) kA			
Backup-Schutz Ja										
I ² t	=	336.038,513	kA ² s							
I ² t(L1-L2-L3)	=	336.038,513	kA ² s	ta(min kzs)	=	0,467				s
I ² t(PE(N))	=	205.566,691	kA ² s	ta(min abs)	=	0,467				s
Z1min	=	8,554	(4,506; 7,271) mΩ	Z1max	=	8,336	(4,835; 6,790) mΩ			
Z0minph_n	=	15,488	(10,427; 11,452) mΩ	Z0maxph_n	=	14,896	(10,817; 10,241) mΩ			
Z0minph_pe	=	15,983	(11,051; 11,546) mΩ	Z0maxph_pe	=	15,613	(11,698; 10,341) mΩ			
U (L1)	=	231	(231; 0) V	U (L1L2)	=	400	(346; 200) V			
U (L2)	=	231	(-115; -200) V	U (L2L3)	=	400	(-0,007; -400) V			
U (L3)	=	231	(-115; 200) V	U (L3L1)	=	400	(-346; 200) V			
U (N)	=	0	(0; 0) V							
ΣΔU	=	-1,05	(-0,774; -0,715) V	ΣΔu	=	99,871	%			%
				ΣΔu	=	-0,193	%			%

Abb. 2/72b: Tooltip-Anzeige Verteiler bei gedrückter STRG-Taste (Anzeige von Real- und Imaginärteil anstelle des cos φ)

2.4.1 Tooltip-Anzeige Schalt-/Schutzgerät

Leistungsschalter: LS-Geno			
Anforderung:			
lbem = 476,314 A	lbs = 183 A		
pz = 4	Tu = 45 °C		
lcu = 6,213 kA	lcm = 10,059 kA		
	ta zul ABS = 5 s		
Bestellnummer: 3VA24635HN420AA0/LSIN			
Betriebswerte:			
In max = 630 A	In(r0) = 630 A		
In zul = 630 A	I2 = 725 A		
pz = 4	Tu = 45 °C		
lcu = 55 kA	lcm = 121 kA		
ta_max = 4,715 s	ta(min kzs) = 4,715 s		
	ta(min abs) = 1,169 s		
Einstellwerte:			
IR = 500 A	tR = 10 s		
Isd = 1.000 A	tsd = 0,4 s		
li = 5.670 A			
Kennliniendaten:			
İc-Wert = 8,786 kA	I ² t-Wert = 1.157,883 kA ² s		
li = 6,237 kA			
Ikmax = 6,213 kA	I ² t(Ikmax) = 8.320,005 kA ² s		
Ikmin = 1,328 kA	I ² t(Ikmin) = 8.320 kA ² s		

Abb. 2/73: Tooltip-Anzeige Schalt-/Schutzgerät am Beispiel eines Leistungsschalters

Die Tooltip-Anzeige ist in 4 Bereiche untergliedert:

- Anforderung
- Betriebswerte
- Einstellwerte
- Kennliniendaten

Tooltip-Rubrik Anforderung

zeigt die technischen Anforderungen an das Schalt-/Schutzgerät auf:

lbem	[A]	Bemessungsstrom (resultierend aus Bemessungsangaben z.B. Einspeisequelle)
lbs	[A]	Betriebs- bzw. Belastungsstrom (resultierend aus Energiebilanz und Lastflussberechnung)
pz		Polzahl Schaltgerät
lcu	[kA]	Kurzschluss-Ausschaltvermögen Schaltgerät
Tu	°C	Umgebungstemperatur Schaltgerät (Berücksichtigung etwaiger Deratingfaktoren für Nennstrom)
lcm	[kA]	Kurzschluss-Einschaltvermögen Schaltgerät
ta zul ABS	[s]	Normativ geforderte Mindestabschaltzeit für diesen Stromkreis im Fehlerfalle
Bestell-Nr. des aktuell gewählten Schaltgerätes		

Tooltip-Rubrik Betriebswerte

zeigt die technischen Daten sowie die Betriebsdaten des aktuell gewählten Schalt-/Schutzgerätes auf:

In max	[A]	Nennstrom Schaltgerät
In zul	[A]	Maximal zulässiger Dauerbelastungswert des Schaltgerätes für die angegebene Umgebungstemperatur mit etwaigem Strom-Derating
In (r0)	[A]	Identisch zu In max (früher: Ratingplug Nennstrom Schaltgerät)
I2	[A]	Großer Prüfstrom bzw. obere Auslösegrenzwert des Schaltgerätes gemäß Produktnorm bzw. Hersteller
pz		Polzahl Schaltgerät
Tu	°C	Umgebungstemperatur für zulässigen Dauernennstrom In zul lt. Hersteller
lcu	[kA]	Kurzschluss-Ausschaltvermögen Schaltgerät
lcm	[kA]	Kurzschluss-Einschaltvermögen Schaltgerät
ta max		Längste Abschaltzeit dieses Schaltgeräts im ungünstigsten Fehlerfall
ta (min kzs)	[s]	Erreichbare Mindest-Abschaltzeit gegen den der Kurzschlusschutz an dieser Fehlerstelle (hier: Einbauort des Schaltgeräts) geprüft wird. Der hier angezeigte Wert kann sich auf das aktuelle Schaltgerät beziehen oder von einem anderen Schaltgerät stammen, welches sich in der Fehlerschleife befindet.
ta (min abs)	[s]	Erreichbare Mindest-Abschaltzeit gegen den der Personenschutz an dieser Fehlerstelle (hier: Einbauort des Schaltgeräts) geprüft wird. Der hier angezeigte Wert kann sich auf das aktuelle Schaltgerät beziehen oder von einem anderen Schaltgerät (z.B. RCD) stammen, welches sich in der Fehlerschleife befindet.

Tooltip-Rubrik Einstellwerte

zeigt die aktuellen Schutzeinstellungen des aktuell gewählten Schalt-/Schutzgerätes an (Sollwerte, ohne etwaige Toleranzen):

Ir	[A]	Stromanregewert Überlastauslöser (L-trip unit)
tr	[s]	Zeitverzug bzw. Trägheitsgrad Überlastauslöser (L-trip unit)
Isd	[A]	Stromanregewert kurzzeitverzögerter Kurzschlussauslöser (S-trip unit)
tsd	[s]	Zeitverzugswert kurzzeitverzögerter Kurzschlussauslöser (S-trip unit)
Ii	[A]	Stromanregewert unverzögerter Kurzschlusschnellauslöser (I-trip unit)

Tooltip-Rubrik Kennliniendaten

zeigt Kennliniendaten und -auswertungen des aktuell gewählten Schalt-/Schutzgerätes an in Verbindung mit den berechneten min/max-Kurzschlussströmen für diese Fehlerstelle (hier: der Einbauort des Schalt-/Schutzgerätes).

I^c	[kA]	Ermittelter maximaler Durchlassstrom-Spitzenwert
I²t-Wert	[kA²s]	Ermittelter maximaler Durchlass-Energiewert I ² t
Ii	[A]	Stromanregewert unverzögerter Kurzschlusschnellauslöser, oberer Toleranzwert inkl. (I-trip unit)

Ikmax	[kA]	Berechneter maximaler Kurzschlussstrom am Einbauort
I²t (Ikmax)	[kA²s]	Ermittelter Durchlass-Energiewert I ² t bei Ikmax
Ikmin	[kA]	Berechneter minimaler Kurzschlussstrom am Einbauort
I²t (Ikmin)	[kA²s]	Ermittelter Durchlass-Energiewert I ² t bei Ikmin

Planungshinweise – Tooltip Schalt-/Schutzgerät

Tooltip-Anzeigewerte für Schalt-/Schutzgeräte können abhängig vom Einbauort (Fehlerstelle A-D) und abhängig von der Art des gewählten Schalt-/Schutzgerätes, z.B. Lasttrennschalter mit Sicherung, variieren.

Die grundlegende Datenstruktur und -bedeutung ist jedoch weitestgehend identisch, sodass eine technische Interpretation der angezeigten Werte anhand des hier beschriebenen Beispiels per Analogieschluss hergeleitet werden kann.

Planungshinweise – Tooltip-Anzeigen für Abschaltzeiten *ta max, ta (min kzs), ta (min abs)*

Abhängig von der Komplexität des abgebildeten elektrischen Netzes (z.B. Maschen-, Ringnetz, verschiedene Netzbetriebsarten und Schaltzustände) kann es sehr zeitaufwendig sein nachzuvollziehen, wie die im Tooltip angezeigten Abschaltzeiten zustande kommen und an welchem Schalt-/Schutzgerät ggf. Anpassungen vorzunehmen wären, um etwaig entstandene Fehlermeldungen gezielt zu bereinigen.

Die Anwendung der Fehlersequenzanalyse kann hierbei ggf. unterstützen (Kap. 2.8).

2.4.2 Tooltip-Anzeige Einspeisequelle

Trafo: Trafo 1					
Typ: Trafos mit MS					
Anforderung:					
Ibem	= 513,67	A	Ibel	= 513,67	A
Sbem	= 353	kVA			
Trafo:					
Bestellnummer: 4GX58643E					
SnT	= 630	kVA	Inenn	= 909,327	A
Unenn	= 400	V	Pv	= 7,1	kW
ukr	= 6	%			
Betriebswerte:					
Ib (L1)	= 514	($\varphi=-26^\circ$) A	Ib (L2)	= 514	($\varphi=-146^\circ$) A
Ib (L3)	= 514	($\varphi=94^\circ$) A	Ib (N)	= 0	A
S (L1)	= 119	(107; 52) kVA	cos(φ)	= 0,899	ind.
S (L2)	= 119	(107; 52) kVA	cos(φ)	= 0,899	ind.
S (L3)	= 119	(107; 52) kVA	cos(φ)	= 0,899	ind.
Z1min	= 15,380	(2,889; 15,106) m Ω	Z1max	= 15,238	(2,862; 14,967) m Ω
Z0minph_n	= 14,639	(2,889; 14,351) m Ω	Z0maxph_n	= 14,504	(2,862; 14,219) m Ω
Z0minph_pe	= 14,639	(2,889; 14,351) m Ω	Z0maxph_pe	= 14,504	(2,862; 14,219) m Ω
Ik3max	= 15,169	kA	Ik2min	= 9,135	kA
Ik1max	= 15,876	kA	Ik1min	= 11,717	kA
U (L1)	= 226	($\varphi=-2^\circ$) V	U (L1L2)	= 392	($\varphi=28^\circ$) V
U (L2)	= 226	($\varphi=-122^\circ$) V	U (L2L3)	= 392	($\varphi=-92^\circ$) V
U (L3)	= 226	($\varphi=118^\circ$) V	U (L3L1)	= 392	($\varphi=148^\circ$) V
U (N)	= 0	V			
ΔU_{tr}	= 13,7	($\varphi=53^\circ$) V	Δu_{tr}	= 2,012	%

Abb. 2/74: Tooltip-Anzeige Einspeisequelle am Beispiel eines Transformators

Die Tooltip-Anzeige ist in 3 Bereiche untergliedert:

- Anforderung
- Nenndaten
- Betriebswerte

Tooltip-Rubrik Anforderung

zeigt die technischen Anforderungen an die Einspeisequelle auf:

Ibem	[A]	Bemessungsstrom (resultierend aus Bemessungsangaben einer etwaig übergeordneten Einspeisequelle)
Ibel	[A]	Belastungsstrom (resultierend aus Energiebilanz und Lastflussberechnung)
Sbem	[kVA]	Bemessungs-Scheinleistung (resultierend aus Energiebilanz und Lastflussberechnung)

Tooltip-Rubrik Nenndaten

zeigt die technischen Nenndaten der Einspeisequelle an:

Art der Einspeisequelle (Transformator, Generator etc.)		
SnT	[kVA]	Nennscheinleistung Transformator
Inenn	[A]	Nennstrom Transformator
Unenn	[V]	Nennspannung Sekundärwicklung Transformator
Pv	[kW]	Kurzschlussverluste Transformator
ukr	[%]	Bemessungs-Kurzschlussspannung Transformator

Tooltip-Rubrik Betriebswerte

zeigt Betriebswerte sowie ermittelte Detailergebnisse aus Lastfluss-, Spannungsfall- und Kurzschlussberechnung für die Einspeisequelle an:

Ib (L1)	[A]	Belastungsstrom, Phase L1 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Ib (L2)	[A]	Belastungsstrom, Phase L2 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Ib (L3)	[A]	Belastungsstrom, Phase L3 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Ib (N)	[A]	Belastungsstrom, N-Leiter bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)

S (L1)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L1 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L1)
S (L2)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L2 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L2)
S (L3)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L3 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L3)

Z1min	[mΩ]	Minimale Schleifenimpedanz für I_{kmax} ; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z1min
Z1max	[mΩ]	Maximale Schleifenimpedanz für I_{kmin} ; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z1max
Z0min_{ph_n}	[mΩ]	Minimale Schleifenimpedanz für I_{kminph_n} ; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0min _{ph_n}
Z0max_{ph_n}	[mΩ]	Maximale Schleifenimpedanz für I_{kmaxph_n} ; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0max _{ph_n}
Z0min_{ph_pe}	[mΩ]	Minimale Schleifenimpedanz für I_{kminph_pe} ; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0min _{ph_pe}
Z0max_{ph_n}	[mΩ]	Maximale Schleifenimpedanz für I_{kmaxph_pe} ; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0max _{ph_n}

I_{k3max}	[kA]	berechneter maximaler 3pol. Kurzschlussstrom
I_{k1max}	[kA]	berechneter maximaler 1pol. Kurzschlussstrom
I_{k2min}	[kA]	berechneter minimaler 2pol. Kurzschlussstrom
I_{k1min}	[kA]	berechneter minimaler 1pol. Kurzschlussstrom

U (L1)	[V]	Spannung, Phase L1-Erde bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
U (L2)	[V]	Spannung, Phase L2-Erde bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
U (L3)	[V]	Spannung, Phase L3-Erde bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
U (N)	[V]	Spannung, N-Leiter-Erde bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
U (L1L2)	[V]	Spannung, Phase L1-L2 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
U (L2L3)	[V]	Spannung, Phase L2-L3 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
U (L3L1)	[V]	Spannung, Phase L3-L1 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)

Δu_{tr}	[V]	Spannungsfall Trafo bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Δu_{tr}	[%]	Spannungsfall Trafo prozentuale Umrechnung

Planungshinweise – Tooltip Einspeisequelle

Tooltip-Anzeigewerte für Einspeisequellen können abhängig von der Art der Einspeisequelle und deren spezifischem Betriebs- bzw. Kurzschlussverhalten bzw. Eingabedaten variieren.

Die grundlegende Datenstruktur und -bedeutung ist jedoch weitestgehend identisch, sodass eine technische Interpretation der angezeigten Werte anhand des hier beschriebenen Beispiels per Analogieschluss hergeleitet werden kann.

2.4.3 Tooltip-Anzeige Verteiler

zeigt ermittelte Detailergebnisse aus allen durchgeführten Netzberechnungen für diesen Netzknotenpunkt an:

Verteiler: NSUV 2					
max. zulässige Abschaltzeit = 5s					
Ib	=	494	(φ=-25°) A	gf	= 0,5
S	=	324	(296; 1320) kVA	cos(φ)	= 0,914 ind.
Ib (L1)	=	494	(φ=-25°) A	Ib (L2)	= 494 (φ=-145°) A
Ib (L3)	=	494	(φ=95°) A	Ib (N)	= 0 A
S (L1)	=	108	(98,8; 43,90) kVA	cos(φ)	= 0,914 ind.
S (L2)	=	108	(98,8; 43,90) kVA	cos(φ)	= 0,914 ind.
S (L3)	=	108	(98,8; 43,90) kVA	cos(φ)	= 0,914 ind.
Ipk	=	16,24	kA		
Ik3max	=	10,684	(φ=-46°) kA	Ik3min	= 6,981 (φ=-45°) kA
Ik1maxph_n (L)	=	6,023	(φ=-40°) kA	Ik1minph_n (L)	= 4,095 (φ=-38°) kA
Ik1maxph_n (N)	=	6,023	(φ=140°) kA	Ik1minph_n (N)	= 4,095 (φ=142°) kA
Ik1maxph_pe (L)	=	4,513	(φ=-29°) kA	Ik1minph_pe (L)	= 3,033 (φ=-27°) kA
Ik1maxph_pe (PE)	=	4,513	(φ=151°) kA	Ik1minph_pe (PE)	= 3,033 (φ=153°) kA
Backup-Schutz ja					
I ² t	=	6,739,201	kA ² s		
I ² t (L1-L2-L3)	=	6,739,2	kA ² s	ta (min kzs)	= 0,732 s
I ² t (PE(N))	=	6,739,201	kA ² s	ta (min abs)	= 0,732 s
Z1min	=	23,776	(16,480; 17,1390) mΩ	Z1max	= 29,775 (20,904; 21,2030) mΩ
Z0minph_n	=	79,345	(63,264; 47,8880) mΩ	Z0maxph_n	= 93,506 (78,052; 51,4890) mΩ
Z0minph_pe	=	124,170	(114,564; 47,8880) mΩ	Z0maxph_pe	= 150,153 (141,049; 51,4890) mΩ
U (L1)	=	216	(φ=-2°) V	U (L1L2)	= 374 (φ=28°) V
U (L2)	=	216	(φ=-122°) V	U (L2L3)	= 374 (φ=-92°) V
U (L3)	=	216	(φ=118°) V	U (L3L1)	= 374 (φ=148°) V
U (N)	=	0	V		
ΣΔu	=	18,2	(φ=9°) V	u	= 93,513 %
				ΣΔu	= 4,475 %

Abb. 2/75: Tooltip-Anzeige Verteiler am Beispiel eines NS-Unterverteilers

Knotenname		
Normativ geforderte maximal zulässige Abschaltzeit für diesen Netzknotenpunkt		
Ib	[A]	Belastungsstrom cos φ (Winkelangabe)
gf		Angegebener Gleichzeitigkeitsfaktor
S	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert) bei cos φ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv)
Ib (L1)	[A]	Belastungsstrom, Phase L1 bei cos φ (Winkelangabe)
Ib (L2)	[A]	Belastungsstrom, Phase L2 bei cos φ (Winkelangabe)
Ib (L3)	[A]	Belastungsstrom, Phase L3 bei cos φ (Winkelangabe)
Ib (N)	[A]	Belastungsstrom, N-Leiter bei cos φ (Winkelangabe)
S (L1)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L1 bei cos φ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L1)
S (L2)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L2 bei cos φ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L2)
S (L3)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L3 bei cos φ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L3)

Ipk	[kA]	Kurzschluss Spitzenwert
Ik3max	[kA]	Berechneter max. 3pol. Kurzschlussstrom bei cos φ (Winkelangabe)
Ik3min	[kA]	Berechneter min. 3pol. Kurzschlussstrom bei cos φ (Winkelangabe)
Ik2min	[kA]	Berechneter min. 2pol. Kurzschlussstrom bei cos φ (Winkelangabe)

Ik1max ph_n (L)	[kA]	Berechneter max. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-N-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert, der in einer der aktiven Phasen L1, L2, L3 entstehen kann
Ik1min ph_n (L)	[kA]	Berechneter min. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-N-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert, der im N-Leiter entstehen kann
Ik1max ph_n (N)	[kA]	Berechneter max. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-N-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert der im N-Leiter entstehen kann
Ik1min ph_n (N)	[kA]	Berechneter min. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-N-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert der im N-Leiter entstehen kann

Ik1max ph_pe (L)	[kA]	Berechneter max. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-PE-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert, der in einer der aktiven Phasen L1, L2, L3 entstehen kann
Ik1min ph_pe (L)	[kA]	Berechneter min. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-PE-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert, der in einer der aktiven Phasen L1, L2, L3 entstehen kann
Ik1max ph_pe (PE)	[kA]	Berechneter max. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-PE-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert der im PE-Leiter entstehen kann
Ik1min ph_pe (PE)	[kA]	Berechneter min. 1pol. Kurzschlussstrom Phase-PE-Leiter bei cos φ (Winkelangabe), größter Wert der im PE-Leiter entstehen kann

Eingestelltes Dimensionierungsziel für diesen Knotenpunkt		
Backup-Schutz = ja		
Backup-Schutz = nein (=Selektivität)		

I ² t	[kA ² s]	Ermittelter max. Durchlass-Energiewert
I ² t (L1-L2-L3)	[kA ² s]	Ermittelter Durchlass-Energiewert in den aktiven Phasen L1, L2, L3
ta (min kzs)	[s]	Erreichbare Mindest-Abschaltzeit gegen den der Kurzschlusschutz an dieser Fehlerstelle (hier: Verteilung) geprüft wird. Der hier angezeigte Wert stammt von einem der Schaltgeräte, welche sich in der Fehlerschleife befinden.
I ² t (PE(N))	[kA ² s]	Ermittelter Durchlass-Energiewert im PE(N)-Leiter
ta (min abs)	[s]	Erreichbare Mindest-Abschaltzeit gegen den der Personenschutz an dieser Fehlerstelle (hier: Verteilung) geprüft wird. Der hier angezeigte Wert stammt von einem der Schaltgeräte, welche sich in der Fehlerschleife befinden.

Z1min	[mΩ]	Minimale Schleifenimpedanz für Ikmax; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z1min
Z1max	[mΩ]	Maximale Schleifenimpedanz für Ikmin; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z1max
Z0min ph_n	[mΩ]	Minimale Schleifenimpedanz für Ikminph_n; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0minph_n
Z0max ph_n	[mΩ]	Maximale Schleifenimpedanz für Ikmaxph_n; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0maxph_n
Z0min ph_pe	[mΩ]	Minimale Schleifenimpedanz für Ikminph_pe; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0minph_pe
Z0max ph_n	[mΩ]	Maximale Schleifenimpedanz für Ikmaxph_pe; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0maxph_n

U (L1)	[V]	Spannung, Phase L1-Erde bei cos φ (Winkelangabe)
U (L2)	[V]	Spannung, Phase L2-Erde bei cos φ (Winkelangabe)
U (L3)	[V]	Spannung, Phase L3-Erde bei cos φ (Winkelangabe)
U (N)	[V]	Spannung, N-Leiter-Erde bei cos φ (Winkelangabe)
U (L1L2)	[V]	Spannung, Phase L1-L2 bei cos φ (Winkelangabe)
U (L2L3)	[V]	Spannung, Phase L2-L3 bei cos φ (Winkelangabe)
U (L3L1)	[V]	Spannung, Phase L3-L1 bei cos φ (Winkelangabe)

u	[%]	Prozentuale Restspannung am Netzknotenpunkt
∑ Δu	[V]	Spannungsfall kumuliert für diesen Netzknotenpunkt bei cos φ (Winkelangabe)
∑ Δu	[%]	Spannungsfall kumuliert für diesen Netzknotenpunkt; prozentuale Umrechnung

Planungshinweise – Tooltip-Anzeigen für Abschaltzeiten ta (min kzs), ta (min abs)

Abhängig von der Komplexität des abgebildeten elektrischen Netzes (z.B. Maschen-, Ringnetz, verschiedene Netzbetriebsarten und Schaltzustände) kann es sehr zeitaufwendig sein, nachzuvollziehen, wie die im Tooltip angezeigten Abschaltzeiten zustande kommen und an welchem Schalt-/ Schutzgerät ggf. Anpassungen vorzunehmen wären, um etwaig entstandene Fehlermeldungen gezielt zu bereinigen.

Die Anwendung der Fehlersequenzanalyse kann hierbei ggf. unterstützen (Kap. 2.8).

2.4.4 Tooltip-Anzeige Verbindungsstrecke

Abschnitt: MSVS 7.2.3-MSVS 7.2.4							
Anforderung:							
I _{bem}	=	160,655	A	I ² t(L1-L2-L3)	= 1.019,201	kA ² s	
I _{bel}	=	64,262	A	I ² t(PE(N))	= 1.019,201	kA ² s	
Schiene:							
I _{zul}	=	250	A	S ² K ² (L1-L2-L3)	= 100,881,936	kA ² s	
Länge	=	300	m	S ² K ² (PE(N))	= 100,881,936	kA ² s	
Querschnitt: 1(2x108/108/108)							
Schienebezeichnung: BD2A-3-250							
Leitermaterial = Al		Netzsystem = TN-S					
Verlegeart = horizontal hochkant		Polzahl = 3+N					
r1	=	0,302	mΩ/m	x1	=	0,131	mΩ/m
r0ph-n	=	1,34	mΩ/m	x0ph-n	=	0,75	mΩ/m
r0ph-pe(n)	=	1,071	mΩ/m	x0ph-pe(n)	=	0,567	mΩ/m
Betriebswerte:							
I _b (L1)	=	64,3	(φ=0°) A	I _b (L2)	=	64,3	(φ=-120°) A
I _b (L3)	=	64,3	(φ=120°) A	I _b (N)	=	0	A
S(L1)	=	13,6	(13,6; -0,365i) kVA	cos(φ)	=	1	kap.
S(L2)	=	13,6	(13,6; -0,366i) kVA	cos(φ)	=	1	kap.
S(L3)	=	13,6	(13,6; -0,365i) kVA	cos(φ)	=	1	kap.
Z _{1min}	=	16,459	(15,100; 6,550i) mΩ	Z _{1max}	=	19,937	(18,724; 6,550i) mΩ
Z _{0minph_n}	=	76,781	(67,000; 37,500i) mΩ	Z _{0maxph_n}	=	91,151	(83,080; 37,500i) mΩ
Z _{0minph_pe}	=	60,591	(53,550; 28,350i) mΩ	Z _{0maxph_pe}	=	72,201	(66,402; 28,350i) mΩ
Z _{1ΔU}	=	18,418	(17,214; 6,550i) mΩ	Z _{0ΔU}	=	85,089	(76,380; 37,500i) mΩ
ΔU	=	2,05	(φ=21°) V	Δu	=	0,474	%

Abb. 2/76: Tooltip-Anzeige Verbindungsstrecke am Beispiel einer Stromschiene

Die Tooltip-Anzeige ist in 3 Bereiche untergliedert:

- Anforderung
- Nenndaten
- Betriebswerte

Tooltip-Rubrik Anforderung

zeigt die technischen Anforderungen an der Verbindungsstrecke auf:

I _{bem}	[A]	Bemessungsstrom (resultierend aus Bemessungsangaben z.B. Einspeisequelle)
I _{bel}	[A]	Belastungsstrom (resultierend aus Energiebilanz und Lastflussberechnung)
I ² t (L1-L2-L3)	[kA ² s]	Durchlass-Energiewert für die aktiven Phasen L1-L2-L3
I ² t (PE(N))	[kA ² s]	Durchlass-Energiewert für den PE(N)-Leiter

Tooltip-Rubrik Nenndaten

zeigt technische Nenndaten und maximale Belastungswerte der gewählten Verbindungsstrecke an:

Art der Verbindung (Kabel oder Stromschiene)		
I _{zul}	[A]	Zulässiger Dauerbelastungsstrom der Verbindungsstrecke lt. Hersteller
S ² K ² (L1-L2-L3)	[kA ² s]	S ² K ² -Wert der Verbindungsstrecke für die aktiven Phasen L1-L2-L3
S ² K ² (PE(N))	[kA ² s]	S ² K ² -Wert der Verbindungsstrecke für den PE(N)-Leiter
Querschnittsangabe der Verbindungsstrecke		
Produktbezeichnung der Verbindungsstrecke		
Leitermaterial der Verbindungsstrecke		
Verlegeart für die angegebene Verbindungsstrecke		
Vorliegendes Netzsystem		
Polzahl der Verbindungsstrecke		

r1	[mΩ/m]	Resistanz der Verbindungsstrecke lt. Datenblatt
x1	[mΩ/m]	Reaktanz der Verbindungsstrecke lt. Datenblatt
r0ph-n	[mΩ/m]	Resistanz Nullsystem, Phase-N-Leiter
x0ph-n	[mΩ/m]	Reaktanz Nullsystem, Phase-N-Leiter
r0ph-pe(n)	[mΩ/m]	Resistanz Nullsystem, Phase-PE(N)-Leiter
x0ph-pe(n)	[mΩ/m]	Reaktanz Nullsystem, Phase-PE(N)-Leiter

Tooltip-Rubrik Betriebswerte

zeigt Betriebswerte sowie ermittelte Detailergebnisse aus Lastfluss-, Spannungsfall- und Kurzschlussberechnung für die Verbindungsstrecke an:

Ib (L1)	[A]	Belastungsstrom, Phase L1 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Ib (L2)	[A]	Belastungsstrom, Phase L2 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Ib (L3)	[A]	Belastungsstrom, Phase L3 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Ib (N)	[A]	Belastungsstrom, N-Leiter bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)

S (L1)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L1 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L1)
S (L2)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L2 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L2)
S (L3)	[kVA]	Belastungs-Scheinleistung (Absolutwert), Phase L3 bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe), Phasenlage (induktiv/kapazitiv); Werte in Klammern zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für S(L3)

Z1min	[m Ω]	Minimale Schleifenimpedanz für Ikmax; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z1min
Z1max	[m Ω]	Maximale Schleifenimpedanz für Ikmin; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z1max
Z0min ph_n	[m Ω]	Minimale Schleifenimpedanz für Ikminph_n; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0minph_n
Z0max ph_n	[m Ω]	Maximale Schleifenimpedanz für Ikmaxph_n; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0maxph_n
Z0min ph_pe	[m Ω]	Minimale Schleifenimpedanz für Ikminph_pe; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0minph_pe
Z0max ph_n	[m Ω]	Maximale Schleifenimpedanz für Ikmaxph_pe; Werte in Klammer zeigen enthaltenen Real- und Imaginärteil für Z0maxph_n

Δu	[V]	Spannungsfall für Verbindungsstrecke bei $\cos \varphi$ (Winkelangabe)
Δu	[%]	Spannungsfall für Verbindungsstrecke prozentuale Umrechnung

Planungshinweise – Tooltip Verbindungsstrecke

Tooltip-Anzeigewerte für Verbindungsstrecken können abhängig von der Art der Verbindung (Kabel oder Stromschiene) variieren, da diese spezifische Betriebsdaten aufweisen.

Da die grundlegende Datenstruktur und -bedeutung jedoch weitestgehend identisch ist, sollte eine technische Interpretation der angezeigten Werte anhand des hier beschriebenen Beispiels per Analogieschluss möglich sein.

2.4.5 Tooltip-Anzeige Endverbraucher

Im Bildbereich von Endverbrauchern können zwei unterschiedliche Arten von Tooltip-Anzeigen aufgerufen werden:

Direkt am Endverbraucher können die Nenndaten des jeweiligen Endverbrauchers abgerufen werden.

Motor: Motor, 90kW, Direktanlauf			
Unenn =	400 V	fnenn =	50 Hz
cos(φ) =	0,87	φ =	-29,541 °
P =	94,538 kW	I _{bw} =	136,454 A
Q =	53,577 kvar	I _{bb} =	-77,332 A
S =	108,664 kVA	I _{bs} =	156,843 A
I _{bel} =	156,843 A	Art =	ind.
Polzahl =	3	System =	TN-S
I _a /I _n =	5	Anlaufklasse =	Class 10
R/X =	0,42		
η =	0,952		

Abb. 2/77a: Tooltip-Anzeige Endverbraucher am Beispiel eines Motors, Nenndatenanzeige

Wird der Cursor leicht unterhalb des Endverbrauchers positioniert, erscheint die Tooltip-Anzeige für den Netzknotenpunkt „Endverteiler“.

Der inhaltliche Aufbau der Anzeigen entspricht der Tooltip-Anzeige Verteiler (Kap. 2.4.3).

Verteiler: Motor, 90kW, Direktanlauf			
max. zulässige Abschaltzeit = 5s			
I _{pk} =	11,988 kA	I _{k3min} =	5,374 kA (φ=-38°)
I _{k3max} =	8,123 kA (φ=-39°)	I _{k2min} =	4,654 kA (φ=-38°)
I _{k1maxph_pe (L)} =	3,181 kA (φ=-24°)	I _{k1minph_pe (L)} =	2,138 kA (φ=-22°)
I _{k1maxph_pe (PE)} =	3,181 kA (φ=156°)	I _{k1minph_pe (PE)} =	2,138 kA (φ=158°)
Backup-Schutz Ia			
I _t =	641,585 kA ² s	ta(min kcz) =	0,033 s
I _t (L1-L2-L3) =	641,585 kA ² s	ta(min abs) =	0,033 s
I _t (PE(N)) =	229,997 kA ² s		
Z _{1min} =	31,273 (24,370; 19,599) mΩ	Z _{1max} =	38,676 (30,593; 23,663) mΩ
Z _{0minph_pe} =	179,777 (169,824; 58,988) mΩ	Z _{0maxph_pe} =	218,082 (208,908; 62,589) mΩ
U (L1) =	215 V (φ=-2°)	U (L1L2) =	372 V (φ=28°)
U (L2) =	215 V (φ=-122°)	U (L2L3) =	372 V (φ=-92°)
U (L3) =	215 V (φ=118°)	U (L3L1) =	372 V (φ=148°)
ΔU =	20,6 V (φ=7°)	Δu =	92,897 %
ΔU dyn. =	61,057 V	Δu dyn. =	5,09 %
			15,264 %

Abb. 2/77b: Tooltip-Anzeige Endverbraucher am Beispiel eines Motors, Ergebnissdaten des Zielverteilers

Planungshinweise – Tooltip Endverbraucher

Abhängig vom Typ des Endverbrauchers (Verbraucher mit Festanschluss, Steckdosenstromkreis, Ladeinheit, Motor, Kondensator) werden unterschiedliche spezifische Betriebsdaten zu diesem Verbraucher aufgezeigt.

Da die grundlegende Datenstruktur und -bedeutung jedoch weitestgehend identisch ist mit Tooltip "Verteiler" bzw. den Eingabewerten des Anwenders, sollte eine technische Interpretation der angezeigten Werte anhand des hier beschriebenen Beispiels per Analogieschluss möglich sein.

2.5 MS-/NS-Netzschutz

Sofern Schalt-/Schutzgeräte bzw. Schutzrelais mit einstellbaren Schutzparametern ausgewählt wurden, adaptiert SIMARIS design im Anschluss an die durchgeführte Betriebsmitteldimensionierung deren Schutzparametereinstellungen mit Fokus auf die ermittelten Belastungs- und Kurzschlussströme.

Schutzparametereinstellungen beeinflussen das Auslöseverhalten des gewählten Schalt-/Schutzgerätes.

Aktuelle Schutzparametereinstellungen und den hieraus resultierenden Verlauf der I-t-Auslösekennlinie können in der Netzbildansicht „Selektivität“ zur Anzeige gebracht werden (Abb. 2/78).

Die Anzeigedaten orientieren sich am selektierten Schalt-/Schutzgerät bzw. Stromkreis aus der aktuellen Netzbildansicht (Abb. 2/79 – Beispiel Generatorstromkreis, erkennbar am blauem Selektionsrahmen).

Einhergehend mit der Aktivierung der Netzbildansicht „Selektivität“ wird innerhalb SIMARIS design die Selektivitätsbeurteilung für das Gesamtnetz aktiviert (Abb. 2/79 – grün/gelbe Schaltereinfärbung in der Netzbildansicht).

Die Anzeige der aktuellen Schutzparametereinstellungen und der resultierenden I-t-Auslösekennlinien erfolgt in einem separaten Fenster (Abb. 2/79 – Zusatzfenster Selektivität).



Abb. 2/78: Menüfunktion: Netzbildansicht Selektivität

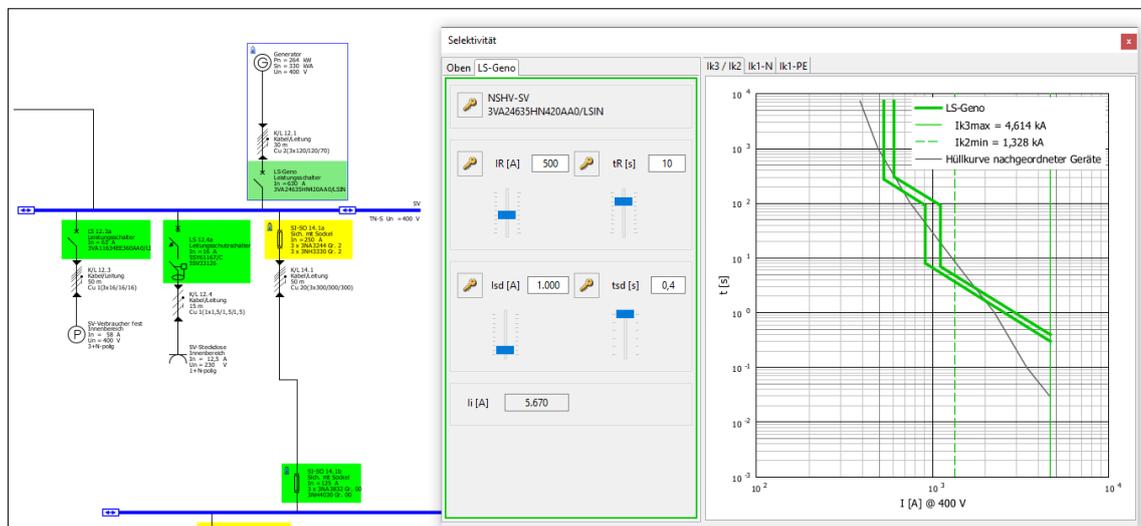


Abb. 2/79: Netzbildansicht Selektivität mit Selektivitätsbewertung, Schutzparametereinstellungen und Kennliniendarstellung

2.5.1 Schutzparametereinstellung

Aktuelle Schutzparametereinstellungen können durch Direkteingabe von alternativen Strom- bzw. Zeitwerten bzw. durch Justage der angezeigten Schieberegler geändert werden.

Die im Schaltpanel angezeigten Einstellmöglichkeiten und -werte orientieren sich an der Funktionalität des ausgewählten Schalt-/Schutzgerätes bzw. Schutzrelais (Abb. 2/80a und Abb. 2/80b).

Liegen für Schutzeinstellungen bspw. nur bestimmte Einstellstufen bzw. -rasterwerte vor, bietet der Schieberegler auch nur diese Einstellmöglichkeiten an.

Bei Eingabe von Zahlenwerten erfolgt ggf. eine automatische Angleichung an den nächstliegenden verfügbaren Einstellwert (z.B. 501 A → 500 A oder 0,38 sek → 0,4 sek).

Bei nicht einstellbaren Schalt-/Schutzgeräten erfolgt eine Anzeige der hinterlegten Auslösewerte.

An fest eingestellten Schutzparameterwerten können keine Änderungen vorgenommen werden.

Planungshinweise – Sperrung von Schutzparameter-einstellungen

Damit die automatische Betriebsmitteldimensionierung manuell vorgenommene Schutzeinstellungen im Rahmen eines erneuten Dimensionierungsvorganges nicht erneut verändert, können Parametereinstellungen verriegelt werden.

Dies geschieht durch Aktivieren des gelben Schlüsselsymbols im Schalterpanel.



Über das Schlüsselsymbol können einzelne Parameterwerte oder pauschal alle Schutzeinstellungen für das Schutzgerät gesperrt werden (Abb. 2/80a).

Liegt für ein Schalt-/Schutzgerät oder ein MS-Schutzrelais eine Sperrung für alle oder einzelne Schutzparameterwerte vor, wird dies in der Netzbildansicht durch Anzeige eines gelben Schlüsselsymbols neben dem betreffenden Schaltgerät gekennzeichnet. Parallel dazu erfolgt durch SIMARIS design eine Umstellung von automatischer auf manuelle Gerätedimensionierung, erkennbar an dem blauen Schlosssymbol (Kap. 2.3.1, Abb. 2/30).

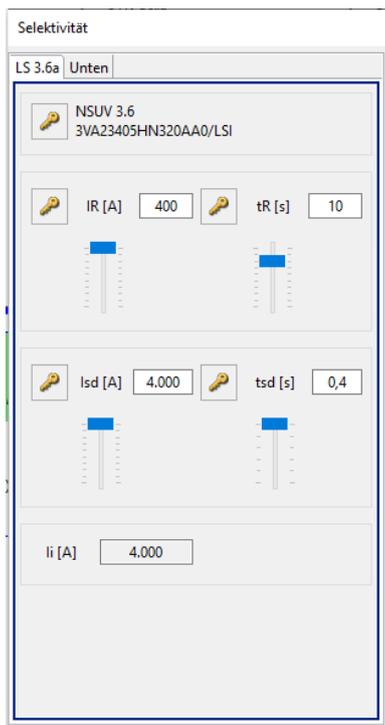


Abb. 2/80a: Schalterpanels zur Schutzgeräteparametrierung am Beispiel eines einstellbaren NS-Leistungsschalters

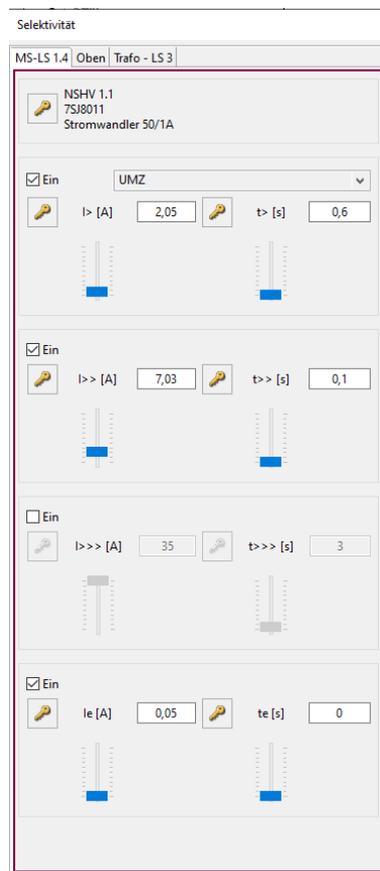


Abb. 2/80b: Schalterpanels zur Schutzgeräteparametrierung am Beispiel eines einstellbaren MS-Schutzrelais

Planungshinweise – Schnellumschaltung Schutzparameter

Eine Verriegelung aktueller Schutzeinstellungen ist lediglich in der Netzbildansicht "Selektivität" möglich (Abb. 2/80a und Abb. 2/80b).

Eine Schnellumschaltung ist in der Netzbildansicht durchführbar.

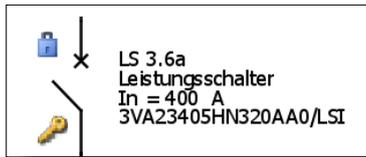


Abb. 2/80d: Schnellumschaltung Verriegelung für Schutzparametereinstellungen

Hierzu mit gedrückter ALT-Taste in der Netzbildansicht an die Position klicken, an der das gelbe Schlüsselsymbol gezeigt wird (Abb. 2/80d).

Bei Nutzung der Schnellumschaltfunktion erfolgt eine pauschale Entriegelung aller Schutzparameter des jeweiligen Schaltgerätes bzw. Schutzrelais. Parallel dazu erfolgt eine Umschaltung auf automatische Dimensionierung für das betroffene Gerät.

Bei Durchführung eines erneuten Dimensionierungsvorganges werden Schaltgerät und Schutzeinstellungen durch SIMARIS design ggf. angepasst.

2.5.2 Kennliniendarstellung

In Anlehnung an die aktuelle Schutzparametereinstellungen im Schalterpanel erfolgt die Darstellung der resultierenden I-t-Auslösekennlinie innerhalb eines doppelt-logarithmischen Diagramms (Abb. 2/79– rechts).

Die Kennliniendarstellung fokussiert sich dabei auf den in der Netzbildansicht selektierten Stromkreis und die darin befindlichen Schaltgeräte.

Die Darstellung umfasst die Überlast- und Kurzschlussfunktionen der Schaltgeräte bzw. Schutzrelais (bei Leistungsschaltern die sog. LSI-Auslöser).

Kennlinienverläufe für G-Auslöser, RCDs oder Neutralleiterschutz werden in SIMARIS design aktuell nicht dargestellt (Komplexitätsreduzierung).

Für die Visualisierung von weiteren Gerätekennlinien wie z.B. Durchlassstrom- oder Durchlassenergie wird auf die Anwendung **SIMARIS curves** verwiesen.

[siemens.de/simaris](https://www.siemens.de/simaris)

2.5.2.1 Oberes / unteres Toleranzband

Die Darstellung von I-t-Auslösekennlinien erfolgt unter Berücksichtigung etwaiger Auslösetoleranzen als sog. oberes bzw. unteres Toleranzband.

Planungshinweise – Darstellung von I-t-Kennlinien und Toleranzen

Die Darstellung in SIMARIS design inkludiert herstellerseitig sowohl elektronische wie auch mechanische Einflüsse, die mit einem automatischen Abschaltvorgang im Fehlerfalle einhergehen.

Bei Einhaltung des in SIMARIS design dargestellten Toleranzbandes ist sichergestellt, dass das jeweilige Schutzgerät entweder (sicher) nicht auslöst bzw. der anstehende Fehlerstrom in der angegebenen Zeit vollständig durch das Schutzgerät abgeschaltet wird.

Im Zeitbereich unterhalb von ~20 msek sind I-t-Kennlinien in SIMARIS design grafisch abgeschnitten.

In der Praxis treten im Falle eines Abschaltvorgangs in diesem Zeitbereich bzw. bei einer Kurzschluss schnellabschaltung verstärkt dynamische Effekte auf, die sich mit Hilfe einer (statischen) I-t-Kennlinie nicht vollumfänglich beschreiben lassen.

Verlässliche Aussagen zum Abschaltverhalten des Schutzgerätes – insb. in Verbindung mit anderen Schalt/Schutzgeräten, welche zeitgleich von demselben Fehlerstrom ganz oder teilweise durchflossen werden – sind in diesem Zeitbereich nur durch herstellerseitige Prüfungen oder Simulationen möglich (Kap. 2.6).

Aus diesen Gründen können in SIMARIS design angezeigte Auslösekennlinien von herstellerseitigen Produkt- / Kennlinien-Datenblättern abweichen.

2.5.2.2 Grenzkennlinien

Für Schutzeinstellungen relevante min/max-Kurzschlussströme werden bei SIMARIS design im I-t-Diagramm in Form von Grenzkennlinien eingeblendet (Abb. 2/81).

Die Einblendung von Grenzkennlinien erfolgt aus Gründen der leichteren Nachvollziehbarkeit in Abhängigkeit der relevanten Kurzschlussströme.



Abb. 2/81: Einblendung von Grenzkennlinien in Anlehnung an die relevanten min/max-Kurzschlussströme

2.5.2.3 Hüllkurven

Neben den ermittelten Kurzschlussströmen sind für die Durchführung von Schutzeinstellungen auch Informationen über das I-t-Auslöseverhalten vor- bzw. nachgeordneter Schutzgeräte von Interesse.

Diese Informationen werden im I-t-Diagramm in Form von sog. Hüllkurven grafisch dargestellt.

Mit Bezug auf das aktuell selektierte Schutzgerät werden hierbei die I-t-Auslösekennlinien aller vor- bzw. nachgeordneten Schalt-/Schutzgeräte grafisch als eine kumulierte Gesamtkennlinie dargestellt.

Bei der Hüllkurvenbildung werden etwaige Toleranzen sowie anteilige Fehlerströme der vor- bzw. nachgeordneten Schalt/Schutzgeräte berücksichtigt, die zu einer Kennlinienverschiebung führen können.

Abb. 2/79 zeigt beispielhaft eine Hüllkurve für nachgeordnete Schalt-/Schutzgeräte.

Planungshinweise – Hüllkurven für vor-/nachgeordnete Schalt-/Schutzgeräte

Angezeigte Hüllkurven für vor- bzw. nachgeordnete Schalt/Schutzgeräte orientieren sich an der eingestellten Hauptbetriebsart (Abb. 2/82).

Für diese Betriebsart erfolgt die automatische Selektivitätsbeurteilung durch SIMARIS design (Kap. 2.6).

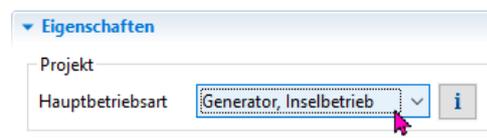


Abb. 2/82: Einblendung von Grenzkennlinien in Anlehnung an die relevanten min/max-Kurzschlussströme

Planungshinweise – Bestimmung spezifischer
Diagrammkoordinaten

Mithilfe des eingblendeten Fadenkreuzes können im I-t-Diagramm Koordinatenwerte abgerufen werden (Abb. 2/83).

Dies könnten bspw. kritische Eckpunkte sein, die bei der Schutzparametereinstellung mit zu beachten sind (z.B. Motoranlauf, Trafo-Inrush).

Auch lassen sich hierüber etwaige Kennlinienschnittpunkte exakt bestimmen.

Für die reine Koordinatenanzeige genügt es, den Cursor über die Diagrammfläche zu bewegen.

Per Mausklick (1x links) kann eine Punktmarkierung durchgeführt werden

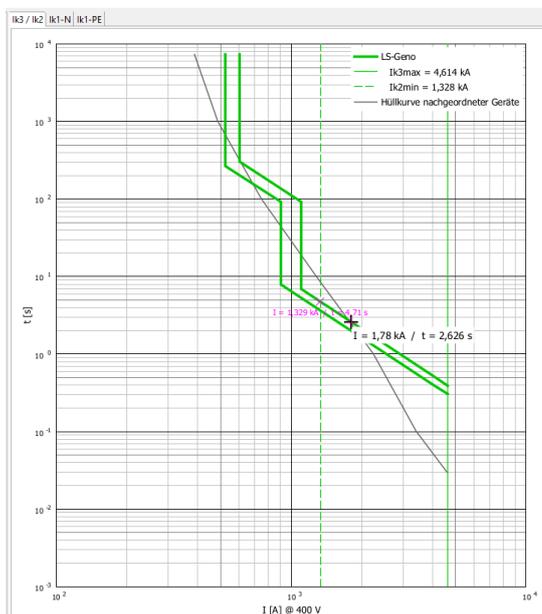


Abb. 2/83: Koordinatenbestimmung bzw. Markierung im I-t-Diagramm

2.6 Selektivität / Backup-Schutz

Aus dem grafischen Vergleich der dargestellten I-t-Auslösekennlinien vor- bzw. nachgeordneter Schalt-/Schutzgeräte leitet SIMARIS design eine erste Aussage im Hinblick auf das zu erwartende selektive Verhalten ab.

Liegen Kennlinienüberschneidungen vor, besteht zwischen der aktueller Gerätekombination lediglich eine Teilsелеktivität.

Dieser Wert wird als Selektivitätsgrenzwert I_{sel-über} bzw. I_{sel-kurz} im Diagramm dargestellt.

Die Bezeichnung I_{sel-Überlast} benennt einen Selektivitäts-Grenzwert, der im Überlastbereich vorliegt.

Die Bezeichnung I_{sel-Kurz} benennt einen Selektivitäts-Grenzwert, der im Kurzschlussbereich zwischen I_{kmin} und I_{kmax} vorliegt (Abb. 2/84a und Abb. 2/84b).

Ergeben sich im I-t-Diagramm keine Kennlinienüberschneidungen, prüft SIMARIS design – insb. für den Zeitbereich unterhalb von 20 msek – anhand von Hersteller tabellen, ob und bis zu welchem Grenzwert für die vorliegende Gerätekombination ein selektives Geräteverhalten gegeben ist.

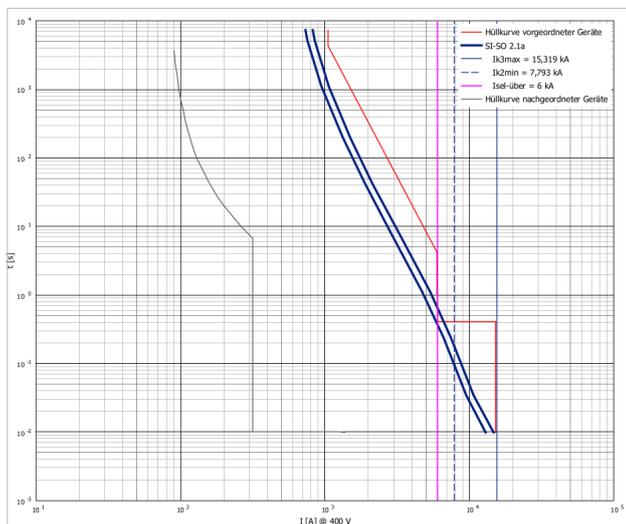


Abb. 2/84a: Beispiel – Teilsелеktivität im Überlastbereich

Planungshinweise – Selektivität / Backup-Schutzbeurteilung

Eingehende Beschreibungen technischer Grundlagen und Zusammenhänge zu Selektivität und Backup-Schutz finden sich in folgenden Unterlagen:

[Planungshandbuch – Planung der elektrischen Energieverteilung \(Kap. 7\)](#)

[Planungsleitfaden für Energieverteilungsanlagen \(Fachbuch\)](#)

[Projektierungshandbuch Selektivität 3VA](#)

Planungshinweise – Selektivität / Backup-Schutz-Tabellen

Herstellerangaben zu Selektivität- und Backup-Schutz-Grenzwerten für Gerätekombinationen von Siemens finden sich im SIOS-Portal:

[Niederspannungs-Schutzgeräte Selektivitäts-Tabellen](#)

[Niederspannungs-Schutzgeräte Backup-Schutz Tabellen](#)

Diese Tabellen umfassen Gerätekombinationen für das Produktportfolio von Siemens mit weltweiter Vermarktung.

In Ergänzung dazu können im

[Selectivity & Back-up Manager](#)

individuelle Gerätekombinationen, Grenzwertabfragen und Grenzwerttabellen generiert werden.

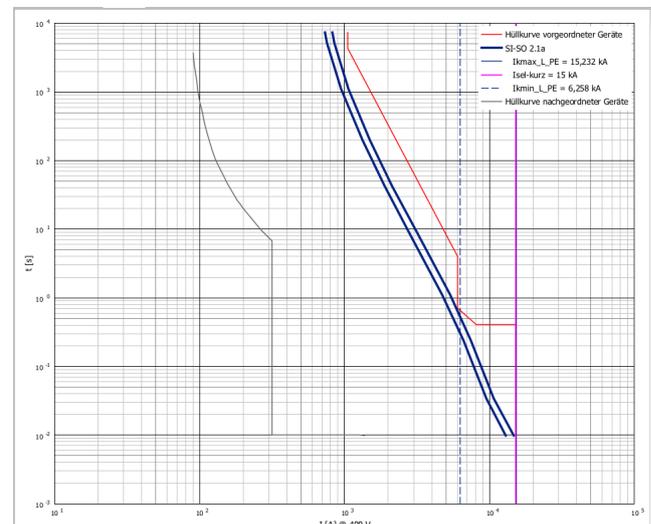


Abb. 2/84b: Beispiel – Teilsелеktivität im Kurzschlussbereich

Neben dem Produktportfolio mit weltweiter Vermarktung umfasst die Datenbank des "Selectivity & Back-up Managers" ferner auch Gerätekombination und Grenzwerte für regionale Produkte von Siemens bzw. von älteren Produkten.

[siemens.de/simaris](https://www.siemens.de/simaris)



Planungshinweise – Selektivitätsbeurteilung, Farbgebung

Die Farbgebung von Schalt-/Schutzgeräten in der Netzbildansicht "Selektivität" bezieht sich auf das zu erwartende Geräteverhalten des aktuellen Schalt-/Schutzgerätes in Kombination mit allen vorgeordneten Schalt-/Schutzgeräten bei der aktuell eingestellten Hauptbetriebsart.

- vollselektiv (grüne Darstellung)
- teilsselektiv (gelbe Darstellung)

Kuppelschalter sind in SIMARIS design mit enthalten, sofern diese mit einer Schutzfunktion ausgestattet sind.

Mittelspannungs-Schutzrelais sind von der automatischen Selektivitätsbeurteilung ausgenommen (= keine Farbgebung).

Für eingesetzte HH-Sicherungen erfolgt dennoch eine Darstellung der Auslösekennlinie im Strom-Zeit-Diagramm. Für eingesetzte UMZ-/AMZ-Schutzrelais erfolgt eine Darstellung der Auslösekennlinie im Strom-Zeit-Diagramm und der aktuellen Schutzparametereinstellungen im Schalterpanel (Abb. 2/80b).

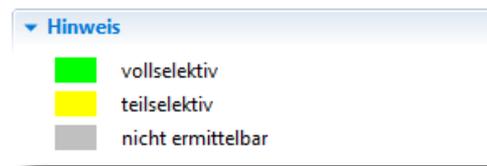


Abb. 2/85: Automatische Selektivitätsbeurteilung, Farbcode

Planungshinweise – Kurzschlussrichtungsspezifische Schutzeinstellung und Selektivitätsbeurteilung

Bei Einsatz von Leistungsschaltern mit richtungsspezifischen Schutzfunktionen erfolgt eine 2-dimensionale Farbgebung bzw. Selektivitätsbeurteilung (Abb. 2/86).

Richtungsspezifische Schutzeinstellungen können im Schalterpanel mithilfe der Optionen

- „vorwärts“ (Richtung Kabel) bzw.
- „rückwärts“ (Richtung Verteiler bzw. Sammelschiene)

vorgenommen werden.

Die Schutzparametereinstellungen werden getrennt voneinander vorgenommen und verwaltet.

Die Darstellung der jeweiligen Schutzeinstellungen erfolgt durch Auswahl der zugehörigen Richtungsoption.

Abhängig von der gewählten Richtungsoption erfolgt im Diagramm die zugehörige Hüllkurvenbildung und Selektivitätsbeurteilung.

Die Farbgebung der Schalt-/Schutzgeräte in der Netzbildansicht orientiert sich an den jeweiligen Optionen:

- oberer Farbblock = Selektivitätsbeurteilung für Vorwärts-Richtung (Kabel)
- unterer Farbblock = Selektivitätsbeurteilung für Rückwärts-Richtung (Sammelschiene)

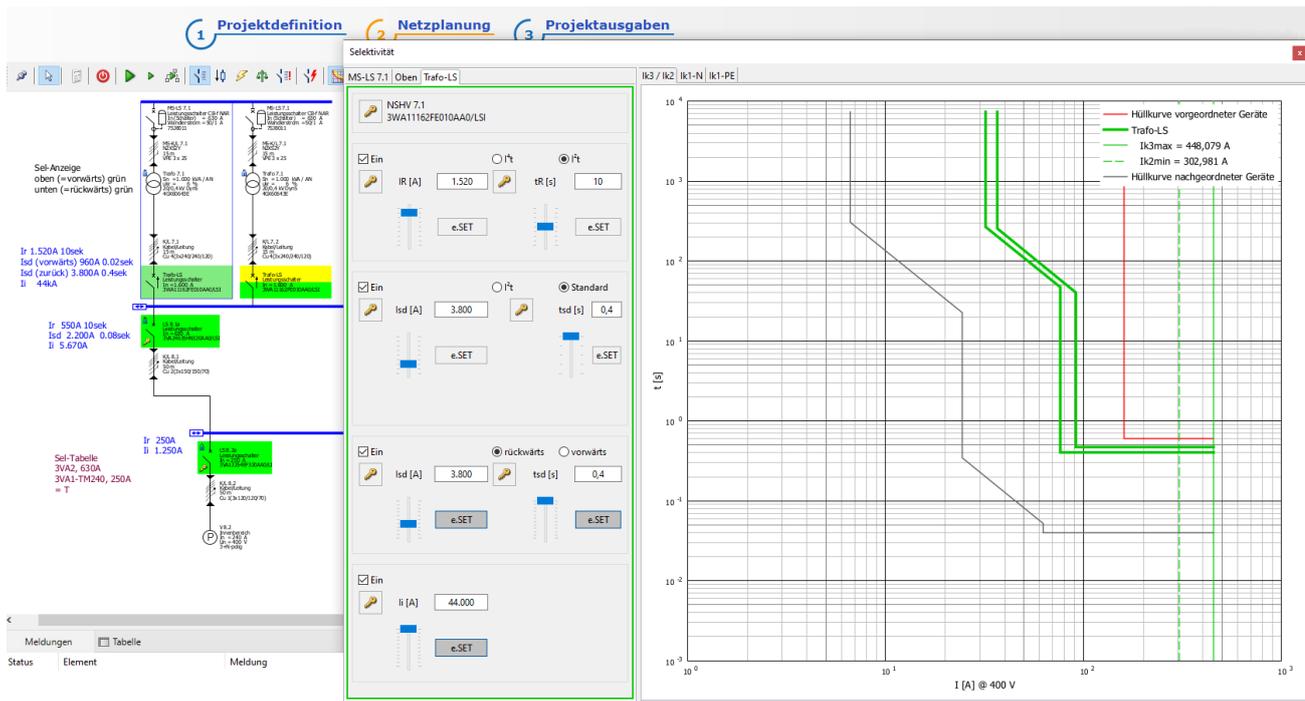


Abb. 2/86: Schutzparametereinstellungen und Selektivitätsbeurteilung für Schalt-/Schutzgeräte mit Kurzschluss-Richtungserkennung

2.7 Überprüfungsfunktionen, Prüfregelein

Im Rahmen der Betriebsmitteldimensionierung (Kap. 2.3) überprüft SIMARIS design die technische Zulässigkeit der vorliegenden Kombination aus Verbindungsstrecke und Schaltgerät auf die nachfolgend dargestellten Normanforderungen (Abb. 2/87).

Die Überprüfung auf technische Zulässigkeit erfolgt im Rahmen einer automatischen Betriebsmitteldimensionierung und ebenso bei manueller Auswahl von Schaltgeräten aus dem SIMARIS design-Produktkatalog.

Können ein oder mehrere Norm-Aspekte nicht erfüllt werden, erfolgt in der Meldungsübersicht die Ausgabe von Fehler- bzw. Warnmeldungen.

Bei Auswahl einer einzelnen Meldung mit dem Cursor, wird der betroffene Stromkreis in der Netzbildansicht markiert.

Planungshinweise – Meldungskategorien

Bei der Fehleranalyse bzw. -behebung ist auf die Kennzeichnung entstandener Meldungen zu achten.

Fehlermeldungen, die im SIMARIS design-Status mit einer grünen Raute gekennzeichnet sind, zeigen an, dass der Dimensionierungsvorgang des betreffenden Stromkreises vorzeitig abgebrochen wurde.

Meldungen mit dieser Kennzeichnung sind bei der Durchführung von Fehlerbehebungsmaßnahmen vorrangig zu behandeln.

Fehlermeldungen, die im SIMARIS design-Status mit einem rot-weißen Kreuz gekennzeichnet sind, zeigen an, dass am betroffenen Stromkreis ein oder mehrere Normanforderungen nicht erfüllt sind.

Handelt es sich hierbei um einen Verteiler- bzw. Einspeisestromkreis, sind indirekt auch alle nachfolgenden Stromkreise von der Behebung des Problems mit betroffen und sollten daher im Anschluss an eine durchgeführte Änderung ebenfalls neu dimensioniert werden (Kap. 2.2, Abb. 2/20).

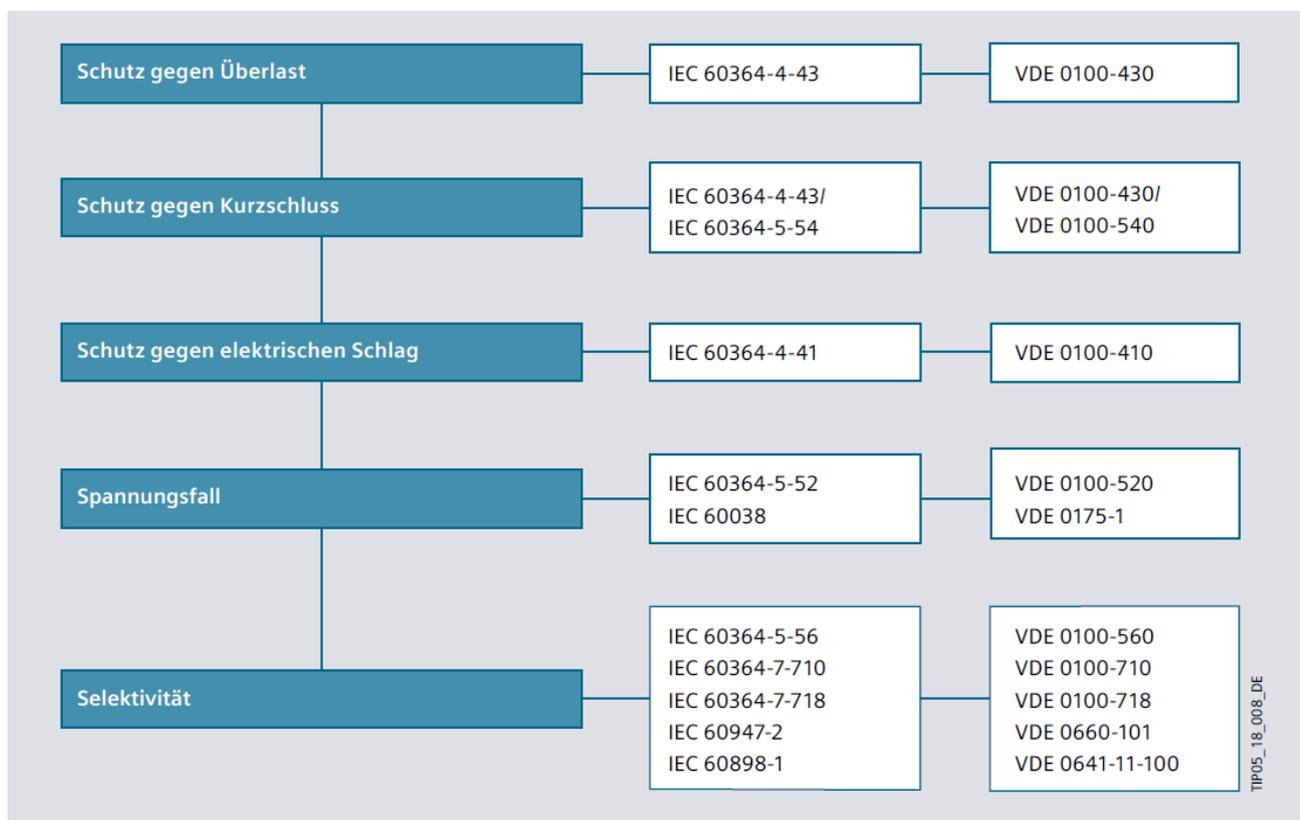


Abb. 2/87: Normen zur Auslegung von Schutzeinrichtungen und Trassierungen in Stromkreisen

Meldungen, die im SIMARIS design-Status mit einem gelben Warndreieck oder Fragezeichen gekennzeichnet sind, geben einen Aufschluss auf etwaig erforderliche Zusatzmaßnahmen. Die technische Zulässigkeit der dimensionierten Betriebsmittel an diesen Stromkreisen mit Blick auf die in Abb. 2/87 gelisteten Normanforderungen ist jedoch gegeben.

	Netz-Element	Kein passendes Produkt in dieser Produktgruppe gefunden
	Netz-Element	Überlastschutz nicht erfüllt, $I_r = 500 \text{ A} < I_{bs} = 548 \text{ A}$
	Netz-Element	Maximaler Spannungsfall im Netz nicht erfüllt, $\sum \Delta u(\text{dyn.}) = 15,3 \% > \sum \Delta u(\text{soll}) = 8 \%$
	Netz-Element	Nicht überprüfte Stromkreise im Projekt

Abb. 2/88: Meldungskategorien, beispielhafte Meldungstexte

2.8 Fehlersequenzanalyse

Die Fehlersequenzanalyse unterstützt den Anwender bei der Netzanalyse, z.B. für die Suche nach der Ursache zu angezeigten (Fehler-)Meldungen. Mithilfe dieser Funktion kann eine schriftweise Prüfung des zu erwartenden Auslöseverhaltens eingesetzter Schalt-/Schutzgeräte bei unterschiedlichen Netzbetriebsarten durchgeführt werden.



Abb 2/89: Netzbildansicht Fehlersequenzanalyse

Vom Anwender können hierfür beliebige Fehlerstellen in der Netzbildansicht definiert werden.

Durch Angabe der Netzbetriebsart und Spezifikation der zu betrachtenden Fehlerfälle über die Filterfunktion (z.B. I_{kminph_pe} oder I_{kmin}), kann der Anwender in der Fehlersequenzanalyse Schritt für Schritt nachvollziehen:

- Welche Fehlerströme (anteilig) über welche Verbindungsstrecken fließen
- Welche Schaltgeräte in welcher Abschaltzeit auf den Fehlerstrom reagieren und auslösen
- Ob und welche Abschaltreihenfolge eintreten wird bis der Fehler im Netz vollständig abgeschaltet ist
- In welcher Gesamtzeit die vollständige Fehlerbereinigung erfolgen wird
- Welche Verbraucher bzw. Netzabschnitte in Betrieb bleiben bzw. von der Stromversorgung getrennt werden

Im ersten Schritt markiert der Anwender in der Netzbildansicht "Fehlersequenzanalyse" mit dem Cursor die zu analysierende Fehlerstelle (Abb. 2/90).

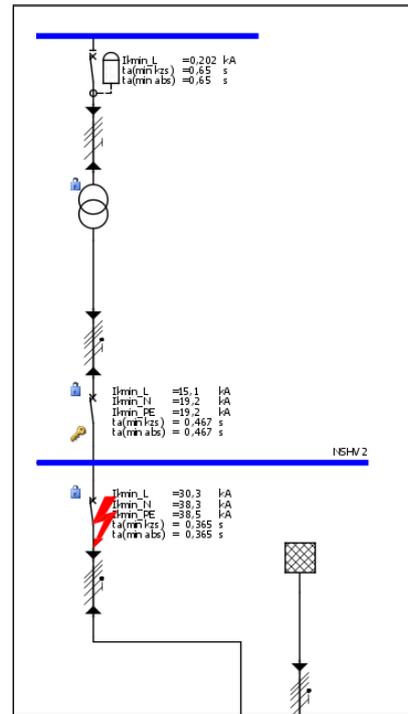


Abb. 2/90: Fehlersequenzanalyse: Definition der Fehlerstelle

Im nächsten Schritt werden innerhalb des Parameterfensters die Vorgaben für die anzuwendende Netzbetriebsart und die zu betrachtenden Fehlerfälle im Filter definiert (Abb. 2/91).

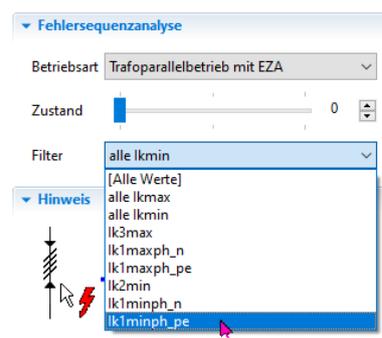


Abb. 2/91: Fehlersequenzanalyse: Definition Netzbetriebsart / relevante Fehlerarten

Mithilfe des Zustands-Reglers kann nun Schritt für Schritt das sequenzielle Abschaltverhalten der Schalt-/Schutzgeräte im Netz simuliert werden, bis der betrachtete Fehlerfall (Kurzschluss) vollständig beseitigt wurde (Abb. 2/92).



Abb. 2/92: Fehlersequenzanalyse: Zustands-Regler in Ausgangsposition

Vom Fehlerstrom betroffene Stromkreise werden in der Fehlersequenzanalyse schwarz dargestellt (Abb. 2/93).

Stromkreise, die infolge einer Schutzgeräteauslösung von der Spannungsversorgung getrennt wurden bzw. vom betrachteten Fehlerzenario nicht (mehr) betroffen sind, werden grau dargestellt.

Schaltgeräte, die ausgelöst haben, werden grafisch als geöffnet dargestellt.

In Betrieb befindliche Schaltgeräte werden grafisch als geschlossen dargestellt.

Abhängig von den vorgenommenen Filtereinstellungen, können über die Tooltip-Funktion für jede beliebige Stelle im Netz detaillierte Informationen zu diesem Netzknotenpunkt abgerufen werden.

Tooltip-Anzeigen innerhalb einer Fehlersequenzanalyse können lediglich für Fehlerstellen an Schaltgeräten abgerufen werden und untergliedern sich in vier Teilbereiche (Abb. 2/94).

Planungshinweise – Filterfunktion

Während einer laufenden Fehlersequenzanalyse werden im Tooltip-Bereich nur Informationen passend zur Filtereinstellung angezeigt. Durch entsprechende Filterwahl lassen sich Tooltip-Anzeigen hierüber fokussieren.

Dies unterstützt den Anwender bei der Nachvollziehbarkeit der Ereignisse während der Netzanalyse.

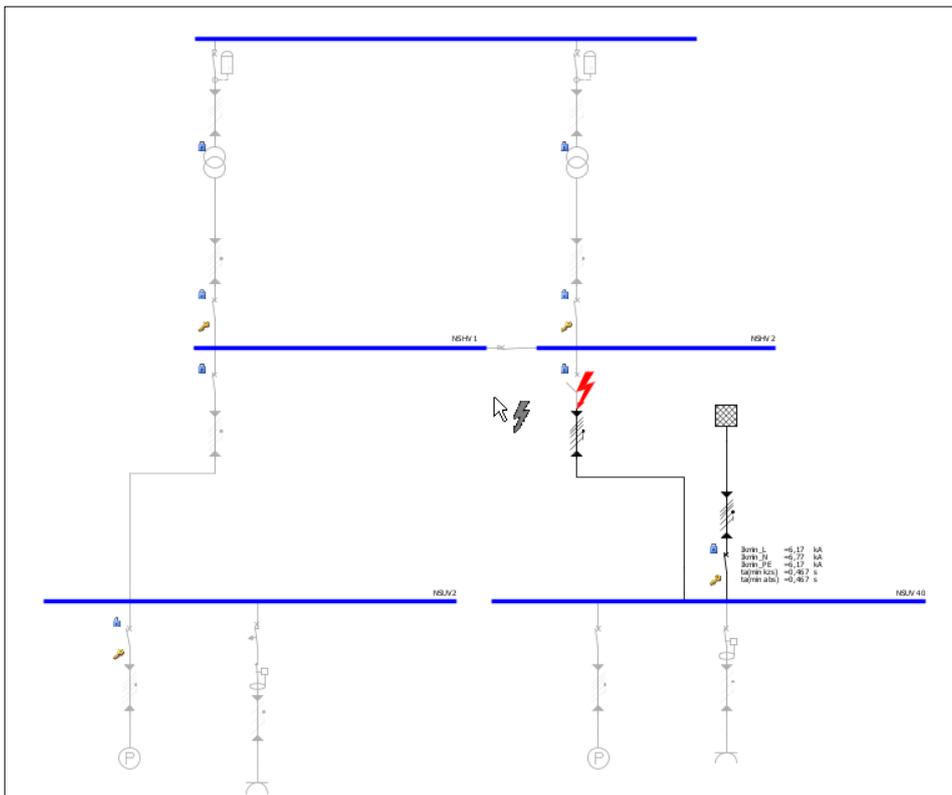


Abb. 2/93: Beispielsicht Fehlersequenzanalyse mit aktiven und inaktiven Stromkreisen und unterschiedlichen Schaltzuständen

In der obersten Zeile wird das betrachtete Schaltgerät bzw. die betrachtete Fehlerstelle ausgewiesen.

Teilbereich 1	Anzeige der berücksichtigten Kurzschluss-Einzelwerte inkl. Winkelangabe bzw. Real- und Imaginärteil-Angaben (Umschaltbarkeit Tooltip-Werte siehe Kap. 2.4).
Teilbereich 2	Anzeige der relevanten Daten für das aktuell selektierte Schaltgerät
Teilbereich 3	Zeitphase Schalter; Anzeige aktuelle (Rest-)Laufzeit des selektierten Schaltgerätes bis zur Auslösung gemessen an der aktuellen Zustandsanzeigeposition der Fehlersequenzanalyse
Teilbereich 4	Zeitphase Teilnetz; Anzeige aktuelle (Rest-)Laufzeit, bis es durch eine (erneute) Schalterauslösung in einem Teilnetz durch eine Trennung von der Spannungsversorgung kommen wird

Abb. 2/94: Fehlersequenzanalyse: Abruf von Detailinformationen über die Tooltip-Funktion

Leistungsschalter: Trafo-LS1		
I_{pk}	=	53,134 kA
I_{k3max}		
I_{kmax_L1}	=	28,361 ($\varphi=-69^\circ$) kA
I_{kmax_L2}	=	28,361 ($\varphi=171^\circ$) kA
I_{kmax_L3}	=	28,361 ($\varphi=51^\circ$) kA
Schalter		
$t_a (I_{k3max})$	=	0,08 s
$I^2t (I_{k3max})$	=	64.636,996 kA ² s
$I_c (I_{k3max})$	=	40,108 kA
Zeitphase: Schalter		
$t_a (I_{k3max})$	=	0,08 s
$I^2t (I_{k3max})$	=	116.852,855 kA ² s
Zeitphase: Teilnetz		
$t_a (I_{k3max})$	=	0,08 s
$I^2t (I_{k3max})$	=	116.852,855 kA ² s

Abb. 2/95: Beispielansicht Tooltip-Daten während einer laufenden Fehlersequenzanalyse

3 Nachhaltige Elektroplanung



[siemens.de/tip](https://www.siemens.de/tip)

Integrierte Planungen steigern die Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit von Energieverteilungsanlagen.

Totally Integrated Power unterstützt bei der Konzipierung ganzheitlicher Energieversorgungs­lösungen für Applikationen in Infrastruktur, Gebäuden und Industrie – auch bei kritischen Stromversorgungen, wie zum Beispiel in Krankenhäusern und Rechenzentren.

Effizienzbetrachtungen und Energiemanagement gehören ebenfalls zum Beratungsportfolio.

Die Bereitstellung von Fach-Know-how auf dem Gebiet der Elektroplanung ist ebenso ein wesentliches Portfolio-Element, wovon Kunden weltweit profitieren.

Dieses Kapitel bietet eine Übersicht an technischen Dokumenten, in denen TIP-Fachexperten und Planerberater ihr Expertenwissen zur Verfügung stellen.

3.1 Überblick technische Dokumente

Planung der elektrischen Energieverteilung –

- Technische Grundlagen
- Mittelspannung
- GEAFOL-Transformatoren
- Öl-Transformatoren
- Niederspannungsschaltanlagen SIVACON S8
- Schienenverteilersysteme SIVACON 8PS

Projektierungshinweise –

- Störlichtbogenschutz, Druckberechnung
- Oberschwingungen im Verteilnetz
- Netzparallelbetrieb mit Eigenerzeugungsanlagen
- Transformatorschutz durch Lastschalter-Sicherungs-Kombination
- Transformatorenauswahl nach Belastungsprofil
- Kurzschlusschutz für USV-Anlagen
- SHU-Schalter zur Verbesserung der Selektivität

Energiemanagement für die elektrische Energieverteilung –

- Energietransparenz
- Energiekostenbetrachtung
- Energiemanagement DIN ISO 50001
- Energieeffizienz in Niederspannungsanlagen
- Energieeffizienz in der Energieverteilung (Whitepaper)

Fachbücher –

- Planungsleitfaden für Energieverteilungsanlagen
- Datenauswertung von Energiemanagementsystemen



[siemens.de/tip/downloadcenter](https://www.siemens.de/tip/downloadcenter)

3.2 Anwendungsfälle aus der Praxis – Abbildung in SIMARIS design

Nachfolgende Dokumente beschreiben die Spezifika bestimmter Anwendungsfälle und deren Abbildung in SIMARIS design:

- [Abbildung von statischen USV-Anlagen](#)
- [Abbildung von dynamischen USV-Anlagen](#) ²⁾
- [Abbildung von IT-Trenntransformatoren](#)
- [Auslegung von Erdkabeln](#)



3.3 Industrie- und Infrastruktur- Applikationen

Applikationsspezifische Anforderungen und Lösungen für elektrische Energieverteilungsanlagen in Industrieanlagen und Infrastrukturbauten werden in nachfolgenden Applikationshandbüchern beschrieben:

- [Applikationshandbuch für Krankenhäuser](#)
- [Applikationshandbuch für Hochhäuser](#)

- [Applikationshandbuch für Rechenzentren](#)
- [AC-/DC-Netze in Rechenzentren](#)
- [Schienenverteilersysteme in Rechenzentren \(L-PDU\)](#)

- [Applikationshandbuch für Industrieanlagen](#)
- [Elektrische Infrastruktur für E-Car-Ladestationen](#)
- [Ladeinfrastruktur am Beispiel eines Parkhauses](#)

2) vor. verfügbar ab Mitte 2024

4 Anhang

Der Anhang enthält eine zusammenfassende Darstellung aller Stromkreis- und Netzsymbole sowie verwendete Formelbezeichner.

4.1 Stromkreissymbole

Symbol im Netzplan	Bedeutung
Einspeisungen	
	Transformator
	Generator ohne UMZ-Schutz
	Netzeinspeisung auf der Mittelspannungsebene (Slackknoten)
	Netzeinspeisung auf der Niederspannungsebene (neutrale Einspeisung)
	Erneuerbare Energien
Kabelverbindungen	
	Kabel
	Kabel, 3-adrig, mit N und PE
	Kabel, 3-phasig
	Kabel, 4-adrig, mit PEN
	Kabel, 4-adrig, mit PE
	Kabel, 5-adrig, mit N und PE

Symbol im Netzplan	Bedeutung
Stromschienenverbindungen	
	Stromschiene
	Stromschiene, 3-polig, mit N und PE
	Stromschiene, 4-polig, mit PEN
	Stromschiene, 4-polig, mit PE
	Stromschiene, 5-polig, mit N und PE
Sonstige Symbole innerhalb einer Verteilung	
	Ersatzimpedanz
Schalt- und Schutzgeräte, sicherungslos	
	Leistungsschalter Mittelspannung
	Lasttrennschalter Niederspannung
	Lasttrennschalter mit Sicherung Niederspannung
	Leistungstrennschalter Niederspannung
	Leistungsschalter Niederspannung
	Hauptleitungsschutzschalter (SHU) Niederspannung
	(Überlast-)Relais
	Leitungsschutzschalter Niederspannung
	Fehlerstrom-Schutzschalter Niederspannung

Symbol im Netzplan	Bedeutung
Schalt- und Schutzgeräte, sicherungsbehaftet	
	Sicherung
	Sicherung mit Sockel
	Sicherungs-Lasttrennschalter
Schalt- und Schutzgeräte, Blitz- und Überspannungsschutz	
	Überspannungsableiter Typ 1
	Überspannungsableiter Typ 2
	Überspannungsableiter Typ 3
	Überspannungsableiter Typ 1 / Typ 2
Verbraucher	
	Verbraucher mit Festanschluss
	Steckdosenstromkreis (Verbraucher)
	Steckdosenstromkreis Außenbereich, Nassbereich
	Ladeeinheit für Elektroautos als Verbraucher
	Kondensator
	Ersatzlast (Definition über Nennstrom und Wirkleistung)

Symbol im Netzplan	Bedeutung
Verbraucher	
	Motor
	Motor, an Stern-Dreieck-Schaltung
	Motorstarter, Direktstarter
	Motorstarterkombination, Reversierbetrieb
	Motorstarterkombination, Softstarter
	Motorstarterkombination, Stern-Dreieck-Starter
	Frequenzumrichter
	Frequenzumrichter, Filter
	Frequenzumrichter, Drossel
Sonstige Symbole	
	Zugang
	Abgang
	Erde

4.2 Formelbezeichner, Abkürzungen

Formelbezeichnung	Einheit	Beschreibung
η		Wirkungsgrad
φ_{1ph_n}	°	Phasenwinkel bei I_{k1ph_n} min/max
φ_{1ph_pe}	°	Phasenwinkel bei I_{k1ph_pe} min/max
$\varphi_{1\ min/max}$	°	Phasenwinkel bei I_{k1} min/max
φ_2	°	Phasenwinkel bei I_{k2min}
φ_3	°	Phasenwinkel bei I_{k3} min/max
$\varphi_{3\ min/max}$	°	Phasenwinkel bei I_{k3} min/max
φ_{motor}	°	Phasenwinkel bei I_{kmotor}
Δu	%	Relativer Spannungsfall zwischen Anfang und Ende einer Teilstrecke
ΔU	V	Relativer Spannungsfall zwischen Anfang und Ende einer Teilstrecke
Δu_{tr}	%	Relativer Spannungsfall über der Transformatorwicklung
ΔU_{tr}	V	Relativer Spannungsfall über der Transformatorwicklung
$\Sigma \Delta u$	%	Aufsummierter relativer Spannungsfall bis zum angegebenen Punkt mit/ohne Spannungsfall über der Transformatorwicklung gemäß gewählter Einstellung
$\Sigma \Delta U$	V	Aufsummierter relativer Spannungsfall bis zum angegebenen Punkt mit/ohne Spannungsfall über der Transformatorwicklung gemäß gewählter Einstellung
$\Sigma \Delta u_{dyn.}$	%	Aufsummierter relativer Spannungsfall am Motor im Anlaufvorgang mit/ohne Spannungsfall über der Transformatorwicklung gemäß gewählter Einstellung
$\Sigma \Delta U_{dyn.}$	V	Aufsummierter relativer Spannungsfall am Motor im Anlaufvorgang mit/ohne Spannungsfall über der Transformatorwicklung gemäß gewählter Einstellung
a_i		Ausnutzungsfaktor
$c_{min/max}$		Minimaler/maximaler Spannungsfaktor nach IEC 60909-0
$\cos(\varphi)$		Leistungsfaktor
F1		Kurzschlussstromanzeige, die sich auf einen Fehler an der Mittelspannungs-Sammelschiene bezieht
F2		Kurzschlussstromanzeige, die sich auf einen Fehler an der Primärseite des Transformators bezieht
F3		Kurzschlussstromanzeige, die sich auf einen Fehler an der Sekundärseite des Transformators bezieht
F4		Kurzschlussstromanzeige, die sich auf einen Fehler am Ende der sekundärseitigen Verbindung des Transformators bezieht
f_{ges}		Reduktionsfaktor

Formelbezeichnung	Einheit	Beschreibung
f_{nenn}	Hz	Nennfrequenz
gf		Gleichzeitigkeitsfaktor
HO		Hohe Überlast
$I >$	A	Phasenanstrom Überstromstufe UMZ-Relais
$I >>$	A	Phasenanstrom Hochstromstufe UMZ-Relais
$I >>>$	A	Phasenanstrom Höchststromstufe UMZ-Relais
$\theta \Delta u$	°C	Leitertemperatur MS-Kabel / Leitertemperatur NS-Kabel für Spannungsfallberechnung
$\theta \Delta I_{kmax}$	°C	Leitertemperatur MS-Kabel / Leitertemperatur NS-Kabel bei I_{kmax}
$\theta \Delta I_{kmin}$	°C	Leitertemperatur MS-Kabel / Leitertemperatur NS-Kabel bei Abschaltung
I_2	A	Großer Prüfstrom
I^2t	kA ² s	Durchlassenergie
$I^2t (I_i)$	kA ² s	Durchlassenergie des Schaltgeräts am Übergang zum I-Auslöser
$I^2t (I_{kmax})$	kA ² s	Durchlassenergie des Schaltgeräts bei maximalem Kurzschlussstrom
$I^2t (I_{kmin})$	kA ² s	Durchlassenergie des Schaltgeräts bei minimalem Kurzschlussstrom
$I^2t (RCD)$	kA ² s	Bemessungs-Durchlassenergie RCD
$I^2t (Sicherung)$	kA ² s	Durchlassenergie der Sicherung
$I^2t (soll)$	kA ² s	Durchlassenergie-Anforderung an die Verbindungsstrecke
$I^2t\text{-Wert}$	kA ² s	Durchlassenergie des Schaltgeräts bei I_{kmax} aus Kennliniendatei
I^2t_{max} (Unterteil)	kA ² s	Zulässiger I^2t -Wert des Sicherungsunterteils
I_a/I_n		Anlaufstromverhältnis
I_b	A	Betriebsstrom
I_{bb}	A	Belastungs-Blindstrom
I_{bel}	A	Belastungsstrom
I_{bem}	A	Bemessungs-Sollstrom des Schaltgeräts
I_{bs}	A	Belastungs-Scheinstrom
I_{bw}	A	Belastungs-Wirkstrom
I_{b_out}	A	Belastungsausgangsstrom des Frequenzumrichters
$\hat{I}_c\text{-Wert}$	kA	Durchlassstrom des Schaltgeräts bei I_{kmax} aus Kennliniendatei (Momentanwert)
$I_c (Sicherung)$	kA	Durchlassstrom der Sicherung
I_{cm}	kA	Bemessungs-Kurzschlusseinschaltvermögen
$I_{cm_{max}}$ (Unterteil)	kA	Bemessungs-Kurzschlussstrom des Sicherungsunterteils

Formel-bezeichnung	Einheit	Beschreibung
Icn	kA	Bemessungs-Kurzschluss-ausschaltvermögen nach IEC 60898-1
Icu	kA	Bemessungs-Grenzkurzschluss-ausschaltvermögen nach IEC 60947-2
Icu/Icn erforderlich	kA	Angefordertes Kurzschlussausschaltvermögen für das Schalt-/Schutzgerät am Einbauort
Icw 1s	kA	Bemessungs-Kurzzeitstromfestigkeit 1 s
Ie	A	Erданregistrom des UMZ-Relais / des RCD-Bausteins
Ig	A	Einstellwert des Auslösers für die Erdfehlererfassung
Igb	A	Gesamt-Blindstrom
Igs	A	Gesamt-Scheinstrom
Igw	A	Gesamt-Wirkstrom
Ig_out	A	Bemessungs-Ausgangsstrom des Frequenzumrichters für gewähltes Überlastspiel
IHHmin	A	Mindestauslösestrom der HH-Sicherung
Ii	A	Einstellwert des unverzögerten Kurzschluss-(I)-Auslösers
Ik1D	kA	Einpoliger Dauerkurzschlussstrom
Ik1max	kA	Maximaler einpoliger Kurzschlussstrom
Ik1max(F1)	kA	Maximaler einpoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Mittelspannungs-Sammelschiene
Ik1maxph_n	kA	Maximaler einpoliger Kurzschlussstrom Phase gegen Neutralleiter
Ik1maxph_pe	kA	Maximaler einpoliger Kurzschlussstrom Phase gegen Schutzleiter
Ik1min	kA	Minimaler einpoliger Kurzschlussstrom
Ik1min(F2)	kA	Minimaler einpoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Transformator-Primärseite
Ik1min(F3)	kA	Minimaler einpoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Transformator-Sekundärseite
Ik1min(F4)	kA	Minimaler einpoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler am Ende der sekundärseitigen Verbindung des Transformators
Ik1minph_n	kA	Minimaler einpoliger Kurzschlussstrom Phase gegen Neutralleiter
Ik1minph_pe	kA	Minimaler einpoliger Kurzschlussstrom Phase gegen Schutzleiter
Ik2min	A	Minimaler zweipoliger Kurzschlussstrom
Ik2min(F2)	kA	Minimaler zweipoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Transformator-Primärseite
Ik2min(F3)	kA	Minimaler zweipoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Transformator-Sekundärseite
Ik2min(F4)	kA	Minimaler zweipoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler am Ende der sekundärseitigen Verbindung des Transformators
Ik3(F3)	kA	Dreipoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Transformator-Sekundärseite

Formel-bezeichnung	Einheit	Beschreibung
Ik3D	kA	Dreipoliger Dauerkurzschlussstrom
Ik3max	kA	Maximaler dreipoliger Kurzschlussstrom
Ik3max(F1)	kA	Maximaler dreipoliger Kurzschlussstrom bei einem Fehler auf der Mittelspannungs-Sammelschiene
Ik3min	kA	Minimaler dreipoliger Kurzschlussstrom
Ikmax	A	Maximaler Kurzschlussstrom aller Kurzschlussströme
Ikmax/Ikmin		Verhältnis maximaler/minimaler Kurzschlussstrom
Ikmin	A	Minimaler Kurzschlussstrom aller Kurzschlussströme
Ikmotor	kA	Dreipoliger Kurzschlussstromanteil des Motors
Ikre		Kurzschlussstrom-Rückspeisefaktor
Imax	A	Maximaler Nennstrom des Schienensystems
In	A	Nennstrom / Bemessungsstrom
In (RCD)	mA	Bemessungsstrom RCD
In (Schalter)	A	Nennstrom / Bemessungsstrom des Mittelspannungs-Schaltgeräts
In (Sicherung)	A	Nennstrom / Bemessungsstrom der Mittelspannungs-Sicherung
In max	A	Bemessungsstrom des Schaltgeräts bei Normtemperatur 40 °C
In zul	A	Zulässige Belastung des Schaltgeräts gemäß Umgebungstemperatur
In1	A	Bemessungsstrom Transformator, Primärseite
In2	A	Bemessungsstrom Transformator, Sekundärseite
Inenn	A	Bemessungsstrom Transformator bei Nennleistung
In_max	A	Bemessungsstrom Transformator bei maximaler Leistung mit Lüfteranbau
Ip	A	Einstellwert des Stromes für AMZ-Schutz
Ipk	kA	Stoßkurzschlussstrom
Ipk	kA	Kurzschlussfestigkeit des Blitz-/Überspannungsableiters bei maximal zulässiger Vorsicherung
Iq	kA	Bedingter Bemessungs-Kurzschlussstrom – Starterkombination
IR	A	Einstellwert des Überlast-(L)-Auslösers
Isd	A	Einstellwert des kurzzeitverzögerten Kurzschluss-(S)-Auslösers
Isel-kurz	A	Berechneter Selektivitäts-Grenzwert zwischen Ikmin und Ikmax
Isel-über	A	Berechneter Selektivitäts-Grenzwert im Bereich kleiner Ikmin
Iz, Izul	A	Zulässiger Belastungsstrom einer Verbindungsstrecke
I_in	A	Bemessungs-Eingangsstrom des Frequenzumrichters für gewähltes Überlastspiel
I_out	A	Bemessungs-Ausgangsstrom des Frequenzumrichters für gewähltes Überlastspiel

Formelbezeichnung	Einheit	Beschreibung
$I_{\Delta n}$	mA	Bemessungs-Fehlerstrom – RCD-Schutz
LO		Low Overload / geringe Überlast
L		Außenleiter / Phase
L1		Außenleiter / Phase 1
L2		Außenleiter / Phase 2
L3		Außenleiter / Phase 3
max		Maximal
min		Minimal
MLFB		Maschinenlesbare Fabrikatebezeichnung
MS		Mittelspannung
N		Neutralleiter
NS		Niederspannung
P	kW	Wirkleistung elektrisch
PE		Schutzleiter
P_{mech}	kW	Wirkleistung mechanisch
P_n	kW	Nennwirkleistung
P_0	kW	Leerlaufverluste
P_v, P_k	kW	Kurzschlussverluste
pz		Polzahl Schaltgerät
Q	kvar	Blindleistung
Q_e	kvar	Aktive Kondensatorblindleistung
Q_n	kvar	Nennblindleistung
R/X		Verhältnis Resistanz zu Reaktanz
R_0	m Ω	Resistenz im Nullsystem
$R_0 \text{ min/max}$	m Ω	Minimale/maximale Resistanz im Nullsystem
$R_0 N$	m Ω	Resistenz im Nullsystem, Phase N
$R_0 PE(N)$	m Ω	Resistenz im Nullsystem, Phase PE(N)
$R_0 \Delta U$	m Ω	Resistenz im Nullsystem für den Spannungsfall
R_0/R_1		Resistenzverhältnis Nullsystem / Mitsystem
r_{0ph-n}	m Ω/m	Spezifischer Wirkwiderstand des Nullsystems für die Schleife Phase-Neutralleiter
$r_{0ph-pe(n)}$	m Ω/m	Spezifischer Wirkwiderstand des Nullsystems für die Schleife Phase-Schutzleiter
r_1	m Ω/m	Spezifischer Wirkwiderstand des Mitsystems
r_1	%	Bezogener Wert der Resistanz im Mitsystem
R_1	m Ω	Resistenz im Mitsystem
$R_1 \Delta U$	m Ω	Resistenz im Mitsystem für den Spannungsfall
$R_1 \text{ min/max}$	m Ω	Minimale / maximale Resistanz im Mitsystem
$R_a+R_b \text{ max}$	m Ω	Summe der Widerstände des Erdungssystems und eventuell verlegtem Schutzleiter zwischen Körper und Erde im IT- bzw. TT-Netz
$R_s \text{ min/max}$	m Ω	Minimale / maximale Schleifenresistenz
S	kVA	Scheinleistung
S^2k^2		Thermische Kurzschlussfestigkeit des Kabels

Formelbezeichnung	Einheit	Beschreibung
S_n	kVA	Bemessungs-Scheinleistung
$S_n T$	kVA	Nennscheinleistung des Transformators
$S_n T_{max}$	kVA	Maximale Scheinleistung des Transformators mit Lüfteranbau
t>	s	Verzögerungszeit für die Überstromstufe UMZ-Relais
t>>	s	Verzögerungszeit für die Hochstromstufe UMZ-Relais
ta zul (li)	s	Zulässige Abschaltzeit des Schaltgeräts für den Einstellwert des I-Auslösers, ohne die Bedingung $k_2 S_2 > I_2 t$ zu verletzen
ta zul (Ikmax)	s	Zulässige Abschaltzeit des Schaltgeräts bei maximalem Kurzschlussstrom, ohne die Bedingung $k_2 S_2 > I_2 t$ zu verletzen
ta zul (Ikmin)	s	Zulässige Abschaltzeit des Schaltgeräts bei minimalem Kurzschlussstrom, ohne die Bedingung $k_2 S_2 > I_2 t$ zu verletzen
ta zul ABS	s	Zulässige Abschaltzeit gemäß DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41)
ta (min abs)	s	Abschaltzeit des Schaltgeräts für Abschaltbedingung
ta (min kzs)	s	Abschaltzeit des Schaltgeräts für Kurzschlussschutz
ta_max	s	Maximale Abschaltzeit des betrachteten Schaltgeräts
te	s	Verzögerungszeit des Erdanregistromes des UMZ-Relais / des RCD-Bausteins
tg	s	Zeitwert des G-Auslösers (absolut)
tp	s	Einstellwert des Zeitmultiplikators für AMZ-Schutz
tR	s	Zeitwert des L-Auslösers
tsd	s	Zeitwert des S-Auslösers
Tu	°C	Umgebungstemperatur des Schaltgeräts
u	%	Relative Spannung
ukr	%	Relative Bemessungs-Kurzschlussspannung
Umax	V	Maximale Nennspannung des Stromschienensystems
Un, Unenn	V	Nennspannung
Uprim	kV	Oberspannung
Usec	V	Unterspannung
NSUV		Niederspannungs-Unterverteilung
V		Verbraucher
$X_0 \text{ min/max}$	m Ω	Minimale/maximale Reaktanz im Nullsystem
$X_0 N$	m Ω	Reaktanz Phase N im Nullsystem
$X_0 PE(N)$	m Ω	Reaktanz Phase PE(N) im Nullsystem
$X_0 \Delta U$	m Ω	Reaktanz im Nullsystem für den Spannungsfall, temperaturunabhängig
X_0/X_1		Reaktanzverhältnis Nullsystem / Mitsystem
x_{0ph-n}	m Ω/m	Spezifischer Blindwiderstand des Nullsystems für die Schleife Phase-Neutralleiter
$x_{0ph-pe(n)}$	m Ω/m	Spezifischer Blindwiderstand des Nullsystems für die Schleife Phase-Schutzleiter
x_1	m Ω/m	Spezifischer Blindwiderstand des Mitsystems

Formel- bezeichnung	Einheit	Beschreibung
X1	mΩ	Reaktanz im Mitsystem
X1 min/max	mΩ	Minimale/maximale Reaktanz im Mitsystem
X1ΔU	mΩ	Reaktanz im Mitsystem für den Spannungsfall
x _d ''	%	Subtransiente Reaktanz
X _s min/max	mΩ	Minimale/maximale Schleifenreaktanz
Z0	mΩ	Impedanz Nullsystem
Z0 min/max	mΩ	Minimale/maximale Impedanz im Nullsystem
Z0ΔU	mΩ	Impedanz im Nullsystem für den Spannungsfall
Z1	mΩ	Impedanz Mitsystem
Z1 min/max	mΩ	Minimale/maximale Impedanz im Mitsystem
Z1ΔU	mΩ	Impedanz im Mitsystem für den Spannungsfall
Z _s		Schleifenimpedanz
Z _s min/max		Minimale/maximale Schleifenimpedanz

Siemens AG

Smart Infrastructure
Electrification & Automation
Mozartstr. 31c
91052 Erlangen

Weitere Informationen unter
[siemens.de/tip](https://www.siemens.de/tip)

E-Mail: consultant-support.tip@siemens.com

Änderungen und Irrtümer vorbehalten

Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden. Alle Produktbezeichnungen können Marken oder sonstige Rechte der Siemens AG, ihrer verbundenen Unternehmen oder dritter Gesellschaften sein, deren Benutzung durch Dritte für ihre eigenen Zwecke die Rechte der jeweiligen Inhaber verletzen kann.

© Siemens 11/2023

