

SIEMENS

PSS[®]SINCAL 10.5

Eingabedaten

**Beschreibung der allgemeinen und verfahrensspezifischen
Eingabedaten**

Herausgegeben von
SIEMENS AG
Freyeslebenstraße 1, 91058 Erlangen

IC SG SE PTI SW

Vorbemerkung

Die PSS SINCAL Handbücher bestehen aus drei Teilen:

- Benutzerhandbuch PSS SINCAL Bedienung
- Fachhandbücher für Elektronetze und Strömungsnetze
- Systemhandbuch Datenbankbeschreibung

Allgemeine Grundsätze der Bedienung und der Grafikoberfläche von PSS SINCAL können dem **Benutzerhandbuch PSS SINCAL Bedienung** entnommen werden.

Die **Fachhandbücher für Elektronetze** beinhalten detaillierte Beschreibungen der verschiedenen Berechnungsverfahren für Elektronetze (Lastfluss, Kurzschluss, etc.) sowie deren Eingabedaten.

Die **Fachhandbücher für Strömungsnetze** beinhalten detaillierte Beschreibungen der verschiedenen Berechnungsverfahren für Strömungsnetze (Wasser, Gas und Wärme/Kälte) sowie deren Eingabedaten.

Das **Systemhandbuch Datenbankbeschreibung** beinhaltet eine vollständige Beschreibung der Datenmodelle für Elektronetze und Strömungsnetze.

Urheber- und Verlagsrechte

Das Handbuch und alle in ihm enthaltenen Informationen und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Die Rechte, insbesonders die Rechte zur Veröffentlichung, Wiedergabe, Übersetzung, zur Vergabe von Nachdrucken, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien liegen bei SIEMENS.

Für jede Wiedergabe oder Verwendung außerhalb der durch das Urhebergesetz erlaubten Grenzen ist eine vorherige schriftliche Zustimmung von SIEMENS unerlässlich.

Gewährleistung

Trotz sorgfältiger Ausarbeitung könnten in diesem Handbuch Fehler enthalten sein. Es wird keinerlei Haftung für Fehler und deren Folgen übernommen. Änderungen des Textes und der Funktion der Software werden im Rahmen der Pflege ständig durchgeführt.

1.	Einleitung	1
1.1	Netzberechnung	1
1.2	Verfügbare Berechnungsarten	4
2.	Netzdarstellung	10
2.1	Symmetrisches Drehstromnetz	10
2.2	Formelzeichen und Einheiten	11
2.3	Netzelemente und Elementtypen	13
2.4	Netzebenen und Normierung	16
2.5	Gewählte Eingabedaten	17
2.6	Vereinbarungen für Eingabedaten	18
2.7	Unsymmetrische Fehler	19
3.	Datenbeschreibung	21
3.1	Netzaufbau	21
3.1.1	Knoten bzw. Sammelschiene	21
3.1.2	Anschluss	26
3.1.3	Netzebene	27
3.1.4	Netzbereich	33
3.1.5	Netzbereichtransfer	37
3.1.6	Netzzone	38
3.1.7	Netzelementgruppe	39
3.1.8	Grafische Elementgruppe	42
3.2	Einspeisungen	42
3.2.1	Netzeinspeisung	43
3.2.2	Synchronmaschine	53
3.2.3	Kraftwerksblock	69
3.2.4	DC-Einspeisung	81
3.3	Verbraucher	92
3.3.1	Allgemeine Last	92
3.3.2	Asynchronmaschine	102
3.3.3	Querimpedanz	121
3.3.4	Querdrossel	125

Inhalt

3.3.5	Querkondensator	132
3.3.6	Statischer Kompensator	139
3.3.7	Variables Querelement	142
3.4	Zweigelemente	151
3.4.1	Leitung	151
3.4.2	Längsdrossel	161
3.4.3	Längskondensator	164
3.4.4	Variables Längselement	166
3.4.5	Längs DC-Element	172
3.5	Transformatoren	179
3.5.1	Zweiwicklungstransformator	179
3.5.2	Dreiwicklungstransformator	199
3.6	Allgemeine Steuer- und Eingabedaten	216
3.6.1	Berechnungsparameter	217
3.6.2	Globale Parameter	243
3.6.3	Allgemeine Daten für Netzelemente	245
3.6.4	Allgemeine Daten für Einspeisungen	246
3.6.5	Include Netz	247
3.6.6	Sammelschiene	247
3.6.7	Eigentümer	248
3.6.8	Betriebszustand	250
3.6.9	Zusatzdaten Netzelement	251
3.6.10	Zusatzdaten Knoten	252
3.6.11	Master Ressource	253
3.6.12	Definition generischer Datenstrukturen	253
3.6.13	Generische Daten	255
3.6.14	Beschreibung	256
3.6.15	Leitungsabschnitt	258
3.6.16	Gekoppelte Leitung	259
3.6.17	Koppeldaten	261
3.6.18	Sternpunktimpedanz	264
3.6.19	Kompensationsimpedanz	266
3.6.20	Drosselpule	267

3.6.21	AC/DC-Konverter	267
3.6.22	Energiespeicher	269
3.6.23	Fehleruntersuchung	273
3.6.24	Fehlerpaket	276
3.6.25	Zusatzdaten Fehler	277
3.6.26	Elementschaltzeiten	279
3.6.27	Schalter	282
3.6.28	Messwerte	284
3.6.29	Verfügbare Kondensatoren	285
3.6.30	Kennlinie	287
3.6.31	Variante	287
3.7	Lastfluss	289
3.7.1	Leistungsverhalten	289
3.7.2	Arbeitspunkt	291
3.7.3	Arbeitspunkte/Profile	291
3.7.4	Laststeigerungen	296
3.7.5	Leistungsvorgaben	299
3.7.6	Kundendaten	300
3.7.7	Leistungsgrenze	302
3.7.8	Transformatorregler	304
3.7.9	Transformator Regelkennlinie	305
3.8	Optimierung	307
3.8.1	Parameter optimale Netzstruktur	307
3.8.2	Optimale Netzstruktur Spangen	310
3.9	Oberschwingungen	311
3.9.1	Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente	312
3.9.2	Allgemeine Oberschwingungsdaten für Einspeisungen	313
3.9.3	Quer Oberschwingungs-Resonanznetz	314
3.9.4	Längs Oberschwingungs-Resonanznetz	316
3.9.5	Oberschwingungs-Resonanznetzwert	319
3.9.6	Oberschwingungs-Frequenzgang	320
3.9.7	Oberschwingungs-Impedanz	321
3.9.8	Oberschwingungs-Impedanzfläche	322

Inhalt

3.9.9	Oberschwingungs-Spannungsquelle	324
3.9.10	Oberschwingungs-Stromquelle	325
3.9.11	Grenzwerte für Oberschwingungs-Pegel	328
3.9.12	Quer RLC-Kreis	329
3.9.13	Längs RLC-Kreis	335
3.10	Rundsteuerung	339
3.10.1	Längs- bzw. Querrundsteuersender	339
3.11	Motoranlauf	343
3.11.1	Lastkennlinie	343
3.11.2	Drehmomentkennlinie	344
3.11.3	Anlaufstromkennlinie	346
3.12	Ausfallanalyse	347
3.12.1	Ausfallszenario	347
3.13	Schutzkoordination	348
3.13.1	Erfassen von Schutzgeräten	349
3.13.2	Spezielle Maske für Schutzgeräte	350
3.13.3	Einbauort des Schutzgerätes	352
3.13.4	Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät	357
3.13.5	Einstellwerte für Distanzschutzgerät	360
3.13.6	Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte	360
3.13.7	Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte	365
3.13.8	Einstellwerte für Differentialschutzgerät	368
3.13.9	Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgerät	368
3.13.10	Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgerät	372
3.13.11	Auslösung Spannungsschutz	374
3.13.12	Spannungswandler	376
3.13.13	Stromwandler	377
3.13.14	Schutz-Impedanzfläche	379
3.13.15	Unbenutzte Wandler löschen	380
3.13.16	Signalübertragung	380
3.13.17	Schutzbereich	382
3.13.18	Anregung	383
3.13.19	Anrege- und Auslösedaten für Schutzgeräte	387

3.13.20	Transformator Inrush Kennlinie	390
3.13.21	Arc Flash Konfiguration	391
3.14	Sicherungsüberprüfung	393
3.14.1	Sicherung	393
3.15	Dynamik	394
3.15.1	Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente	394
3.15.2	Modelle	398
3.15.3	Verwalten von Modellen	404
3.15.4	Modelle aktualisieren	404
3.15.5	Unbenutzte Modelle löschen	404
3.15.6	Globales Modell	405
3.15.7	Modell Exportdefinition	405
3.15.8	Variablen für Dynamik	406
3.15.9	Plotdefinition für Dynamik	407
3.15.10	Event für Dynamik	412
3.15.11	Sättigungskennlinie	413
3.15.12	UI-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung	415
3.15.13	et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung	417
3.16	Zuverlässigkeit	418
3.16.1	Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Einspeisungen	419
3.16.2	Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Verbraucher	420
3.16.3	Parameter Zuverlässigkeit	420
3.16.4	Gruppierung von Elementen für die Zuverlässigkeit	429
3.16.5	Schaltfeldtyp	429
3.16.6	Sammelschienentyp	431
3.16.7	Leitungstyp	432
3.16.8	Transformatortyp	434
3.16.9	Einspeisungstyp	437
3.16.10	Überlastbarkeitstyp	438
3.16.11	Bedingte Schaltmaßnahmen	439
3.16.12	Jahresdauerlinie	440
3.17	Stationen und Trassen	442
3.17.1	Station	443

Inhalt

3.17.2	Feld	446
3.17.3	Betriebsmittel	447
3.17.4	Trasse	448
3.17.5	Trassenknoten	451
3.18	Wirtschaftlichkeit	452
3.18.1	Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente	452

1. Einleitung

PSS SINCAL beinhaltet ein umfangreiches Sortiment von Berechnungsmethoden, um alle Bereiche der Netzplanung in elektrischen Übertragungs- und Verteilungsnetzen abzudecken.

In diesem Handbuch sind die Eingabedaten aller verfügbaren Elemente mit ihrer Struktur beschrieben.

Dieses Handbuch enthält folgende Kapitel:

- [Netzdarstellung](#)
- [Datenbeschreibung](#)

1.1 Netzberechnung

Das Ziel einer Netzberechnung ist die Überprüfung des Netzes und die Abfrage, ob Grenzwerte wie z.B. die Spannung an den Knoten, die Auslastung der Betriebsmittel, die Kurzschlussleistungen oder die Nennströme der eingebauten Sicherungen über- bzw. unterschritten werden.

Grundlegendes der Netzberechnung

Ein Netz wird durch seine Knoten und Zweige strukturell beschrieben. Die Zweige verbinden je zwei Knoten (den Anfangs- und Endknoten des Zweiges) miteinander. Ein Zweig ist gerichtet vom Anfangsknoten zum Endknoten. Man zeichnet den Plan eines Netzes, indem die Knoten zumeist durch Punkte und die Zweige durch Linien symbolisiert werden.

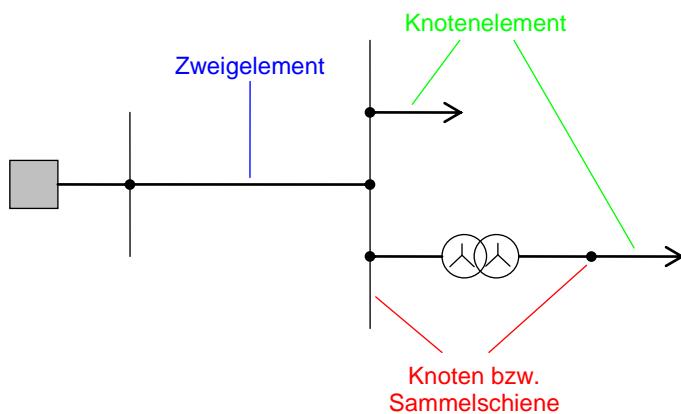


Bild: Zweige und Knoten zur Darstellung der Netzstruktur

Einen physikalischen Sinn erhält ein Netz erst, wenn Knoten und Zweigen Elemente zugeordnet werden.

Die wichtigsten Elemente eines Netzes sind Einspeisungen, Abnehmer und Leitungen. Je nach der Zuordnung zu Knoten oder Zweigen spricht man auch von Knoten- oder Zweigelementen. Ein Netz ist durch seine Netzelemente (Knoten, Knotenelemente und Zweigelemente) vollständig beschrieben.

Zeitliche Betrachtung des Netzes

Da sich das Netz über den Berechnungszeitraum topologisch ändert, muss dies in den einzelnen Berechnungsverfahren ebenfalls berücksichtigt werden. Der Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt der Netzelemente wird daher wie folgt während der Berechnung berücksichtigt.

Kein Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt angegeben

Das jeweilige Netzelement ist immer in Betrieb.

Nur Errichtungszeitpunkt angegeben

Das jeweilige Netzelement wird zum angegebenen Zeitpunkt in Betrieb genommen und bleibt danach immer in Betrieb.

Nur Stilllegungszeitpunkt angegeben

Das jeweilige Netzelement wird zum angegebenen Zeitpunkt außer Betrieb genommen und ist davor immer in Betrieb.

Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt angegeben

Das jeweilige Netzelement ist im angegebenen Zeitraum in Betrieb und außerhalb des angegebenen Zeitraumes außer Betrieb.

Größe der zu berechnenden Netze

Es können Netze mit mehreren tausend Knoten berechnet werden. Die Anzahl der Leitungen, Einspeisungen und Abnehmer ist keiner Beschränkung unterworfen. Die Größe der vom Programm noch berechenbaren Netze ist daher nur vom zur Verfügung gestellten Speicherplatz abhängig.

Berechnung von Netzen mit PSS SINCAL

Mit PSS SINCAL ist der Betreiber bzw. Planer in der Lage, unterschiedlichste Netztypen nachzubilden und verschiedene Betriebsfälle und Varianten in Form eines Computermodells durchzurechnen.

Wie rasch die Berechnung eines Netzes vor sich geht, hängt hauptsächlich von vier Umständen ab:

- Netzgröße
- Komplexität des Elektronetzproblems (Regler, etc.)
- Rechenleistung des Computers
- Zur Verfügung stehende Hauptspeichergroße

Da bekanntlich nicht jedes Netzproblem lösbar ist und aus den Eingabedaten die Schwierigkeit einer Lösung nicht unmittelbar erkannt werden kann, müssen Erfahrungswerte herangezogen werden. Als Maß für die Komplexität einer Netzberechnung kann die für die Lösung notwendige Anzahl der Iterationsschritte dienen. Bei der in diesem Programm verwendeten Methode zur Berechnung sind nur bei schwierigen Problemen mehr als 50 Iterationsschritte notwendig, im Normalfall sind es 4 bis 7.

Lösung des Netzproblems

Jede Netzberechnung führt zu einem nichtlinearen Gleichungssystem, dessen Lösung direkt nicht möglich ist. Es verbleiben daher nur iterative Methoden (wie etwa die lineare Systemiteration oder die Newton-Raphson Methode usw.) zur Lösung der Netzberechnung.

Die besonderen Eigenschaften

- Berechnung der Ströme und Spannungen
- Steuerung des Ergebnismfangs
- Ergebnisse in Tabellenform
- Grafische Ergebnisse
- Berechnung der Kurzschlussströme und Leistungen
- Überprüfung der Nullungsbedingungen

Bei der linearen Systemiteration geht man so vor, dass alle aktiven Netzelemente (Einspeisungen und Verbraucher) durch Spannungs- oder Stromquellen nachgebildet werden, die in ein gewöhnliches Versorgungsnetz einspeisen.

Prinzipieller Rechnungsablauf Allgemeine Eingabedaten

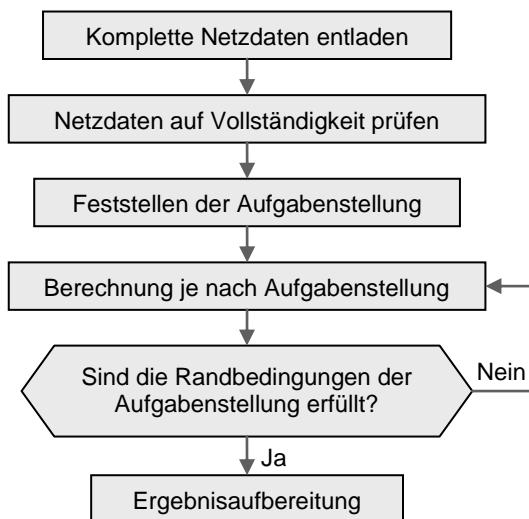


Bild: Ablaufdiagramm

Einleitung

Nimmt man zunächst an, dass aus gegebenen Strom- und Spannungsquellen die Ströme und Spannungen im Netz resultieren, so besteht die Iteration darin, Ströme und Spannungen der Quellen so lange zu verändern, bis die abzugebenden Leistungen und Spannungen mit hinreichender Genauigkeit erreicht sind.

Die Berechnung der Ströme und Spannungen im Netz führt zu einem linearen Gleichungssystem, für dessen Lösung vielerlei Methoden ersonnen wurden. Es ist sogar möglich, die Lösung direkt zu suchen, beispielsweise durch die Dreiecksfaktorisierung. Macht man sich aber den Umstand zunutze, dass eine ganze Klasse von Gleichungssystemen ein und dasselbe Netz repräsentieren und sucht das in einem bestimmten Sinne günstigste aus, so kann man mit Erfolg auch für die Lösung des linearen Gleichungssystems iterative Methoden anwenden. So wird in diesem Programm das lineare Gleichungssystem aus den Maschengleichungen aufgebaut und iterativ gelöst.

1.2 Verfügbare Berechnungsarten

Lastflussberechnung

Bei der Lastflussberechnung können Ströme, Spannungen sowie Betriebspunkte von Regeleinrichtungen in beliebig vermaschten Netzen berechnet werden. Alle Netzdaten werden auf logische und topologische Plausibilität geprüft.

Unsymmetrische Lastflussberechnung

Bei der Unsymmetrischen Lastflussberechnung können Ströme, Spannungen sowie Betriebspunkte von unsymmetrischen Netzen berechnet werden.

Lastentwicklung

Das Programm Lastentwicklung ist eine erweiterte Form der Lastflussberechnung – jährlich über einen Zeitraum hinweg – mit zeitlich variablen Lastwerten. Dafür werden den Lasten neben ihren Nennwerten auch Laststeigerungen zugeordnet. Weiters wird das Inbetriebnahme- und Stilllegungsdatum bei allen Netzelementen berücksichtigt.

Die Laststeigerung kann über grafische Funktionen, Netzelementgruppen oder verbraucherspezifisch zugeordnet werden. Als Ergebnisse stehen sämtliche Lastflussberechnungen mit Auswertungen nach minimalen und maximalen Werten (z.B. Spannungen oder Auslastungen usw.) zur Verfügung. Diagramme mit Leistungsinformationen und überlastete Zweige werden zusätzlich angeboten.

Lastprofilberechnung

Bei der Lastprofilberechnung wird das Verbrauchsverhalten verschiedenster Energieabnehmer berücksichtigt. Die Berechnung liefert ein Tagesprofil (Viertelstundenwerte) der Belastungen im Netz.

Arbeitspunkte

Das Ziel der Arbeitspunktberechnung ist die Berechnung des Lastflusses auf Basis von stationären Arbeitspunkten. Dies ermöglicht es, verschiedene stationäre Betriebsfälle gleichzeitig zu berechnen und anschließend zu vergleichen.

Lastermittlung

Die Lastermittlung ist eine erweiterte Form der Lastflussberechnung mit Berücksichtigung von Messwerten. Bei den Messwerten handelt es sich – wie in der Praxis üblich – um maximale Werte. Die Messwerte können bei den allgemeinen Lasten und bei Messpunkten im Netz vorgegeben werden.

Die Lastermittlung justiert die Maximalwerte der allgemeinen Lasten im Netz so, dass sich die Maximalwerte bei den Messpunkten im Zuge der Lastflussberechnung einstellen.

Tap-Zone Ermittlung

Die Tap-Zone Ermittlung ist ein spezielles Lastflussverfahren zum Bestimmen von Transformatorstufenstellungen in Abgängen. Dabei wird versucht, die Stufenstellungen der Transformatoren im Abgang so einzustellen, dass die Spannung der versorgten Abnehmer sowohl bei Minimal- als auch bei Maximallast im zulässigen Spannungsbereich liegt.

Im Wesentlichen ist die Tap-Zone Ermittlung eine Kombination aus einer einfachen Optimierung in Verbindung mit einer Lastermittlung für den minimalen und maximalen Betriebszustand.

Als Ergebnisse der Tap-Zone Ermittlung werden die optimalen Stufenstellungen der Transformatoren sowie die Lastflussergebnisse bei Minimal- und Maximalbelastung zur Verfügung gestellt.

Last anschließen

Das Last anschließen ist eine erweiterte Form der Lastflussberechnung in lagerichtigen Netzen. Eine isolierte Last wird temporär über verschiedene Punkte im Netz versorgt. Über einen Dialog kann der Umfang der Punkte für den Anschluss der neuen Last parametert werden.

Als Ergebnisse stehen die Anschlusspunkte, die wichtigsten Auswirkungen auf das Netz, die verwendeten Leitungsdaten sowie die Änderung der Verluste zur Verfügung.

PV Kurven

Die Berechnung der PV Kurven ist ein praktisches Hilfsmittel, um das Verhalten des Netzes bei Steigerung der Belastung an ausgewählten Lasten zu beurteilen. Dabei werden anhand der getroffenen Vorgaben die Abnahmeflows schrittweise erhöht und das Verhalten des Netzes durch eine Lastflussberechnung überprüft. Als Ergebnis werden Diagramme bereitgestellt, die das Verhalten des Netzes bei den verschiedensten Belastungspunkten dokumentieren.

Wiederversorgung

Die Wiederversorgung ist eine erweiterte Form der Lastflussberechnung mit variabler Netztopologie. Vom Anwender markierte auszufallende Netzelemente werden zuerst aus dem Netz genommen. Die Wiederversorgung der Abnehmer wird danach durch Schließen von Trennstellen durchgeführt. Sollte das Schließen von Trennstellen keinen gültigen Lastfluss liefern, werden zusätzlich noch die Leistungen der Abnehmer reduziert bzw. Abnehmer abgeworfen.

Ausfallanalyse

Die Ausfallanalyse ist eine Aneinanderreihung von Lastflussberechnungen. In jeder einzelnen Lastflussberechnung nehmen ein oder mehrere Elemente – bedingt durch einen Ausfall – nicht teil. Die auszufallenden Elemente werden dabei über Netzbereiche festgelegt. Der Ausfall kann unbedingt oder nach Erfüllung einer Bedingung erfolgen.

Kurzschlussberechnung

Bei der Kurzschlussberechnung handelt es sich um ein elektrisches Netzwerk mit gegebenen Längsimpedanzen und Queradmittanzen und gegebenen treibenden Spannungen der Generatoren. Die Längsimpedanzen und Queradmittanzen sind durch die Betriebsmittel gegeben. Gesucht sind die Ströme und Knotenpunktspannungen bei Auftreten von Kurzschlägen in einem beliebigen Knotenpunkt.

Für die Berechnung wird das Verfahren mit bezogenen Impedanzen (Bezugsleistung 1 MVA) verwendet. Für 1-polige Fehler wird mit den symmetrischen Komponenten gerechnet.

Mehrfachfehler

Das Programm Mehrfachfehler ermittelt die Ströme und Spannungen in mehrfach fehlerhaften Netzen. Um die Berechnung zu erleichtern, werden nur vordefinierte Fehler bzw. Unterbrechungen in bestimmten Phasen zugelassen. Die Fehlerangaben werden über Fehlerpaketnamen zusammengefasst. Die Ergebnisse werden für jedes Fehlerpaket zur Verfügung gestellt.

Arc Flash

Das Programm Arc Flash dient zur Bestimmung der Ereignisenergie von Lichtbögen in Nieder- und Mittelspannungsnetzen nach IEEE 1584.

Über die empirischen Formeln nach IEEE wird aus dem satten Fehlerstrom der Lichtbogenstrom ermittelt. Dieser wird danach für die Prüfung der Anregung der Schutzgeräte zum Bestimmen der Auslösezeit (Lichtbogendauer) verwendet. Mit Hilfe von Zeit, Strom und Anlagenkonfiguration wird die Ereignisenergie bestimmt.

Weiters wird auch das erforderliche Personnel Protection Equipment (PPE) nach National Fire Protection Association (NFPA) 70 E bestimmt.

Motoranlaufberechnung

Das Programm Motoranlaufberechnung ermittelt den Leistungsbedarf der Motoren bei Anlauf unter Miteinbeziehung der Spannung an den Motorklemmen. Es werden die verschiedenen Kenngrößen des Netzes (z.B. Spannungen in beliebigen Knoten) während des Anlaufs ermittelt.

Die Motoranlaufberechnung ist somit eine Kombination aus Lastflussberechnung und Bestimmung der Motorleistung. Die Spannungen aus der Lastflussberechnung werden zur Ermittlung der Motorleistung herangezogen.

Oberschwingungsberechnung

Das Programm Oberschwingungsberechnung ermittelt die Netzeingangs- und Koppelimpedanzen von bzw. zwischen Knoten im Netz für einen vorzugebenden Frequenzbereich sowie die Strom- und Spannungsverteilung für die Frequenzen der Strom- und Spannungseinspeisungen. Die Frequenzabhängigkeit der einzelnen Netzelemente wird über deren Güte bzw. dem Verlauf von Wirk- und Blindwiderstand als Funktion der Frequenz angegeben.

Die Ergebnisse werden aufgrund des Ergebnismengens nur in Form von Diagrammen zur Verfügung gestellt.

Rundsteuerberechnung

Das Programm Rundsteuerberechnung ermittelt die Rundsteuerpegel aufgrund der Einspeiseströme der Rundsteuersender. Die Rundsteuerfrequenz ist frei wählbar. Alle Impedanzen werden auf die Rundsteuerfrequenz umgerechnet. Induktive und kapazitive Anteile der Impedanzen der Betriebsmittel werden gesondert behandelt.

Schutzsimulation

Die Schutzsimulation ermittelt und überprüft die Anregebedingungen und ermittelt die Auslösezeiten der Schutzgeräte aufgrund der Strom- und Spannungsverteilung im Netz bei

- Normalbetrieb,
- 1-poligem Erdschluss,
- 2-poligem Erdschluss,
- 2-poligem Kurzschluss bzw.
- 3-poligem Kurzschluss

Die Schutzberechnung kennt

- UMZ Schutzgeräte und
- Distanzschutzgeräte

Sicherungsüberprüfung

Das Programm Sicherungsüberprüfung berechnet die minimalen 1-poligen Kurzschlussströme in Niederspannungsnetzen nach VDE 0102 Teil 2/11.75 und bestimmt daraus die maximal zulässige Sicherungsnennstromstärke der zugehörigen Sicherungen.

Es ist zwischen der reinen Ausschaltüberprüfung und der Ausschaltüberprüfung nach einer Lastflussberechnung zu unterscheiden. Aus der Lastflussberechnung ergeben sich durch die Lastströme die minimalen Sicherungsnennströme, aus der Überprüfung der Ausschaltbedingungen die maximalen Sicherungsnennstromstärken. Ist der Laststrom, den die Lastflussberechnung ermittelt, größer als der nach der Ausschaltbedingung zulässige Sicherungsnennstrom, so wird dies im Ergebnisprotokoll vermerkt.

Optimierender Lastfluss

Das Programm Optimierender Lastfluss ermittelt die minimalen Transportverluste in einem elektrischen Netzwerk. Die Systemvariablen sind die Spannungen an Generatoren, die eingespeisten Wirk- und Blindleistungen sowie die Regelstufen der Transformatoren.

Freie Größen werden durch das Optimiererverfahren so berechnet, dass diese geregelten Größen und die überwachten Werte – sofern möglich – im zulässigen Wertebereich liegen und sich ein bezüglich der Wirkleistungsverluste optimaler Netzbetrieb einstellt.

Zulässige Lösungen ergeben sich durch einen Netzzustand mit den geringsten Transportverlusten und der größten Reduktion der verletzten technischen Grenzwerte.

Optimale Trennstellen

Das Programm Optimale Trennstellen ermittelt Schaltpunkte zur Entmaschung des Netzes. Die Schaltpunkte werden so gesetzt, dass nach der Auftrennung minimale Verluste entstehen. Die Ermittlung der Schaltpunkte erfolgt Teilnetz für Teilnetz. Die Schaltpunkte können als Schalter in die Netzgrafik übernommen werden.

Ermittlung der Kompensationsleistung

Das Programm Ermittlung der Kompensationsleistung ist eine Aneinanderreihung von Lastflussberechnungen. In jeder einzelnen Lastflussberechnung wird ein Teil der an Transformatoren auftretenden Blindleistung kompensiert. Die Kompensation erfolgt dabei Netzebene für Netzebene.

Kondensatorplatzierung

Die Zielsetzung des Optimierungsverfahrens Kondensatorplatzierung ist eine Reduktion der Übertragungsverluste durch Platzierung von Kondensatoren. Dabei werden die Kosten für die Kondensatoren mit den zu erwartenden Kosteneinsparungen durch geringere Übertragungsverluste bewertet. Somit ergibt sich eine Zeitdauer für das "Return on Investment", welche zur Bewertung herangezogen werden kann.

Lastsymmetrierung

Die Lastsymmetrierung ist eine Aneinanderreihung von unsymmetrischen Lastflussberechnungen. In jeder einzelnen Berechnung werden dabei unsymmetrische Elemente, wenn möglich, an anderen Leitern angeschlossen, um einen symmetrischen Belastungszustand zu erreichen.

Die Voraussetzung der Lastsymmetrierung ist ein Netz mit unsymmetrischen Elementen, die an ihren Anschlussknoten auch über andere Leiter versorgt werden könnten.

VoltVar Optimierung

Mit der VoltVar Optimierung können in radialen Mittel- und Niederspannungsabgängen, die sowohl symmetrisch als auch unsymmetrisch sein können, die Spannung und der Leistungsfaktor so gesteuert werden, dass alle Verbraucherknoten im definierten Spannungsband liegen und die übertragene Blindleistung möglichst gering ist. Diese Abgänge dürfen nicht mit anderen Abgängen verbunden sein.

Die Optimierung der Spannung ist erforderlich, um einen zulässigen Netzbetrieb anhand der vorgeschriebenen Grenzwerte für alle Verbraucher im Abgang zu gewährleisten. Durch die Optimierung des Leistungsfaktors soll die Übertragung von Blindleistung (und damit auch die Verluste) im Abgang reduziert werden.

Optimale Netzstruktur

Die Zielsetzung der Optimalen Netzstruktur ist die Bestimmung einer optimalen Struktur des Mittelspannungsnetzes. Dabei wird ausgehend vom Stations- und Trassenmodell versucht, eine optimale Anbindung der Netzstationen an die übergeordneten Umspannstationen zu erreichen. Die Grundlage zur Strukturoptimierung sind die in modernen Netzen üblichen Betriebsformen Ring und Spange.

Dynamik

Das Programm Dynamik dient zur Berechnung von elektromechanischen und elektromagnetischen Vorgängen in elektrischen Netzen.

Es berechnet die Phasenströme, die Phasenspannungen, den Polradwinkel und den Schlupf der Generatoren vom Zeitpunkt Null bis zu einem vorzugebenden Endzeitpunkt. Der Zeitschritt kann dabei beliebig gewählt werden. Zwischen dem Zeitpunkt Null und dem Endzeitpunkt können Fehler und Unterbrechungen im Netz auftreten und wieder verschwinden bzw. bestimmte Elemente an- und abgeschaltet werden.

Netzreduktion

Die Berechnungsmethoden zur Netzreduktion stellen ein wirkungsvolles Werkzeug dar, um große Netze auf den für die Analyse relevanten Teil zu reduzieren. Hierzu sind sowohl eine statische Netzreduktion als auch eine dynamische Netzreduktion verfügbar.

Zuverlässigkeit

Das Programm Zuverlässigkeit dient zur Berechnung der Versorgungszuverlässigkeit von Netzen der elektrischen Energieversorgung. Als Ergänzung zu der reinen elektrotechnischen Planung liefert sie quantitative Aussagen zur Versorgungszuverlässigkeit gesamter Netze und einzelner Kunden im Netz. Der durch die Deregulierung des Energiemarktes entstehende Effizienz- und Kostendruck kann durch Aussagen zur Versorgungssicherheit besser geplant werden.

Wirtschaftlichkeit

Mit dem Programm Wirtschaftlichkeit kann der wirtschaftliche Nutzen von Netzplanungsmaßnahmen bestimmt werden. Hierzu wird ein in der Elektrizitätswirtschaft gängiges Beurteilungsverfahren eingesetzt: die Kapitalwertmethode.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung basiert auf einem eigenen Netzmodell. Daher ist diese Berechnungsmethode weitgehend unabhängig vom elektrischen Netzmodell.

2. Netzdarstellung

Die Darstellung des Netzes in PSS SINCAL wird durch folgende Punkte beschrieben:

- Symmetrisches Drehstromnetz
- Formelzeichen und Einheiten
- Netzelemente und Elementtypen
- Netzebenen und Normierung
- Gewählte Eingabedaten
- Vereinbarungen für Eingabedaten
- Unsymmetrische Fehler

2.1 Symmetrisches Drehstromnetz

Die Übertragung der elektrischen Leistung erfolgt im Allgemeinen in einem Drei-Phasen-Drehstromnetz. Vorausgesetzt, dass das Drehstromnetz in allen drei Phasen symmetrisch aufgebaut ist und belastet wird, lässt sich dieses dreiphasige Drehstromnetz durch eine geeignete Transformation in ein einphasiges Ersatznetz überführen.

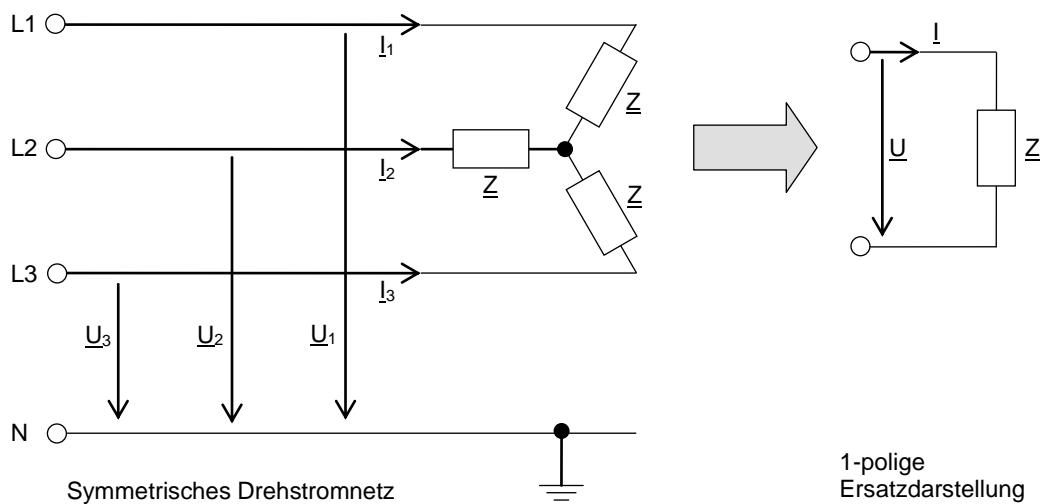


Bild: Vereinfachung der Berechnungsein- und -ausgabedaten

$$\underline{S} = \underline{U}_1 * \underline{I}_1^* + \underline{U}_2 * \underline{I}_2^* + \underline{U}_3 * \underline{I}_3^* \rightarrow \underline{S} = \underline{U} * \underline{I}^*$$

<u>S</u>	... Komplexe Leistung aller Leiter in [MVA]
<u>Z</u>	... Impedanz pro Leiter in [Ω]
<u>U</u> ₁ , <u>U</u> ₂ , <u>U</u> ₃	... Komplexe Phasenspannung in [kV]
<u>I</u> ₁ , <u>I</u> ₂ , <u>I</u> ₃	... Komplexe Phasenströme in [kA]
<u>U</u>	... Transformierte komplexe Spannung in [kV]
<u>I</u>	... Transformierter komplexer Strom in [kA]

Ein Stern bei einer komplexen Variable bedeutet Konjugation, wenn

$$\underline{Z} = R + jX$$

so ist

$$\underline{Z}^* = R - jX$$

Die Leistungen bleiben bei der Transformation erhalten, also ergeben sich wegen der Symmetrie folgende Beziehungen:

$$\underline{S} \rightarrow \underline{S}$$

$$\underline{U}_1 \rightarrow \underline{U} = \sqrt{3} * \underline{U}_1$$

$$\underline{I}_1 \rightarrow \underline{I} = \sqrt{3} * \underline{I}_1$$

$$\underline{Z} \rightarrow \underline{Z}$$

Die transformierte komplexe Spannung ist daher dem Betrag nach die verkettete Spannung, d.h. die Spannung zwischen je zwei verschiedenen Leitern.

Damit können für die Lastflussrechnung angegeben werden:

- Leistungen dreiphasig
- Spannungen als verkettete Spannung
- Ströme pro Leiter
- Impedanzen pro Leiter

Im symmetrischen Drehstromnetz sind die Beträge der Phasenströme

$$I_1, I_2 \text{ und } I_3$$

gleich groß und um 120° elektrisch phasenverschoben.

Dasselbe gilt für die Phasenspannung

$$U_1, U_2 \text{ und } U_3.$$

$$|I_1| = |I_2| = |I_3|$$

$$|U_1| = |U_2| = |U_3|$$

Der 3-polige Kurzschluss ist ein symmetrischer Fehlerfall. Der 1- und 2-polige Kurzschluss sind unsymmetrische Fehlerfälle.

2.2 Formelzeichen und Einheiten

Die Formelzeichen und ihre Einheiten werden dort erklärt, wo sie Verwendung finden. Nachstehend eine Zusammenfassung der wichtigsten Formelzeichen. Bei komplexen Größen bezieht sich die angegebene Einheit auf den Betrag der betreffenden Größe.

Leistungen

Formelzeichen	Netzparameter	Einheit
<u>S</u>	Komplexe Leistung	MVA
S	Scheinleistung	MVA
P	Wirkleistung	MW
Q	Blindleistung	Mvar
PV	Verlustleistung	kW
cosφ	Leistungsfaktor	1
η	Wirkungsgrad	1

Spannungen

Formelzeichen	Netzparameter	Einheit
<u>U</u>	Komplexe Spannung	kV
U	Betrag einer Spannung	kV
u	Betrag einer Spannung bezogen auf Nennspannung	%
ϑ	Winkellage einer Spannung bezogen auf Slackspannung	°

Ströme

Formelzeichen	Netzparameter	Einheit
<u>I</u>	Komplexer Strom	kA
I	Betrag eines Stromes	kA
i	Betrag eines Stromes bezogen auf Nennstrom	%
φ _i	Winkellage eines Stromes bezogen auf Slackspannung	°

Widerstände

Formelzeichen	Netzparameter	Einheit
<u>Z</u>	Komplexer Widerstand (Impedanz)	Ω
Z	Scheinwiderstand	Ω
R	Wirkwiderstand	Ω
X	Blindwiderstand	Ω

Leitwerte

Formelzeichen	Netzparameter	Einheit
\underline{Y}	Komplexer Leitwert (Admittanz)	S
Y	Scheinleitwert	S
G	Wirkleitwert	S
B	Blindleitwert	S

2.3 Netzelemente und Elementtypen

Die Zweigelemente können, da in der Regel Symmetrie vorausgesetzt wird, durch symmetrische π -Glieder nachgebildet werden.

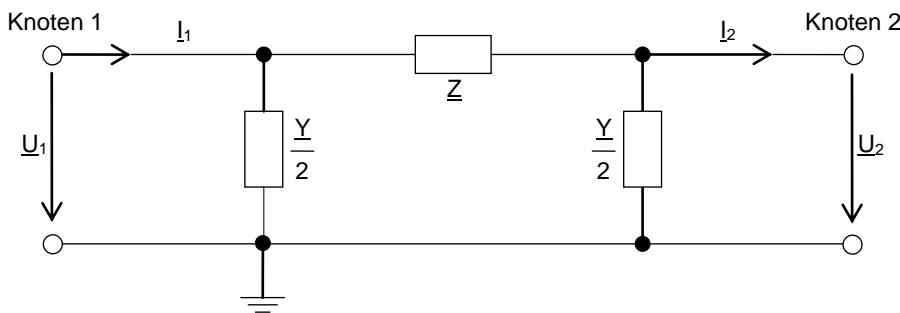


Bild: Ersatzschaltbild als Vierpol

I_1, I_2 ... Komplexer Strom in [kA]

U_1, U_2 ... Komplexe Spannung in [kV]

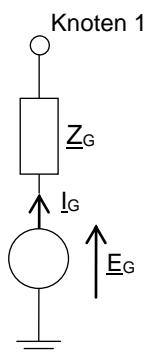
Z ... Impedanz in [Ω]

Y ... Ableitungsadmittanz in [S]

Alle Ableitungen der Zweigelemente eines Netzes führen zu einem gemeinsamen imaginären Knoten, der Erdknoten genannt wird.

Die Knotenelemente (Generatoren, Lasten) greifen in einem Netz nur an einem Knoten an, d.h. sie liegen zwischen einem beliebigen Knoten und dem Erdknoten.

Netzdarstellung

**Bild: 1-polige Nachbildung eines Generators**

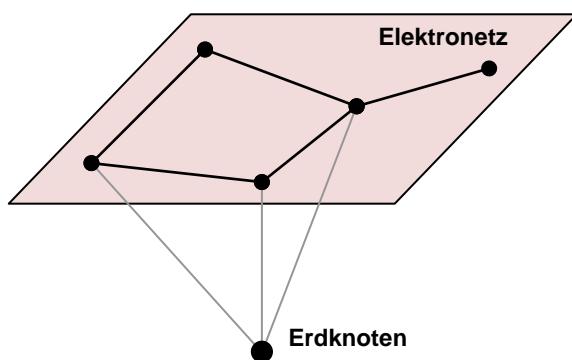
E_G ... Treibende Spannung in [kV]

I_G ... Generatorstrom in [kA]

Z_G ... Impedanz des Generators in [Ω]

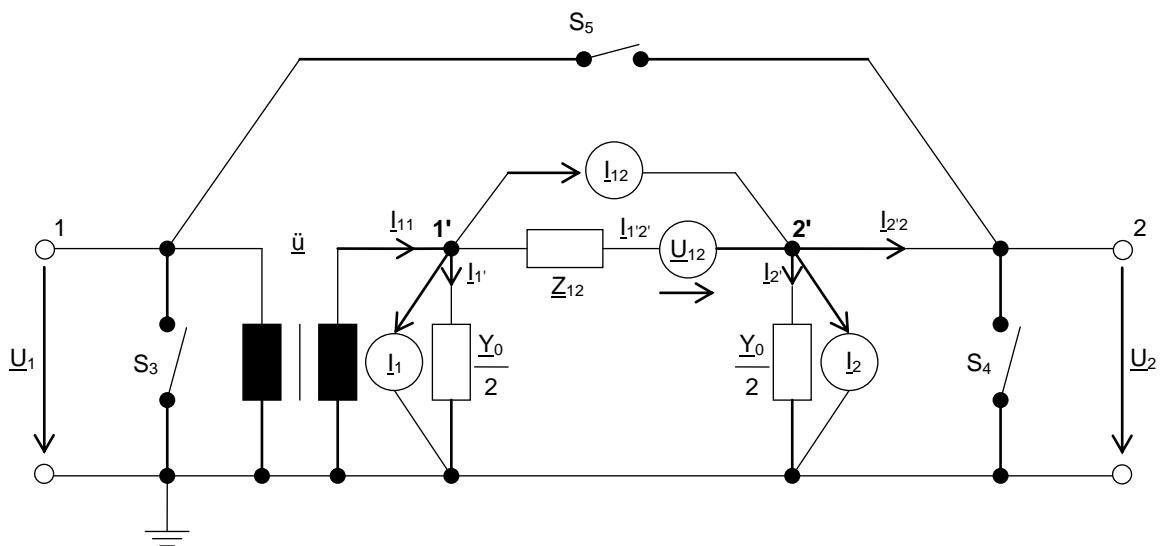
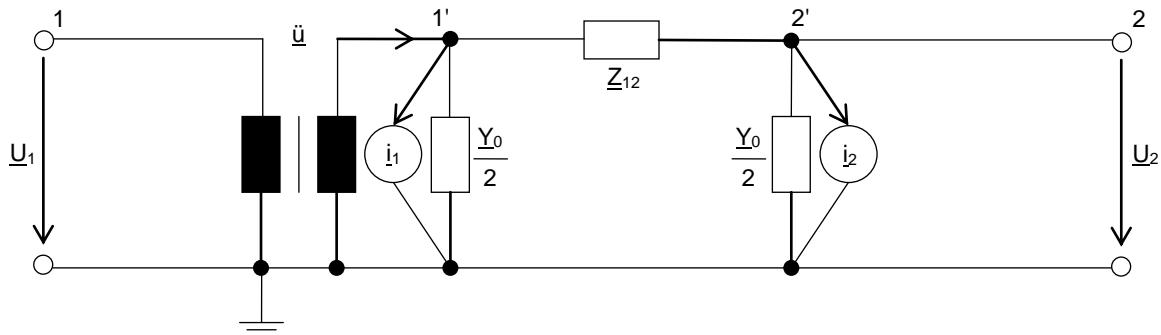
Mit Hilfe eines Erdknotens wird daher das (einphasige) Drehstromnetz in einem Wechselstromnetz abgebildet. In diesem Netz gilt der Satz von der Erhaltung der Energie (Leistung), d.h. das Netz ist für sich abgeschlossen und außerdem gehorchen Strom und Spannung den beiden Kirchhoffischen Regeln, der Knoten- und der Maschenregel. Die aktiven Netzelemente sind Strom- oder Spannungsquellen, die passiven Elemente sind Widerstände.

Denkt man sich ein Netz in einer Ebene gezeichnet und darunter den Erdknoten, so ergibt sich folgendes Ersatznetz:

**Bild: Netznachbildung mit Erdknoten**

Zum Erdknoten führen alle Knotenelemente und die Ableitungen der Zweigelemente. Alle aktiven Netzelemente (Generatoren) führen zum Erdknoten.

Alle Netzelemente werden durch ein Ersatzschaltbild nachgebildet, in dem alle Größen komplex, normiert und transformiert eingesetzt werden.

**Bild: Allgemeines Ersatzschaltbild****Bild: Spezifisches Ersatzschaltbild**

- \underline{U}_1 ... Spannung am Eingang in [kV]
- \underline{U}_2 ... Spannung am Ausgang in [kV]
- Z_{12} ... Impedanz zwischen Eingang und Ausgang in [Ω]
- Y_0 ... Ableitungsadmittanz in [S]
- \underline{U}_{12} ... Spannungsquelle zwischen Eingang und Ausgang in [kV]
- I_{12} ... Stromquelle zwischen Eingang und Ausgang in [kA]
- I_1 ... Stromquelle zwischen Eingang und Erdknoten in [kA]
- I_2 ... Stromquelle zwischen Ausgang und Erdknoten in [kA]
- $I_{1'}$... Ableitungsstrom am Eingang in [kA]
- $I_{2'}$... Ableitungsstrom am Ausgang in [kA]
- I_{11} ... Eingangsstrom in [kA]
- I_{22} ... Ausgangsstrom in [kA]
- $I_{1'2'}$... Strom vom Eingang zum Ausgang in [kA]
- S_3 ... Schalter zwischen Eingang und Erdknoten
- S_4 ... Schalter zwischen Ausgang und Erdknoten
- S_5 ... Schalter zwischen Eingang und Ausgang

Ü ... Übersetzungsverhältnis

Je nach Netzelement wird das allgemeine Ersatzschaltbild verschaltet und mit den entsprechenden Werten versehen. Es ergibt sich so das für das jeweilige Netzelement spezifische Ersatzschaltbild.

2.4 Netzebenen und Normierung

Netze verschiedener Nennspannung sind durch Transformatoren verbunden. Alle Netzelemente mit gleicher Nennspannung ergeben eine Netzebene; so z.B. die 110 kV und 20 kV Netzebene in folgendem Bild:

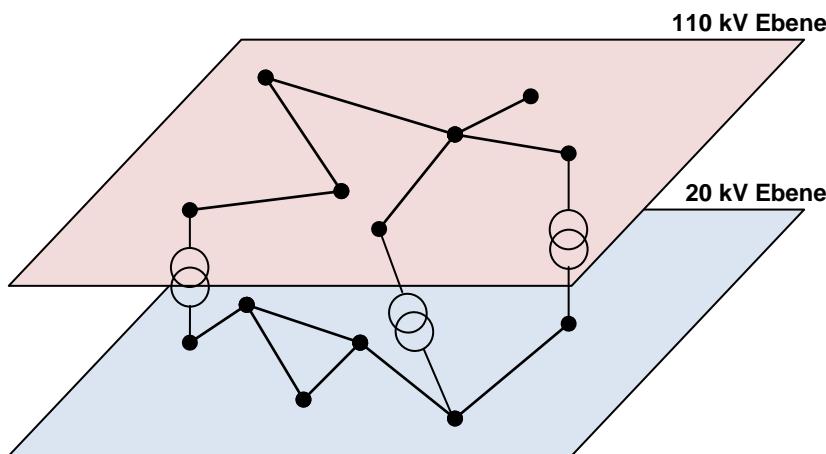


Bild: Netznachbildung bei verschiedenen Spannungsebenen

Vom Programm wird die Kurzschlussrechnung nicht in verschiedenen Spannungsebenen ausgeführt, sondern durch Normierung mit der Nennspannung U_N der jeweiligen Netzebene werden alle Spannungsebenen in einer Bezugsebene abgebildet.

Es gilt:

$$\underline{U} \rightarrow \underline{u} = \frac{\underline{U}}{U_N}$$

$$\underline{I} \rightarrow \underline{i} = \underline{I} * U_N$$

$$\underline{S} \rightarrow \underline{s}$$

$$\underline{Z} \rightarrow \underline{z} = \frac{\underline{Z}}{U_N^2}$$

S ... Komplexe Scheinleistung in [MVA]

U ... Komplexe Spannung in [kV]

u ... Normierte komplexe Spannung in [kV]

I ... Komplexer Strom in [kA]

- \underline{I} ... Normierter komplexer Strom in [kA]
- \underline{Z} ... Impedanz in [Ω]
- \underline{Z}_n ... Normierte Impedanz in [Ω]
- U_N ... Nennspannung in [kV]

Bei dieser Normierung bleibt die Leistung unverändert.

2.5 Gewählte Eingabedaten

Für die Impedanzen der Netzelemente sind die Mit-, Gegen- und Nullsystemimpedanzen anzugeben. Diese Form der Impedanzeingabe wurde gewählt, da alle in PSS SINCAL verwendeten Kurzschlussverfahren (VDE, IEC, ANSI und G74) mit den Mit-, Gegen- und Nullsystemimpedanzen der einzelnen Netzelemente durchgeführt werden müssen.

Die Mit-, Gegen- und Nullimpedanzen der einzelnen Netzelemente sind vom Hersteller zu erfragen. Üblicherweise gibt es von den einzelnen Herstellern dazu Datenblätter, Typenschilder, Tabellenbücher oder ähnliches.

Für Maschinen und Transformatoren sind auf jedem Fall die Angaben der Hersteller heranzuziehen. Für passive Netzelemente können die Mit-, Gegen- und Nullsystemimpedanzen aus der Leiterimpedanz und der Rückleiterimpedanz (Erdimpedanz) wie folgend errechnet werden:

$$Z_1 = Z_l$$

$$Z_2 = Z_l$$

$$Z_0 = Z_l + 3 * Z_e$$

Für die impedanzlose Rückleitung gilt somit Folgendes:

$$Z_1 = Z_2 = Z_0 = Z_l$$

$$R_0 / R_1 = 1,0 \quad \text{und} \quad X_0 / X_1 = 1,0$$

Für die Rückleiterimpedanz ident Leiterimpedanz gilt somit Folgendes:

$$Z_1 = Z_2 = Z_l$$

$$Z_0 = Z_l + 3 * Z_l = 4 * Z_l$$

$$R_0 / R_1 = 4,0 \quad \text{und} \quad X_0 / X_1 = 4,0$$

- Z_1 ... Mitsystemimpedanz
- Z_2 ... Gegensystemimpedanz
- Z_0 ... Nullsystemimpedanz
- Z_l ... Leiterimpedanz
- Z_e ... Rückleiterimpedanz (Erdimpedanz)
- R_0/R_1 ... Verhältnis Null-/Mitsystemwiderstand

X0/X1 ... Verhältnis Null-/Mitsystemreaktanz

In wenigen Ausnahmen ist die Eingabe der Impedanz des Rückleiters (Erde), der Sternpunktimpedanz, etc. anzugeben. Bitte beachten Sie hierzu die Feldbeschreibung in den einzelnen Dialogen.

Netzmodellierung mit Komponentendaten

Bei Nachbildung des Netzes mit symmetrischen Komponenten (Mit-, Gegen- und Nullsystem) muss die Topologie der Leiter identisch mit der Topologie des Rückleiters sein. Für die Ströme in jedem Anschluss eines Netzelementes gilt:

$$I_{\text{Rückleiter}} = I_{\text{Leiter1}} + I_{\text{Leiter2}} + I_{\text{Leiter3}}$$

Nur Rückleiter oder Erdverbindungen müssen in den Nullsystemdaten enthalten sein.

Netzmodellierung mit Leiterdaten

Bei Nachbildung des Netzes mit Leiterdaten (L1, L2, L3 sowie Rückleiter und Erdverbindungen) muss die Topologie der Leiter nicht identisch mit der Topologie der Rückleiter sein.

Wenn im Netz Rückleiter- oder Erdverbindungen vorhanden sind, kann das Netz nicht mehr in symmetrische Komponenten übergeführt und berechnet werden. Es muss dann eine Berechnung mit Leiterdaten erfolgen. Hierbei ist zu beachten, dass die Kurzschlussberechnungen dann nicht mehr exakt nach Norm durchgeführt werden, da hier eine Berechnung mit symmetrischen Komponenten vorausgesetzt wird.

2.6 Vereinbarungen für Eingabedaten

Für die Eingabedaten aller Netzelemente gelten je nach Eingabemöglichkeiten die folgenden Vereinbarungen:

- Leistungen: Es ist immer die komplette Leistung aller Leiter anzugeben.
- Impedanzen: Es ist immer die Impedanz je Leiter anzugeben.
- Spannungen: Es ist immer die verkettete Spannung anzugeben.

Mit diesen Vereinbarungen können alle vorhandenen symmetrischen Netze ohne Änderung von Eingabedaten direkt in die unsymmetrische Lastflussberechnung mit einbezogen werden. Nach einer eventuellen Erweiterung von unsymmetrischen Netzteilen kann ebenfalls sofort ein unsymmetrischer Lastfluss durchgeführt werden.

Die Darstellung der Netzelemente in der Grafik erfolgt – unabhängig an welchen Leitern das Netzelement vorhanden ist – immer einphasig.

Hinweis: PSS SINCAL ermittelt abhängig von Leitern und Schaltgruppe die jeweils notwendige Spannung aus der anzugebenden verketteten Spannung. Auch bei einphasigen Leitungen, bei Transformatoren mit einer Wicklung gegen Erde und deren Netzebene ist daher die verkettete Spannung in den Basisdaten anzugeben.

2.7 Unsymmetrische Fehler

Bei unsymmetrischen Fehlern, z.B. 1-poligem Erdschluss, sind die Phasenströme und Phasenspannungen nicht gleich groß. Daher muss das Drehstromsystem in seine drei symmetrischen Komponenten (Mit-, Gegen-, Nullsystem) zerlegt werden.

Daraus ist ersichtlich, dass für unsymmetrische Fehlerfälle neben den Mitsystemdaten auch die Gegen- und Nullsystemdaten der Betriebsmittel erforderlich sind.

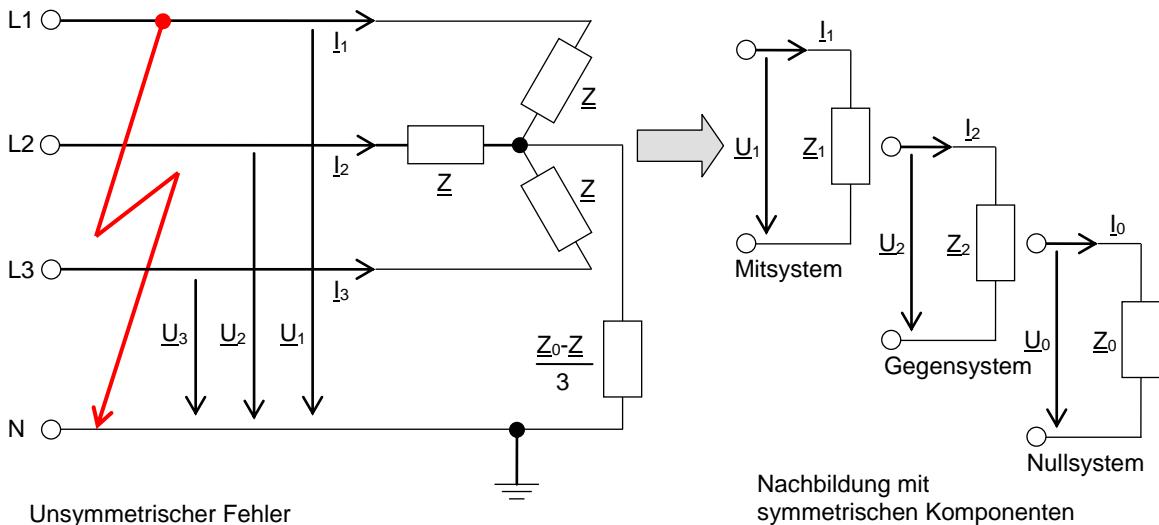


Bild: Überführung in symmetrische Komponenten

Symmetrisches Drehstromsystem

Die Zeiger der drei Spannungen bzw. Ströme bilden stets geschlossene Dreiecke. Die Zeiger sind gleich groß und um 120° gegeneinander phasenverschoben.

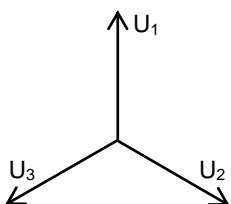


Bild: Zeigerdiagramm der symmetrischen Spannungen

Unsymmetrisches Drehstromsystem mit Dreileiternetz

Die Zeiger der drei Spannungen bzw. Ströme bilden stets geschlossene Dreiecke. Die Zeiger sind nicht mehr gleich groß und nicht mehr um 120° gegeneinander phasenverschoben.

Beim Drehstromsystem unterscheidet man Drei- und Vierleiternetze. Im Dreileiternetz muss zu jedem Zeitpunkt die Summe der drei Spannungen und Ströme 0 sein.

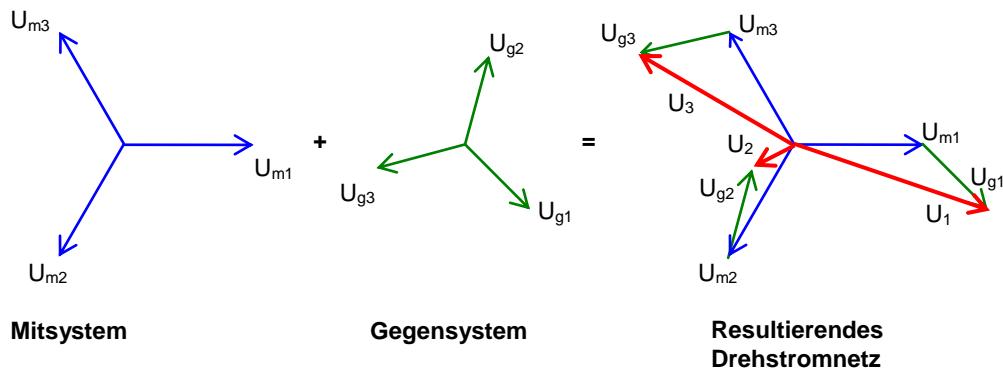


Bild: Zeigerdiagramm der Spannungen im Dreileiternetz

Unsymmetrisches Drehstromsystem mit Vierleiternetz

In dieses Drehstromsystem können im Gegensatz zum Dreileiternetz noch Spannungen und Ströme am bzw. im vierten Leiter auftreten.

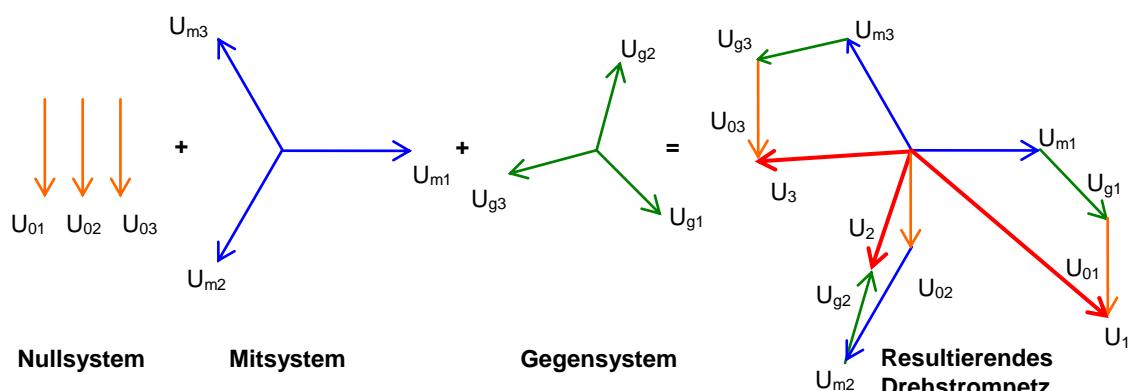


Bild: Zeigerdiagramm der Spannungen im Vierleiternetz

3. Datenbeschreibung

In den folgenden Beschreibungen werden die verfügbaren Elemente mit folgender Struktur beschrieben:

- Bild der entsprechenden Datenmaske
- Beschreibung der Felder je nach Elementart

3.1 Netzaufbau

Je nach Aufgabenstellung können mit PSS SINCAL verschiedenste Berechnungen von elektrischen Netzen durchgeführt werden.

Unabhängig von der Aufgabenstellung muss das Netz jedoch mit Hilfe von

- allgemeinen Daten,
- Knoten,
- Einspeisungen und Verbrauchern bzw.
- Zweigelementen und Transformatoren

für die Berechnung erfasst werden.

Die folgenden Elemente sind verfügbar:

- [Knoten bzw. Sammelschiene](#)
- [Anschluss](#)
- [Netzebene](#)
- [Netzbereich](#)
- [Netzbereichtransfer](#)
- [Netzzone](#)
- [Netzelementgruppe](#)
- [Grafische Elementgruppe](#)

3.1.1 Knoten bzw. Sammelschiene



Mit diesem Element wird ein Knoten bzw. eine Sammelschiene definiert. Dies erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knoten/Sammelschiene – Knoten** oder **Sammelschiene**.

Eine Übersicht der Felder für den Knoten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Knoten

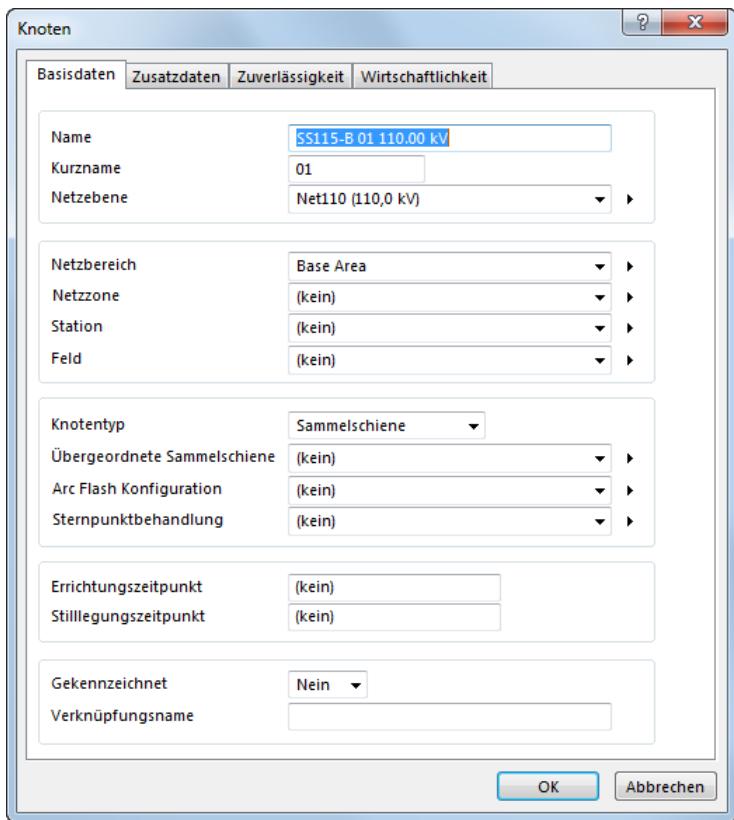


Bild: Datenmaske Knoten – Basisdaten

Der Knoten stellt ein Grundelement im Netz dar. An ihm werden weitere Zweigelemente (Leitungen und Transformatoren) sowie Knotenelemente (Einspeisungen und Verbraucher) angeschlossen.

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient. Diese muss nicht eindeutig sein. Zusätzlich kann mit **Kurzname** eine Kurzbezeichnung vergeben werden, die eine übersichtlichere Darstellung in der Netzgrafik ermöglicht.

Mit dem Feld **Netzbereich** wird dem Knoten ein **Netzbereich** zugeordnet. Mit Hilfe des Netzbereiches können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden. Speziell bei der Lastflussberechnung sind Netzbereiche zur Analyse von Transferleistungen und Verlusten sinnvoll.

Mit dem Feld **Netzzone** wird dem Knoten eine Zone zugeordnet. Damit können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden.

Über die Felder **Station** und **Feld** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Das Feld **Knotentyp** dient zur Steuerung der Ermittlung der Abgänge.

Mit dem Feld **Übergeordnete Sammelschiene** wird eine Zuordnung zu einem **übergeordneten Sammelschienenobjekt** erstellt. Diese Zuordnung ermöglicht ein detaillierteres Modellieren von Sammelschienen mit deren Sammelschienenschnitten.

Über das Feld **Arc Flash Konfiguration** wird der Knoten in die Ermittlung des **Arc Flash** mit einbezogen.

Durch die **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben. Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen der Knoten fertig gestellt bzw. stillgelegt wird.

Über das Feld **Gekennzeichnet** kann der Knoten für die Diagrammausgabe bzw. für die Ergebnisspeicherung gekennzeichnet werden. Für Spannungsverlaufsdigramme werden gekennzeichnete Knoten bevorzugt als Anfangsknoten des Diagrammes verwendet.

Im Feld **Verknüpfungsname** kann ein beliebiger Verknüpfungsname für den Knoten angegeben werden. Dieser Name wird verwendet, um eine eindeutige Zuordnung der Knoten bei Verwendung von Include Netzen zu ermöglichen.

Zusatzzdaten Knoten

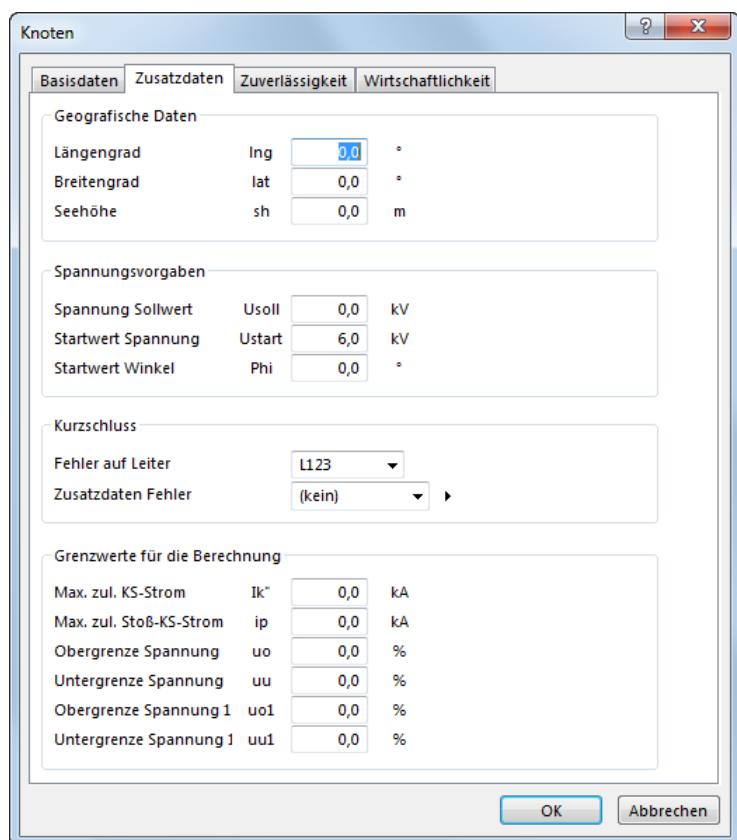


Bild: Datenmaske Knoten – Zusatzzdaten

Geografische Daten

Die folgenden Felder dienen zur Dokumentation. Damit kann die geografische Position des Knotens definiert werden:

- **Längengrad:**
Der Längengrad (geografische Länge) ist der Winkel vom Nullmeridian.

- **Breitengrad:**

Der Breitengrad (geografische Breite) ist der Winkel vom Äquator.

- **Seehöhe:**

Die Seehöhe bestimmt die Höhe des Knotens über den Meeresspiegel.

Die beim Knoten hinterlegten geografischen Daten werden auch von verschiedenen Funktionen der PSS SINCAL Benutzeroberfläche zum lagerichtigen Einpassen des Knotens herangezogen. So werden diese beispielsweise zur Referenz-Positionsbestimmung bei Hintergrundkarten oder beim Google Earth Export verwendet.

Spannungsvorgaben

Mit Hilfe des Feldes **Spannung Sollwert** kann eine bevorzugte Spannung für diesen Knoten definiert werden. Dieser Wert wird ausschließlich von den Rechenverfahren Dynamik und Zuverlässigkeit verwendet. Für die dynamische Berechnung wird mit diesem Feld die bevorzugte Spannung eines geregelten Knotens (bei Transformatormodellierung) definiert. Dieser Wert wird nur dann verwendet, wenn dieser ungleich Null ist.

Mit den Feldern **Startwert Spannung** und **Startwert Winkel** kann ein Ausgangswert für die Lastflussberechnung vorgegeben werden. Damit ist es möglich, den Lastflussalgorithmus zu beschleunigen, da bei passenden Spannungswerten weit weniger Iterationen notwendig sind, um das Lastflussproblem zu lösen. Der Spannungsstartwert wird nur dann verwendet, wenn dieser ungleich Null ist und in den [Lastfluss Berechnungsparametern](#) die Option **Flat Start** deaktiviert wird.

In Netzen, die über die Funktion **Datei – Import – PSS E** von PSS[®]E importiert wurden, steht im Feld **Startwert Spannung** der Wert VM (Bus Voltage Magnitude) und im Feld **Startwert Winkel** der Wert VA (Bus Voltage Phase Angle) aus der RAW Datei. Diese Werte können daher für einen Vergleich von Lastflussergebnissen herangezogen werden.

Kurzschluss

In diesem Abschnitt können ergänzende Daten für die Kurzschlussberechnung definiert werden.

Mit dem Feld **Fehler auf Leiter** kann für unsymmetrische Kurzschlüsse festgelegt werden, auf welchem Leiter der Fehler berechnet wird (z.B.:L2 für einpoligen Kurzschluss).

Mit den **Zusatzzdaten Fehler** können individuelle Lichtbogen- und Erdübergangsimpedanzen für einen Fehler an diesem Knoten definiert werden (siehe Kapitel [Zusatzzdaten Fehler](#)). Falls hier nichts zugeordnet wird, werden zuerst die entsprechenden Daten aus der Netzebene herangezogen und danach jene von den Berechnungsparametern.

Grenzwerte für die Berechnung

Für Auswertungen der unterschiedlichen Berechnungsverfahren sind am Knoten weitere Felder vorgesehen:

- Maximaler zulässiger Kurzschlussstrom
- Maximaler zulässiger Stoßkurzschlussstrom
- Obergrenze Spannung
- Untergrenze Spannung
- Obergrenze Spannung 1

- Untergrenze Spannung 1

Das Über- oder Unterschreiten der vordefinierten Grenzwerte bzw. Maximalwerte wird von der Berechnung protokolliert. In den Berechnungsergebnissen wird aufgelistet, wie viele Verletzungen der vordefinierten Grenzwerte aufgetreten sind.

Die zusätzlichen Spannungsgrenzen können aus Kompatibilitätsgründen zu anderen Datenformaten angegeben werden.

Zuverlässigkeit Knoten

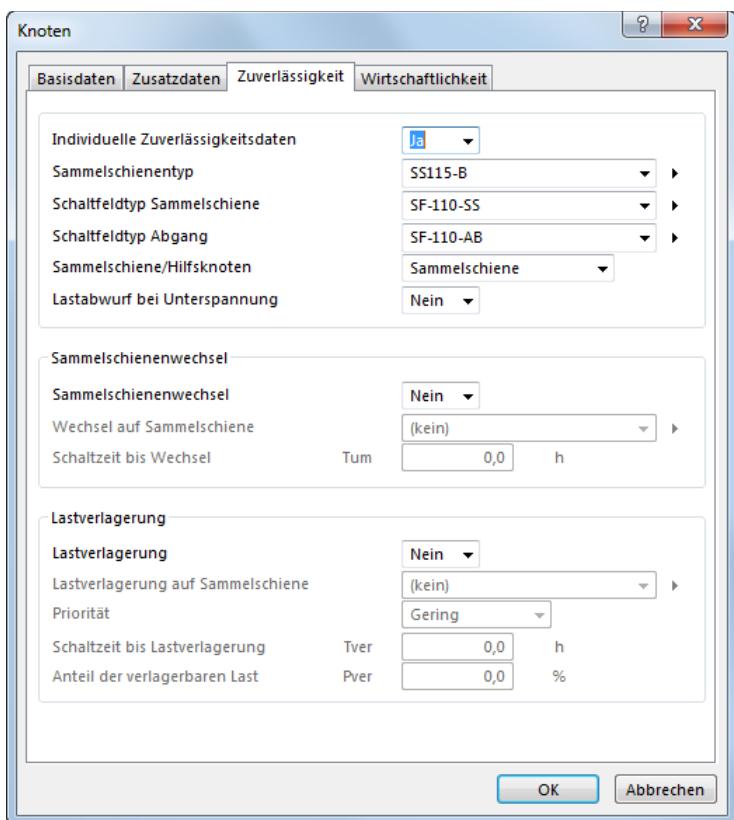


Bild: Datenmaske Knoten – Zuverlässigkeit

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitsdaten** wird festgelegt, ob der Knoten am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Mit den **Sammelschienentyp**, **Schaltfeldtyp Sammelschiene** und **Schaltfeldtyp Abgang** werden Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Über das Feld **Sammelschiene/Hilfsknoten** kann der Knoten für die Zuverlässigkeit als Hilfsknoten definiert werden. Es ist allerdings zu beachten, dass an Hilfsknoten keine Schaltfelder und Schutzgeräte angegeben werden dürfen.

Über das Feld **Lastabwurf bei Unterspannung** kann der Lastabwurf bei Unterspannung aktiviert werden.

Sammelschienenwechsel

Mit den Feldern **Sammelschienenwechsel**, **Wechsel auf Sammelschiene** und **Schaltzeit bis Wechsel** können die Daten für einen Sammelschienenwechsel festgelegt werden.

Lastverlagerung

Mit den Feldern **Lastverlagerung**, **Lastverlagerung auf Sammelschiene**, **Priorität**, **Schaltzeit bis Lastverlagerung** und **Anteil der verlagerbaren Last** kann eine Lastverlagerung festgelegt werden.

Wirtschaftlichkeit Knoten

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Knoten sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.1.2 Anschluss

Die Anschlussdaten des Netzelementes werden automatisch mit dem jeweiligen Netzelement erzeugt. Sie beinhalten die topologische Verbindung von den Netzelementen zu den Knoten. Durch Klicken des Anschlussknopfes in der jeweiligen Netzelementmaske kann der Anschluss bearbeitet werden.

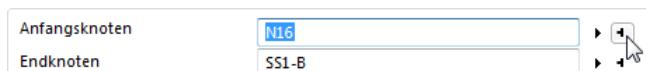


Bild: Anschluss am Anfangsknoten eines Zweikellers bearbeiten

Eine Übersicht der Felder für den Anschluss ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Anschluss

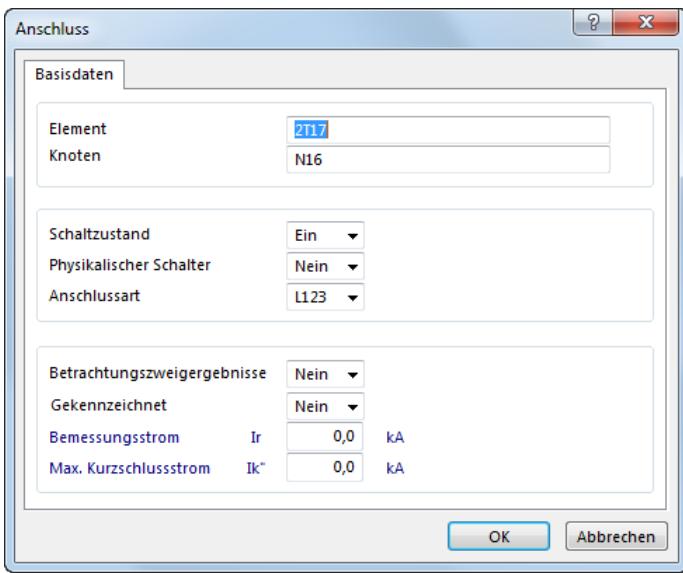


Bild: Datenmaske Anschluss

Mit dem Feld **Element** werden Anschlussdaten einem Netzelement zugeordnet.

Mit dem Feld **Knoten** wird die Verbindung des Netzelementes zu den Knoten festgelegt.

Mit dem Feld **Schaltzustand** kann an diesem Anschluss ein Schalter platziert werden.

Im Feld **Physikalischer Schalter** wird festgelegt, ob beim Datenexport in PSS NETOMAC ein zusätzlicher kurzer Zweig generiert wird.

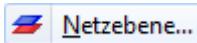
Die **Anschlussart** legt fest, an welchen Leitern das Netzelement an den Knoten angeschlossen ist.

Mit dem Feld **Betrachtungszweigergebnisse** wird festgelegt, ob bei der Kurzschlussberechnung Betrachtungszweigergebnisse erzeugt werden.

Über das Feld **Gekennzeichnet** kann das zugeordnete Netzelement für die Diagrammausgabe bzw. für die Ergebnisspeicherung gekennzeichnet werden.

Mit den Feldern **Bemessungsstrom** und **maximaler Kurzschlussstrom** können technische Vorgaben rein für Dokumentationszwecke durchgeführt werden.

3.1.3 Netzebene



In PSS SINCAL müssen alle Netzelemente einem elektrischen Teilnetz zugeordnet werden. Das elektrische Teilnetz wird mit der Netzebene gebildet. Die Netzebene definiert neben der Nennspannung auch global gültige Daten, die von den verschiedenen Berechnungsmethoden verwendet werden.

Datenbeschreibung

Eine weitere Besonderheit der Netzebene ist, dass für diese spezielle Lastflussergebnisse bereitgestellt werden. Anhand dieser Ergebnisse können die in der Netzebene auftretenden Verluste ausgewertet werden.

Die Verwaltung von Netzebenen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Netzebene**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Netzebene ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Netzebene

Oberschwingung	Schutz	Zuverlässigkeit																											
Basisdaten	Kurzschluss	Optimierung																											
<table border="1"> <tr> <td>Name</td> <td colspan="2">Medium-Voltage</td> </tr> <tr> <td>Kurzname</td> <td colspan="2">MV</td> </tr> <tr> <td>Nennspannung</td> <td>Un</td> <td>6,0 kV</td> </tr> <tr> <td>Betriebsspannung</td> <td>U betr</td> <td>0,0 kV</td> </tr> <tr> <td>Frequenz</td> <td>f</td> <td>50,0 Hz</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Freileitungstemp.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tfl</td> <td>20,0 °C</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Kabeltemperatur</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tkab</td> <td>20,0 °C</td> </tr> </table>			Name	Medium-Voltage		Kurzname	MV		Nennspannung	Un	6,0 kV	Betriebsspannung	U betr	0,0 kV	Frequenz	f	50,0 Hz	Freileitungstemp.				Tfl	20,0 °C	Kabeltemperatur				Tkab	20,0 °C
Name	Medium-Voltage																												
Kurzname	MV																												
Nennspannung	Un	6,0 kV																											
Betriebsspannung	U betr	0,0 kV																											
Frequenz	f	50,0 Hz																											
Freileitungstemp.																													
	Tfl	20,0 °C																											
Kabeltemperatur																													
	Tkab	20,0 °C																											

Bild: Basisdaten der Netzebene

Die Netzebene ermöglicht die Eingabe von Vorgabedaten für ein elektrisches Teilnetz.

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient. Diese muss nicht eindeutig sein. Zusätzlich kann mit **Kurzname** eine Kurzbezeichnung vergeben werden.

Über das Feld **Nennspannung** wird die verkettete Spannung der Netzebene angegeben. Diese Nennspannung wird jenen Elementen zugeordnet, die auf diesen Netzbereich verweisen.

Das Feld **Betriebsspannung** (verkettet) wird in der Berechnung zur Ermittlung der Abschaltleistung herangezogen.

Über das Feld **Frequenz** wird die Grundfrequenz für die dieser Netzebene zugeordneten Netzelemente angegeben. Dies gilt für alle Berechnungsverfahren außer der Rundsteuerung.

Die Felder **Freileitungstemperatur** und **Kabeltemperatur** dienen zur Umrechnung des Wirkwiderstandes (bezogen auf 20 °C) bei Leitungen auf die angegebene Temperatur (ausgenommen minimale Kurzschlussberechnung). Für Verbindungen wird die Kabeltemperatur herangezogen.

Weitere Informationen zu den Eingabedaten sind unter den [Vereinbarungen für Eingabedaten](#) verfügbar.

Kurzschluss Netzebene

Oberschwingung	Schutz	Zuverlässigkeit																												
Basisdaten	Kurzschluss	Optimierung																												
<p>Berechne Kurzschluss <input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p>Berechne Sternpunktströme <input type="checkbox"/> Nein</p> <p>Spannung (VDE) <input type="button" value="c-Wert"/></p> <table> <tr> <td>c-Wert</td> <td>c</td> <td>1,1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Schaltverzug</td> <td>ts</td> <td>0,1</td> <td>s</td> </tr> <tr> <td>Max. zul. Stoßstrom</td> <td>ip max</td> <td>0,0</td> <td>kA</td> </tr> <tr> <td>Max. zul. Abschaltstrom</td> <td>Ia max</td> <td>0,0</td> <td>kA</td> </tr> <tr> <td>Spannungstoleranz</td> <td colspan="3">10 %</td> </tr> <tr> <td>Vorfehlerspannung (ANSI)</td> <td colspan="3">1,0 pu</td> </tr> <tr> <td>Zusatzdaten Fehler</td> <td colspan="3">(kein) <input type="button" value="..."/></td> </tr> </table>			c-Wert	c	1,1	1	Schaltverzug	ts	0,1	s	Max. zul. Stoßstrom	ip max	0,0	kA	Max. zul. Abschaltstrom	Ia max	0,0	kA	Spannungstoleranz	10 %			Vorfehlerspannung (ANSI)	1,0 pu			Zusatzdaten Fehler	(kein) <input type="button" value="..."/>		
c-Wert	c	1,1	1																											
Schaltverzug	ts	0,1	s																											
Max. zul. Stoßstrom	ip max	0,0	kA																											
Max. zul. Abschaltstrom	Ia max	0,0	kA																											
Spannungstoleranz	10 %																													
Vorfehlerspannung (ANSI)	1,0 pu																													
Zusatzdaten Fehler	(kein) <input type="button" value="..."/>																													

Bild: Kurzschlussdaten der Netzebene

Das Feld **Berechne Kurzschluss** aktiviert oder deaktiviert die Berechnung des Kurzschlusses an den Knoten dieser Netzebene.

Das Feld **Berechne Sternpunktströme** aktiviert oder deaktiviert die Ermittlung der Sternpunktströme bei allen Knoten dieser Netzebene.

Mit dem Feld **Spannung (VDE)** wird festgelegt, ob der **c-Wert** zur Ermittlung der treibenden Spannung oder die **treibende Spannung** direkt eingegeben wird.

Über das Feld **Schaltverzug** wird die Zeit vom Eintritt des Kurzschlusses bis zur Abschaltung angegeben.

Die Felder **maximal zulässiger Stoßstrom** und **maximal zulässiger Abschaltstrom** werden zur Auswertung der Berechnungsergebnisse verwendet.

Die **Spannungstoleranz** wird für die Kurzschlussberechnung nach VDE bzw. IEC benötigt. Diese bestimmt, welcher maximale c-Wert für Niederspannungsnetze ausgewählt wird.

Die **Vorfehlerspannung (ANSI)** legt die treibende Spannung für die Kurzschlussberechnung nach ANSI/IEEE fest.

Mit den **Zusatzdaten Fehler** können individuelle Lichtbogen- und Erdübergangsimpedanzen für einen Fehler in dieser Netzebene definiert werden (siehe Kapitel [Zusatzdaten Fehler](#)). Falls hier nichts zugeordnet wird, werden die entsprechenden Daten aus den Berechnungsparametern herangezogen.

Optimierung Netzebene

Oberschwingung	Schutz	Zuverlässigkeit
Basisdaten	Kurzschluss	Optimierung
Ermittlung der opt. Trennstellen Ermittlung Trennstellen <input type="button" value="Alle Anschlüsse"/>		
Ermittlung der Kompensationsleistung Ermittlung Kompensation <input type="button" value="Leistungsfaktor"/> Cosinus Phi induktiv Ind <input type="text" value="0,95"/> 1 Cosinus Phi kapazitiv Kap <input type="text" value="-0,95"/> 1		
Lastsymmetrierung Symmetrierung der Abnahmen <input type="button" value="Ja"/>		

Bild: Optimierungsdaten der Netzebene

Ermittlung der optimalen Trennstellen

Über das Feld **Ermittlung Trennstellen** kann parametriert werden, ob und wie eine Trennstellenoptimierung für die gewählte Netzebene durchgeführt wird:

- Keine:
Für diese Netzebene wird keine Ermittlung der optimalen Trennstellen durchgeführt.
- Alle Anschlüsse:
Diese Option bewirkt, dass die Trennstellen für die Anschlüsse aller Netzelemente ermittelt werden.
- Nur physikalische Schalter:
Mit dieser Option werden die Trennstellen nur an jenen **Netzelementanschlüssen** ermittelt, an denen tatsächlich physikalische Schalter vorhanden sind. Ein physikalischer Schalter wird wahlweise durch das Attribut "physikalische Schalter" im Anschluss gekennzeichnet oder durch den Einbau eines **Schalters**.

Ermittlung der Kompensationsleistung

Über das Feld **Ermittlung Kompensationsleistung** wird für die Netzebene die Kompensationsleitung an den Transformatorknoten aktiviert und gesteuert. Es kann zwischen folgenden Optionen gewählt werden:

- Keine:
Für diese Netzebene wird keine Ermittlung der Kompensationsleistung durchgeführt.
- Leistungsfaktor:
Mit dieser Option werden die Transformatoren anhand der schlechtesten Leistungsfaktoren zur Bestimmung der Kompensationsleistung herangezogen.

Die Zielfunktion der Kompensationsleistungsermittlung ist immer ein möglichst geringer Blindleistungsanteil in der Netzebene.

Der **Cosinus Phi induktiv** und der **Cosinus Phi kapazitiv** geben die Grenzen für die maximale Kompensationsleistung vor.

Lastsymmetrierung

Über das Feld **Symmetrierung der Abnahmen** wird festgelegt, ob die Abnehmer dieser Netzebene an der Lastsymmetrierung teilnehmen.

Oberschwingung Netzebene

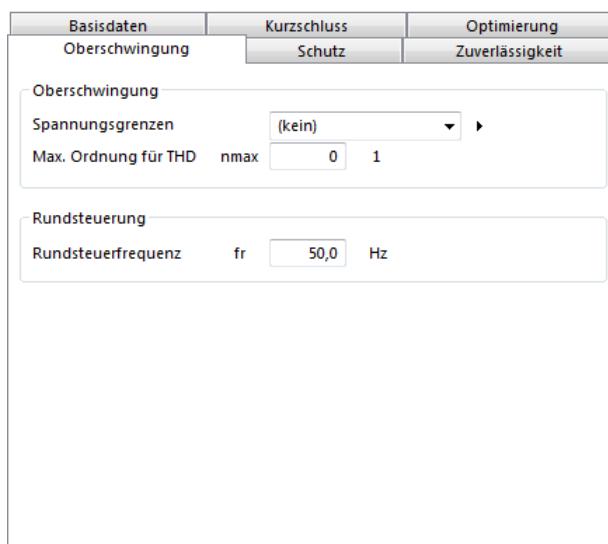


Bild: Oberschwingungsdaten der Netzebene

Oberschwingung

Über das Feld **Spannungsgrenzen** können für die einzelnen Ordnungszahlen Maximalwerte für die Oberschwingungsspannung angegeben werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske [Oberschwingungs-Pegel](#).

Im Feld **Max. Ordnung für THD** wird jene maximale Ordnungszahl angegeben, die bei der Berechnung des THD (Total Harmonic Distortion) noch berücksichtigt wird. Oberschwingungsergebnisse mit höheren Ordnungszahlen fließen nicht mehr in die Berechnung des THD ein.

Rundsteuerung

Über das Feld **Rundsteuerfrequenz** wird die Grundfrequenz für die dieser Netzebene zugeordneten Netzelemente angegeben.

Schutz Netzebene

Basisdaten	Kurzschluss	Optimierung
Oberschwingung	Schutz	Zuverlässigkeit
Lichtbogenwiderstände für Einstellwertermittlung		
Impedanzmessung	Keine	
Mischimpedanzmessung	Keine	
Konduktanzmessung	Keine	
Impedanzpolygon	Faktor R aus X	P_fR 1,5 pu
MHO Kreis	Keine	
Prüfung für Lastauslösung		
Aufschlag Strom	fI 20,0 %	
Aufschlag Winkel	dPhi 5,0 °	
Abschlag Impedanz	fZ 20,0 %	
Spannung I/t Diagramm	Udgr 0,0 kV	

Bild: Schutzdaten der Netzebene

Lichtbogenwiderstände für Einstellwertermittlung

Mit den Feldern **Impedanzmessung**, **Mischimpedanzmessung**, **Konduktanzmessung**, **Impedanzpolygon** und **MHO Kreis** kann für Schutzgeräte mit der korrespondierenden Messart die Ermittlung eines Lichtbogenwiderstandes definiert werden.

Für jede Messart können folgende Vorgaben festgelegt werden:

- Faktor R aus X
- R Lichtbogen
- Minimum R/X

Prüfung für Lastauslösung

Im Anschluss an jede Lastflussrechnung wird die Auslösung der Schutzgeräte geprüft. Mit den Feldern **Aufschlag Strom**, **Aufschlag Winkel** und **Abschlag Impedanz** können die aktuellen Ströme und Impedanzen beaufschlagt werden.

Mit dem Feld **Spannung I/t Diagramm** kann eine benutzerdefinierte Bezugsspannung für die Strom/Zeit Diagramme definiert werden. Die Ströme in diesen Diagrammen werden dann auf die angegebene Spannung (anstatt der sonst verwendeten Netzebenennenspannung) bezogen.

Zuverlässigkeit Netzebene

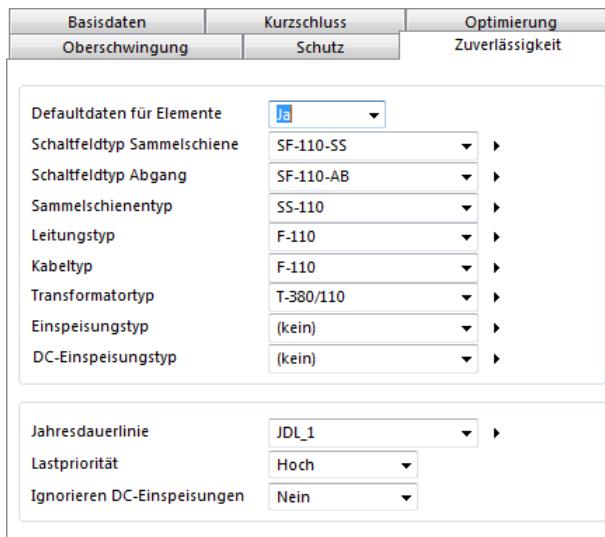


Bild: Zuverlässigkeitsdaten der Netzebene

Mit dem Feld **Defaultdaten für Elemente** wird die Zuordnung von Störungsdaten für die einzelnen Elemente ermöglicht.

Mit den **Schaltfeld Sammelschiene**, **Schaltfeldtyp Abgang**, **Sammelschienentyp**, **Leitungstyp**, **Kabeltyp**, **Transformatortyp**, **Einspeisungstyp** und **DC-Einspeisungstyp** werden Defaultwerte für Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Mit der **Jahresdauerlinie** wird die Lastverteilung über ein Jahr festgelegt.

Mit dem Feld **Lastpriorität** wird der Defaultwert für die Lastpriorität von allgemeinen Lasten und Asynchronmaschinen dieser Netzebene festgelegt.

Mit Hilfe des Feldes **Ignorieren DC-Einspeisungen** können alle DC-Einspeisungen, die Wirkleistung einspeisen, für die Zuverlässigkeitsberechnung deaktiviert werden.

3.1.4 Netzbereich



Der Netzbereich dient zur Strukturierung des Netzes, d.h. durch im GUI verfügbare Funktionen können Netzelemente anhand eines Netzbereiches eingefärbt, selektiert usw. werden. Netzbereiche können auch hierarchisch strukturiert werden, um Beziehungen und Abhängigkeiten zu beschreiben.

Eine weitere Besonderheit der Netzbereiche ist, dass für diese spezielle Lastflussergebnisse bereitgestellt werden. Anhand dieser Ergebnisse kann die Einspeisung und Abnahme in dem Netzbereich ausgewertet und die Transferleistung zwischen verschiedenen Netzbereichen detailliert analysiert werden.

Die Verwaltung von Netzbereichen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Netzbereich**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Datenbeschreibung

Eine Übersicht der Felder für den Netzbereich ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Netzbereich

Name	Area1
Kurzname	A1
Übergeordneter Netzbereich	Base Area
Transfer	
Transfer aktiv	Ja
Transfergenerator	(kein)
Transferleistung	Ptra 0,0 MW
Toleranz Transferleist.	Ptol 10,0 MW

Bild: Basisdaten des Netzbereiches

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient. Diese muss nicht eindeutig sein. Zusätzlich kann mit **Kurzname** eine Kurzbezeichnung vergeben werden.

Das Feld **Übergeordneter Netzbereich** dient zur Festlegung der Hierarchie der Netzbereiche.

Transfer

Über das Feld **Transfer aktiv** kann der Transfer aktiviert oder deaktiviert werden. Ein deaktiverter Transfer wird von der Berechnung nicht berücksichtigt.

Der **Transfergenerator** legt jenen Generator fest, der die Transferleistung bevorzugt aufbringen soll. Eine Angabe ist nicht zwingend notwendig, da die Generatoren anhand der primären Leistungszahl die Leistung übernehmen.

Mit den Feldern **Transferleistung** und **Toleranz Transferleistung** wird jene Leistung festgelegt, die aus dem Netzbereich exportiert wird.

Ausfallanalyse Netzbereich

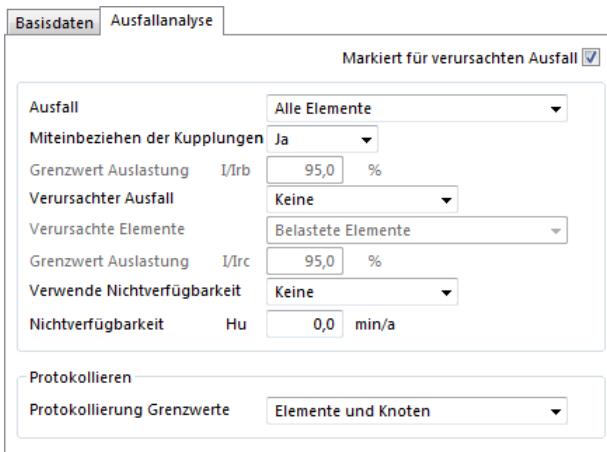


Bild: Ausfallanalysedaten des Netzbereiches

Das Feld **Ausfall** aktiviert, deaktiviert oder steuert die Elemente des Netzbereiches für die Ausfallanalyse.

- Keine:
Es fallen keine Elemente aus.
- Alle Elemente:
Es fallen alle Elemente aus.
- Belastete Elemente:
Es fallen alle Elemente aus, deren **Grenzwert Auslastung** überschritten ist.
- Alle Leitungen:
Es fallen alle Leitungen aus.
- Belastete Leitungen:
Es fallen alle Leitungen aus, deren **Grenzwert Auslastung** überschritten ist.
- Alle Leitungen und Transformatoren:
Es fallen alle Leitungen und Transformatoren aus.
- Belastete Leitungen und Transformatoren:
Es fallen alle Leitungen und Transformatoren aus, deren **Grenzwert Auslastung** überschritten ist.

Das Feld **Miteinbeziehen der Kupplungen** aktiviert oder deaktiviert die Kupplungen des Netzbereiches für die Ausfallanalyse.

- Ja:
Kupplungen fallen aus.
- Nein:
Kupplungen fallen nicht aus.

Das Feld **Verursachter Ausfall** steuert den Umfang der Folgeausfälle in den Netzbereichen.

- Keine:
Es werden keine Folgeausfälle generiert.
- Markierte Netzbereiche:
Es werden nur Folgeausfälle für jene Netzbereiche generiert, bei denen die Option **Markiert für verursachten Ausfall** aktiviert ist.

Datenbeschreibung

- Eigener Netzbereich:
Es werden nur Folgeausfälle im aktuellen Netzbereich generiert.

Der Umfang der Elemente in den Folgeausfällen kann zusätzlich noch über das Feld **Verursachte Elemente** festgelegt werden.

- Belastete Elemente:
Alle überlasteten Elemente verursachen Folgeausfälle.
- Belastete Leitungen:
Überlastete Leitungen verursachen Folgeausfälle.
- Belastete Leitungen und Transformatoren:
Nur überlastete Leitungen und Transformatoren verursachen Folgeausfälle.

Elemente, deren **Grenzwert Auslastung** überschritten ist, verursachen eine weitere Ausfallanalyse, in der die ursprünglichen und die nun überlasteten Elemente gemeinsam ausfallen.

Mit dem Auswahlfeld **Verwende Nichtverfügbarkeit** kann gesteuert werden, ob die in den Zuverlässigkeitseingabedaten definierte Verfügbarkeit im Rahmen der Ausfallanalyse berücksichtigt wird.

- Keine:
Die Nichtverfügbarkeit wird nicht berücksichtigt.
- Einfachausfall (kurz):
Die Nichtverfügbarkeitsdaten des Netzelementes werden vom kurzen Einfachausfall verwendet.
- Einfachausfall (lang):
Die Nichtverfügbarkeitsdaten des Netzelementes werden vom langen Einfachausfall verwendet.

Im Feld **Nichtverfügbarkeit** wird ein Grenzwert definiert, mit dem der Berechnungsumfang in der Ausfallanalyse reduziert werden kann. Hierbei werden nur jene Netzelemente in der Ausfallanalyse berücksichtigt, welche aufgrund der Zuverlässigkeitseingabedaten den definierten Grenzwert für die Nichtverfügbarkeit überschreiten.

Protokollieren

Der Umfang der Ergebnisse der Ausfallanalyse kann im Feld **Protokollierung Grenzwerte** parametriert werden.

- Keine:
Es erfolgt keine Protokollierung von überlasteten Elementen.
- Elemente:
Es werden all jene Elemente protokolliert, deren Auslastung über den voreingestellten Grenzwert liegt.
- Elemente und Knoten:
Es werden all jene Elemente protokolliert, deren Auslastung über den voreingestellten Grenzwert liegt. Es werden alle Knoten protokolliert, deren Spannung außerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzen liegt.
- Leitungen:
Es werden nur Leitungen protokolliert, deren Auslastung über den voreingestellten Grenzwert liegt.

- Leitungen und Knoten:
Es werden nur Leitungen protokolliert, deren Auslastung über den voreingestellten Grenzwert liegt. Es werden alle Knoten protokolliert, deren Spannung außerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzen liegt.
- Leitungen und Transformatoren:
Es werden nur Leitungen und Transformatoren protokolliert, deren Auslastung über den voreingestellten Grenzwert liegt.
- Leitungen, Transformatoren und Knoten:
Es werden nur Leitungen und Transformatoren protokolliert, deren Auslastung über den voreingestellten Grenzwert liegt. Es werden alle Knoten protokolliert, deren Spannung außerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzen liegt.

3.1.5 Netzbereichtransfer

Mit diesem Element kann eine bestimmte Austauschleistung zwischen zwei Netzbereichen festgelegt werden.

Ein Netzbereichtransfer wird über den Menüpunkt **Daten – Lastfluss – Netzbereichtransfer** definiert. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Netzbereichtransfer ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Netzbereichtransfer

Basisdaten	
Transfer aktiv	Ja
Name	Transfer 1
Kurzname	T1
Transfer	
Transfer von	Area1
Transfer nach	Area2
Austauschleistung	Ptran 2,0 MW

Bild: Basisdaten des Netzbereichtransfers

Über das Feld **Transfer aktiv** kann der Transfer aktiviert oder deaktiviert werden. Ein deaktiverter Transfer wird von der Berechnung nicht berücksichtigt.

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient. Diese muss nicht eindeutig sein. Zusätzlich kann mit **Kurzname** eine Kurzbezeichnung vergeben werden.

Transfer

Mit Hilfe von **Transfer von** wird jener Netzbereich festgelegt, der die angegebene Austauschleistung abgibt.

Mit Hilfe von **Transfer nach** wird jener Netzbereich festgelegt, der die angegebene Austauschleistung aufnimmt.

Über das Feld **Austauschleistung** wird die auszutauschende Wirkleistung vorgegeben. Die Austauschleistungen werden bei den Netzbereichen aufsummiert. Sind auch bei den Netzbereichen Transferdaten angegeben, so muss die Transferleistung des Netzbereiches mit der Summe der einzelnen Austauschleistungen übereinstimmen. Eine Abweichung wird als Warnung protokolliert. Die Transferleistung wird im Lastfluss nur über die Netzbereiche nachgebildet.

3.1.6 Netzzone

Die Netzzone dient zur Strukturierung des Netzes, d.h. durch im GUI verfügbare Funktionen können Netzelemente anhand einer Netzzone eingefärbt, selektiert usw. werden.

Die Verwaltung von Netzzonen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Netzzone**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Netzzone ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

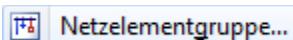
Basisdaten Netzzone

Name	Zone 1
Kurzname	Z1

Bild: Basisdaten der Netzzone

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient. Diese muss nicht eindeutig sein. Zusätzlich kann mit **Kurzname** eine Kurzbezeichnung vergeben werden.

3.1.7 Netzelementgruppe



Die Netzelementgruppe wird zur Gruppierung von Netzelementen verwendet.

Die Netzelementgruppe wird auch von den Berechnungsmethoden verarbeitet. Diese nutzen die Netzelementgruppen beispielsweise zur Generierung von Spannungsverlaufsdiagrammen.

Die Bearbeitung von Netzelementgruppen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Netzelementgruppe**. Es erscheint der Netzbrowser. Eine genaue Beschreibung der Funktionen zur Bearbeitung von Netzelementgruppen finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbrowser, Abschnitt Netzelementgruppe.

Eine Übersicht der Felder für die Netzelementgruppe ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Netzelementgruppe

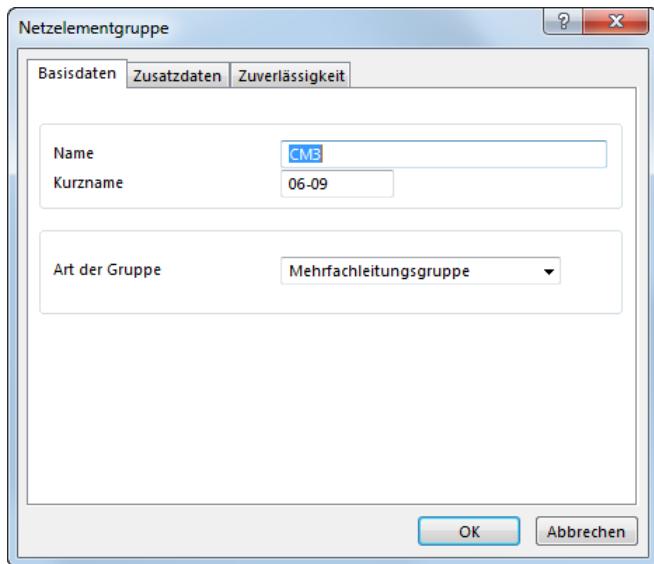


Bild: Datenmaske Netzelementgruppe

Mit dem Feld **Art der Gruppe** wird die Gruppenart (Allgemeine Gruppe, Common Mode Gruppe, Mehrfachleitungsgruppe, Funktionsgruppe, Spannungsverlauf, Lastgruppe, Ausfallsgruppe, Schutzstrecke, Multi Section Leitungsgruppe, Reglergruppe und Multi-Terminal DC Line) festgelegt.

Die **Allgemeine Gruppe** wird zur Gruppierung von Netzelementen verwendet. Diese wird von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.

Eine **Common Mode Gruppe** beinhaltet Netzelemente, die gemeinsam ausfallen können. Die Häufigkeit des gemeinsamen Ausfalls und die Ausfallszeit müssen bei den Gruppendaten definiert werden. Besteht die Common Mode Gruppe ausschließlich aus Leitungen, so ist zusätzlich die Angabe der Länge des gemeinsamen Verlaufes notwendig.

Datenbeschreibung

Eine **Mehrfachleitungsgruppe** beinhaltet Leitungen, die gemeinsam ausfallen können. Die Häufigkeit des gemeinsamen Ausfalls und die Ausfallszeit müssen bei den Gruppendaten definiert werden.

Eine **Lastgruppe** ist eine Gruppe von Lasten, auf denen ein gemeinsames Leistungsverhalten zugeordnet werden kann.

Eine **Ausfallsgruppe** ist eine Gruppe von Elementen, die in der Ausfallanalyse in einem separaten Ausfall behandelt werden.

Eine **Funktionsgruppe** beinhaltet Netzelemente, die gemeinsam ausfallen müssen. Die Ausfallszeit muss bei den Gruppendaten definiert werden.

Die Gruppenart **Spannungsverlauf** muss für die Erstellung eines Spannungsverlaufsdiagrammes eine eindeutige Strecke des Netzes beinhalten.

Eine **Schutzstrecke** ist eine Gruppe von Elementen, für die in der Schutzstreckensimulation Diagramme erzeugt werden.

Eine **Multi Section Leitungsgruppe** ist eine Gruppe von Leitungen, die für den Datenexport nach PSS E einen Eintrag im Abschnitt Multi Section Line Group der PSS RAW Datei erzeugt.

Eine **Multi-Terminal DC Line** ist eine Gruppe von Netzelementen, die für PSS DB einen Eintrag im Abschnitt Multi-Terminal DC Line der PSS RAW Datei erzeugt.

Eine **Reglergruppe** ist eine Gruppe von geregelten Drosseln und Kondensatoren, die für den Datenexport nach PSS E einen gemeinsamen Eintrag im Abschnitt Switched Shunt der PSS RAW Datei erzeugt.

Zusatzzdaten Netzelementgruppe

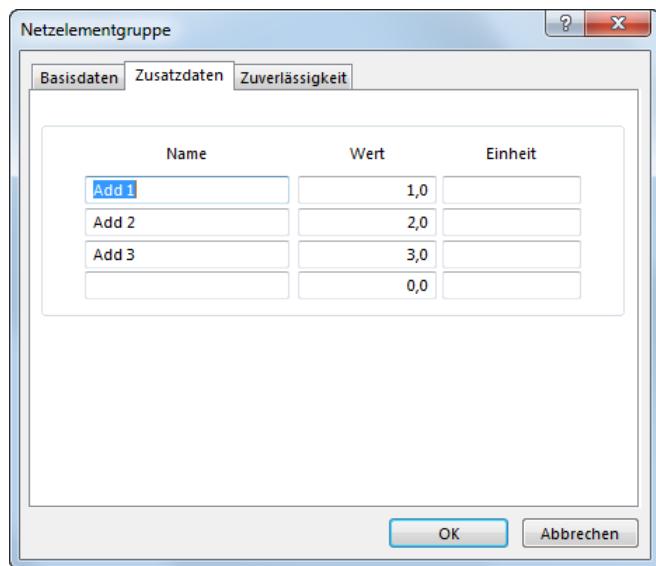


Bild: Datenmaske Netzelementgruppe – Zusatzzdaten

In diesem Register können allgemeine Parameter für die Netzelementgruppe angegeben werden. Diese hier eingetragenen Werte werden von der Berechnung nicht berücksichtigt. Sie werden nur zur Dokumentation benötigt.

Zuverlässigkeit Netzelementgruppe

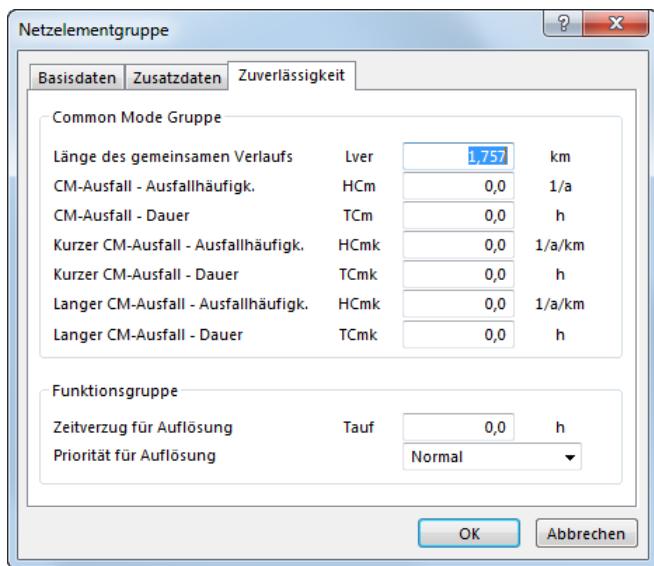


Bild: Datenmaske Netzelementgruppe – Zuverlässigkeit

Common Mode Gruppe

Die **Länge des gemeinsamen Verlaufs** ist die Länge von Leitungen in einer Gruppe, wo diese einen gemeinsamen Verlauf haben. Für Common Mode Gruppen, wo nur Leitungen enthalten sind, ist diese Angabe zwingend.

Mit dem Feld **Ausfallhäufigkeit** wird die Anzahl der Unterbrechungen bezogen auf den Betrachtungszeitraum in der Einheit 1/a angegeben. Die Ausfallhäufigkeit wird verwendet, um folgende Störungsgeschehen nachzubilden:

- Common Mode Ausfall
- Kurzer Common Mode Ausfall
- Langer Common Mode Ausfall

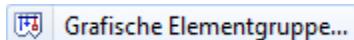
Die **Dauer** ist die mittlere Zeitspanne vom Beginn bis zum Ende des folgenden Störungsgeschehens in Stunden:

- Common Mode Ausfall
- Kurzer Common Mode Ausfall
- Langer Common Mode Ausfall

Funktionsgruppe

Bei Funktionsgruppen ist der **Zeitverzug für Auflösung** jene Dauer, nach der die Netzelemente dieser Gruppe einzeln wieder für die Wiederversorgung herangezogen werden. Gibt es mehrere Funktionsgruppen, kann durch die **Priorität für Auflösung** eine Hierarchie für die Wiederversorgung festgelegt werden.

3.1.8 Grafische Elementgruppe



Die grafische Elementgruppe dient ebenso wie die [Netzelementgruppe](#) der Gruppierung von Netzelementen.

Im Gegensatz zur Netzelementgruppe wird diese Gruppierung grafisch erfasst. Hierzu wird ein in der Datenbank gespeichertes Polygon verwendet.

Die grafische Elementgruppe dient als Grundlage für [Lastpolygon](#) und [Leistungspolygon](#), welche als Basis für die Berechnungsmethode Lastentwicklung herangezogen werden.

Die Bearbeitung von grafischen Elementgruppen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Grafische Elementgruppe**. Es erscheint der Netzbrowser. Eine genaue Beschreibung der Funktionen zur Bearbeitung von grafischen Elementgruppen finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbrowser, Abschnitt Grafische Elementgruppe.

3.2 Einspeisungen

Mit diesen Elementen werden unterschiedlichste Generatoren, die Leistung ins Netz einspeisen, nachgebildet.

Folgende AC-Einspeisungen stehen zur Verfügung:

- [Netzeinspeisung](#)
- [Synchronmaschine](#)
- [Kraftwerksblock](#)

Die Lastflussdaten für AC-Einspeisungen können folgendermaßen angegeben werden:

- Grundschwingungsstrom und Phasenlage
- Wirkleistung und Blindleistung, Scheinleistung und Leistungsfaktor
- Generatorenspannung und Spannungswinkel

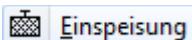
Folgende DC-Einspeisungen stehen zur Verfügung:

- [DC-Einspeisung](#)

Die Lastflussdaten für DC-Einspeisungen können folgendermaßen angegeben werden:

- Installierte Gleichstromleistung, Wirkungsgrad und Verluste

3.2.1 Netzeinspeisung



Mit diesem Element kann die Netzeinspeisung nachgebildet werden.

Das Erzeugen einer Netzeinspeisung erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Einspeisung**.

Eine Übersicht der Felder für die Netzeinspeisung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Netzeinspeisung

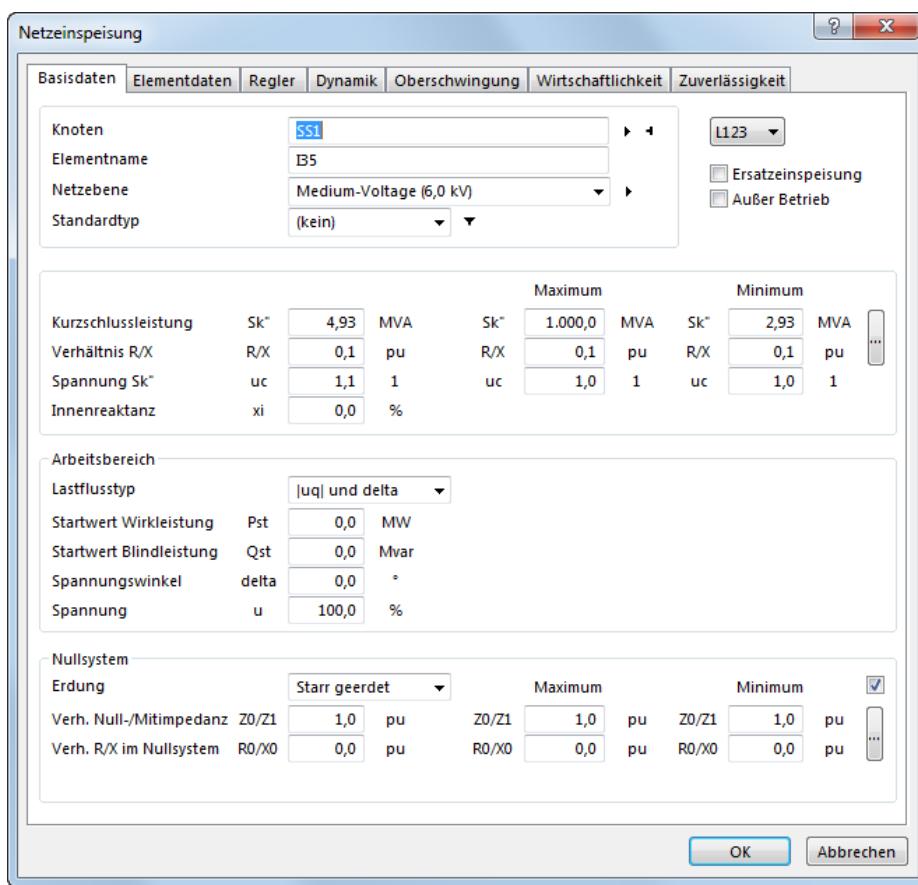


Bild: Datenmaske Netzeinspeisung – Basisdaten

Über den **Standardtyp** können die Daten der Netzeinspeisung aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Arbeitsbereich

Die Nachbildung der Netzeinspeisung für die Berechnung wird anhand des gewählten **Lastflusstyps** bestimmt:

- P und Q (Wirkleistung und Blindleistung)

Datenbeschreibung

- P und cosphi (Wirkleistung und Leistungsfaktor)
- |S| und cosphi (Scheinleistung und Leistungsfaktor)
- |I| und phi (Grundschwingungsstrom und Phasenlage)
- |Uq| und delta (Quellenspannung und Spannungswinkel)
- |Uq| und delta (Quellenspannung und Spannungswinkel)
- |Ukl| und delta (Klemmenspannung und Spannungswinkel)
- |Ukl| und delta (Klemmenspannung und Spannungswinkel)
- P und |Uq| (Wirkleistung und Quellenspannung)
- P und |Uq| (Wirkleistung und Quellenspannung)
- P und |Ukl| (Wirkleistung und Klemmenspannung)
- P und |Ukl| (Wirkleistung und Klemmenspannung)

Mit den Feldern **Startwert Wirkleistung** und **Startwert Blindleistung** wird der Startwert des Arbeitspunktes der Einspeisung festgelegt.

Durch die Angabe von **Kurzschlussleistung**, **Verhältnis R/X** bzw. **Widerstand** und **Reaktanz** ist eine Kurzschlussrechnung möglich. Je nach Vorgabe der **Kurzschlussdaten** bei den **Berechnungsparametern** werden die **aktuellen**, **minimalen** oder **maximalen** Daten herangezogen.

Zu beachten: Es sind die maximalen Kurzschlussleistungen, Impedanzen und Impedanzverhältnisse einzugeben. Zur Berechnung des maximalen Kurzschlussstromes werden die maximale Kurzschlussleistung bzw. die minimalen Impedanzen und minimalen Impedanzverhältnisse verwendet. Zur Berechnung des minimalen Kurzschlussstromes werden die minimale Kurzschlussleistung und die maximalen Impedanzen bzw. maximalen Impedanzverhältnisse verwendet.

Zu beachten: Die **Spannung Sk"** ist jene bezogene Spannung, mit der die Kurzschlussleistung berechnet wurde. Dies ist nicht der c-Wert für die Ermittlung der treibenden Spannung bei Kurzschluss nach VDE/IEC. Die Änderung dieser bezogenen Spannungsangabe ändert nicht die treibende Spannung, sondern die Impedanz der Netzeinspeisung. Der c-Wert für die Ermittlung der treibenden Spannung bei Kurzschluss nach VDE/IEC ist bei den **Kurzschlussdaten der Netzebene** anzugeben.

Über die Felder **Faktor I**, **Faktor P**, **Faktor Q** und **Faktor S** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Die **Innenreaktanz** wird nur bei der Lastflussberechnung und in den auf der Lastflussberechnung basierenden Verfahren (Lastprofil, Lastentwicklung, Motoranlauf, etc.) berücksichtigt. Mit der Innenreaktanz wird

- ein innerer Spannungsabfall bzw.
- ein innerer Leistungsverlust

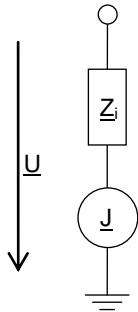
mit Hilfe des aktuellen Stroms ermittelt.

Die Klemmenspannung wird um den inneren Spannungsabfall reduziert. Die Klemmenleistung wird um den inneren Leistungsverlust reduziert. Wenn durch eine Regelung die Klemmenspannung bzw. die Klemmenleistung konstant ist, so ist für die Innenreaktanz der Wert Null anzugeben.

Wirkleistung und Blindleistung, Wirkleistung und Leistungsfaktor, Scheinleistung und Leistungsfaktor

Mit diesem Lastflusstyp werden für die Lastflussberechnung Wirk- und Blindleistung bzw. Scheinleistung und Leistungsfaktor vorgegeben. Wird die Spannung des Knotens nicht begrenzt, dann ist die Eingabe eines Regelbandes nicht erforderlich.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Die Leistung am Netzknoten reduziert sich um den Leistungsverlust an der Innenimpedanz.



$$\underline{J} = - \left(\frac{\underline{P} + j\underline{Q}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Wirkleistung und Blindleistung}$$

$$\underline{J} = - \left(\frac{\underline{P} + j \frac{\underline{P}}{\cos \varphi} * \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Wirkleistung und Leistungsfaktor}$$

$$\underline{J} = - \left(\frac{\underline{S} * \cos \varphi + j \underline{S} * \sin \varphi}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Scheinleistung und Leistungsfaktor}$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_{NN}^2}{100 * S_k''_{act}}$$

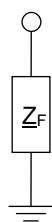
Bei Verwendung eines Regelbandes gilt, wobei U_{NN} die Knotennennspannung darstellt:

$$u_u \leq \frac{|U|}{U_{NN}} * 100 \leq u_0$$

$$Q_u \leq Q \leq Q_0$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.

Datenbeschreibung

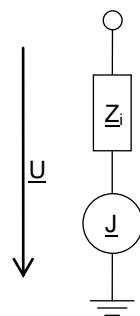


$$Z_F = \frac{uc * U_{NN}^2 * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{S_k \text{ "act} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

Grundschwingungsstrom und Phasenlage

Mit diesem Lastflusstyp wird für die Lastflussberechnung der Strom vorgegeben. Wird die Spannung des Knotens nicht begrenzt, dann ist die Eingabe eines Regelbandes nicht erforderlich.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Die Leistung am Netzknoten reduziert sich um den Leistungsverlust an der Innenimpedanz.



$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin \varphi$$

$$J = - \left(\frac{P + jQ}{\sqrt{3} * U} \right)^*$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_{NN}^2}{100 * S_k \text{ "act}}$$

Bei Verwendung eines Regelbandes gilt, wobei U_{NN} die Knotennennspannung darstellt:

$$u_u \leq \frac{|U|}{U_{NN}} * 100 \leq u_0$$

$$Q_u \leq Q \leq Q_0$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.

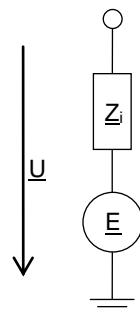


$$Z_F = \frac{u_c * U_{NN}^2 * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{S_k \text{ "act} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

Spannung und Spannungswinkel

Mit diesem Lastflusstyp wird für die Lastflussberechnung Betrag und Winkel der Knotenspannung an einem Knoten vorgegeben. Dieses Element übernimmt im Netz unbegrenzt die Leistungsdifferenz zwischen Einspeisung, Verbrauch und Verlusten.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Spannungsquelle mit Innenimpedanz nachgebildet. Bei konstanter Quellenspannung reduziert sich die Spannung am Netzknoten um den Spannungsabfall an der Innenimpedanz. Bei konstanter Klemmenspannung ist die Spannung am Netzknoten ident mit der angegebenen Generatorenspannung. In beiden Fällen wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand gesondert ausgewiesen.

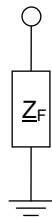


$$E = -\frac{U_G}{U_{NN}} * e^{j\delta} \dots \text{Spannung und Spannungswinkel in kV}$$

$$J = \left(\frac{P + jQ}{\sqrt{3} * U} \right)^* \dots \text{Spannung und Spannungswinkel in \%}$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_{NN}^2}{100 * S_k \text{ "act}}$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.



$$Z_F = \frac{u_c * U_{NN}^2 * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{S_k \text{ "act} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

Wirkleistung und Spannung

Mit diesem Lastflusstyp wird für die Lastflussberechnung der Betrag Knotenspannung an einem Knoten und die einzuspeisende Wirkleistung vorgegeben. Dieses Element übernimmt die vom Netz benötigte Blindleistung.

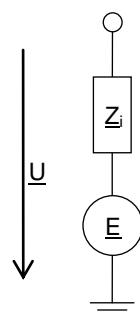
Für die Lastflussberechnung wird das Element als Spannungsquelle mit Innenimpedanz nachgebildet. Bei konstanter Quellenspannung reduziert sich die Spannung am Netzknoten um den Spannungsabfall an der Innenimpedanz. Bei konstanter Klemmenspannung ist die Spannung am Netzknoten ident mit der angegebenen Spannung. In beiden Fällen wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand gesondert ausgewiesen.

Je nach aktiver Regelung kann dieser Lastflusstyp für Netzplanungs- und Netzbetriebsberechnungen verwendet werden.

Netzplanungsrechnung (keine oder normale Regelung): Die Netzeinspeisung hält unabhängig von der Blindleistung die Spannung konstant.

Netzbetriebsrechnung (erweiterte Regelung): Die Netzeinspeisung arbeitet innerhalb der vorgegebenen Blindleistungsgrenzen. Reicht die Blindleistung nicht aus, so bricht die Spannung am Knoten ein.

Weitere Informationen zur Regelung sind im Kapitel [Lastfluss Berechnungsparameter](#) zu finden.



$$|E| = -\frac{U_G}{U_{NN}} \dots \text{Spannung in kV}$$

$$jQ = \underline{J} * \underline{U} - \underline{P}$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_{NN}^2}{100 * S_k \text{ "act}}$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.



$$Z_F = \frac{u_c * U_{NN}^2 * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{S_k \text{ "act} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Verknüpfung von Netzen

Netzeinspeisungen, welche als **Ersatzeinspeisung** gekennzeichnet sind, werden bei gemeinsamer Berechnung von mehreren Netzen speziell behandelt.

Ist eine Ersatzeinspeisung an einem verknüpften Knoten angeschlossen, so wird sie in der Berechnung automatisch deaktiviert, wenn die Verknüpfung aktiv ist.

Erdung

Mit diesen Eingabedaten wird die Erdung des Element-Sternpunktes nachgebildet. Hier stehen für das Feld **Erdung** folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben von Nullsystem und Sternpunktimpedanz werden nicht berücksichtigt.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.
- geerdet mit Impedanzen:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet, zusätzlich wird eine angegebene Sternpunktimpedanz ebenfalls berücksichtigt.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Nullsystem

Je nach Vorgabe der **Kurzschlussdaten** bei den [Berechnungsparametern](#) werden die **aktuellen**, **minimalen** oder **maximalen** Daten herangezogen.

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Elementdaten Netzeinspeisung

Die Elementdaten für die Netzeinspeisung sind unter [Allgemeine Daten für Einspeisungen](#) beschrieben.

Regler Netzeinspeisung

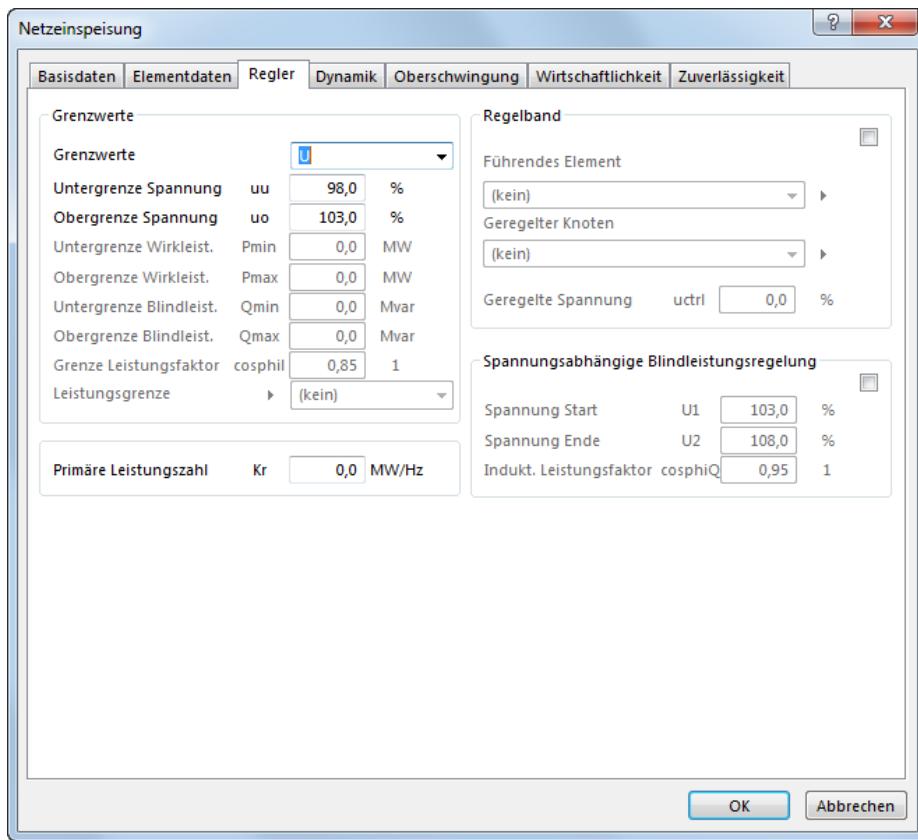


Bild: Datenmaske Netzeinspeisung – Regler

Grenzwerte

Das Feld **Grenzwerte** steuert die Eingabe des Regelbereichs:

- Keine
- U (nur Spannungsgrenzen)
- U und P (Spannungs- und Wirkleistungsgrenzen)
- U und Q (Spannungs- und Blindleistungsgrenzen)
- U und P, Q (Spannungs-, Wirkleistungs- und Blindleistungsgrenzen)
- U and P, cosphi (Spannungs-, Wirkleistungsgrenzen und berechnete Blindleistungsgrenzen)
- P und Q (Wirkleistungs- und Blindleistungsgrenzen)
- P and cosphi (Wirkleistungsgrenzen und berechnete Blindleistungsgrenzen)

Über die Felder **Untergrenze Spannung**, **Obergrenze Spannung**, **Wirkleistungsuntergrenze**, **Wirkleistungsobergrenze**, **Blindleistungsuntergrenze**, **Blindleistungsobergrenze** und **Grenze Leistungsfaktor** wird der Regelbereich definiert. Die Berücksichtigung der Reglerdaten erfolgt je nach Lastflusstyp. Bei Angabe eines Leistungsfaktors (cosphi) werden die Blindleistungsgrenzen über die Wirkleistung und den Leistungsfaktor bestimmt. Blindleistungsober- und -untergrenze erhalten den gleichen Absolutwert mit entgegengesetzten Vorzeichen.

Bei Verwendung eines Regelbandes in Verbindung mit dem Lastflusstyp

- Grundschwingungsstrom und Phasenlage
- Wirkleistung und Blindleistung, Scheinleistung und Leistungsfaktor

ist eine Vorgabe der Spannungs- und Blindleistungsgrenzen möglich.

Werden im Regelband die Spannungs- und Blindleistungsgrenzen angegeben, so wird die Blindleistung innerhalb der Grenzen so lange variiert, bis die Spannungsgrenzen eingehalten sind. Ist dies nicht möglich, stellt sich eine Blindleistung zwischen Blindleistungsuntergrenze und Blindleistungsobergrenze ein.

Bei Verwendung eines Regelbandes werden je nach Lastflusstyp die Wirk- und Blindleistungsgrenzen überwacht. Treten am Element aufgrund der Lastflussrechnung Leistungen außerhalb der Grenzen auf, werden überschüssige Wirk- und Blindleistungen auf die restlichen Einspeisungen aufgeteilt. Diese Aufteilung erfolgt nur innerhalb der Leistungsgrenzen der jeweiligen Elemente.

- Generatorenspannung und Spannungswinkel:
Die Begrenzung der Wirk- und Blindleistung wird eingehalten.
- Generatorenspannung und Wirkleistung:
Die Begrenzung der Blindleistung wird eingehalten.

Über das Feld **Leistungsgrenze** können für die Generatorwirkleistung die dazugehörige maximale induktive und kapazitive Generatorblindleistung bei Generatorenspannung definiert werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske [Leistungsgrenze](#).

Die **primäre Leistungszahl** kennzeichnet die Starrheit der Einspeisung gegenüber dem Netz. Bei Angabe einer Transferleistung für einen Netzbereich werden die Leistungen der Einspeisungen anteilig zur primären Leistungszahl geändert, um die Transferleistung zu erzielen.

Regelband

Über die Definition eines führenden Elementes mit Hilfe des Feldes **Führendes Element** wird die Nachbildung der Berechnung im Mitsystem durch das führende Element für die Lastflussberechnung vorgegeben. Beide Elemente arbeiten dadurch mit identischen Arbeitspunkten (gleiche Wirk- und Blindleistung).

Über die Felder **Geregelter Knoten** und **Geregelte Spannung** kann auch die Spannung an einem beliebigen Netzknoten geregelt werden. Dies gilt nur für Einspeisungen mit dem **Lastflusstyp Wirkleistung und Spannung**.

Spannungsabhängige Blindleistungsregelung

Über die Felder **Spannung Start**, **Spannung Ende** und **Induktiver Leistungsfaktor** kann eine spannungsabhängige Blindleistungsregelung zur Spannungsstützung im Netz vorgegeben werden. Genaue Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Spannungsabhängige Blindleistungsregelung.

Dynamik Netzeinspeisung

Die Dynamikdaten für die Netzeinspeisung sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#UCTRL.N	Topologieverbindung zu geregelten Knoten	

Als BOSL Modell stehen derzeit ein variables PQ, ein variables I und ein variables U zur Verfügung.

Oberschwingung Netzeinspeisung

Die Oberschwingungsdaten für die Netzeinspeisung sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Einspeisungen](#) beschrieben.

Wirtschaftlichkeit Netzeinspeisung

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Netzeinspeisung sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Netzeinspeisung

Die Zuverlässigkeitsdaten für die Netzeinspeisung sind unter [Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Einspeisungen](#) beschrieben.

3.2.2 Synchronmaschine

(G) Synchronmaschine

Über dieses Element werden Synchronmaschinen definiert. In der Lastflussberechnung kann die Synchronmaschine als Motor (negative Leistungsangabe) oder Generator (positive Leistungsangabe) nachgebildet werden.

Das Erzeugen einer Synchronmaschine erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Synchronmaschine**.

Eine Übersicht der Felder für die Synchronmaschine ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Synchronmaschine

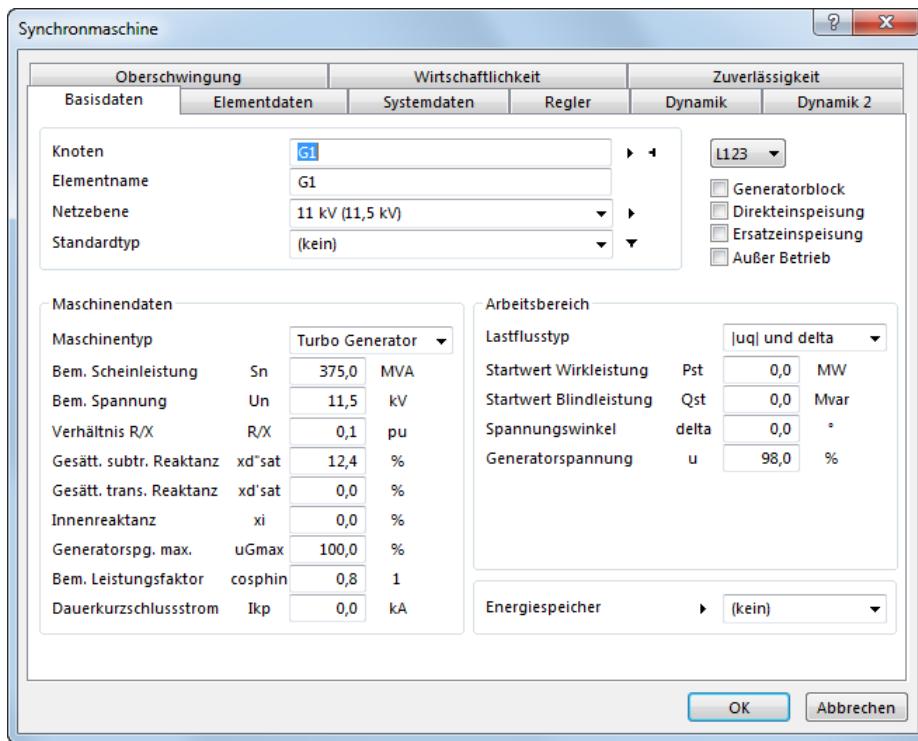


Bild: Datenmaske Synchronmaschine – Basisdaten

Über den **Standardtyp** können die Daten der Synchronmaschine aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Generatorblock

Die Option **Generatorblock** bewirkt mit dem angeschlossenen Transfator die Nachbildung als Kraftwerksblock nach VDE. Die Nachbildung erfolgt mit $U_{Gmax} = U_{rG} * (1,0 + p_G)$. Der Wert für U_{Gmax} ist bei den Basisdaten der Synchronmaschine im Feld **Generatorenspannung max.** anzugeben.

Maschinendaten

Das Feld **Maschinentyp** legt fest, ob die Maschinenreaktanz in der Kurzschlussstromberechnung speziell nachgebildet wird:

- Turbo Generator
- WS Generator (Dämpferw.)
- WS Generator
- Kondensator
- Non-interc. Equiv.
- Power Station Equiv.
- Trans. System Equiv.
- Dist. System Equiv.
- Windmaschine

Weitere Informationen zum Maschinentyp finden Sie im Handbuch Kurzschluss in den Abschnitten **Spezielle Nachbildungen** (je nach Verfahren VDE, ANSI, etc.).

Arbeitsbereich

Die Nachbildung der Synchronmaschine für die Berechnung wird anhand des gewählten **Lastflusstyps** bestimmt:

- P und Q (Wirkleistung und Blindleistung)
- P und cosphi (Wirkleistung und Leistungsfaktor)
- |S| und cosphi (Scheinleistung und Leistungsfaktor)
- || und phi (Grundschwingungsstrom und Phasenlage)
- |uq| und delta (Quellenspannung und Spannungswinkel)
- |Uq| und delta (Quellenspannung und Spannungswinkel)
- |ukl| und delta (Klemmenspannung und Spannungswinkel)
- |Ukl| und delta (Klemmenspannung und Spannungswinkel)
- P und |uq| (Wirkleistung und Quellenspannung)
- P und |Uq| (Wirkleistung und Quellenspannung)
- P und |ukl| (Wirkleistung und Klemmenspannung)
- P und |Ukl| (Wirkleistung und Klemmenspannung)

Mit den Feldern **Startwert Wirkleistung** und **Startwert Blindleistung** wird der Startwert des Arbeitspunktes der Synchronmaschine festgelegt.

Durch die Angabe von **Bem. Scheinleistung**, **Bem. Spannung**, **Verhältnis R/X** und **gesättigte subtransienter Reaktanz** ist eine Kurzschlussrechnung möglich.

Die **Gesättigte transiente Reaktanz** kann aus Kompatibilitätsgründen zu anderen Datenformaten angegeben werden. In der Schutzsimulation wird ab einer Zeit von 100 Millisekunden die gesättigte transiente Reaktanz verwendet. Für eine genauere Nachbildung des zeitabhängigen Impedanzverhaltens sind Dynamikdaten anzugeben.

Zu beachten: Synchronmaschinen mit negativer Leistungsangabe werden als Motor behandelt. Bei Berechnung der minimalen Kurzschlussströme werden diese Synchronmaschinen nicht in die Berechnung mit einbezogen.

Die Ermittlung der Impedanz wird auch durch das **Verhältnis R/X** im Mitsystem bestimmt. Für die Kurzschlussstromberechnung werden je nach Norm spezielle Standardwerte vorgegeben (siehe Handbuch Kurzschluss, Kapitel Verfahren Kurzschluss, Abschnitt Spezielle Nachbildungen nach VDE).

Die Felder **Generatorenspannung maximal** und **Bem. Leistungsfaktor** dienen zur Ermittlung des Impedanzkorrekturfaktors laut Kurzschluss nach VDE.

Der **Dauerkurzschlussstrom** wird zur Ermittlung des minimalen 3-poligen Kurzschlussstromes bei Kurzschluss nach VDE verwendet.

Über die Felder **Faktor I**, **Faktor P**, **Faktor Q** und **Faktor S** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Die **Innenreaktanz** wird nur bei der Lastflussberechnung und in den auf der Lastflussberechnung basierenden Verfahren (Lastprofil, Lastentwicklung, Motoranlauf, etc.) berücksichtigt. Mit der Innenreaktanz wird

Datenbeschreibung

- ein innerer Spannungsabfall bzw.
- ein innerer Leistungsverlust

mit Hilfe des aktuellen Stroms ermittelt.

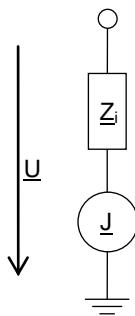
Die Klemmenspannung wird um den inneren Spannungsabfall reduziert. Die Klemmenleistung wird um den inneren Leistungsverlust reduziert. Wenn durch eine Regelung die Klemmenspannung bzw. die Klemmenleistung konstant ist, so ist für die Innenreaktanz der Wert Null anzugeben.

Mit dem Feld **Energiespeicher** kann der Synchronmaschine ein Speicherelement (z.B. rotierende Schwungmasse) zugeordnet werden. Dieser Speicher wird dann ausschließlich in der Lastprofilberechnung verwendet. Eine genauere Beschreibung ist unter [Energiespeicher](#) zu finden.

Wirkleistung und Blindleistung, Wirkleistung und Leistungsfaktor, Scheinleistung und Leistungsfaktor

Mit diesem Element werden für die Lastflussberechnung Wirk- und Blindleistung bzw. Scheinleistung und Leistungsfaktor vorgegeben. Wird die Spannung des Knotens nicht begrenzt, dann ist die Eingabe eines Regelbandes nicht erforderlich.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Die Leistung am Netzknoten reduziert sich um den Leistungsverlust an der Innenimpedanz.



$$\underline{J} = - \left(\frac{P + jQ}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Wirkleistung und Blindleistung}$$

$$\underline{J} = - \left(\frac{P + j \frac{P}{\cos \varphi} * \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Wirkleistung und Leistungsfaktor}$$

$$\underline{J} = - \left(\frac{S * \cos \varphi + j S * \sin \varphi}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Scheinleistung und Leistungsfaktor}$$

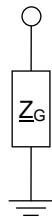
$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Bei Verwendung eines Regelbandes gilt, wobei U_{NN} die Knotennennspannung darstellt:

$$u_u \leq \frac{|U|}{U_{NN}} * 100 \leq u_0$$

$$Q_u \leq Q \leq Q_0$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet. Bei Angabe eines negativen Wertes für die Wirkleistung wird die Synchronmaschine im Kurzschluss als Synchronmotor betrachtet.

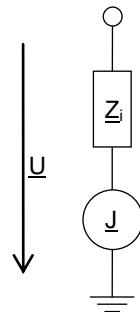


$$Z_G = \frac{x_d'' \text{sat} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Grundschwingungsstrom und Phasenlage

Mit diesem Typ wird für die Lastflussberechnung der Strom vorgegeben. Wird die Spannung des Knotens nicht begrenzt, dann ist die Eingabe eines Regelbandes nicht erforderlich.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Die Leistung am Netzknoten reduziert sich um den Leistungsverlust an der Innenimpedanz.



$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin \varphi$$

$$J = - \left(\frac{P + jQ}{\sqrt{3} * U} \right)^*$$

Datenbeschreibung

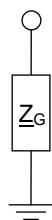
$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Bei Verwendung eines Regelbandes gilt, wobei U_{NN} die Knotennennspannung darstellt:

$$u_u \leq \frac{|U|}{U_{NN}} * 100 \leq u_0$$

$$Q_u \leq Q \leq Q_0$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet. Bei Kurzschlussberechnung nach VDE wird die gesättigte subtransiente Reaktanz verwendet.

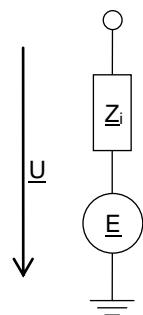


$$Z_G = \frac{x_d'' \text{sat} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Spannung und Spannungswinkel

Mit diesem Element wird für die Lastflussberechnung Betrag und Winkel der Knotenspannung an einem Knoten vorgegeben. Dieses Element übernimmt im Netz unbegrenzt die Leistungsdifferenz zwischen Einspeisung, Verbrauch und Verlusten.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Spannungsquelle mit Innenimpedanz nachgebildet. Bei konstanter Quellenspannung reduziert sich die Spannung am Netzknoten um den Spannungsabfall an der Innenimpedanz. Bei konstanter Klemmenspannung ist die Spannung am Netzknoten ident mit der angegebenen Generatorenspannung. In beiden Fällen wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand gesondert ausgewiesen.

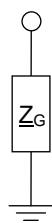


$$\underline{E} = -\frac{U_G}{U_{NN}} * e^{j\delta} \dots \text{Generatorenspannung und Spannungswinkel in kV}$$

$$\underline{E} = -U_{NN} * u * e^{j\delta} \dots \text{Generatorenspannung und Spannungswinkel in \%}$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Für die Kurzschlussberechnung (Rückeinspeisemethode) wird dieses Element als Impedanz nachgebildet.



$$Z_G = \frac{x_d'' \text{sat} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Wirkleistung und Spannung

Mit diesem Lastflusstyp wird für die Lastflussberechnung der Betrag Knotenspannung an einem Knoten und die einzuspeisende Wirkleistung vorgegeben. Dieses Element übernimmt die vom Netz benötigte Blindleistung.

Für die Lastflussberechnung wird das Element als Spannungsquelle mit Innenimpedanz nachgebildet. Bei konstanter Quellenspannung reduziert sich die Spannung am Netzknoten um den Spannungsabfall an der Innenimpedanz. Bei konstanter Klemmspannung ist die Spannung am Netzknoten ident mit der angegebenen Spannung. In beiden Fällen wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand gesondert ausgewiesen.

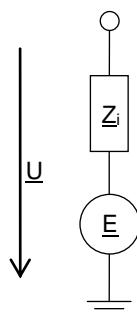
Je nach aktivierter Regelung kann dieser Lastflusstyp für Netzplanungs- und Netzbetriebsberechnungen verwendet werden.

Netzplanungsrechnung (keine oder normale Regelung): Die Synchronmaschine hält unabhängig von der Blindleistung die Spannung konstant.

Netzbetriebsrechnung (erweiterte Regelung): Die Synchronmaschine arbeitet innerhalb der vorgegebenen Blindleistungsgrenzen. Reicht die Blindleistung nicht aus, so bricht die Spannung am Knoten ein.

Weitere Informationen zur Regelung sind im Kapitel [Lastfluss Berechnungsparameter](#) zu finden.

Datenbeschreibung

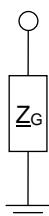


$$|E| = -\frac{U_G}{U_{NN}} \dots \text{Spannung in kV}$$

$$jQ = J * U - P$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet. Bei Angabe eines negativen Wertes für die Wirkleistung wird die Synchronmaschine im Kurzschluss als Synchronmotor betrachtet.



$$Z_G = \frac{x_d'' \text{sat} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Verknüpfung von Netzen

Synchronmaschinen, welche als **Ersatzeinspeisung** gekennzeichnet sind, werden bei gemeinsamer Berechnung von mehreren Netzen speziell behandelt.

Ist eine Ersatzeinspeisung an einem verknüpften Knoten angeschlossen, so wird sie in der Berechnung automatisch deaktiviert, wenn die Verknüpfung aktiv ist.

Elementdaten Synchronmaschine

Die Elementdaten für die Synchronmaschine sind unter [Allgemeine Daten für Einspeisungen](#) beschrieben.

Systemdaten Synchronmaschine

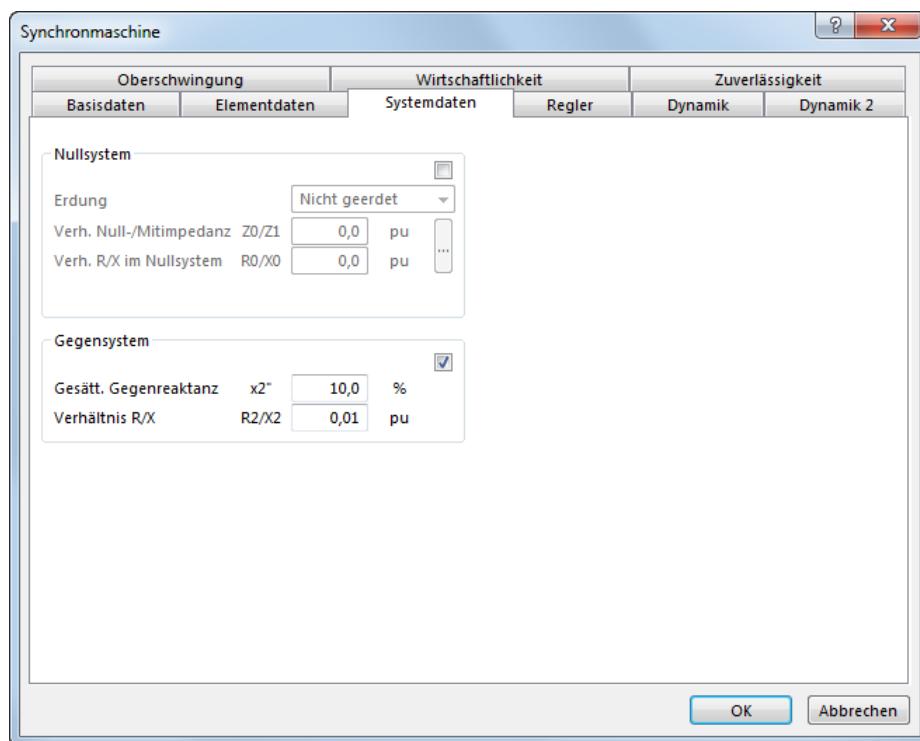


Bild: Datenmaske Synchronmaschine – Systemdaten

Erdung

Mit diesen Eingabedaten wird die Erdung des Element-Sternpunktes nachgebildet. Hier stehen für das Feld **Erdung** folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben von Nullsystem und Sternpunktimpedanz werden nicht berücksichtigt.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.
- geerdet mit Impedanzen:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet, zusätzlich wird eine angegebene Sternpunktimpedanz ebenfalls berücksichtigt.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Gegensystem

Sollen bei der Synchronmaschine unterschiedliche Werte zum Mitsystem angegeben werden, so sind die Felder **Gesätt. Gegenreaktanz** und **Verhältnis R/X** zu befüllen.

Regler Synchronmaschine

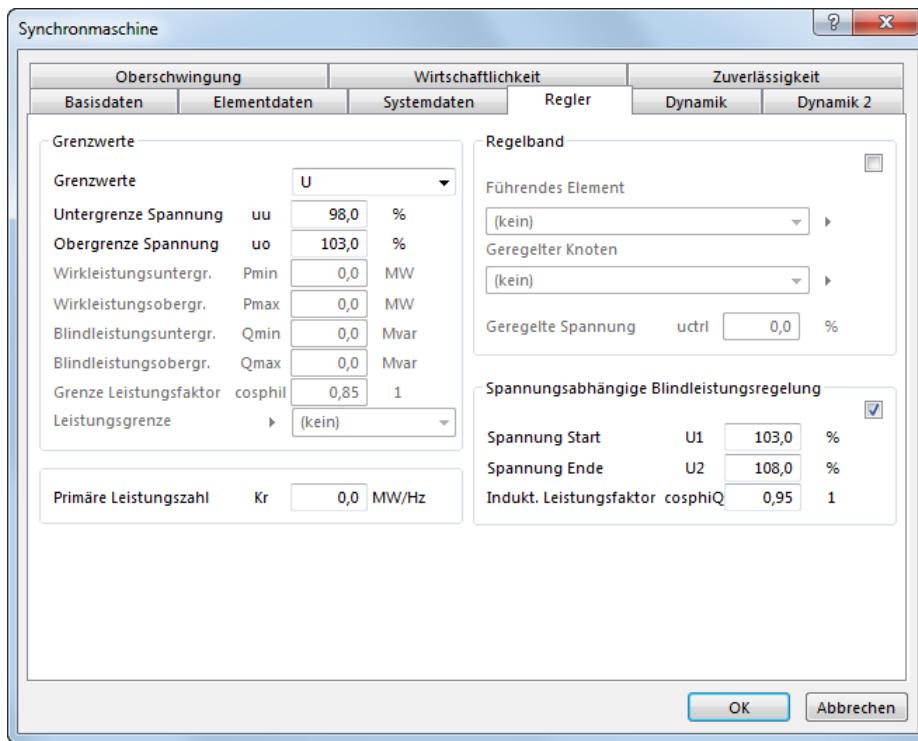


Bild: Datenmaske Synchronmaschine – Regler

Grenzwerte

Das Feld **Grenzwerte** steuert die Eingabe des Regelbereichs:

- Keine
- U (nur Spannungsgrenzen)
- U und P (Spannungs- und Wirkleistungsgrenzen)
- U und Q (Spannungs- und Blindleistungsgrenzen)
- U und P, Q (Spannungs-, Wirkleistungs- und Blindleistungsgrenzen)
- U und P, cosphi (Spannungs-, Wirkleistungsgrenzen und berechnete Blindleistungsgrenzen)
- P und Q (Wirkleistungs- und Blindleistungsgrenzen)
- P und cosphi (Wirkleistungsgrenzen und berechnete Blindleistungsgrenzen)

Über die Felder **Untergrenze Spannung**, **Obergrenze Spannung**, **Wirkleistungsuntergrenze**, **Wirkleistungsobergrenze**, **Blindleistungsuntergrenze**, **Blindleistungsobergrenze** und **Grenze Leistungsfaktor** wird der Regelbereich definiert. Die Berücksichtigung der Reglerdaten erfolgt je nach Lastflusstyp. Bei Angabe eines Leistungsfaktors (cosphi) werden die Blindleistungsgrenzen über die Wirkleistung und den Leistungsfaktor bestimmt. Blindleistungsober- und -untergrenze erhalten den gleichen Absolutwert mit entgegen gesetzten Vorzeichen.

Bei Verwendung eines Regelbandes in Verbindung mit dem Lastflusstyp

- Grundschwingungsstrom und Phasenlage
- Wirkleistung und Blindleistung, Scheinleistung und Leistungsfaktor

Datenbeschreibung

ist eine Vorgabe der Spannungs- und Blindleistungsgrenzen möglich.

Werden im Regelband die Spannungs- und Blindleistungsgrenzen angegeben, so wird die Blindleistung innerhalb der Grenzen so lange variiert, bis die Spannungsgrenzen eingehalten sind. Ist dies nicht möglich, stellt sich eine Blindleistung zwischen Blindleistungsuntergrenze und Blindleistungsobergrenze ein.

Bei Verwendung eines Regelbandes werden je nach Lastflusstyp die Wirk- und Blindleistungsgrenzen überwacht. Treten am Element aufgrund der Lastflussrechnung Leistungen außerhalb der Grenzen auf, werden überschüssige Wirk- und Blindleistungen auf die restlichen Einspeisungen aufgeteilt. Diese Aufteilung erfolgt nur innerhalb der Leistungsgrenzen der jeweiligen Elemente.

- Generatorenspannung und Spannungswinkel:
Die Begrenzung der Wirk- und Blindleistung wird eingehalten.
- Generatorenspannung und Wirkleistung:
Die Begrenzung der Blindleistung wird eingehalten.

Über das Feld **Leistungsgrenze** können für die Generatorwirkleistung die dazugehörige maximale induktive und kapazitive Generatorblindleistung bei Generatornennspannung definiert werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske **Leistungsgrenze**.

Die **primäre Leistungszahl** kennzeichnet die Starrheit der Einspeisung gegenüber dem Netz. Bei Angabe einer Transferleistung für einen Netzbereich werden die Leistungen der Einspeisungen anteilig zur primären Leistungszahl geändert, um die Transferleistung zu erzielen.

Regelband

Über die Definition eines führenden Elementes mit Hilfe des Feldes **Führendes Element** wird die Nachbildung der Berechnung im Mitsystem durch das führende Element für die Lastflussberechnung vorgegeben. Beide Elemente arbeiten dadurch mit identischen Arbeitspunkten (gleiche Wirk- und Blindleistung).

Über die Felder **Geregelter Knoten** und **Geregelte Spannung** kann auch die Spannung an einem beliebigen Netzknoten geregelt werden. Dies gilt nur für Synchronmaschinen mit dem **Lastflusstyp Wirkleistung und Spannung**.

Spannungsabhängige Blindleistungsregelung

Über die Felder **Spannung Start**, **Spannung Ende** und **Induktiver Leistungsfaktor** kann eine spannungsabhängige Blindleistungsregelung zur Spannungsstützung im Netz vorgegeben werden. Genaue Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Spannungsabhängige Blindleistungsregelung.

Dynamik Synchronmaschine

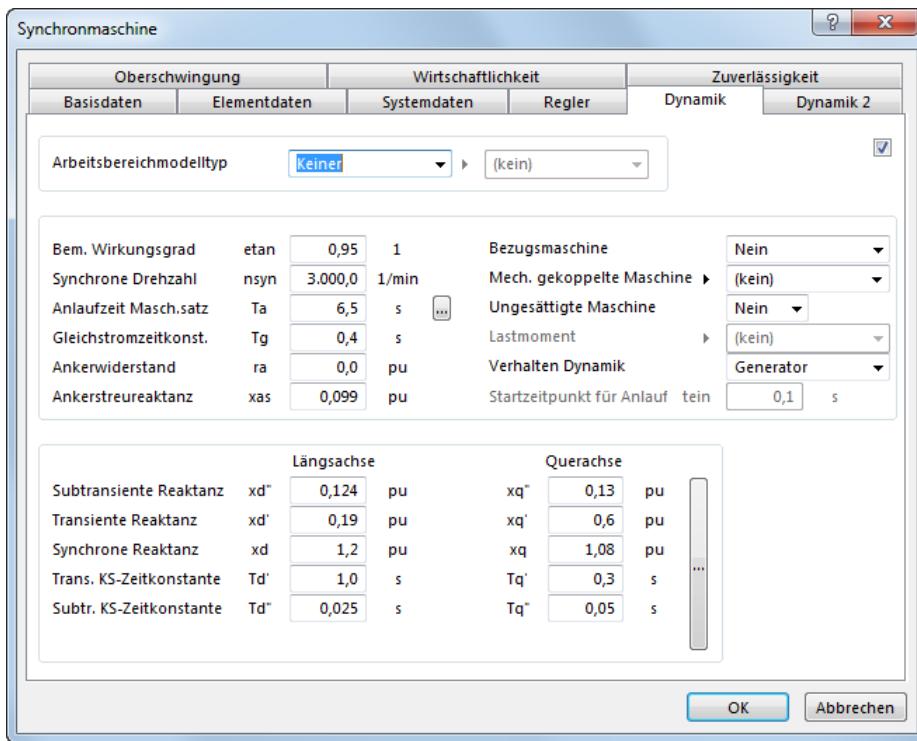


Bild: Datenmaske Synchronmaschine – Dynamik Teil 1

Diese Datenmaske dient zur Eingabe von Daten, die zur dynamischen Nachbildung von Synchronmaschinen benötigt werden.

Mithilfe des Feldes **Arbeitsbereichmodelltyp** kann eine spezielle Nachbildung in der Berechnung von Lastfluss und Dynamik erfolgen. Der ausgewählte Modelltyp legt fest, wie das angebundene Arbeitsbereichmodell aufgebaut sein muss.

- Keiner:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell wird ignoriert.
- Regler:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss einen Regler enthalten, der auf das aktuelle Netzelement wirkt.
- Ersatzschaltung:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss Netzteile enthalten, die an den Originalknoten des Netzelementes angeschlossen werden. Das aktuelle Netzelement wird nicht an die Schnittstelle für die dynamische Berechnung übergeben – dafür gibt es ja die im Modell enthaltenen Netzteile. Zusätzlich kann das Modell auch Regler enthalten – notwendig ist dies jedoch nicht.
- BOSL Modell:
Das angegebene Arbeitsbereichmodell muss ein BOSL Modell enthalten. Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Für Einphasenmaschinen ist folgendes zu beachten:

- Eine Einphasenmaschine ist über die Wicklungsdaten nachzubilden. Dies gilt für Maschinen zwischen Phase und Erde sowie für Maschinen zwischen zwei Phasen.

Datenbeschreibung

- Die **Ankerstreureaktanz** muss bereits den Einfluss des Inversfeldes beinhalten.
- Von der Längsachse werden der **Widerstand der Dämpferwicklung**, die **Streureaktanz der Dämpferwicklung**, der **Widerstand der Feldwicklung**, die **Streureaktanz der Feldwicklung** und die **Hauptfeldreaktanz** benötigt.
- Von der Querachse werden der **Widerstand der Dämpferwicklung**, die **Streureaktanz der Dämpferwicklung** und die **Hauptfeldreaktanz** benötigt.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Pmin	Minimale Wirkleistung	MW
#Pmax	Maximale Wirkleistung	MW
#Emin	Minimale Energie	MWh
#Emax	Maximale Energie	MWh
#Eact	Aktuelle Energie	MWh
#UCTRL.N	Topologieverbindung zu geregelten Knoten	
#LPFP	Lastprofilfaktor – Wirkleistung	1
#LPFQ	Lastprofilfaktor – Blindleistung	1

Als BOSL Modell stehen derzeit ein variables PQ, ein variables I und ein variables U zur Verfügung.

Die **Gleichstromzeitkonstante** ist wie folgt definiert

$$T_g = \frac{2 * X_d'' * X_q''}{\omega * r_a * (X_d'' + X_q'')}$$

und wird aus dem **Ankerwiderstand** berechnet. Die Angabe der Gleichstromzeitkonstante ist daher nur bei Angabe eines Ankerwiderstandes von 0,0 notwendig.

Sind Maschinen über einen gemeinsamen Antrieb verbunden, so haben diese Maschinen die gleiche Drehzahl. Dieses Verhalten wird über das Feld **Mechanisch gekoppelte Maschine** aktiviert.

Soll eine Synchronmaschine magnetisch ungesättigt nachgebildet werden, so kann dies über das Feld **Ungesättigte Maschine** aktiviert werden.

Über die Kennlinie **Lastmoment** wird ein Lastmomentverlauf zugeordnet, gegen das die Synchronmaschine im Motorbetrieb anlaufen soll.

Über das Feld **Verhalten Dynamik** wird modelliert, wie sich die Synchronmaschine in der dynamischen Berechnung verhält.

- Generator:
Die Synchronmaschine ist im Generatorbetrieb.

- Motor:
Die Synchronmaschine ist im Motorbetrieb.
- Hochlaufender Motor:
Die Synchronmaschine ist zum Startzeitpunkt der dynamischen Berechnung nicht in Betrieb.
Der **Startzeitpunkt für den Anlauf** ist anzugeben.

Alle Impedanzen sind bezogen auf die Bemessungsspannung und Bemessungsleistung der Maschine (U_n^2/S_n) anzugeben. Alle Reaktanzen sind als ungesättigte Werte einzugeben.

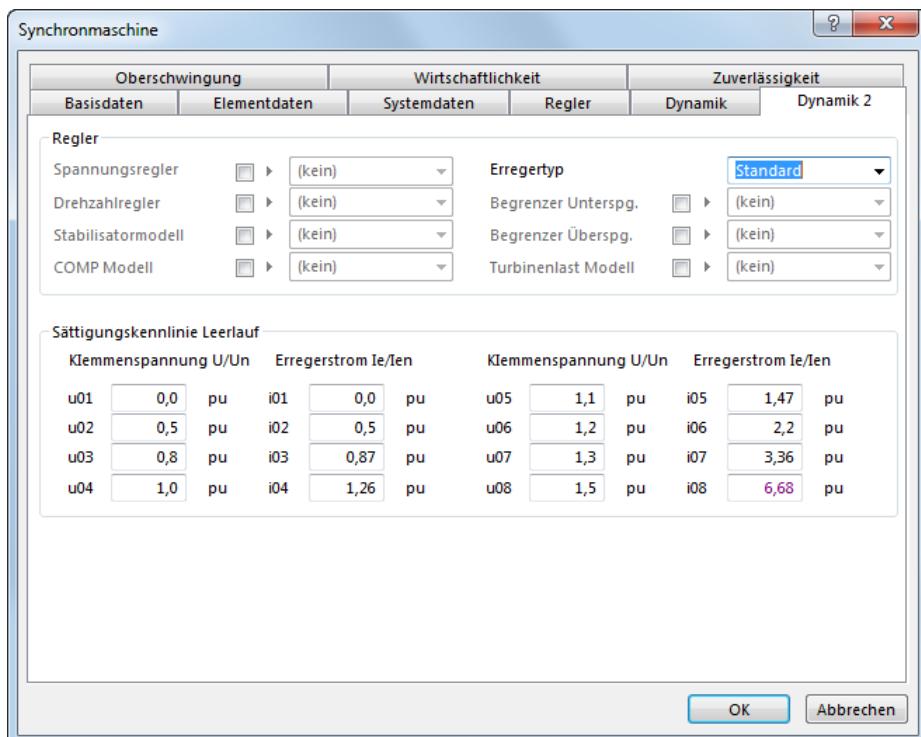


Bild: Datenmaske Synchronmaschine – Dynamik Teil 2

Mit den Feldern **Spannungsregler** und **Drehzahlregler** können spezielle Vorgaben für das Verhalten der Maschine in der dynamischen Berechnung angegeben werden. Mit dem Feld **Stabilisatormodell** kann ein PSS Modell (Power System Stabilizer Model) angegeben werden. Bei Angabe eines Stabilisatormodells benötigt der Spannungsregler einen PSS Eingang. Mit den Feldern **Begrenzer Unterspannung** und **Begrenzer Überspannung** können Modelle zur Spannungsbegrenzung definiert werden. Mit den Feldern **COMP Modell** und **Turbinenlast Modell** können erweiterte Modelle für das Verhalten der Maschine in der Dynamiksimulation definiert werden.

Mit dem Feld **Erregeartyp** wird die Art der magnetischen Erregung festgelegt. Es wird zwischen folgenden Typen unterschieden:

- Standard
- Rotierender Gleichrichter

Eine genaue Beschreibung zur Erregung finden Sie im Kapitel Erregersysteme im Handbuch Dynamik.

Datenbeschreibung

Die Sättigung (**Klemmenspannungen** und **Klemmenströme**) ist bei Betrieb der Synchronmaschine im Leerlauf anzugeben.

Eine allgemeine Beschreibung der Maschinenparameter ist im Kapitel Synchronmaschine des Dynamikhandbuchs zu finden.

Oberschwingung Synchronmaschine

Die Oberschwingungsdaten für die Synchronmaschine sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Einspeisungen](#) beschrieben.

Wirtschaftlichkeit Synchronmaschine

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Synchronmaschine sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Synchronmaschine

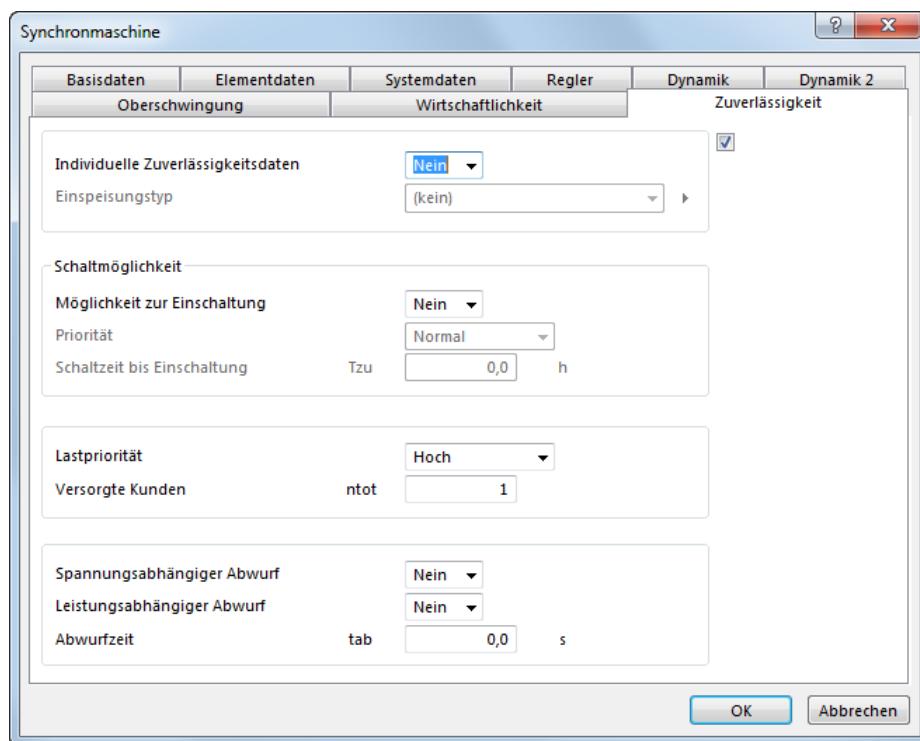


Bild: Datenmaske Synchronmaschine – Zuverlässigkeit

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitsdaten** wird festgelegt, ob die Einspeisung am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Mit dem **Einspeisungstyp** wird Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Schaltmöglichkeit

Mit den Feldern **Möglichkeit zur Einschaltung**, **Priorität** und **Schaltzeit bis Einschaltung** wird eine Zuschaltung während des Störungsgeschehens festgelegt. Ist das Netzelement nicht abgeschaltet, werden diese Daten ignoriert.

Mit dem Feld **Lastpriorität** wird die Lastpriorität von der Synchronmaschine festgelegt.

Die Anzahl der **versorgten Kunden** wird für die Ermittlung der Zuverlässigkeitsskenngrößen nach IEEE 1366 benötigt.

Die Felder **Lastpriorität** und **versorgte Kunden** werden benötigt, wenn die Synchronmaschine verwendet wird, um einen Verbraucher (z.B. Synchronmotor) zu modellieren. Falls die Synchronmaschine normal als Generator arbeitet, werden diese Felder von der Zuverlässigkeitssberechnung nicht verwendet.

Über die Felder **Spannungsabhängiger Abwurf**, **Leistungsabhängiger Abwurf** und **Abwurfzeit** kann ein Abwurf der Synchronmaschine in der Lastflussberechnung definiert werden. Der Abwurf erfolgt abhängig von der Netzsituation. Genauere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Abwurf.

3.2.3 Kraftwerksblock



Mit diesem Element wird eine gemeinsame Darstellung einer Einspeisung mit einem Transfomator realisiert.

Das Erzeugen eines Kraftwerksblockes erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Kraftwerksblock**.

Eine Übersicht der Felder für den Kraftwerksblock ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Kraftwerksblock

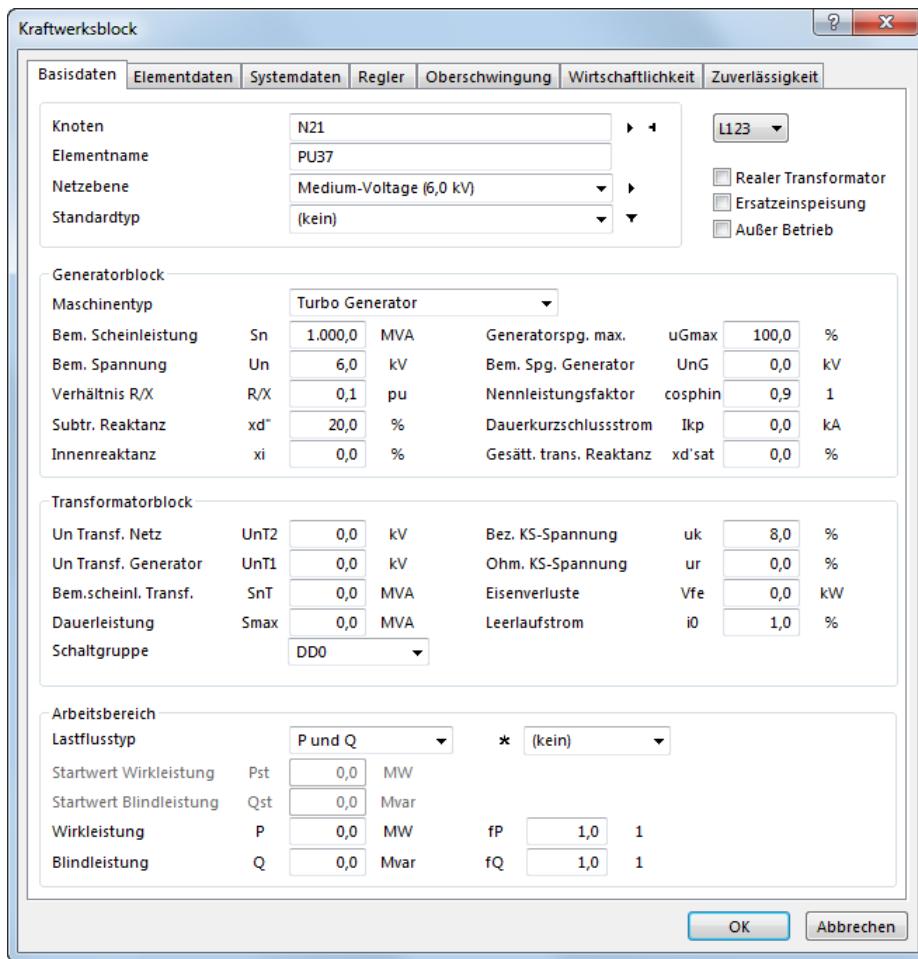


Bild: Datenmaske Kraftwerksblock – Basisdaten

Über den **Standardtyp** können die Daten des Kraftwerksblocks aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Ein Kraftwerksblock stellt eine Kombination aus einem Generator und einem nachgeschalteten Transformator dar. Im Normalfall wird dieses Netzelement verwendet, um diese Elementkombination korrekt im Kurzschluss entsprechend VDE 0102 bzw. IEC 909 nachzubilden. Deswegen werden hier sowohl die Daten des Generators als auch jene des Transformators definiert. Diese Informationen werden üblicherweise nur im Zuge der Kurzschlussberechnung verwendet, in den anderen Simulationsverfahren wird der Transformator nur vereinfacht nachgebildet. D.h. die Klemmspannung des Generators wird mit dem Übersetzungsverhältnis des Transformators angepasst. Durch die Option **Realer Transformator** kann allerdings eine komplette Nachbildung des Transformators mit Verlusten in allen Berechnungsverfahren aktiviert werden.

Generatorblock

In diesem Abschnitt werden die Daten des Generators definiert. Eine detaillierte Aufstellung der Attribute ist bei der [Synchronmaschine](#) beschrieben.

Transformatorblock

In diesem Abschnitt werden die Daten des Transformators definiert. Eine detaillierte Aufstellung der Attribute ist bei dem [Zweizwicklungstransformator](#) beschrieben.

Arbeitsbereich

Die Nachbildung des Kraftwerksblocks für die Berechnung wird anhand des gewählten **Lastflusstyps** bestimmt:

- P und Q (Wirkleistung und Blindleistung)
- P und cosphi (Wirkleistung und Leistungsfaktor)
- |S| und cosphi (Scheinleistung und Leistungsfaktor)
- |I| und phi (Grundschwingungsstrom und Phasenlage)
- |Uq| und delta (Quellenspannung und Spannungswinkel)
- |Uq| und delta (Quellenspannung und Spannungswinkel)
- |Ukl| und delta (Klemmenspannung und Spannungswinkel)
- |Ukl| und delta (Klemmenspannung und Spannungswinkel)
- P und |Uq| (Wirkleistung und Quellenspannung)
- P und |Uq| (Wirkleistung und Quellenspannung)
- P und |Ukl| (Wirkleistung und Klemmenspannung)
- P und |Ukl| (Wirkleistung und Klemmenspannung)

Mit den Feldern **Startwert Wirkleistung** und **Startwert Blindleistung** wird der Startwert des Arbeitspunktes der Synchronmaschine festgelegt.

Durch die Angabe von **Bem. Scheinleistung**, **Bem. Spannung**, **Verhältnis R/X** und **gesättigte subtransienter Reaktanz** ist eine Kurzschlussrechnung möglich.

Die Ermittlung der Impedanz wird auch durch das **Verhältnis R/X** im Mitsystem bestimmt. Für die Kurzschlussstromberechnung werden je nach Norm spezielle Standardwerte vorgegeben (siehe Handbuch Kurzschluss, Kapitel Verfahren Kurzschluss, Abschnitt Spezielle Nachbildungen nach VDE).

Die Felder **Generatorenspannung maximal** und **Nennleistungsfaktor** dienen zur Ermittlung des Impedanzkorrekturfaktors laut Kurzschluss nach VDE.

Der **Dauerkurzschlussstrom** wird zur Ermittlung des minimalen 3-poligen Kurzschlussstromes bei Kurzschluss nach VDE verwendet.

Die **Gesättigte transiente Reaktanz** kann aus Kompatibilitätsgründen zu anderen Datenformaten angegeben werden.

Über die Felder **Faktor I**, **Faktor P**, **Faktor Q** und **Faktor S** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Die **Innenreaktanz** wird nur bei der Lastflussberechnung und in den auf der Lastflussberechnung basierenden Verfahren (Lastprofil, Lastentwicklung, Motoranlauf, etc.) berücksichtigt. Mit der Innenreaktanz wird

- ein innerer Spannungsabfall bzw.
- ein innerer Leistungsverlust

Datenbeschreibung

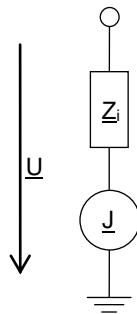
mit Hilfe des aktuellen Stroms ermittelt.

Die Klemmspannung wird um den inneren Spannungsabfall reduziert. Die Klemmenleistung wird um den inneren Leistungsverlust reduziert. Wenn durch eine Regelung die Klemmspannung bzw. die Klemmenleistung konstant ist, so ist für die Innenreaktanz der Wert Null anzugeben.

Wirkleistung und Blindleistung, Wirkleistung und Leistungsfaktor, Scheinleistung und Leistungsfaktor

Mit diesem Element werden für die Lastflussberechnung Wirk- und Blindleistung bzw. Scheinleistung und Leistungsfaktor vorgegeben. Wird die Spannung des Knotens nicht begrenzt, dann ist die Eingabe eines Regelbandes nicht erforderlich.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Die Leistung am Netzknoten reduziert sich um den Leistungsverlust an der Innenimpedanz.



$$\underline{J} = - \left(\frac{\underline{P} + j\underline{Q}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Wirkleistung und Blindleistung}$$

$$\underline{J} = - \left(\frac{\underline{P} + j \frac{\underline{P}}{\cos \varphi} * \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Wirkleistung und Leistungsfaktor}$$

$$\underline{J} = - \left(\frac{\underline{S} * \cos \varphi + j \underline{S} * \sin \varphi}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^* \dots \text{Scheinleistung und Leistungsfaktor}$$

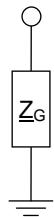
$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Bei Verwendung eines Regelbandes gilt, wobei U_{NN} die Knotennennspannung darstellt:

$$u_u \leq \frac{|U|}{U_{NN}} * 100 \leq u_0$$

$$Q_u \leq Q \leq Q_0$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.

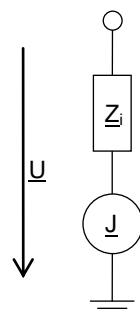


$$Z_G = \frac{x_{d''\text{sat}} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Grundschwingungsstrom und Phasenlage

Mit diesem Typ wird für die Lastflussberechnung der Strom vorgegeben. Wird die Spannung des Knotens nicht begrenzt, dann ist die Eingabe eines Regelbandes nicht erforderlich.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Die Leistung am Netzknoten reduziert sich um den Leistungsverlust an der Innenimpedanz.



$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin \varphi$$

$$J = - \left(\frac{P + jQ}{\sqrt{3} * U} \right)^*$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

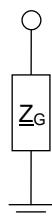
Bei Verwendung eines Regelbandes gilt, wobei U_{NN} die Knotennennspannung darstellt:

$$u_u \leq \frac{|U|}{U_{NN}} * 100 \leq u_0$$

Datenbeschreibung

$$Q_u \leq Q \leq Q_0$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet. Bei Kurzschlussberechnung nach VDE wird die gesättigte subtransiente Reaktanz verwendet.

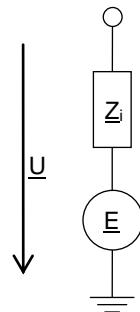


$$Z_G = \frac{x_d'' \text{sat} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Spannung und Spannungswinkel

Mit diesem Element wird für die Lastflussberechnung Betrag und Winkel der Knotenspannung an einem Knoten vorgegeben. Dieses Element übernimmt im Netz unbegrenzt die Leistungsdifferenz zwischen Einspeisung, Verbrauch und Verlusten.

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Spannungsquelle mit Innenimpedanz nachgebildet. Bei konstanter Quellenspannung reduziert sich die Spannung am Netzknoten um den Spannungsabfall an der Innenimpedanz. Bei konstanter Klemmenspannung ist die Spannung am Netzknoten ident mit der angegebenen Generatorenspannung. In beiden Fällen wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand gesondert ausgewiesen.

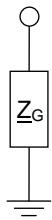


$$E = -\frac{U_G}{U_{NN}} * e^{j\delta} \dots \text{Generatorenspannung und Spannungswinkel in kV}$$

$$E = -U_{NN} * u * e^{j\delta} \dots \text{Generatorenspannung und Spannungswinkel in \%}$$

$$Z_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Für die Kurzschlussberechnung (Rückeinspeisemethode) wird dieses Element als Impedanz nachgebildet.



$$Z_G = \frac{x_d'' \text{sat} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Wirkleistung und Spannung

Mit diesem Lastflusstyp wird für die Lastflussberechnung der Betrag Knotenspannung an einem Knoten und die einzuspeisende Wirkleistung vorgegeben. Dieses Element übernimmt die vom Netz benötigte Blindleistung.

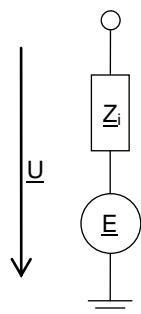
Für die Lastflussberechnung wird das Element als Spannungsquelle mit Innenimpedanz nachgebildet. Bei konstanter Quellenspannung reduziert sich die Spannung am Netzknoten um den Spannungsabfall an der Innenimpedanz. Bei konstanter Klemmenspannung ist die Spannung am Netzknoten ident mit der angegebenen Spannung. In beiden Fällen wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand gesondert ausgewiesen.

Je nach aktiver Regelung kann dieser Lastflusstyp für Netzplanungs- und Netzbetriebsberechnungen verwendet werden.

Netzplanungsrechnung (keine oder normale Regelung): Der Kraftwerksblock hält unabhängig von der Blindleistung die Spannung konstant.

Netzbetriebsrechnung (erweiterte Regelung): Der Kraftwerksblock arbeitet innerhalb der vorgegebenen Blindleistungsgrenzen. Reicht die Blindleistung nicht aus, so bricht die Spannung am Knoten ein.

Weitere Informationen zur Regelung sind im Kapitel [Lastfluss Berechnungsparameter](#) zu finden.



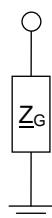
$$|E| = -\frac{U_G}{U_{NN}} \dots \text{Spannung in kV}$$

Datenbeschreibung

$$jQ = \underline{J} * \underline{U} - \underline{P}$$

$$\underline{Z}_i = \frac{x_i * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet. Bei Angabe eines negativen Wertes für die Wirkleistung wird der Kraftwerksblock im Kurzschluss als Synchronmotor betrachtet.



$$\underline{Z}_G = \frac{x_{d''\text{sat}} * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Nachbildung des Kraftwerksblocks

Da dieses Element die Kombination aus einer Einspeisung und einem Transformator darstellt, ergibt sich folgende Darstellung.

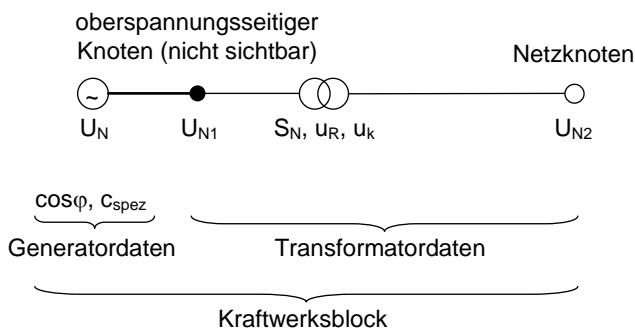


Bild: Interne Darstellung des Kraftwerksblocks

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2

L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Verknüpfung von Netzen

Kraftwerksblöcke, welche als **Ersatzeinspeisung** gekennzeichnet sind, werden bei gemeinsamer Berechnung von mehreren Netzen speziell behandelt.

Ist eine Ersatzeinspeisung an einem verknüpften Knoten angeschlossen, so wird sie in der Berechnung automatisch deaktiviert, wenn die Verknüpfung aktiv ist.

Elementdaten Kraftwerksblock

Die Elementdaten für den Kraftwerksblock sind unter [Allgemeine Daten für Einspeisungen](#) beschrieben.

Systemdaten Kraftwerksblock

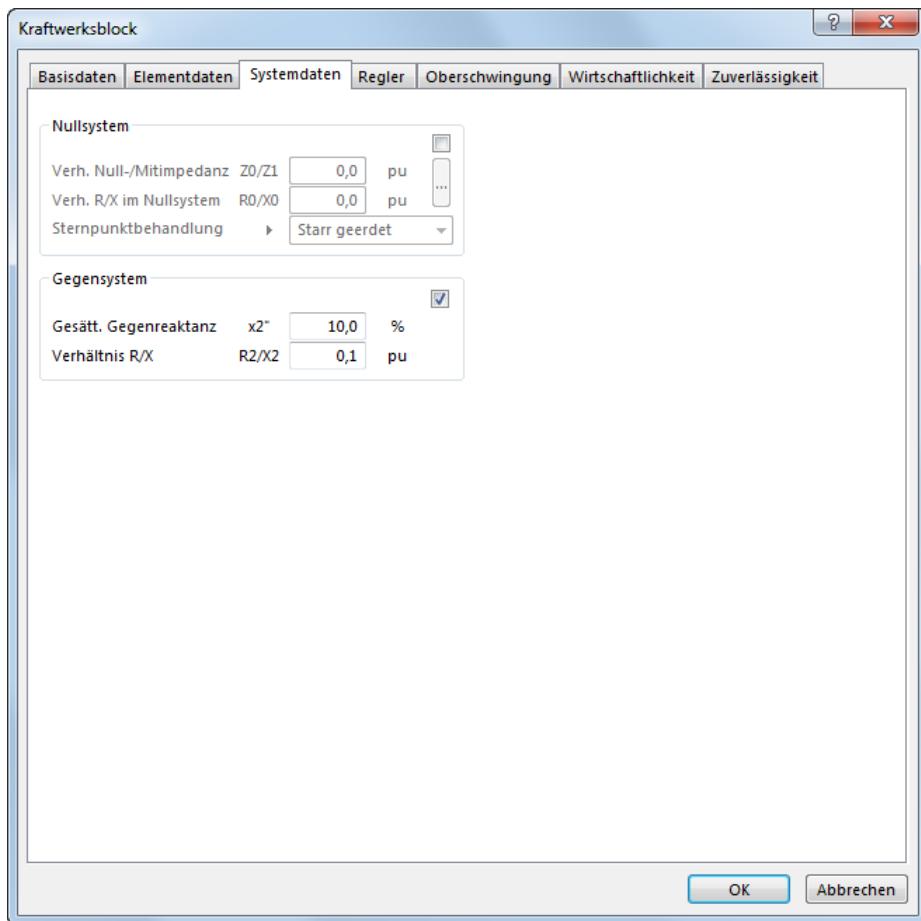


Bild: Datenmaske Kraftwerksblock – Systemdaten

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Gegensystem

Die **Gesättigte Gegenreaktanz** und das dazugehörige **Verhältnis R/X** können aus Kompatibilitätsgründen zu anderen Datenformaten angegeben werden.

Regler Kraftwerksblock

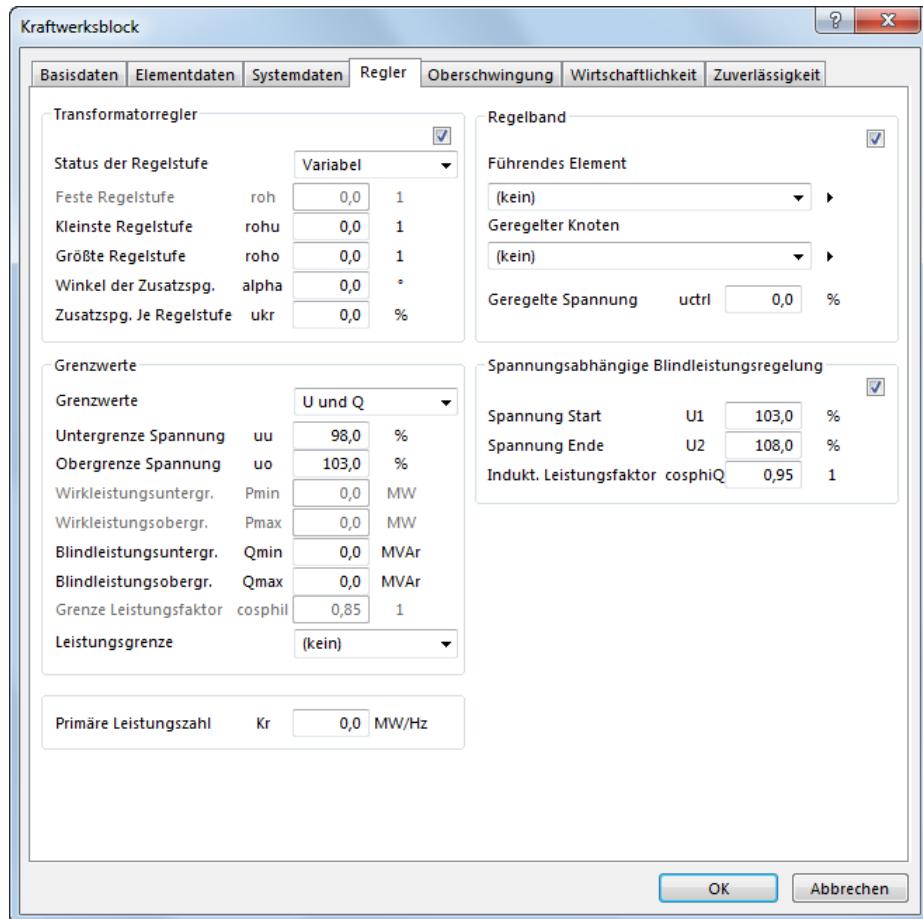


Bild: Datenmaske Kraftwerksblock – Regler

Transformatorregler

Mit den Feldern **Status der Regelstufe**, **Aktuelle Regelstufe**, **Kleinste Regelstufe**, **Größte Regelstufe**, **Winkel der Zusatzspannung** und **Zusatzspannung pro Regelstufe** kann ein Regler für den Blocktransformator definiert werden.

Grenzwerte

Das Feld **Grenzwerte** steuert die Eingabe des Regelbereichs:

- Keine
- U (nur Spannungsgrenzen)
- U und P (Spannungs- und Wirkleistungsgrenzen)

Datenbeschreibung

- U und Q (Spannungs- und Blindleistungsgrenzen)
- U und P, Q (Spannungs-, Wirkleistungs- und Blindleistungsgrenzen)
- U und P, cosphi (Spannungs-, Wirkleistungsgrenzen und berechnete Blindleistungsgrenzen)
- P und Q (Wirkleistungs- und Blindleistungsgrenzen)
- P und cosphi (Wirkleistungsgrenzen und berechnete Blindleistungsgrenzen)

Über die Felder **Untergrenze Spannung**, **Obergrenze Spannung**, **Wirkleistungsuntergrenze**, **Wirkleistungsobergrenze**, **Blindleistungsuntergrenze**, **Blindleistungsobergrenze** und **Grenze Leistungsfaktor** wird der Regelbereich definiert. Die Berücksichtigung der Reglerdaten erfolgt je nach Lastflusstyp. Angabe eines Leistungsfaktors (cosphi) werden die Blindleistungsgrenzen über die Wirkleistung und den Leistungsfaktor bestimmt. Blindleistungsober- und -untergrenze erhalten den gleichen Absolutwert mit entgegen gesetzten Vorzeichen.

Bei Verwendung eines Regelbandes in Verbindung mit dem Lastflusstyp

- Grundschwingungsstrom und Phasenlage
- Wirkleistung und Blindleistung, Scheinleistung und Leistungsfaktor

ist eine Vorgabe der Spannungs- und Blindleistungsgrenzen möglich.

Werden im Regelband die Spannungs- und Blindleistungsgrenzen angegeben, so wird die Blindleistung innerhalb der Grenzen so lange variiert, bis die Spannungsgrenzen eingehalten sind. Ist dies nicht möglich, stellt sich eine Blindleistung zwischen Blindleistungsuntergrenze und Blindleistungsobergrenze ein.

Bei Verwendung eines Regelbandes werden je nach Lastflusstyp die Wirk- und Blindleistungsgrenzen überwacht. Treten am Element aufgrund der Lastflussrechnung Leistungen außerhalb der Grenzen auf, werden überschüssige Wirk- und Blindleistungen auf die restlichen Einspeisungen aufgeteilt. Diese Aufteilung erfolgt nur innerhalb der Leistungsgrenzen der jeweiligen Elemente.

- Generatorenspannung und Spannungswinkel:
Die Begrenzung der Wirk- und Blindleistung wird eingehalten.
- Generatorenspannung und Wirkleistung:
Die Begrenzung der Blindleistung wird eingehalten.

Über das Feld **Leistungsgrenze** können für die Generatorwirkleistung die dazugehörige maximale induktive und kapazitive Generatorblindleistung bei Generatornennspannung definiert werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske **Leistungsgrenze**.

Die **primäre Leistungszahl** kennzeichnet die Starrheit der Einspeisung gegenüber dem Netz. Bei Angabe einer Transferleistung für einen Netzbereich werden die Leistungen der Einspeisungen anteilig zur primären Leistungszahl geändert, um die Transferleistung zu erzielen.

Regelband

Über die Definition eines führenden Elementes mit Hilfe des Feldes **Führendes Element** wird die Nachbildung der Berechnung im Mitsystem durch das führende Element für die Lastflussberechnung vorgegeben. Beide Elemente arbeiten dadurch mit identischen Arbeitspunkten (gleiche Wirk- und Blindleistung).

Über die Felder **Geregelter Knoten** und **Geregelte Spannung** kann auch die Spannung an einem beliebigen Netzknoten geregelt werden. Dies gilt nur für Kraftwerksblöcke mit dem **Lastflusstyp Wirkleistung und Spannung**.

Spannungsabhängige Blindleistungsregelung

Über die Felder **Spannung Start**, **Spannung Ende** und **Induktiver Leistungsfaktor** kann eine spannungsabhängige Blindleistungsregelung zur Spannungsstützung im Netz vorgegeben werden. Genauere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Spannungsabhängige Blindleistungsregelung.

Oberschwingung Kraftwerksblock

Die Oberschwingungsdaten für den Kraftwerksblock sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Einspeisungen](#) beschrieben.

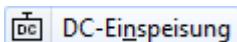
Wirtschaftlichkeit Kraftwerksblock

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Kraftwerksblock sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Kraftwerksblock

Die Zuverlässigkeitsdaten für den Kraftwerksblock sind unter [Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Einspeisungen](#) beschrieben.

3.2.4 DC-Einspeisung



Mit diesem Element kann die DC-Einspeisung nachgebildet werden.

Das Erzeugen einer DC-Einspeisung erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – DC-Einspeisung**.

Eine Übersicht der Felder für die DC-Einspeisung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

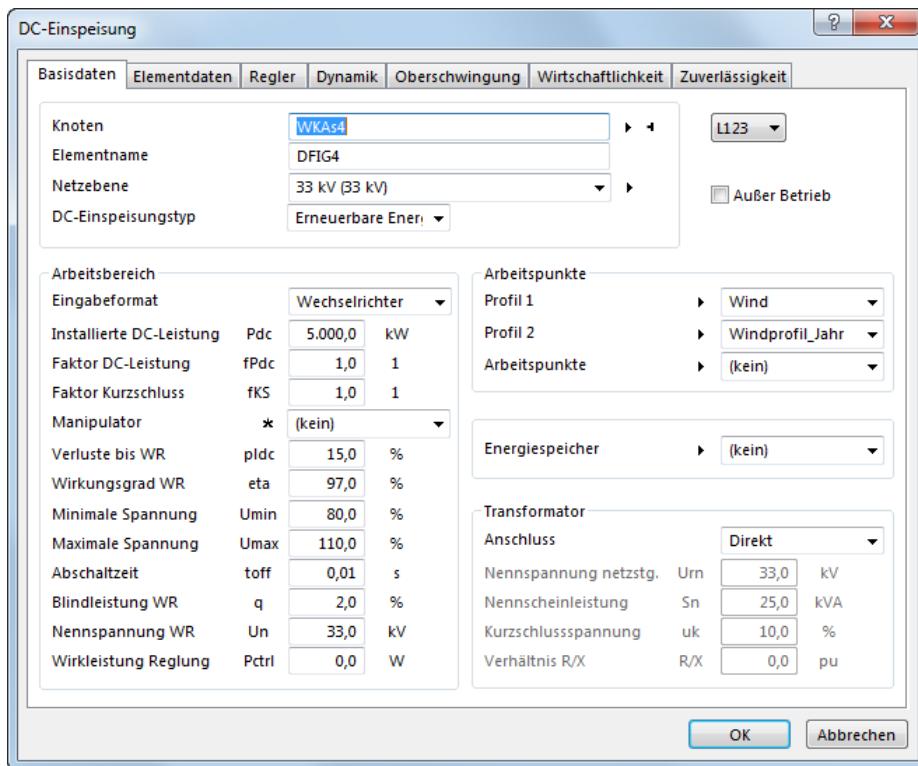
Basisdaten DC-Einspeisung

Bild: Datenmaske DC-Einspeisung – Basisdaten

Arbeitsbereich

Folgende **DC-Einspeisungstypen** stehen zur Verfügung:

- Allgemein
- Brennstoffzelle
- Batterie
- Erneuerbare Energie
- Mikroturbine
- Mobiler Verbraucher
- Photovoltaik

Die Einspeisungstypen haben derzeit keine direkte Auswirkung auf die Simulation. Sie werden nur zur Dokumentation verwendet und anhand dieser Typen wird auch das Netzelementsymbol dargestellt.

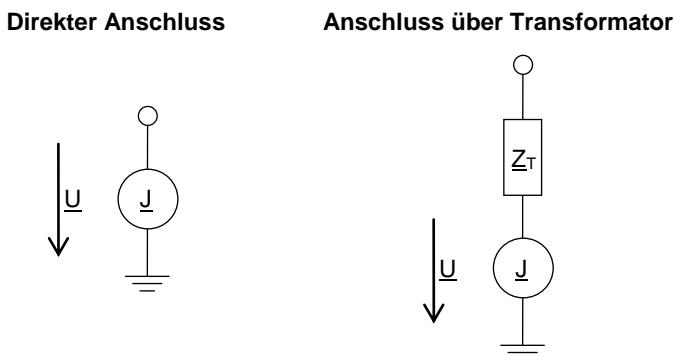
Über das **Eingabeformat** wird definiert, wie das DC-Element in der Berechnung modelliert wird. Folgende Formate stehen zur Verfügung:

- P und Q
- P und cosphi

- Wechselrichter:
Mit dieser Option erfolgt eine erweiterte Nachbildung des DC-Elementes mit einem Wechselrichter. Hierbei werden explizit die Verluste sowie der Blindleistungsbedarf des Wechselrichters definiert.

Wirkleistung und Blindleistung bzw. Wirkleistung und Leistungsfaktor

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Da als Gleichstromtyp auch eine Batterie als Energiespeicher vorgesehen ist, ist sowohl eine Einspeisung als auch eine Abnahme möglich.



Beim Eingabeformat **P und Q** werden die **Wirkleistung** und die **Blindleistung** der DC-Einspeisung direkt definiert.

Wenn das Eingabeformat **P und cosphi** gewählt wird, werden hier **Wirkleistung** und **Leistungsfaktor** definiert und Q entsprechend aus diesen Größen errechnet.

Mit dem Feld **Faktor Kurzschluss** kann eine geänderte Einspeiseleistung im Kurzschluss gegenüber dem Normalzustand im Lastfluss modelliert werden. Hierbei wird die Leistung im Kurzschluss aus dem Produkt von Faktor Kurzschluss und Leistung im Lastfluss bestimmt.

Mit den Feldern **Faktor P** und **Faktor Q** können die Wirk- bzw. Blindleistung multipliziert werden.

Die komplette Wirk- und Blindleistung auf der Wechselstromseite ergibt sich wie folgt:

$$P_{Nges} = P * f_P$$

$$Q_{Nges} = Q * f_Q$$

Der Strom ergibt sich dann wie folgt:

$$\underline{J} = \left(\frac{P_{Nges} + jQ_{Nges}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

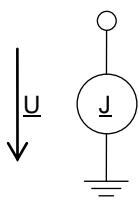
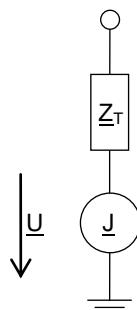
Die Transformatorimpedanz errechnet sich aus:

$$\varphi_T = \tan(X/R)$$

Datenbeschreibung

$$Z_T = \frac{U_n^2}{S_n} * \frac{u_k}{100} * e^{j\varphi_T}$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Der Strom wird hierbei über die Gleichstromleistung im Fehlerfall bestimmt. Die Gleichstromleistung im Fehlerfall ergibt sich je nach Vorgabe der Kurzschlussdaten bei den [Berechnungsparametern](#).

Direkter Anschluss**Anschluss über Transformator**

Minimum:

$$P_F = 0$$

Maximum:

$$P_F = P$$

Benutzerdefiniert:

$$P_F = P$$

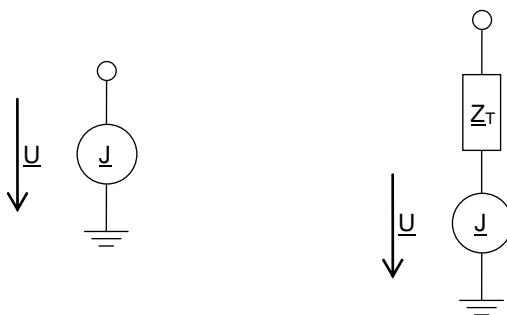
DC-Einspeisungen mit negativ angegebener installierter Wirkleistung haben keinen Anteil am Kurzschluss. Bei Berücksichtigung des Vorbelastungszustandes (je nach Norm) wird der Laststrom als Kurzschlussstrom angesetzt.

Die Impedanz des Transformators wird ebenfalls analog zum Lastfluss berechnet.

Liegt die Spannung nicht im Bereich zwischen **Minimaler Spannung** und **Maximaler Spannung**, so wird die DC-Einspeisung in der **Abschaltzeit** abgeschaltet.

Wechselrichter

Für die Lastflussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Da als Gleichstromtyp auch eine Batterie als Energiespeicher vorgesehen ist, ist sowohl eine Einspeisung als auch eine Abnahme möglich.

Direkter Anschluss Anschluss über Transformator


Bei Angabe einer positiven installierten Gleichstromleistung ergibt sich die Wirkleistung auf der Wechselstromseite wie folgt:

$$P = P_{dc} * fP_{dc} * \left(1 - \frac{pldc}{100}\right) * \frac{\eta}{100}$$

Bei Angabe einer negativen installierten Gleichstromleistung ergibt sich die Wirkleistung auf der Wechselstromseite wie folgt:

$$P = \frac{P_{dc} * fP_{dc}}{\left(1 - \frac{pldc}{100}\right)} * \frac{100}{\eta}$$

Die komplette Wirk- und Blindleistung auf der Wechselstromseite ergibt sich wie folgt:

$$P_{Nges} = P + \frac{P_{ctrl}}{1000}$$

$$Q_{Nges} = |P| * \frac{q}{100}$$

Der Strom ergibt sich dann wie folgt:

$$\underline{J} = \left(\frac{P_{Nges} + jQ_{Nges}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

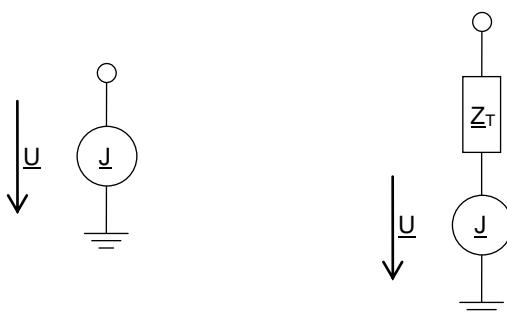
Die Transformatorimpedanz errechnet sich aus:

$$\varphi_T = \text{atan}(X/R)$$

$$Z_T = \frac{U_n^2}{S_n} * \frac{u_k}{100} * e^{j\varphi_T}$$

Für die Kurzschlussrechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Der Strom wird hierbei über die Gleichstromleistung im Fehlerfall bestimmt. Die Gleichstromleistung im Fehlerfall ergibt sich je nach Vorgabe der Kurzschlussdaten bei den [Berechnungsparametern](#).

Datenbeschreibung

Direkter Anschluss **Anschluss über Transformator**


Minimum:

$$P_F = 0$$

Maximum:

$$P_F = P_{dc}$$

Benutzerdefiniert:

$$P_F = P_{dc} * f P_{dc}$$

DC-Einspeisungen mit negativ angegebener installierter Gleichstromleistung haben keinen Anteil am Kurzschluss. Bei Berücksichtigung des Vorbelastungszustandes (je nach Norm) wird der Laststrom als Kurzschlussstrom angesetzt.

Die Impedanz des Transformators wird ebenfalls analog zum Lastfluss berechnet.

Liegt die Spannung nicht im Bereich zwischen **Minimaler Spannung** und **Maximaler Spannung**, so wird die DC-Einspeisung in der **Abschaltzeit** abgeschaltet.

Arbeitspunkte

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Der Faktor eines Lastprofils wird verwendet, um die installierte DC-Leistung multiplikativ zu beaufschlagen. Bei Lastprofilen mit absoluten Werten wird die angegebene Wirkleistung als aktuelle DC-Leistung verwendet. Die komplette AC-seitige Wirk- und Blindleistung wird wie oben beschrieben berechnet.

Mit dem Feld **Energiespeicher** kann dem DC-Element ein Speicherelement (z.B. Batterie) zugeordnet werden. Dieser Speicher wird dann ausschließlich in der Lastprofilberechnung verwendet. Eine genauere Beschreibung ist unter [Energiespeicher](#) zu finden.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Bei Anschluss über einen Transformator erfolgt die Modellierung des Transformatoren wie folgt:

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde mit Schaltgruppe YNYN0
L2	einphasig zwischen L2 und Erde mit Schaltgruppe YNYN0
L3	einphasig zwischen L3 und Erde mit Schaltgruppe YNYN0
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2 mit Schaltgruppe DD0
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3 mit Schaltgruppe DD0
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1 mit Schaltgruppe DD0
L123	dreiphasig mit Schaltgruppe DYN5

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Die Nachbildung der Einspeisung erfolgt starr geerdet mit dem Verhältnis Null-/Mitimpedanz gleich 1.

Die Nachbildung des Transformatoren erfolgt für die Schaltgruppen YNYN0 und DYN5 ebenfalls mit dem Verhältnis Null-/Mitimpedanz gleich 1.

Elementdaten DC-Einspeisung

Die Elementdaten für die DC-Einspeisung sind unter [Allgemeine Daten für Einspeisungen](#) beschrieben.

Regler DC-Einspeisung

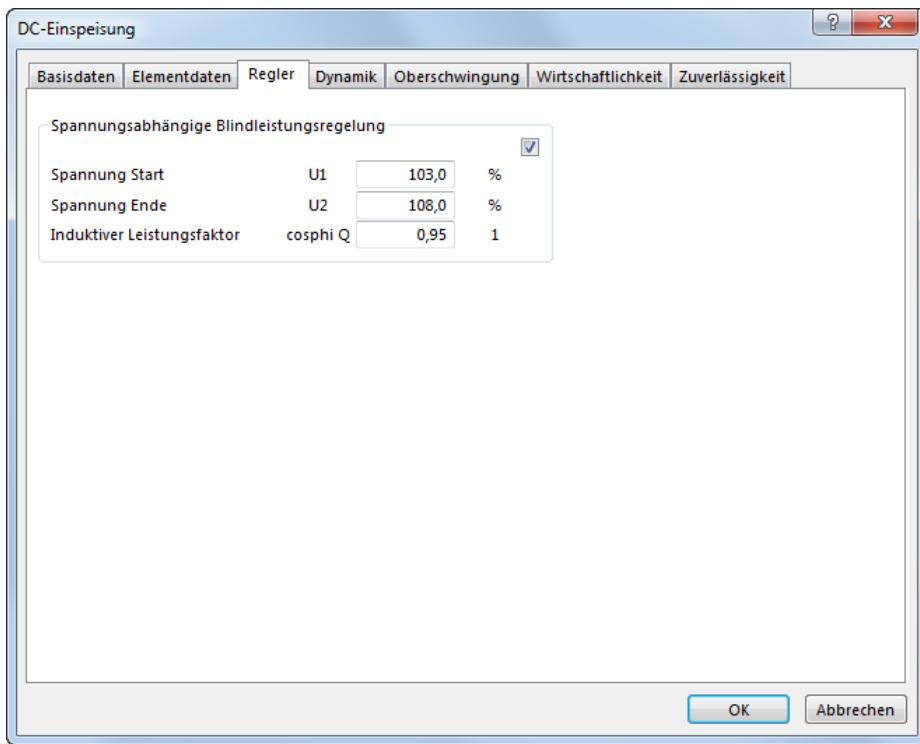


Bild: Datenmaske DC-Einspeisung – Regler

Spannungsabhängige Blindleistungsregelung

Über die Felder **Spannung Start**, **Spannung Ende** und **Induktiver Leistungsfaktor** kann eine spannungsabhängige Blindleistungsregelung zur Spannungsstützung im Netz vorgegeben werden. Genauere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Spannungsabhängige Blindleistungsregelung.

Dynamik DC-Einspeisung

Die Dynamikdaten für die DC-Einspeisung sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Pmin	Minimale Wirkleistung	MW
#Pmax	Maximale Wirkleistung	MW
#Qmin	Minimale Blindleistung	Mvar
#Qmax	Maximale Blindleistung	Mvar
#PQref	Bezugswert für Wirk- und Blindleistung	MVA
#Pdc	Installierte Gleichstromleistung	MW
#fPdc	Faktor installierte Gleichstromleistung	1
#pldc	Verluste Gleichstromseite	pu
#eta	Wirkungsgrad Wechselrichter	pu
#Pctrl	Leistungsbedarf Elektronik	MW
#Umin	Minimale Spannung	pu
#Umax	Maximale Spannung	pu
#Emin	Minimale Energie	MWh
#Emax	Maximale Energie	MWh
#Eact	Aktuelle Energie	MWh
#toff	Abschaltzeit	sec

Der Bezugswert für Wirk- und Blindleistung ist identisch mit dem Absolutwert der installierten Gleichstromleistung.

Als BOSL Modell stehen derzeit ein variables PQ und ein variables I zur Verfügung. Die Faktoren für die Wirk- und Blindleistung sind bezogen auf den Bezugswert für Wirk- und Blindleistung #PQref zu liefern. Bei Anschluss über einen Transistor sind nicht die netzseitigen, sondern die DC-seitigen Daten zu bestimmen.

Oberschwingung DC-Einspeisung

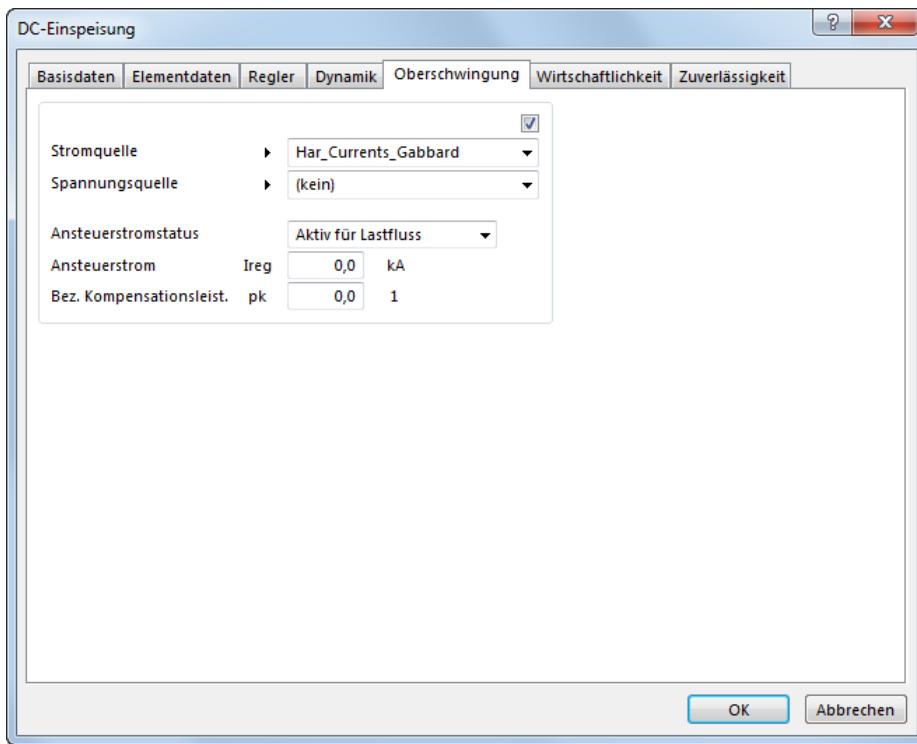


Bild: Datenmaske DC-Einspeisung – Oberschwingung

Für die DC-Einspeisung besteht die Möglichkeit, den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine DC-Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Folgende **Ansteuerstromstati** stehen zur Verfügung:

- Aktiv für Lastfluss:
Der Ansteuerstrom wird in die Lastflussberechnung miteinbezogen. Der Ergebnisstrom aus der Lastflussberechnung ist dann ident zum Ansteuerstrom in der Oberschwingungsberechnung. Die Wirkleistung für die Lastflussberechnung wird aus den Basisdaten bestimmt. Die Blindleistung wird in der Lastflussberechnung variiert, bis der Ergebnisstrom der Lastflussberechnung identisch mit dem Ansteuerstrom ist.
- Deaktiv für Lastfluss:
Der Ansteuerstrom wird nur in der Oberschwingungsberechnung verwendet.

Mit dem **Ansteuerstrom** kann der Basiswert der Stromquelle bei Netzfrequenz angegeben werden. Bei Vorgabe von prozentuellen OS-Stromeinspeisungen wird mit Hilfe dieses Stromes der absolute OS-Einspeisestrom ermittelt.

Über das Feld **Bezogene Kompensationsleistung** wird eine zusätzliche kapazitive Blindleistung für die Rundsteuerberechnung berücksichtigt.

$$Q_{\text{kap}} = P * p_k$$

$$Q_{\text{ind}} = Q + P * p_k$$

Wirtschaftlichkeit DC-Einspeisung

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die DC-Einspeisung sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit DC-Einspeisung

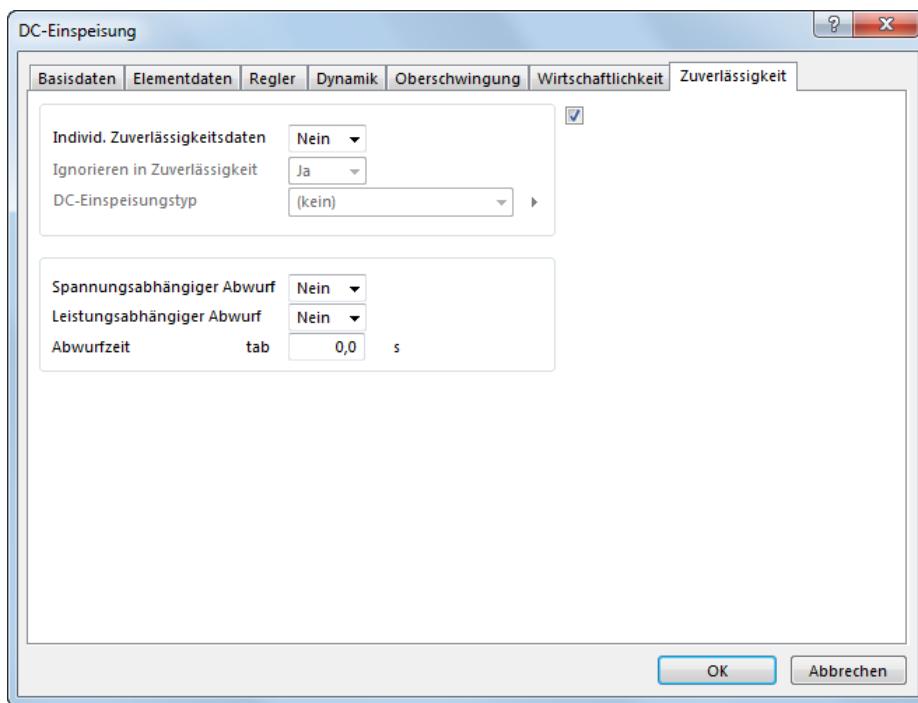


Bild: Datenmaske DC-Einspeisung – Zuverlässigkeit

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitsdaten** wird festgelegt, ob die DC-Einspeisung am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Mit dem Feld **Ignorieren in Zuverlässigkeit** kann die DC-Einspeisung, die Wirkleistung einspeist, für die Zuverlässigungsberechnung deaktiviert werden.

Mit dem **DC-Einspeisungstyp** wird Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Über die Felder **Spannungsabhängiger Abwurf**, **Leistungsabhängiger Abwurf** und **Abwurftzeit** kann ein Abwurf der DC-Einspeisung in der Lastflussberechnung definiert werden. Der Abwurf erfolgt abhängig von der Netzsituation. Genauere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Abwurf.

3.3 Verbraucher

Mit diesen Elementen werden Verbraucher, die Leistung aus dem Netz entnehmen, nachgebildet.

Folgende Verbraucher sind verfügbar:

- [Allgemeine Last](#)
- [Asynchronmaschine](#)
- [Querimpedanz](#)
- [Querdrossel](#)
- [Querkondensator](#)
- [Statischer Kompensator](#)
- [Variables Querelement](#)

3.3.1 Allgemeine Last

[Allgemeine Last](#)

Mit diesem Element können sowohl spannungs- und stromabhängige als auch fixe Lasten nachgebildet werden.

Das Erzeugen einer Last erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Allgemeine Last**.

Eine Übersicht der Felder für die Allgemeine Last ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Allgemeine Last

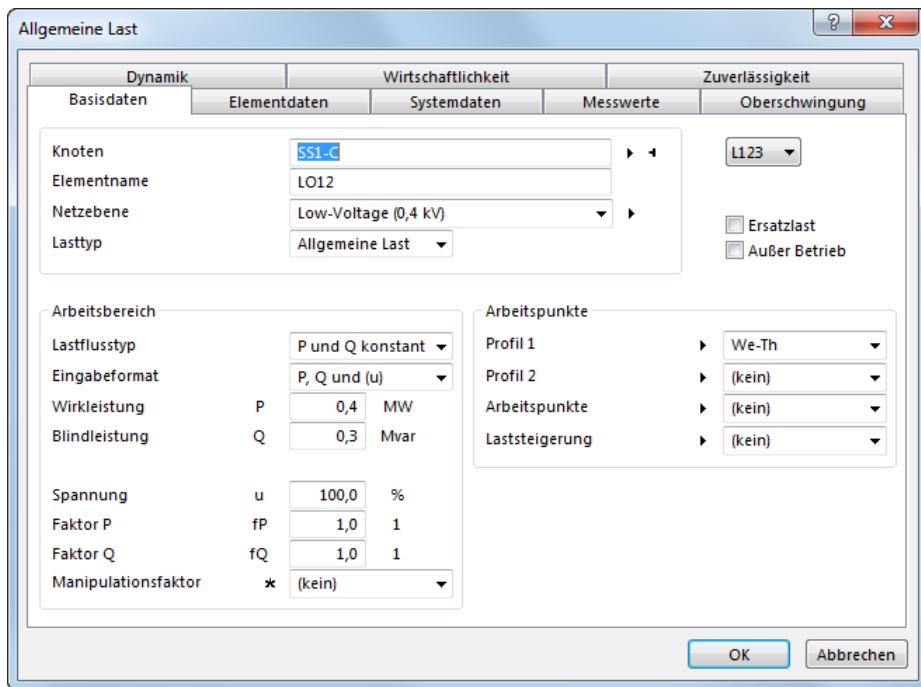


Bild: Datenmaske Allgemeine Last – Basisdaten

Die Nachbildung für die Allgemeine Last wird anhand der Felder **Lasttyp**, **Lastflusstyp** und **Eingabeformat** bestimmt.

Es kann zwischen den folgenden **Lasttypen** gewählt werden:

- Allgemeine Last:
Hier sind die Lastdaten über eines der vordefinierten Eingabeformate anzugeben.
- Hausanschluss:
Hier sind **Kundendaten** anzugeben. In der Lastflussberechnung wird die Summe aller Kundendaten auf diese Last projektiert.

Arbeitsbereich

Mit dem **Lastflusstyp** wird das Verhalten der Last für die Lastflussberechnung festgelegt. Es kann zwischen den folgenden Typen gewählt werden:

- P und Q konstant
- P und Q begrenzt
- I konstant
- I begrenzt
- Z konstant

Genaue Informationen zu den Lastflusstypen finden Sie im Handbuch Lastfluss, Kapitel Lastnachbildung.

Datenbeschreibung

Mit dem **Eingabeformat** kann das gewünschte Format zur Dateneingabe gewählt werden:

- P, Q und (u) (Wirkleistung, Blindleistung und Spannung)
- P, Q und (u) – Dreieck (Wirk- und Blindleistung Phase – Phase):

Mit diesem Eingabeformat kann die Last individuell zwischen den Leitern L12, L23 und L31 eingegeben werden.
- P, Q und (U) (Wirkleistung, Blindleistung und Spannung)
- P, cosphi und u (Wirkleistung, Leistungsfaktor und Spannung)
- P, cosphi und U (Wirkleistung, Leistungsfaktor und Spannung)
- S, cosphi und u (Scheinleistung, Leistungsfaktor und Spannung)
- S, cosphi und U (Scheinleistung, Leistungsfaktor und Spannung)
- I, cosphi und u (Strom, Leistungsfaktor und Spannung)
- I, cosphi und U (Strom, Leistungsfaktor und Spannung)
- Pi und Qi (Anschlusswerte für Wirk- und Blindleistung)
- Pij, Qij und (u) – Dreieck (Wirk- und Blindleistung Phase – Phase):

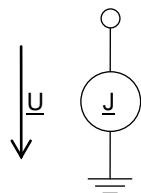
Mit diesem Eingabeformat kann die Last individuell zwischen den Leitern L12, L23 und L31 eingegeben werden.
- Pi, Qi und (u) – Stern (Wirk- und Blindleistung Phase – Erde):

Mit diesem Eingabeformat kann die Last individuell für die Leiter L1, L2 und L3 eingegeben werden. Hierbei wird die Last einphasig gegen Erde geschaltet.
- P und I (Wirkleistung und Strom)
- E, cosphi und t (Energieverbrauch, Leistungsfaktor und Benutzungsdauer)
- Eap und Eaq (Jahreswirkverbrauch und Jahresblindverbrauch)

Über die Felder **Faktor P**, **Faktor Q**, **Faktor S**, **Faktor I**, **Faktor E**, **Faktor Eap**, **Faktor Eaq**, **Faktor Pi** und **Faktor Qi** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Das Element kann auch als Last mit fixem Ansteuerstrom und fixer Wirkleistung verwendet werden. Der Wechsel zu diesem Verbrauchsverhalten erfolgt, sobald ein Ansteuerstrom ungleich Null angegeben wird.

Die allgemeine Last wird anhand der ermittelten Leistungswerte in den Berechnungsverfahren als negative Stromquelle (= Verbraucher) nachgebildet.



$$\underline{J} = \left(\frac{P_{Nges} + jQ_{Nges}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

$$\underline{J} = \left(\frac{P_{St} + jQ_{St}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

$$\underline{J_i} = \left(\frac{P_i + jQ_i}{\sqrt{3} * \underline{U}_i} \right)^*$$

$$J_{ij} = \left(\frac{P_{ij} + jQ_{ij}}{\sqrt{3} * (U_i - U_j)} \right)^*$$

Wirkleistung und Blindleistung konstant

Mit diesem Lasttyp kann unabhängig von der Spannung Wirk- und Blindleistung entnommen werden.

Die Wirk- und Blindleistung wird entsprechend dem gewählten **Lastflusstyp** ermittelt. Die Ermittlung erfolgt wie bei Lasttyp Impedanz konstant oder Strom konstant und zusätzlich über:

Wirkleistung, Leistungsfaktor und Spannung

$$P_{Nges} = P$$

$$Q_{Nges} = \frac{P}{\cos\varphi} * \sqrt{1 - \cos\varphi^2}$$

Anschlusswerte für Wirk- und Blindleistung

Die Ermittlung von Wirk- und Blindleistung wird über die [Lastprofile](#) und Lastprofilwerte durchgeführt.

Wirk- und Blindleistung Phase – Phase

Die Leistungen sind explizit anzugeben.

Wirk- und Blindleistung Phase – Erde

Die Leistungen sind explizit anzugeben.

Wirkleistung und Strom

Für dieses Verbrauchsverhalten ergibt sich bei aktivem Ansteuerstrom ungleich Null die folgende Nachbildung für die Berechnung.

$$S_{St} = \sqrt{3} * U * I_{reg}$$

$$P_{St} = P$$

$$Q_{St} = \sqrt{S_{St}^2 - P_{St}^2}$$

Energieverbrauch, Leistungsfaktor und Benutzungsdauer

$$P_{Nges} = \frac{E}{t} * \cos\varphi$$

$$Q_{Nges} = \frac{E}{t} * \sqrt{1 - \cos\varphi^2}$$

Jahreswirkverbrauch und Jahresblindverbrauch

Die Ermittlung von Wirk- und Blindleistung wird über die [Lastprofile](#) und Lastprofilwerte durchgeführt.

Wirkleistung und Blindleistung begrenzt und Impedanz begrenzt

Mit diesen Lastflusstypen kann eine erweiterte Modellierung des realen Betriebsverhaltens der Last erreicht werden. Dabei wird, wenn die Knotenspannung einen vordefinierten Grenzwert unterschreitet, die Leistung der Last anhand einer Kennlinie reduziert.

Genaue Informationen zu diesen Lastflusstypen finden Sie im Handbuch Lastfluss, Kapitel Lastnachbildung.

Impedanz konstant oder Strom konstant

Mit diesem Lasttyp kann eine spannungsabhängige Last dargestellt werden. Weicht die aus der Lastflussberechnung resultierende Spannung von der Nennspannung ab, so ändert sich auch die aufgenommene Leistung.

Der Korrekturfaktor für die Spannung ergibt sich aus Knotennennspannung, Verbrauchernennspannung und Verbraucherspannung (absolut oder relativ).

$$f_{U_{rel}} = \frac{U_{NN}}{U_{NV}} * \frac{1}{u}$$

$$f_{U_{abs}} = \frac{U_{NN}}{U_{NV}} * \frac{U}{U_{NV}}$$

Bei konstanter Impedanz wird das Quadrat des Korrekturfaktors für die Ermittlung der Leistung herangezogen. Bei konstantem Strom wird der Korrekturfaktor direkt verwendet.

Die Wirk- und Blindleistung wird entsprechend dem gewählten **Lastflusstyp** ermittelt.

Wirkleistung, Blindleistung und Spannung

$$P_{Nges} = P$$

$$Q_{Nges} = Q$$

Scheinleistung, Leistungsfaktor und Spannung

$$P_{Nges} = S * \cos\varphi$$

$$Q_{Nges} = S * \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$$

Strom, Leistungsfaktor und Spannung

$$P_{Nges} = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$

$$Q_{Nges} = \sqrt{3} * U * I * \sqrt{1 - \cos \varphi^2}$$

Aus der gesamten Nennleistung wird eine Impedanz bestimmt.



$$Z = \frac{U_N^2}{P_{Nges} - j Q_{Nges}}$$

Arbeitspunkte

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Mit dem Feld **Laststeigerung** werden zeitliche Leistungsdaten für die Lastentwicklungs berechnung vorgegeben.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Unterschiedliche Phasenleistungen können zusätzlich über spezielle Eingabeformate angegeben werden.

Eingabeformat	Verschaltung
Pi, Qi und (u) – Stern	Eingabe aller Einzelleistungen gegen Erde

Datenbeschreibung

P _{ij} , Q _{ij} und (u) – Dreieck	Eingabe aller Einzelleistungen zwischen den Phasen
---	--

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Verknüpfung von Netzen

Allgemeine Lasten, welche als **Ersatzlast** gekennzeichnet sind, werden bei gemeinsamer Berechnung von mehreren Netzen speziell behandelt.

Ist eine allgemeine Last an einem verknüpften Knoten angeschlossen, so wird sie in der Berechnung automatisch deaktiviert, wenn die Verknüpfung aktiv ist.

Elementdaten Allgemeine Last

Die Elementdaten für die Allgemeine Last sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Systemdaten Allgemeine Last

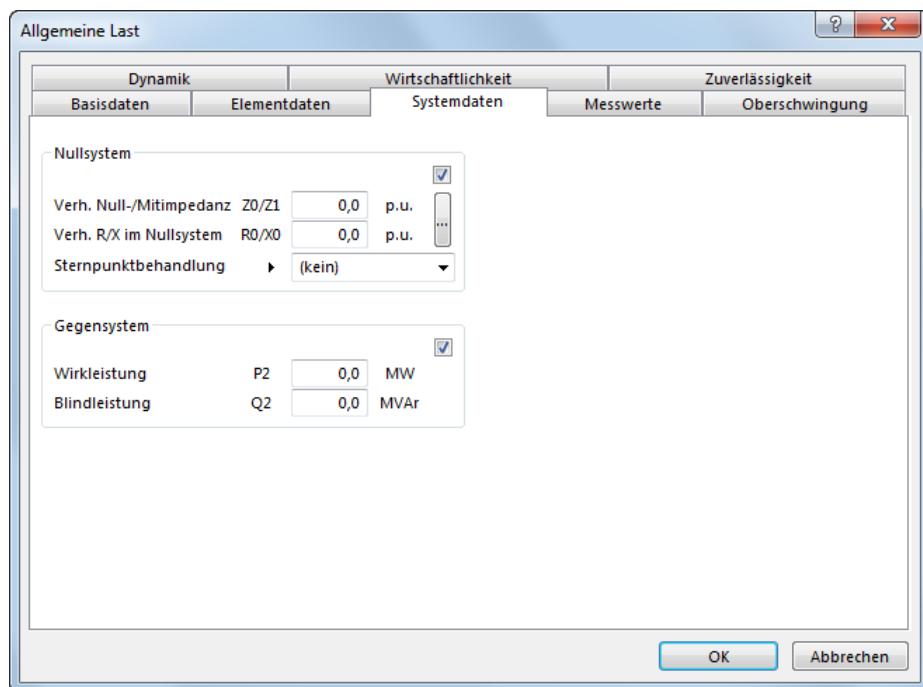


Bild: Datenmaske Allgemeine Last – Systemdaten

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Gegensystem

Die **Wirkleistung** und die **Blindleistung** können aus Kompatibilitätsgründen zu anderen Datenformaten angegeben werden.

Messwerte Allgemeine Last

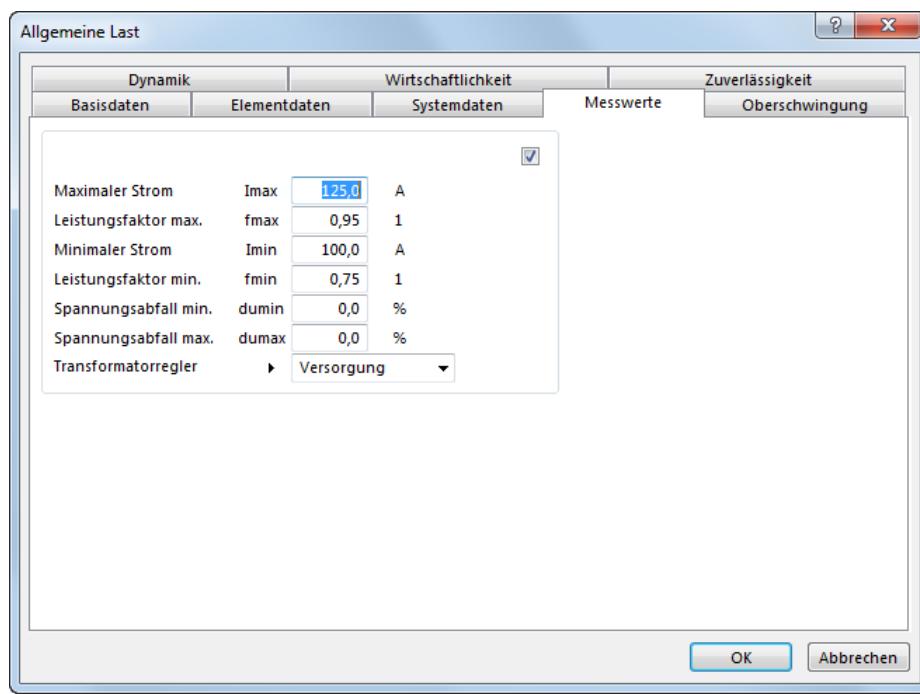


Bild: Datenmaske Allgemeine Last – Messwerte

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Lastermittlung angegeben.

Datenbeschreibung

Über den **Maximalen Strom** und den dazugehörigen **Leistungsfaktor max.** wird die Startleistung für die Lastermittlung und die maximale Leistungsverteilung für die Tap-Zone Ermittlung bestimmt. Bei Angabe eines maximalen Stromes gleich Null wird dieser aus den Basisdaten der Last bestimmt.

Über den **Minimalen Strom** und den dazugehörigen **Leistungsfaktor min.** wird die minimale Leistungsverteilung für die Tap-Zone Ermittlung bestimmt. Bei Angabe eines minimalen Stromes gleich Null wird dieser aus den Basisdaten der Last bestimmt.

Mit dem **Spannungsabfall minimal** kann der Spannungsabfall bei minimalem Strom für das Sekundärnetz angegeben werden. Bei der Tap-Zone Ermittlung wird dieser Spannungsabfall bei der Ermittlung der Stufenstellung mit berücksichtigt.

Mit dem **Spannungsabfall maximal** kann der Spannungsabfall bei maximalem Strom für das Sekundärnetz angegeben werden. Bei der Tap-Zone Ermittlung wird dieser Spannungsabfall bei der Ermittlung der Stufenstellung mit berücksichtigt.

Über das Feld **Transformatorregler** muss für die Tap-Zone Ermittlung der Regelverlauf eines Transformators angegeben werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske [Transformatorregler](#).

Oberschwingung Allgemeine Last

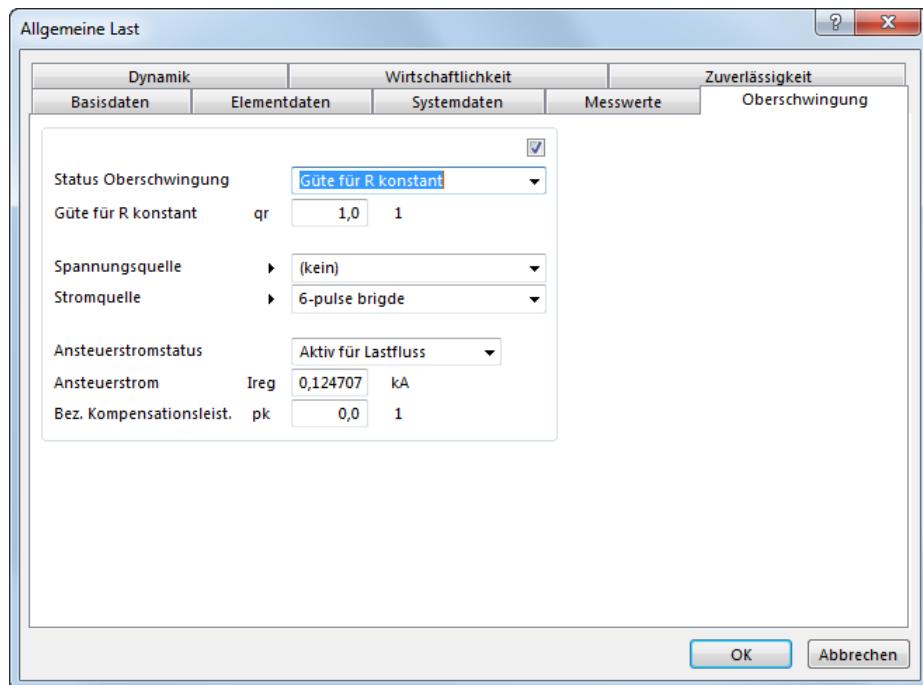


Bild: Datenmaske Allgemeine Last – Oberschwingungen

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für die allgemeine Last einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.

- Güte für R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet. X und R werden in Serie geschaltet.
- Güte für X/R konstant (seriell):
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für X/R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet. X und R werden in Serie geschaltet.
- Güte für X/R konstant (parallel):
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für X/R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet. X und R werden parallel geschaltet. Diese Option ist zusätzlich zur seriellen Definition von X/R verfügbar, um ein näherungsweises frequenzabhängiges Modell für "zusammengefasste Lasten" zu ermöglichen. D.h. die Last repräsentiert in Wirklichkeit eine Vielzahl von individuellen Lasten, bei denen die Wirk- und Blindleistungen summiert wurden. Im frequenzabhängigen Verhalten für die Oberschwingung ist dies für die Nachbildung dann aber eine Parallelschaltung von einzelnen Lasten.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Oberschwingungsberechnung verwendet.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Es besteht die Möglichkeit, den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Für Oberschwingungs-Stromquellen mit bezogener Stromangabe und einem Bezugsstrom von 0 Ampere wird der Laststrom als Bezugsstrom herangezogen.

Folgende **Ansteuerstromstati** stehen zur Verfügung:

- Aktiv für Lastfluss:
Der Ansteuerstrom wird in die Lastflussberechnung miteinbezogen. Der Ergebnisstrom aus der Lastflussberechnung ist dann ident zum Ansteuerstrom in der Oberschwingungsberechnung. Die Wirkleistung für die Lastflussberechnung wird aus den Basisdaten bestimmt. Die Blindleistung wird in der Lastflussberechnung variiert, bis der Ergebnisstrom der Lastflussberechnung identisch mit dem Ansteuerstrom ist.
- Deaktiv für Lastfluss:
Der Ansteuerstrom wird nur in der Oberschwingungsberechnung verwendet.

Mit dem **Ansteuerstrom** kann der Basiswert der Stromquelle bei Netzfrequenz angegeben werden. Bei Vorgabe von prozentuellen OS-Stromeinspeisungen wird mit Hilfe dieses Stromes der absolute OS-Einspeisestrom ermittelt.

Über das Feld **Bezogene Kompensationsleistung** wird eine kapazitive Blindleistung für die Rundsteuerberechnung berücksichtigt.

$$Q_{\text{kap}} = P * p_k$$

$$Q_{\text{ind}} = Q + P * p_k$$

Dynamik Allgemeine Last

Die Dynamikdaten für die Allgemeine Last sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-
#GlF	Wirkleitwert	Siemens
#BlF	Blindleitwert	Siemens
#LPFP	Lastprofilfaktor – Wirkleistung	1
#LPFQ	Lastprofilfaktor – Blindleistung	1

Als BOSL Modell stehen derzeit ein variables PQ und ein variables I zur Verfügung.

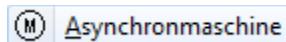
Wirtschaftlichkeit Allgemeine Last

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Allgemeine Last sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Allgemeine Last

Die Zuverlässigkeitsdaten für die Allgemeine Last sind unter [Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Verbraucher](#) beschrieben.

3.3.2 Asynchronmaschine



Über dieses Element werden Asynchronmaschinen definiert. In der Lastflussberechnung kann die Asynchronmaschine als Motor oder als Generator (übersynchron oder als DFIG) nachgebildet werden.

Das Erzeugen einer Asynchronmaschine erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Asynchronmaschine**.

Eine Übersicht der Felder für die Asynchronmaschine ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Asynchronmaschine

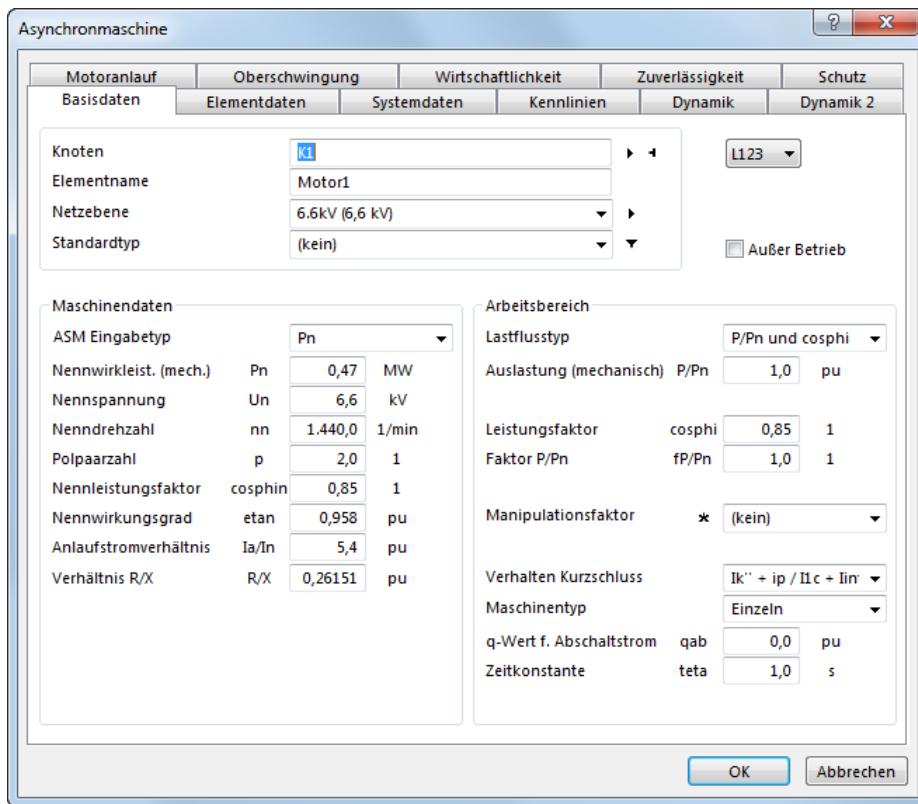


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Basisdaten

Über den **Standardtyp** können die Daten der Asynchronmaschine aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Die Nachbildung der Asynchronmaschine wird anhand der Felder **ASM Eingabetyp** und **Lastflusstyp** bestimmt.

Maschinendaten

Über den **ASM Eingabetyp** kann zwischen folgenden Optionen gewählt werden:

- Pn (Nennwirkleistung)
- In (Nennstrom)
- NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

Arbeitsbereich

Das Feld **Lastflusstyp** dient zur Auswahl des Eingabeformates:

- P und Q (Wirkleistung und Blindleistung)
- P und cosphi (Wirkleistung und Leistungsfaktor)
- P/Pn und cosphi (Auslastung und Leistungsfaktor)
- |U|, || und cosphi (Motorspannung, Grundschwingungsstrom und Leistungsfaktor)
- DFIG (Wirkleistung, Blindleistung und Schlupf)

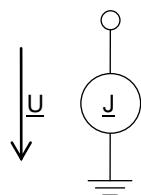
Datenbeschreibung

Zu beachten: Asynchronmaschinen mit negativer Leistungsangabe oder vom Lastflusstyp DFIG werden als Generator behandelt. Bei Berechnung der minimalen Kurzschlussströme werden diese Asynchronmaschinen vom Typ DFIG in die Berechnung mit einbezogen.

Die Ermittlung der Impedanz wird auch durch das **Verhältnis R/X** im Mitsystem bestimmt. Für die Kurzschlussstromberechnung werden je nach Norm spezielle Standardwerte vorgegeben (siehe Handbuch Kurzschluss, Kapitel Verfahren Kurzschluss, Abschnitt Spezielle Nachbildung nach VDE).

Über die Felder **Faktor P**, **Faktor Q**, **Faktor P/Pn** und **Faktor I** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Für die **Lastflussberechnung** wird das Element als negative Stromquelle (= Verbraucher) nachgebildet.



$$\underline{J} = \left(\frac{\underline{P}_{ASM} + j\underline{Q}_{ASM}}{\underline{U}} \right)$$

Über das Feld **Verhalten Kurzschluss** kann die Asynchronmaschine wie folgt im Kurzschluss berücksichtigt werden.

- $\underline{I}_k' + \underline{i}_p / \underline{I}_{1c} + \underline{i}_{int}$:
Die Asynchronmaschine liefert Anteile zu allen Kurzschlussströmen.
- $\underline{i}_p / \underline{I}_{1c}$:
Je nach Kurzschlussverfahren liefert die Asynchronmaschine nur einen Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom (VDE, IEC und G74) bzw. zum Strom First Cycle (ANSI).
- Ignorieren:
Die Asynchronmaschine liefert keinen Anteil zum Kurzschluss.

Für die Kurzschlussberechnung muss die Anlaufimpedanz nachgebildet werden. Dies erfolgt über die Felder **Nennspannung**, **Nennleistungsfaktor**, **Anlaufstromverhältnis**, **Nenndrehzahl**, **Polpaarzahl**, **q-Wert für Abschaltstrom** und **Nennwirkungsgrad**. Ist die Asynchronmaschine über Stromrichter gespeist, so kann über **Verhalten im Kurzschluss** das Verhalten des Stromrichters nachgebildet werden.

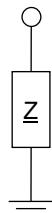
Das Feld **Maschinentyp** legt fest, wie die Maschinenreaktanze bei der Ermittlung des Kurzschlusses nach ANSI/IEEE zu korrigieren ist.

Mit Hilfe des Feldes **Zeitkonstante** kann ein zeitabhängiges Impedanzverhalten für die Kurzschluss- und Schutzsimulation vorgegeben werden.

Eine Asynchronmaschine mit Lastflusstyp DFIG (Wirkleistung, Blindleistung und Schlupf) wird im Kurzschluss als Generator betrachtet.

Nennwirkleistung

Mit diesem Eingabetyp wird die Wirkleistung der Asynchronmaschine vorgegeben. Diese wird zur Nachbildung der Impedanz des Elementes für die Kurzschluss- und Schutzberechnung verwendet.



für Kurzschluss:

$$\underline{Z} = \frac{U_n^2 * \cos \varphi_n * \eta_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{P_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

für Schutzsimulation (Zeitkonstante = 0):

$$\underline{Z} = \frac{U_n^2 * \cos \varphi_n * \eta_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{P_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

$$\tau = 0$$

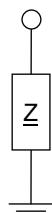
für Schutzsimulation (Zeitkonstante $\neq 0$):

$$\underline{Z} = \frac{U_n^2 * \cos \varphi_n * \eta_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{P_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}} * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau \neq 0$$

Nennstrom

Mit diesem Eingabetyp wird der Nennstrom der Asynchronmaschine vorgegeben. Diese wird zur Nachbildung der Impedanz des Elementes für die Kurzschluss- und Schutzberechnung verwendet.



Datenbeschreibung

für Kurzschluss:

$$\underline{Z} = \frac{U_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{\sqrt{3} * I_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

für Schutzsimulation (Zeitkonstante = 0):

$$\underline{Z} = \frac{U_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{\sqrt{3} * I_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

$$\tau = 0$$

für Schutzsimulation (Zeitkonstante $\neq 0$):

$$\underline{Z} = \frac{U_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{\sqrt{3} * I_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}} * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau \neq 0$$

NEMA

Mit diesem Eingabetyp wird die Wirkleistung der Asynchronmaschine vorgegeben. Das Verhalten ist zusätzlich nach NEMA (National Electrical Manufacturers Association) vorgegeben.

Die Blindleistung wird aus den Motordaten und dem Park'schen Modell ermittelt.

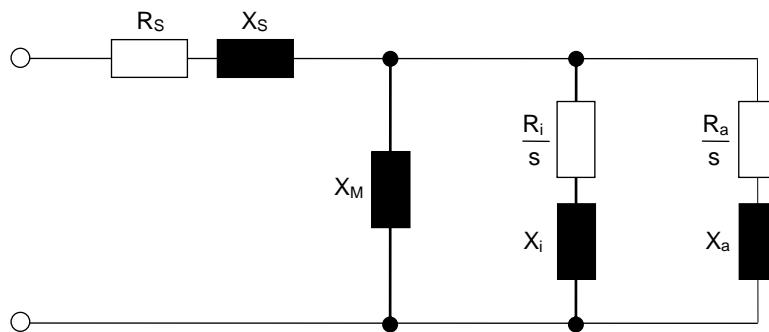


Bild: Ersatzschaltbild – Park'sches Modell

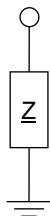
R_s ... Ankerwiderstand in [pu]

X_s ... Ankerreaktanz in [pu]

X_m ... Magnetisierungsreaktanz in [pu]

- R_i ... Innere Widerstand in [pu]
 X_i ... Innere Reaktanz in [pu]
 R_a ... Äußere Widerstand in [pu]
 X_a ... Äußere Reaktanz in [pu]
 s ... Schlupf in [pu]

Für die Kurzschluss- und Schutzberechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.



für Kurzschluss:

$$\underline{Z} = \frac{U_n^2 * \cos\varphi_n * \eta_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{P_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

für Schutzsimulation (Zeitkonstante = 0):

$$\underline{Z} = \frac{U_n^2 * \cos\varphi_n * \eta_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{P_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

$$\tau = 0$$

für Schutzsimulation (Zeitkonstante $\neq 0$):

$$\underline{Z} = \frac{U_n^2 * \cos\varphi_n * \eta_n * \left(\frac{R}{X} + j \right)}{P_n * \frac{I_a}{I_n} * \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}} * e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau \neq 0$$

Für die Schutzsimulation wird die Impedanz mit einer **Zeitkonstante** nach einer Exponentialfunktion reduziert.

Die motorische Wirk- und Blindleistung wird entsprechend dem gewählten **Lastflusstyp** ermittelt:

- P und Q (Wirkleistung und Blindleistung)
- P und cosphi (Wirkleistung und Leistungsfaktor)

Datenbeschreibung

- P/P_n und $\cos\phi$ (Auslastung und Leistungsfaktor)
- $|U|, |I|$ und $\cos\phi$ (Motorspannung, Grundschwingungsstrom und Leistungsfaktor)
- DFIG (Wirkleistung, Blindleistung und Schlupf)

Wirkleistung und Blindleistung

$$P_{ASM} = P$$

$$Q_{ASM} = Q$$

Wirkleistung und Leistungsfaktor

$$P_{ASM} = \frac{P}{\eta_n}$$

$$Q_{ASM} = P_{ASM} * \frac{\sqrt{1 - \cos\phi^2}}{\cos\phi}$$

Auslastung und Leistungsfaktor

$$P_{ASM} = \frac{P_n * \frac{P}{P_n}}{\eta_n}$$

$$Q_{ASM} = P_{ASM} * \frac{\sqrt{1 - \cos\phi^2}}{\cos\phi}$$

Motorspannung, Grundschwingungsstrom und Leistungsfaktor

$$P_{ASM} = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$

$$Q_{ASM} = P_{ASM} * \frac{\sqrt{1 - \cos\phi^2}}{\cos\phi}$$

Die eingespeiste Wirk- und Blindleistung wird entsprechend dem gewählten **Lastflusstyp** ermittelt.

DFIG (Doubly Fed Induction Generator) (Wirkleistung, Blindleistung und Schlupf)

$$P_{ASM} = P * \left(1 - \frac{sl}{100}\right)$$

$$Q_{ASM} = Q$$

Die eingespeiste Wirkleistung von Stator und Rotor wird mit Hilfe des **Schlupfes** ermittelt.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Elementdaten Asynchronmaschine

Die Elementdaten für die Asynchronmaschine sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Systemdaten Asynchronmaschine

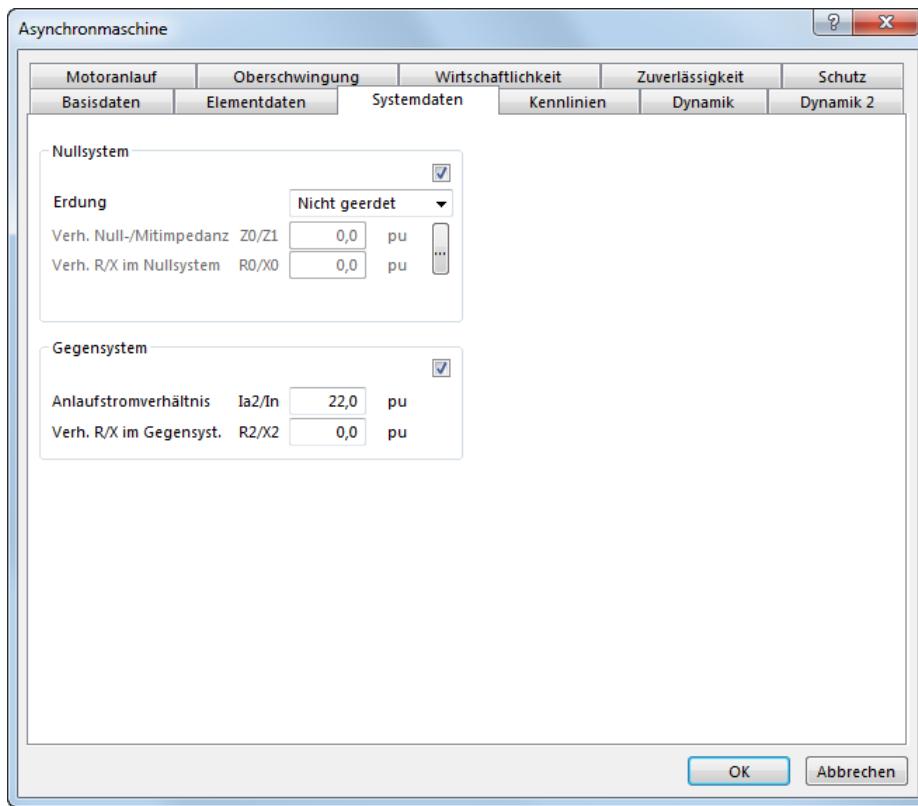


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Systemdaten

Erdung

Mit diesen Eingabedaten wird die Erdung des Element-Sternpunktes nachgebildet. Hier stehen für das Feld **Erdung** folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben von Nullsystem und Sternpunktimpedanz werden nicht berücksichtigt.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.
- geerdet mit Impedanzen:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet, zusätzlich wird eine angegebene Sternpunktimpedanz ebenfalls berücksichtigt.

Durch die Angabe der **Erdung** und eines Schlüssels für die **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Gegensystem

Sollen bei der Asynchronmaschine unterschiedliche Daten zum Mitsystem angegeben werden, so sind die Felder **Anlaufstromstromverhältnis** und **Verhältnis R/X im Gegensystem** zu befüllen.

Kennlinien Asynchronmaschine

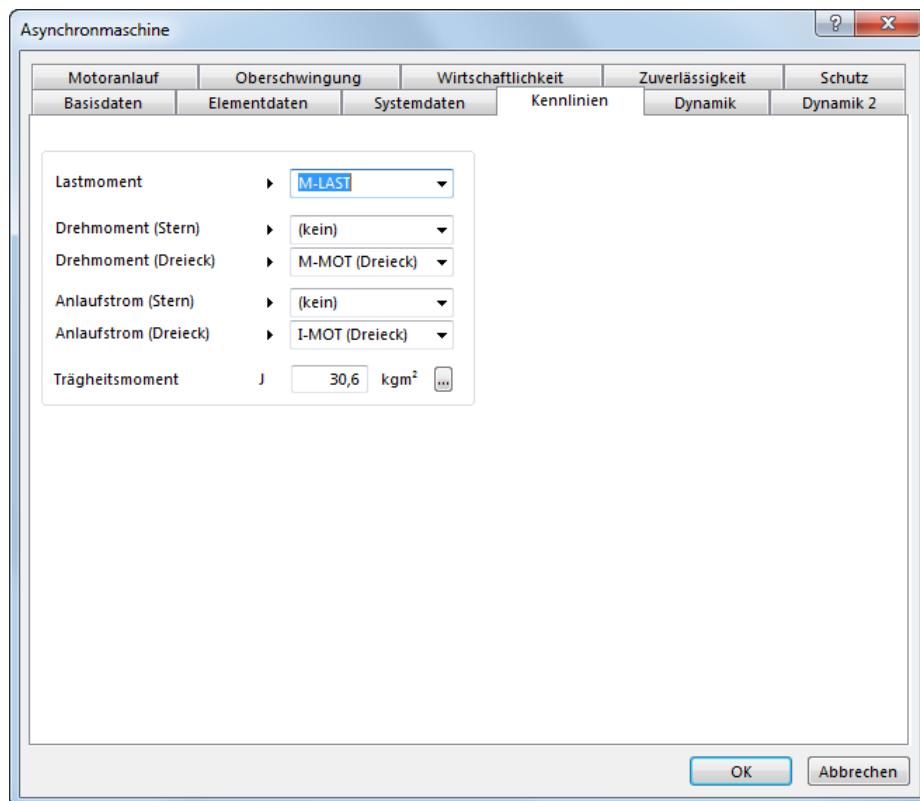


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Kennlinien

Datenbeschreibung

In diesem Register können verschiedene **Kennlinien** vorgegeben werden, die das Verhalten der Asynchronmaschine beschreiben:

- **Lastmoment:**
Über diese Kennlinie wird ein Lastmomentverlauf zugeordnet, gegen das der Motor anlaufen soll.
- **Drehmoment:**
Diese Kennlinie ordnet dem Motor das Drehmoment zu.
- **Anlaufstrom:**
Über diese Kennlinie wird der Motorstromverlauf während des Anlaufes zugeordnet.

Über die Felder **Trägheitsmoment**, **Anlaufzeit** oder **Schwungmoment** wird das mechanische Verhalten der Maschine aufgrund ihrer Masse und Bauform beschrieben.

Dynamik Asynchronmaschine

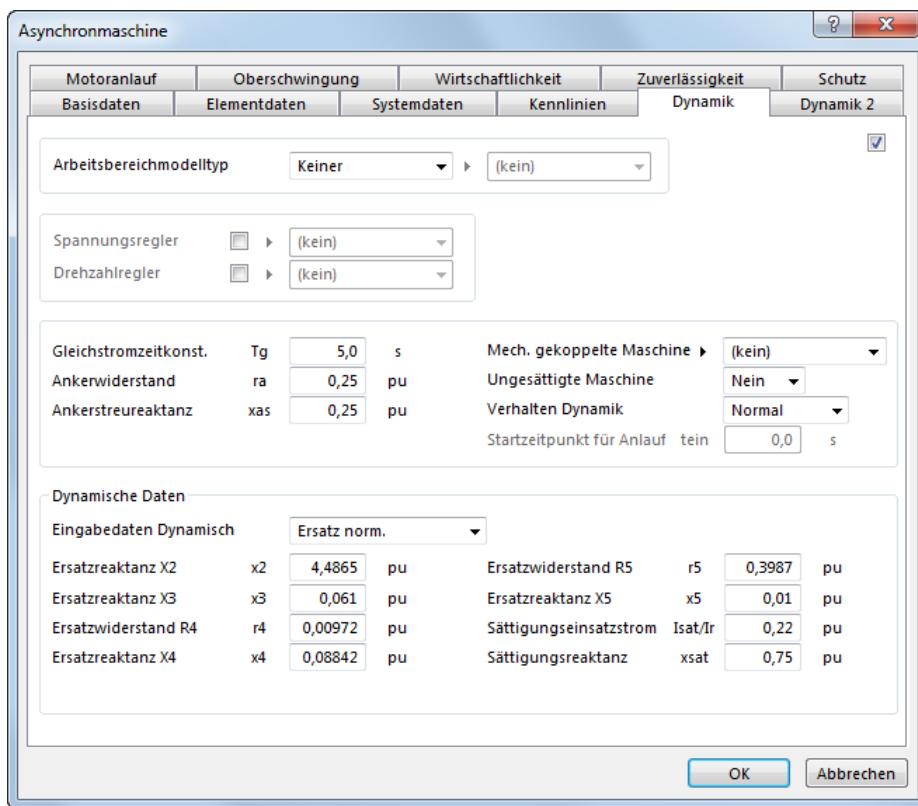


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Dynamik Teil 1

Diese Datenmaske dient zur Eingabe von Daten, die zur dynamischen Nachbildung von Asynchronmaschinen benötigt werden. Wenn keine Daten zur dynamischen Nachbildung angegeben sind, so wird die Asynchronmaschine als normale Last in die dynamische Berechnung mit einbezogen.

Bei Angabe von NEMA Daten als ASM Eingabetyp ist das Park'sche Modell bereits festgelegt. Sind keine Zusatzdaten für die Dynamik angegeben oder alle Felder der dynamischen Eingabedaten ident 0,0, so werden die Park'schen Daten aus dem NEMA Modell für die dynamische Berechnung herangezogen.

Eine Einphasenmaschine ist über Ersatzmodelldaten nachzubilden. Dies gilt für Maschinen zwischen Phase und Erde sowie für Maschinen zwischen zwei Phasen.

Die aktuelle Leistung wird je nach **Arbeitsbereichmodelltyp** für Lastfluss bestimmt:

- Keiner
- Regler
- Ersatzschaltung
- BOSL Modell

Für Asynchronmaschinen mit Lastflusstyp DFIG können dabei folgende Elementvariablen für die Modellprogrammierung verwendet werden:

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Pasm	Wirkleistung laut Eingabe	MW
#Qasm	Blindleistung laut Eingabe	Mvar
#Slip	Schlupf	%
#Snenn	Nennscheinleistung	MVA
#P	Wirkleistung	MW
#Q	Blindleistung	Mvar
#Qkon	Blindleistung Konverter	Mvar
#SN	Nennscheinleistung	MVA
#NR	Nenndrehzahl	U/min
#RA	Ankerwiderstand	pu
#XAS	Ankerstreureaktanz	pu
#MTM	Massenträgheitsmoment	t/m ²
#TA	Anlaufzeitkonstante	s
#GD2	Schwungmoment	Mpm ²
#R1	Rotorwiderstand bei Nennschlupf	pu
#X1S	Rotorstreureaktanz bei Nennschlupf	pu
#R2	Rotorwiderstand bei Anlauf	pu
#X2S	Rotorstreureaktanz bei Anlauf	pu
#IMUE	Leerlaufstrom ungesättigt	pu
#X2	Ersatzreaktanz X2	pu
#X3	Ersatzreaktanz X3	pu
#R4	Ersatzwiderstand R4	pu
#X4	Ersatzreaktanz X4	pu
#R5	Ersatzwiderstand R5	pu
#X5	Ersatzreaktanz X5	pu
#IS	Sättigungseinsatzstrom	pu
#XS	Sättigungsreaktanz	pu
#TROT	Abklingzeitkonstante für den Rotor	s

Datenbeschreibung

#VST	Verstärkung der Vorsteuerung	1
#RK	Crowbar – Kurzschlusswiderstand	pu
#RI	Innenwiderstand des Spannungskonverters	pu
#O	Arbeitsweise Konverter	PQ, P, Q oder A

Eine Asynchronmaschine mit Lastflusstyp DFIG muss über eine Ersatzschaltung nachgebildet werden.

Regler

Das Verhalten der Maschine ist über den Regler festzulegen. Die Maschinenparameter (Park'sches Modell oder Ersatzmodell) werden automatisch an die dynamische Berechnung übergeben.

Ersatzschaltung

Das Verhalten der Maschine und die Maschinenparameter sind über das Modell an die dynamische Berechnung zu übergeben.

BOSL Modell

Das BOSL Modell steht derzeit nur für den Motorbetrieb zur Verfügung. Dieses BOSL Modell muss als ersten Ergebnisparameter den Realteil des bezogenen Motorstroms (I_{breal}) und als zweiten Ergebnisparameter den Imaginärteil des bezogenen Motorstroms (I_{bimag}) liefern.

$$S = U * \text{conj}(I_{breal} + I_{bimag})$$

Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Nach der Aktivierung der Option **Spannungsregler** kann über das Feld **Spannungsregler** ein Modell zur Nachbildung des Spannungsverhaltens einer DFIG angegeben werden.

Nach der Aktivierung der Option **Drehzahlregler** kann über das Feld **Drehzahlregler** ein Modell zur Nachbildung des Drehzahlverhaltens einer DFIG angegeben werden.

Die **Gleichstromzeitkonstante** ist wie folgt definiert

$$T_g = \frac{2 * X_d'' * X_q''}{\omega * r_a * (X_d'' + X_q'')}$$

und wird aus dem **Ankerwiderstand** berechnet. Die Angabe der Gleichstromzeitkonstante ist daher nur bei Angabe eines Ankerwiderstandes von 0.0 notwendig.

Sind Maschinen über einen gemeinsamen Antrieb verbunden, so haben diese Maschinen die gleiche Drehzahl. Dieses Verhalten wird über das Feld **Mechanisch gekoppelte Maschine** aktiviert.

Über das Feld **Ungesättigte Maschine** kann der Zustand der magnetischen Sättigung zum Startzeitpunkt festgelegt werden. Üblicherweise wird die Maschine als magnetisch gesättigte Maschine behandelt.

Über das Feld **Verhalten Dynamik** wird modelliert, wie sich die Asynchronmaschine in der dynamische Berechnung verhält.

- Normal:
Die Asynchronmaschine ist zum Startzeitpunkt der dynamischen Berechnung bereits in Betrieb.
- Hochlauf – A:
Die Asynchronmaschine ist zum Startzeitpunkt der dynamischen Berechnung nicht in Betrieb. Der **Startzeitpunkt für den Anlauf** ist anzugeben. Die Nachbildung der Maschine während des Hochlaufs erfolgt mittels Differentialgleichungen.
- Hochlauf – Q:
Die Asynchronmaschine ist zum Startzeitpunkt der dynamischen Berechnung nicht in Betrieb. Der **Startzeitpunkt für den Anlauf** ist anzugeben. Die Nachbildung der Maschine während des Hochlaufs erfolgt mit den Daten des jeweiligen Ersatzschaltbildes.

Dynamische Daten

Das Feld **Eingabedaten Dynamisch** legt das Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine fest. Hierbei wird zwischen dem **Park'schen Modell**, dem **Ersatzmodell** (normal und optimiert) und **DFIG** unterschieden. Das **Ersatzmodell optimiert** beinhaltet eine verbesserte Miteinbeziehung der Streufeldsättigung. Ist der Zusatz (**LF**) bei den Modellen der Eingabedaten angegeben, so wird die Asynchronmaschine automatisch mit dem entsprechenden BOSL Modell nachgebildet.

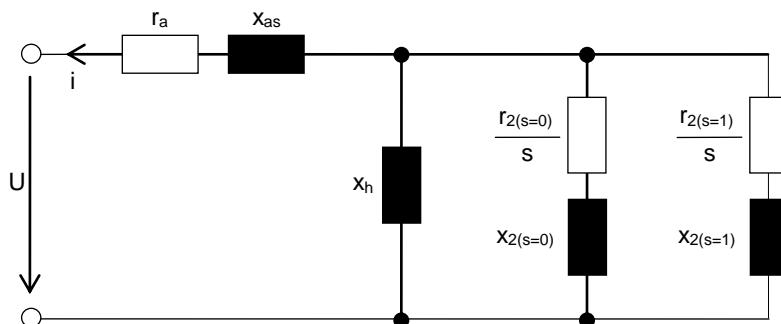


Bild: Ersatzschaltbild – Park'sches Modell

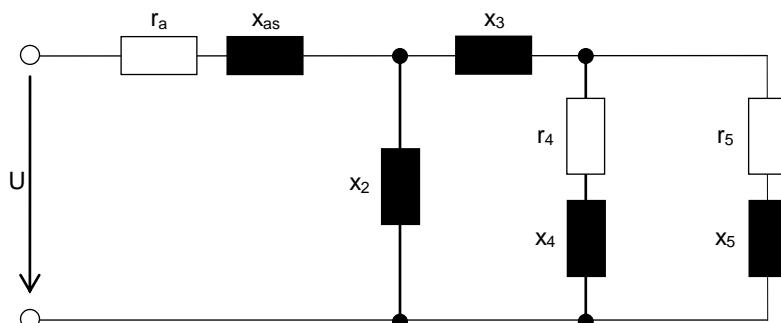
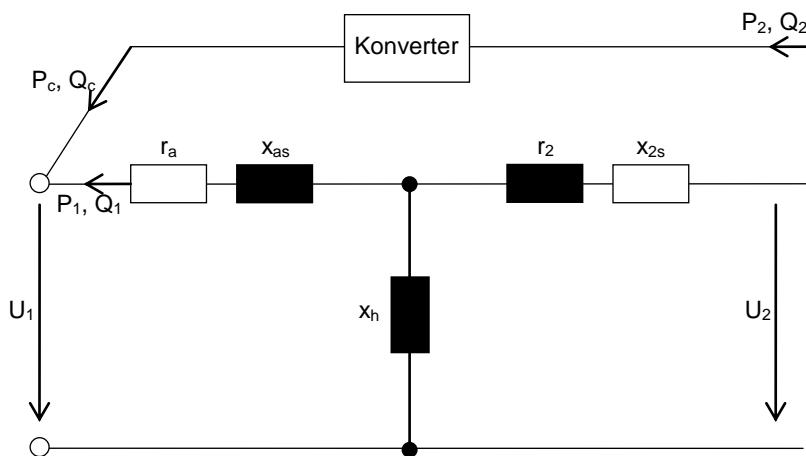


Bild: Ersatzschaltbild – Ersatzmodell (normal und optimiert)

Alle Impedanzen sind bezogen auf die Bemessungsspannung und Bemessungsleistung der Maschine (U_n^2/S_n) anzugeben. Alle Reaktanzen sind als ungesättigte Werte einzugeben.

Datenbeschreibung

**Bild: Ersatzschaltbild – DFIG**

Bei einer doppelt gespeisten Asynchronmaschine wird der Drehstrom wie üblich über den Ständer (U_1) in das Netz eingespeist. An den Rotor wird über Schleifringe ein Konverter angeschlossen, der eine dreiphasige, variable Spannung nach Betrag, Winkel und Frequenz erzeugt (U_2) und die Leistung $P_2 + jQ_2$ auskoppelt.

Der Konverter wird an das Netz angeschlossen. Wirk- und die Blindleistung auf der Netzseite des Konverters $P_c + jQ_c$ werden von der Konverterregelung eingestellt. Üblicherweise wird die Blindleistung Q_c zu Null geregelt. Der Konverter speist üblicherweise nur Wirkleistung ein.

Mit Hilfe der Spannung U_2 lassen sich die Wirk- und die Blindleistungsabgabe in das Netz $P_1 + jQ_1$ bzw. das elektrische Moment regeln. Da die Spannung U_2 vom fast verzögerungsfreien Konverter eingestellt wird und die (transiente) Zeitkonstante der DFIG im Bereich von 100 ms liegt, kann die Ausreglung von Drehmomentenstößen sehr schnell erfolgen. Der DFIG eignet sich daher hervorragend für Windkraftanlagen mit ihren schnellen mechanischen Drehmomentänderungen.

Im Gegensatz zur einer konventionellen Asynchronmaschine, bei der sich die Blindleistung bei vorgegebenem Moment (Wirkleistung) passiv aus den Rotorimpedanzen ergibt, kann bei der DFIG auch die Blindleistung vorgegeben werden, da sie im Rotor durch die aktive Konverterspannung eingestellt werden kann.

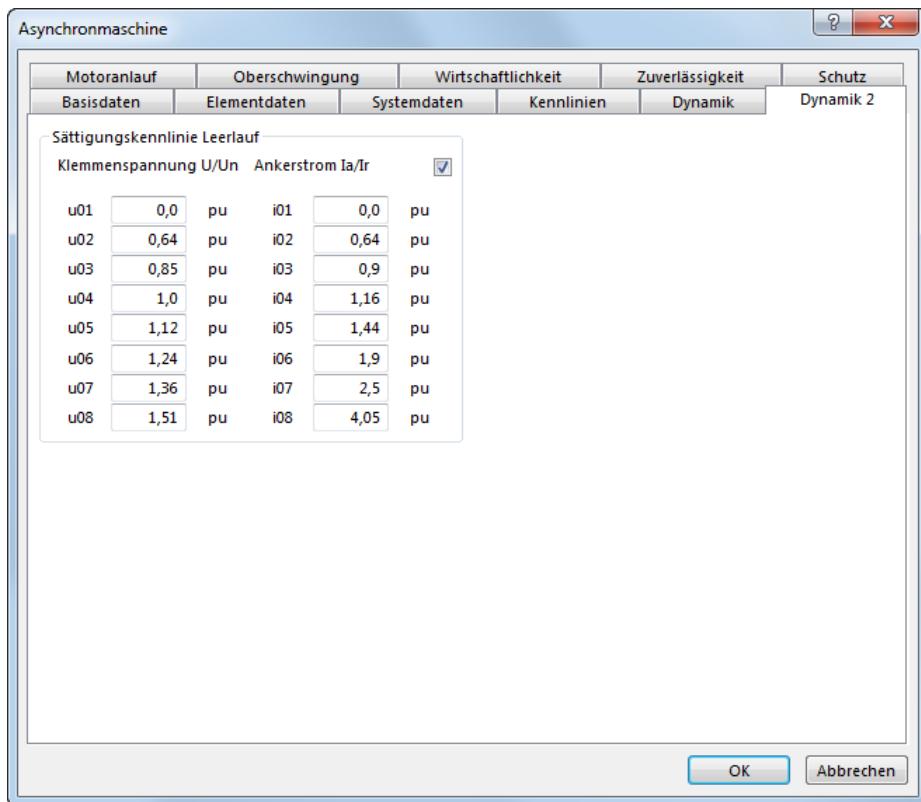


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Dynamik Teil 2

Sättigungskennlinie Leerlauf

Die Sättigung (**Klemmenspannungen** und **Ankerströme**) ist bei Betrieb der Asynchronmaschine im Leerlauf anzugeben.

Eine allgemeine Beschreibung der Maschinenparameter ist im Kapitel Synchronmaschine, Abschnitt Asynchronmaschine des Dynamikhandbuchs zu finden.

Motoranlauf Asynchronmaschine

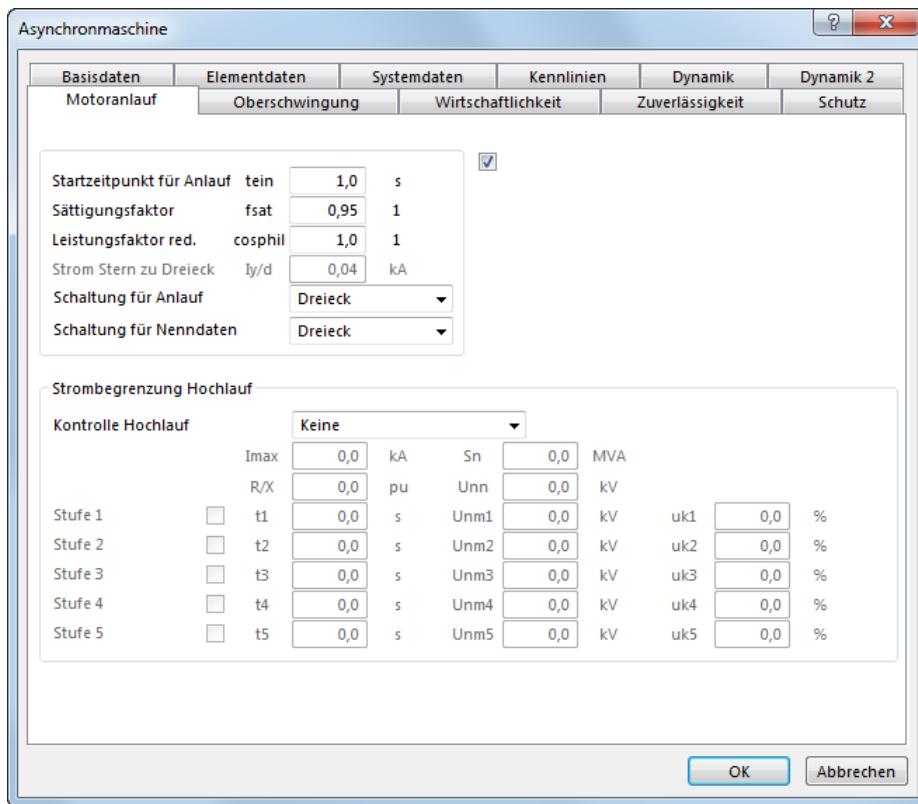


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Motoranlauf

Bei der Motoranlaufberechnung wird der Motor zum **Startzeitpunkt für Anlauf** mit der Drehzahl Null zugeschaltet.

Über diese Eingabedaten können ergänzende Informationen zur Motoranlaufberechnung angegeben werden.

- **Strom Stern zu Dreieck:**
Bei Unterschreiten dieses Stromes wird von Sternschaltung auf Dreieckschaltung gewechselt.
- **Schaltung für Anlauf:**
Durch dieses Feld wird bestimmt, welche Schaltungsart beim Anlaufen vorliegt.
- **Schaltung für Nenndaten:**
Dieses Feld bestimmt, für welche Schaltungsart die Nenndaten des Motors gelten.

Strombegrenzung Hochlauf

Über das Feld **Kontrolle Hochlauf** kann eine Strombegrenzung über einen **maximalen Strom** festgelegt werden.

Eine allgemeine Beschreibung der Hochlaufparameter ist im Kapitel Verfahren Motoranlauf des Motoranlaufhandbuchs zu finden.

Oberschwingung Asynchronmaschine

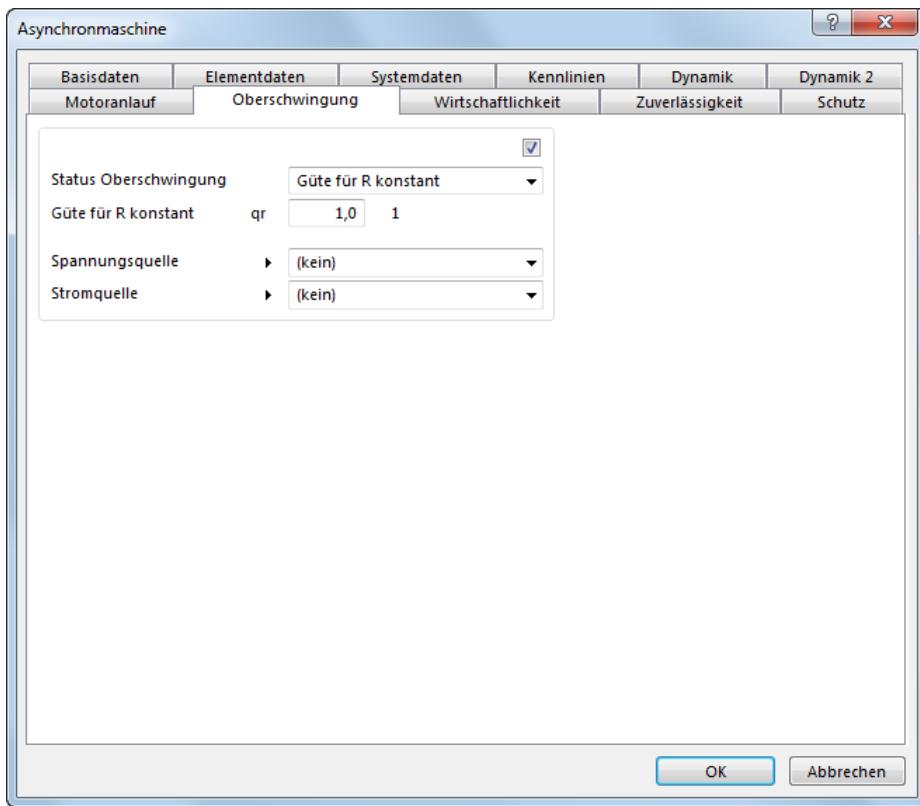


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Oberschwingungen

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für die Asynchronmaschine einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Güte für X/R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für X/R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Oberschwingungsberechnung verwendet.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Es besteht die Möglichkeit, den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Datenbeschreibung

Für Oberschwingungs-Stromquellen mit bezogener Stromangabe und einem Bezugsstrom von 0 Ampere wird der Laststrom als Bezugsstrom herangezogen.

Wirtschaftlichkeit Asynchronmaschine

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Asynchronmaschine sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Asynchronmaschine

Die Zuverlässigkeitsdaten für die Asynchronmaschine sind unter [Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Verbraucher](#) beschrieben.

Schutz Asynchronmaschine

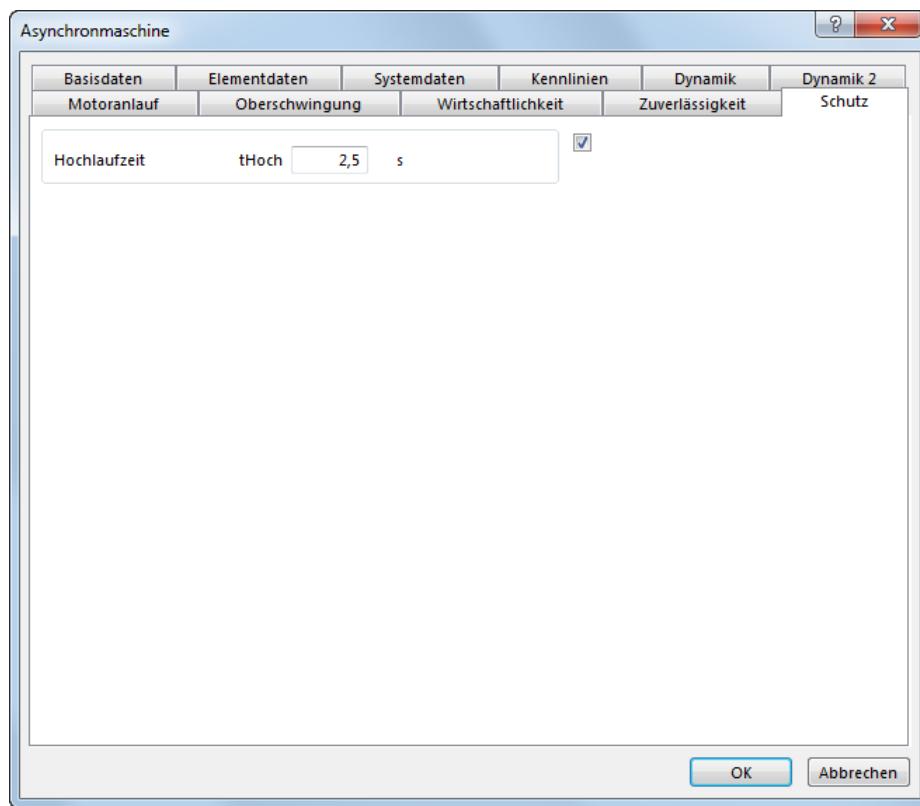
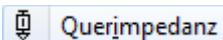


Bild: Datenmaske Asynchronmaschine – Schutz

Über das Feld **Hochlaufzeit** kann eine voraussichtliche Hochlaufzeit für die Asynchronmaschine festgelegt werden. Ist eine Zeit ungleich 0,0 angegeben, so kann der Hochlaufstrom der Asynchronmaschine in den I/t Diagrammen der Schutzsimulation dargestellt werden.

3.3.3 Querimpedanz



Dieses Element ermöglicht die Eingabe von Verbrauchern nur durch deren Impedanzwerte.

Das Erzeugen einer Querimpedanz erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Querimpedanz**.

Eine Übersicht der Felder für die Querimpedanz ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Querimpedanz

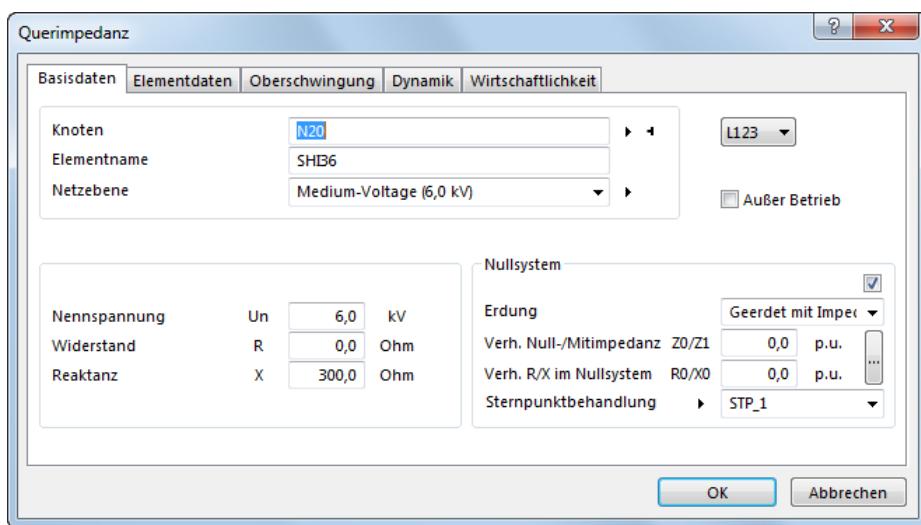


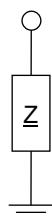
Bild: Datenmaske Querimpedanz

Im Normalfall wird das Element als konstante Impedanz nachgebildet.

Das Element kann aber auch als Last mit fixem Ansteuerstrom und fixer Wirkleistung verwendet werden. Der Wechsel zu diesem Verbrauchsverhalten erfolgt, sobald ein **Ansteuerstrom** ungleich Null angegeben wird.

Mit diesem Typ wird eine spannungsabhängige Last dargestellt. Weicht die sich aus der Lastflussberechnung ergebende Spannung von der **Nennspannung** ab, so ändert sich auch die aufgenommene Leistung quadratisch mit der Spannung.

Die Impedanz ergibt sich aus **Widerstand** und **Reaktanz**.



$$\underline{Z} = R + jX$$

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Erdung

Mit diesen Eingabedaten wird die Erdung des Element-Sternpunktes nachgebildet. Hier stehen für das Feld **Erdung** folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben von Nullsystem und Sternpunktimpedanz werden nicht berücksichtigt.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.
- geerdet mit Impedanzen:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet, zusätzlich wird eine angegebene Sternpunktimpedanz ebenfalls berücksichtigt.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Elementdaten Querimpedanz

Die Elementdaten für die Querimpedanz sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Oberschwingung Querimpedanz

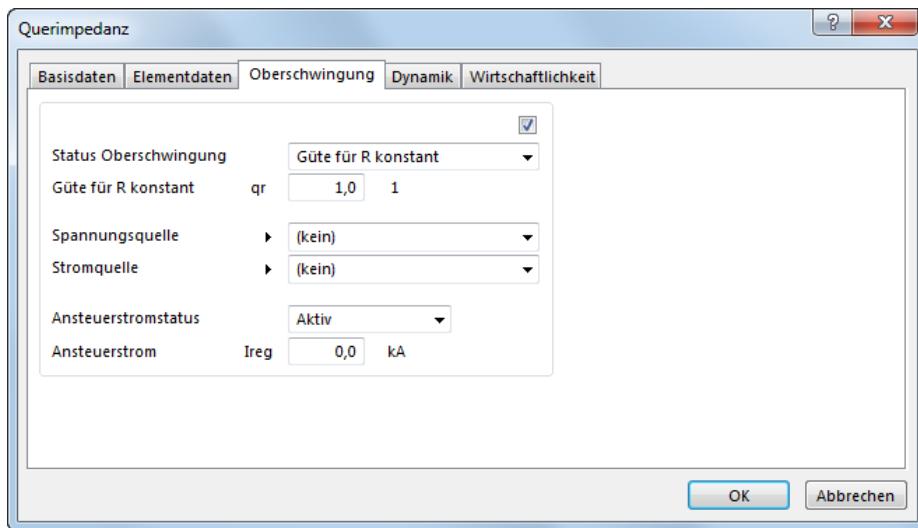


Bild: Datenmaske Querimpedanz – Oberschwingungen

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für die Querimpedanz einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Güte für X/R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für X/R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Oberschwingungsberechnung verwendet.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Es besteht die Möglichkeit, den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Für Oberschwingungs-Stromquellen mit bezogener Stromangabe und einem Bezugsstrom von 0 Ampere wird der Laststrom als Bezugsstrom herangezogen.

Datenbeschreibung

Über das Auswahlfeld **Ansteuerstromstatus** kann gewählt werden, ob im Rahmen der Oberschwingungsberechnung ein eigener Ansteuerstrom berücksichtigt wird.

Mit dem **Ansteuerstrom** kann der Basiswert der Stromquelle bei Netzfrequenz angegeben werden.

Bei aktivem Ansteuerstrom ergibt sich für die Lastflussberechnung das folgende Verbrauchsverhalten.

$$P_{Nges} = \frac{R * U_n^2}{R^2 + X^2}$$

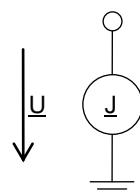
$$Q_{Nges} = \frac{X * U_n^2}{R^2 + X^2}$$

$$S_{St} = \sqrt{3} * U_n * I_{reg}$$

$$P_{St} = P_{Nges}$$

$$Q_{St} = \sqrt{S_{St}^2 - P_{St}^2}$$

Bei Ansteuerung wird die Impedanzlast im Lastfluss als Stromquelle nachgebildet.



$$\underline{J} = \left(\frac{P_{St} + jQ_{St}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

Dynamik Querimpedanz

Die Dynamikdaten für die Querimpedanz sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-

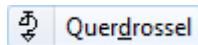
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Querimpedanz

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Querimpedanz sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.3.4 Querdrossel



Dieses Element ermöglicht die Eingabe von Querdrosselpulen zur Kompensation.

Das Erzeugen einer Querdrossel erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Querdrossel**.

Eine Übersicht der Felder für die Querdrossel ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Querdrossel

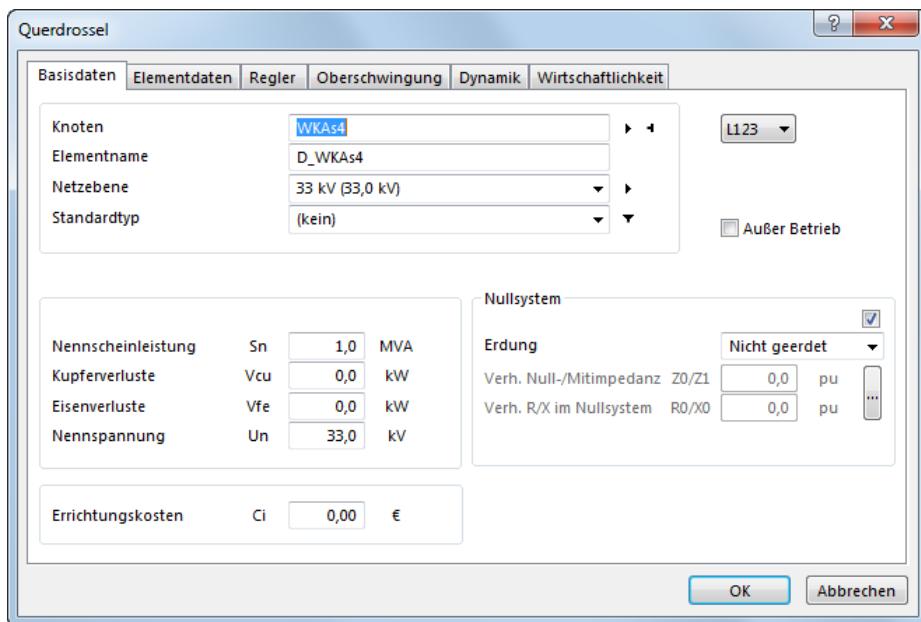
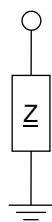


Bild: Datenmaske Querdrossel

Über den **Standardtyp** können die Daten der Querdrossel aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Die Querdrossel wird als Impedanz nachgebildet. Die Impedanz ergibt sich aus **Nennscheinleistung**, **Kupferverluste**, **Eisenverluste** und **Nennspannung**.

Datenbeschreibung



$$\underline{Z} = \frac{\underline{U_n}^2}{(\underline{V_{cu}} + \underline{V_{fe}}) * 10^{-3} - j\sqrt{\underline{S_n}^2 - ((\underline{V_{cu}} + \underline{V_{fe}}) * 10^{-3})^2}}$$

Im Feld **Errichtungskosten** werden sämtliche Kosten zur erstmaligen Errichtung der Querdrossel eingegeben.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Erdung

Mit diesen Eingabedaten wird die Erdung des Element-Sternpunktes nachgebildet. Hier stehen für das Feld **Erdung** folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben von Nullsystem und Sternpunktimpedanz werden nicht berücksichtigt.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.
- geerdet mit Impedanzen:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet, zusätzlich wird eine angegebene Sternpunktimpedanz ebenfalls berücksichtigt.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Elementdaten Querdrossel

Die Elementdaten für die Querdrossel sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Regler Querdrossel

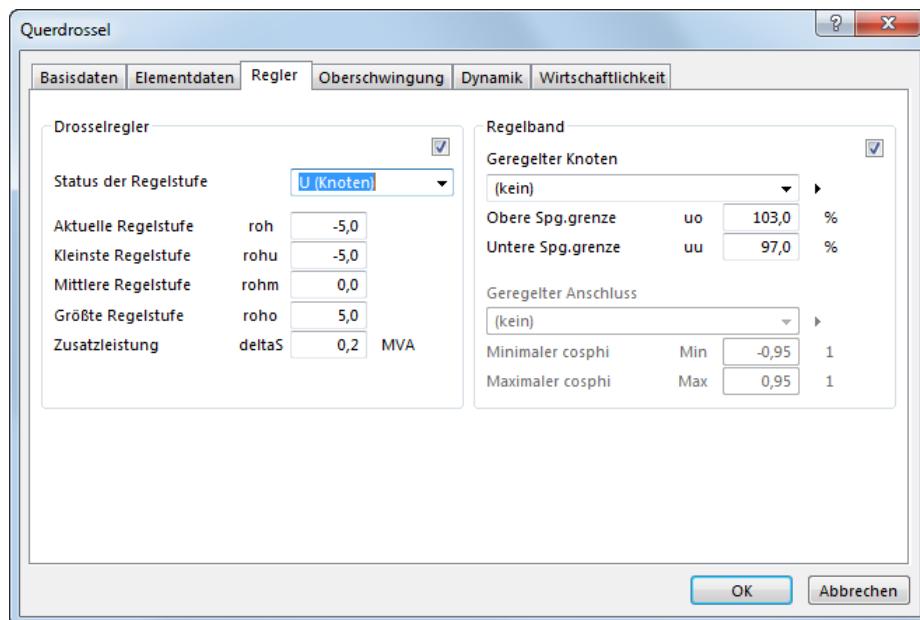


Bild: Datenmaske Querdrossel – Regler

Drosselregler

Bei der Querdrosselregelung wird zwischen Querdrosseln mit fixer Regelstufe und Querdrosseln mit variabler Regelung unterschieden. Dies wird im Feld **Status der Regelstufe** festgelegt.

- Fix
- U (Knoten)
- Q (zum Knoten)
- Q (vom Knoten)
- Q (Knoten gesamt)
- Q (Anschluss)
- cosphi (Anschluss)

Über die Felder **Aktuelle Stufe**, **Kleinste Stufe**, **Mittlere Stufe**, **Größte Stufe** und **Zusatzleistung** wird die komplette Zusatzleistung bestimmt.

Regelband

Unter Regelband sind jene Grenzen vorzugeben, die durch Variation der Regelstellung eingehalten werden sollen.

Querdrossel mit fixer Regelstufe

Über die Reglerdaten kann die Leistung der Drossel variiert werden. Je nach Vorgaben für den Regler wird die Leistung der Drossel für

- Regelstufen kleiner der Mittelstufe verkleinert
- Regelstufen größer der Mittelstufe vergrößert.

Bei Mittelstufe liefert die Drossel genau die Nennleistung.

Die Drossel mit fixer Regelstufe wird durch folgendes Ersatzschaltbild dargestellt:

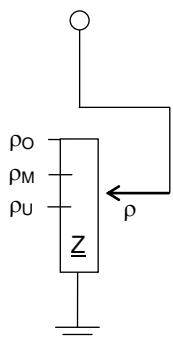


Bild: Ersatzschaltbild – Querdrossel mit fixer Regelstufe

Die Ermittlung der Impedanz Z erfolgt über die aktuelle Leistung analog zur Drossel ohne Regler.

$$S_A = S_N + \Delta S * (\rho - \rho_M)$$

$$V_A = (V_{Fe} + V_{Cu}) * \frac{S_A}{S_N}$$

$$\underline{Z} = \frac{U_N^2}{V_A * 10^{-3} - j\sqrt{S_A^2 - (V_A * 10^{-3})^2}}$$

- ρ ... Aktuelle Regelstufe
- ρ_U ... Kleinste Regelstufe
- ρ_M ... Mittlere Regelstufe
- ρ_O ... Größte Regelstufe
- Δ_S ... Zusatzleistung pro Regelstufe
- S_N ... Nennscheinleistung
- S_A ... Aktuelle Leistung
- V_{Fe} ... Eisenverluste
- V_{Cu} ... Kupferverluste
- V_A ... Aktuelle Verluste

Querdrossel mit variabler Regelstufe

Bei dieser Drosselregelung wird die Regelstufe von der Berechnung innerhalb der vorgegebenen Grenzen variiert, um die vorgegebene Bedingung einzuhalten.

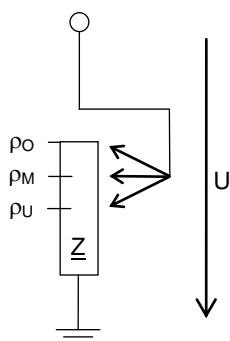


Bild: Ersatzschaltbild – Querdrossel mit variabler Regelstufe

Spannung (Knoten)

Zur Regelung der Spannung eines beliebigen Knotens im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$u_{CU} \leq \frac{U}{U_N} \leq u_{CO}$$

- u_{CO} ... Obere Spannungsgrenze
- u_{CU} ... Untere Spannungsgrenze
- U ... Komplexe Spannung eines Netzknotens
- U_N ... Nennspannung des Netzknotens

Blindleistung (zum Knoten)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Knoten im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung
 Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten
 Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Elemente mit zufließender Wirkleistung
- Aufsummierung der negativen Blindleistung dieser Elemente
- Die regelnde Querdrossel wird für die Aufsummierung nicht herangezogen

Blindleistung (vom Knoten)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Knoten im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung
 Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten
 Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Elemente mit abfließender Wirkleistung
- Aufsummierung der Blindleistung dieser Elemente
- Die regelnde Querdrossel wird für die Aufsummierung nicht herangezogen

Blindleistung (Knoten gesamt)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Knoten im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung
 Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten
 Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Knotenelemente

- Aufsummierung der Blindleistung dieser Elemente
- Die regelnde Querdrossel wird für die Aufsummierung herangezogen

Blindleistung (Anschluss)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Anschluss im Netz (**Geregelter Anschluss**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung
 Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten
 Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Elemente mit abfließender Wirkleistung
- Aufsummierung der Blindleistung dieser Elemente

Leistungsfaktor (Anschluss)

Zur Regelung eines Leistungsfaktors an einem beliebigen Anschluss im Netz (**Geregelter Anschluss**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$\cos\varphi_{\min} \leq \cos\varphi \leq \cos\varphi_{\max}$$

$\cos\varphi_{\min}$... Minimaler Leistungsfaktor
 $\cos\varphi$... Aktueller Leistungsfaktor
 $\cos\varphi_{\max}$... Maximaler Leistungsfaktor

Oberschwingung Querdrossel

Die Oberschwingungsdaten für die Querdrossel sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Querdrossel

Die Dynamikdaten für die Querdrossel sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW

Datenbeschreibung

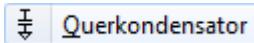
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Querdrossel

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Querdrossel sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.3.5 Querkondensator



Dieses Element ermöglicht die Eingabe von Querkondensatoren zur Kompensation.

Das Erzeugen eines Querkondensators erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Querkondensator**.

Eine Übersicht der Felder für den Querkondensator ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Querkondensator

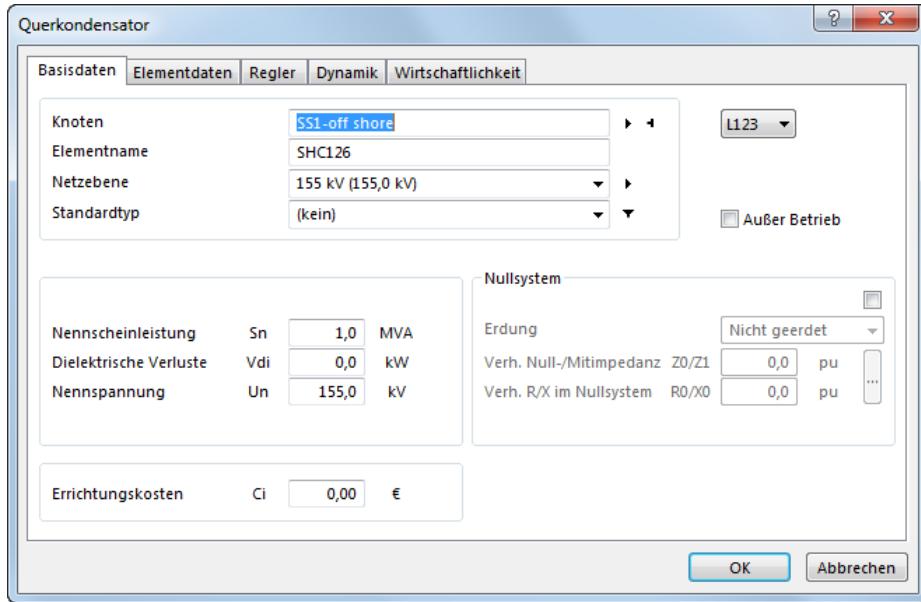


Bild: Datenmaske Querkondensator

Über den **Standardtyp** können die Daten des Querkondensators aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Der Querkondensator wird als Impedanz nachgebildet. Die Impedanz ergibt sich aus **Nennscheinleistung**, **Dielektrische Verluste** und **Nennspannung**.



$$\underline{Z} = \frac{U_n^2}{V_{di} * 10^{-3} - j\sqrt{S_n^2 - (V_{di} * 10^{-3})^2}}$$

Im Feld **Errichtungskosten** werden sämtliche Kosten zur erstmaligen Errichtung des Querkondensators eingegeben.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Erdung

Mit diesen Eingabedaten wird die Erdung des Element-Sternpunktes nachgebildet. Hier stehen für das Feld **Erdung** folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben von Nullsystem und Sternpunktimpedanz werden nicht berücksichtigt.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.

Datenbeschreibung

- geerdet mit Impedanzen:

Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet, zusätzlich wird eine angegebene Sternpunktimpedanz ebenfalls berücksichtigt.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.

Elementdaten Querkondensator

Die Elementdaten für den Querkondensator sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Regler Querkondensator

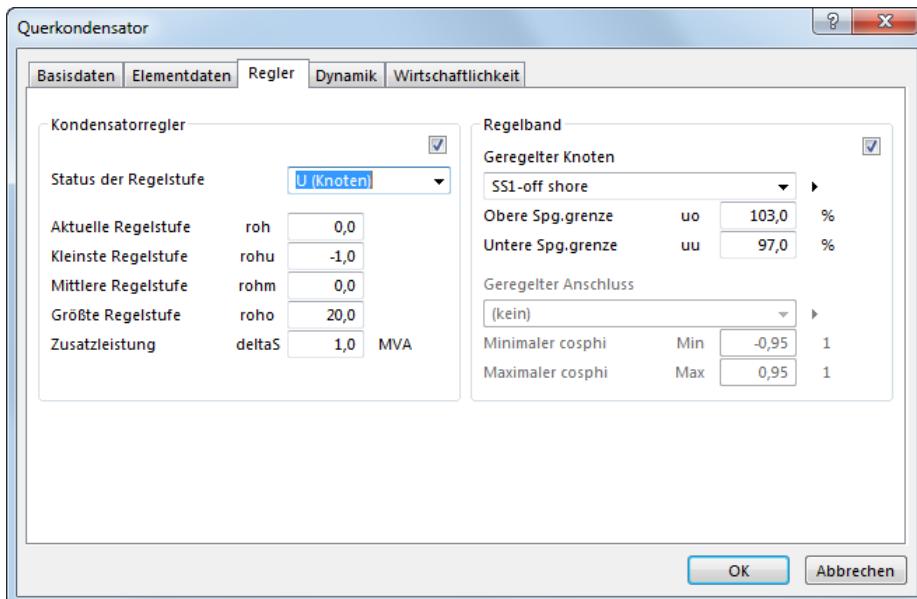


Bild: Datenmaske Querkondensator – Regler

Kondensatorregler

Bei der Kondensatorregelung wird zwischen Kondensatoren mit fixer Regelstufe und Kondensatoren mit variabler Regelung unterschieden. Dies wird im Feld **Status der Regelstufe** festgelegt.

- Fix
- U (Knoten)
- Q (zum Knoten)
- Q (vom Knoten)
- Q (Knoten gesamt)
- Q (Anschluss)
- cosphi (Anschluss)

Über die Felder **Aktuelle Stufe**, **Kleinste Stufe**, **Mittlere Stufe**, **Größte Stufe** und **Zusatzleistung** wird die komplette Zusatzleistung bestimmt.

Regelband

Unter Regelband sind jene Grenzen vorzugeben, die durch Variation der Regelstellung eingehalten werden sollen.

Kondensator mit fixer Regelstufe

Über die Reglerdaten kann die Leistung des Kondensators variiert werden. Je nach Vorgaben für den Regler wird die Leistung des Kondensators für

- Regelstufen kleiner der Mittelstufe verkleinert
- Regelstufen größer der Mittelstufe vergrößert.

Bei Mittelstufe liefert der Kondensator genau die Nennleistung.

Der Kondensator mit fixer Regelstufe wird durch folgendes Ersatzschaltbild dargestellt:

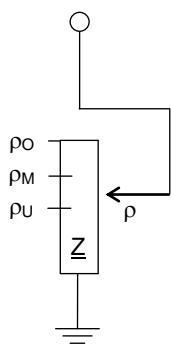


Bild: Ersatzschaltbild – Kondensator mit fixer Regelstufe

Die Ermittlung der Impedanz Z erfolgt über die aktuelle Leistung analog zum Kondensator ohne Regler.

$$S_A = S_N + \Delta S * (\rho_A - \rho_M)$$

Datenbeschreibung

$$V_{diA} = V_{di} * \frac{S_A}{S_N}$$

$$\underline{Z} = \frac{U_N^2}{V_{diA} * 10^{-3} - j\sqrt{S_A^2 - (V_{diA} * 10^{-3})^2}}$$

- ρ ... Aktuelle Regelstufe
- ρ_U ... Kleinste Regelstufe
- ρ_M ... Mittlere Regelstufe
- ρ_O ... Größte Regelstufe
- Δ_s ... Zusatzleistung pro Regelstufe
- S_N ... Nennscheinleistung
- S_A ... Aktuelle Leistung
- V_{di} ... Dielektrische Verluste
- V_{diA} ... Aktuelle dielektrische Verluste

Kondensator mit variabler Regelstufe

Bei dieser Kondensatorregelung wird die Regelstufe von der Berechnung innerhalb der vorgegebenen Grenzen variiert, um die vorgegebene Bedingung einzuhalten.

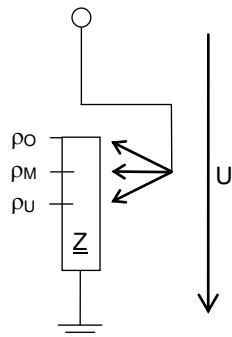


Bild: Ersatzschaltbild – Kondensator mit variabler Regelstufe

Spannung (Knoten)

Zur Regelung der Spannung eines beliebigen Knotens im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$u_{CU} \leq \frac{U}{U_N} \leq u_{CO}$$

- u_{CO} ... Obere Spannungsgrenze
- u_{CU} ... Untere Spannungsgrenze
- U ... Komplexe Spannung eines Netzknotens

U_N ... Nennspannung des Netz knotens

Blindleistung (zum Knoten)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Knoten im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung

Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten

Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Elemente mit zufließender Wirkleistung
- Aufsummierung der negativen Blindleistung dieser Elemente
- Der regelnde Querkondensator wird für die Aufsummierung nicht herangezogen

Blindleistung (vom Knoten)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Knoten im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung

Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten

Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Elemente mit abfließender Wirkleistung
- Aufsummierung der Blindleistung dieser Elemente
- Der regelnde Querkondensator wird für die Aufsummierung nicht herangezogen

Blindleistung (Knoten gesamt)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Knoten im Netz (**Geregelter Knoten**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung

Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten

Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Datenbeschreibung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Knotenelemente
- Aufsummierung der Blindleistung dieser Elemente
- Der regelnde Querkondensator wird für die Aufsummierung nicht herangezogen

Blindleistung (Anschluss)

Zur Regelung einer Blindleistung an einem beliebigen Anschluss im Netz (**Geregelter Anschluss**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Q_{\min} ... Minimale Blindleistung

Q ... Aktuelle Blindleistung am Knoten

Q_{\max} ... Maximale Blindleistung

Die Blindleistung am Knoten wird dabei wie folgt bestimmt:

- Bestimmen aller am Knoten angeschlossenen Elemente mit abfließender Wirkleistung
- Aufsummierung der Blindleistung dieser Elemente

Leistungsfaktor (Anschluss)

Zur Regelung eines Leistungsfaktors an einem beliebigen Anschluss im Netz (**Geregelter Anschluss**) gelten folgende Zusammenhänge:

$$\cos\varphi_{\min} \leq \cos\varphi \leq \cos\varphi_{\max}$$

$\cos\varphi_{\min}$... Minimaler Leistungsfaktor

$\cos\varphi$... Aktueller Leistungsfaktor

$\cos\varphi_{\max}$... Maximaler Leistungsfaktor

Dynamik Querkondensator

Die Dynamikdaten für den Querkondensator sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-

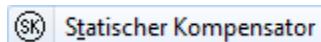
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Querkondensator

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Querkondensator sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.3.6 Statischer Kompensator



Dieses Element dient zur Nachbildung eines reinen Blindleistungsgenerators zur Steuerung der Blindleistung für die Kompensation.

Das Erzeugen eines Statischen Kompensators erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Statischer Kompensator**.

Eine Übersicht der Felder für den Statischen Kompensator ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Statischer Kompensator

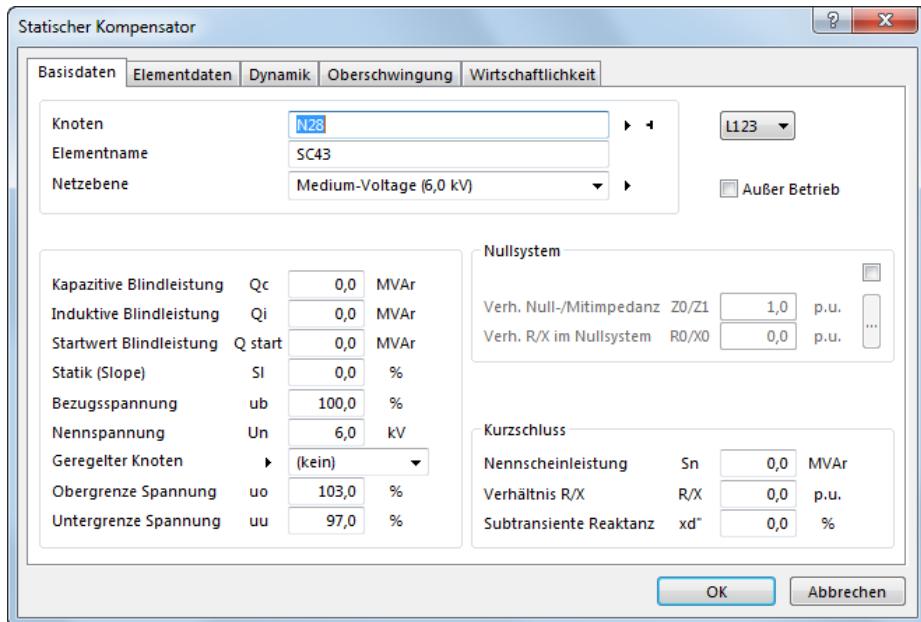
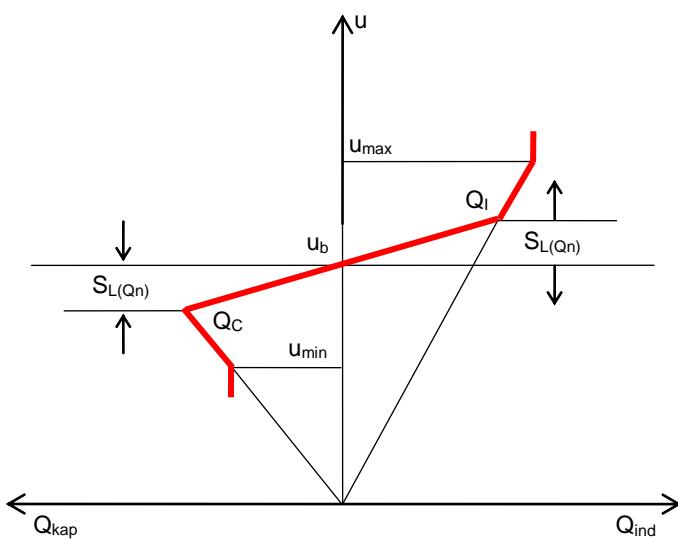


Bild: Datenmaske Statischer Kompensator

Der Statische Kompensator arbeitet in der Lastflussberechnung auf dem Kennlinienteil zwischen **Obergrenze Spannung** und **Untergrenze Spannung**.

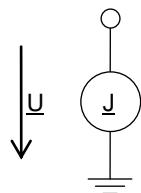
Datenbeschreibung

**Bild: Regelverhalten des Statischen Kompensators**

Die Blindleistung ergibt sich aus aktueller Knotenspannung, **Statik (Slope)**, **Bezugsspannung** und **Nennspannung**. Bei Vorgabe eines **Geregelten Knotens** kann auch die Spannung eines beliebigen Netzknottens als aktuelle Knotenspannung herangezogen werden.

Der **Startwert Blindleistung** dient als Anfangswert für die Lastflussiteration.

Für die Lastflussberechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet.



$$\underline{J} = \left(\frac{0 + jQ}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

Für die Kurzschluss- und Schutzberechnung wird das Element als Impedanz nachgebildet.



$$\underline{Z} = \frac{X_d'' * \left(\frac{R}{X} + j \right) * U_N^2}{100 * S_N}$$

Kurzschluss

Wird für die **Nennscheinleistung** oder die **Subtransiente Reaktanz** der Wert 0 angegeben, so wird der statische Kompensator in der Kurzschluss- und Schutzberechnung ignoriert.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.

Elementdaten Statischer Kompensator

Die Elementdaten für den Statischen Kompensator sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Statischer Kompensator

Die Dynamikdaten für den Statischen Kompensator sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Uref	Bezugsspannung	%
#Qref	Bezugsleistung	Mvar
#Qc	Kapazitive Blindleistung	Mvar
#Qi	Induktive Blindleistung	Mvar
#Qstart	Startwert Blindleistung	Mvar
#SI	Statik	%
#umax	Maximale Spannung	%
#umin	Minimale Spannung	%
#Sn	Nennscheinleistung	MVA
#R_X	Verhältnis R/X	pu
#XdSubtr	Subtransiente Reaktanz	%
#UCTRL.N	Topologieverbindung zu geregelten Knoten	

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables PQ zur Verfügung.

Oberschwingung Statischer Kompenator

Die Oberschwingungsdaten für den Statischen Kompenator sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Wirtschaftlichkeit Statischer Kompenator

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Statischen Kompenator sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.3.7 Variables Querelement

[Variables Querelement](#)

Dieses Element ermöglicht spezielle Nachbildungen von geregelten Elementen. Die Regelung wird über Modelle festgelegt und in der dynamischen Berechnung berücksichtigt. Für stationäre Berechnungen müssen eigene Daten angegeben werden.

Das Erzeugen eines variablen Querelementes erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Variables Querelement**.

Eine Übersicht der Felder für das variable Querelement ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Variables Querelement

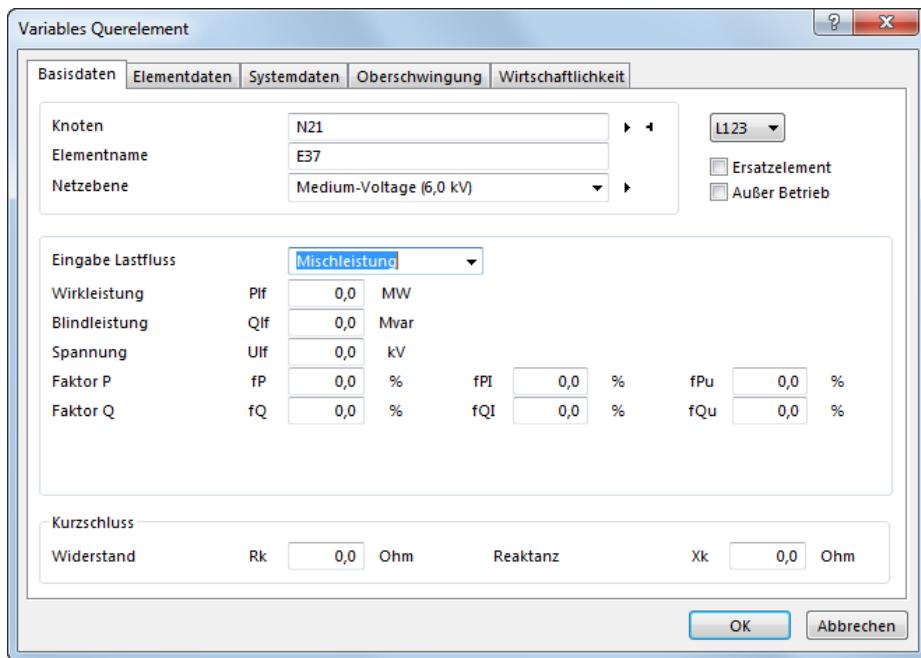
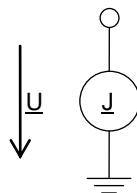


Bild: Datenmaske Variables Querelement – Basisdaten

Variable Querelemente, welche als **Ersatzelement** gekennzeichnet sind, werden bei gemeinsamer Berechnung von mehreren Netzen speziell behandelt.

Mit dem variablen Querelement kann eine Last mit variablem Verhalten nachgebildet werden.



$$\underline{J} = \left(\frac{\underline{P}_{Nges} + j\underline{Q}_{Nges}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

Der Korrekturfaktor für die Spannung ergibt sich aus Knotennennspannung und **Spannung**.

$$f_U = \frac{U_{NN}}{U_{LF}}$$

Bei Z konstant wird das Quadrat des Korrekturfaktors für die Ermittlung der Leistung herangezogen. Bei P und Q konstant erfolgt keine Korrektur. Bei I konstant wird der Korrekturfaktor direkt verwendet.

Datenbeschreibung

Die Nachbildung für das Variable Querelement wird anhand des Feldes **Eingabe Lastfluss** bestimmt. Hier sind die folgenden Optionen verfügbar:

- Leistung
- Mischleistung
- Impedanz
- Funktion
- Modell Leistung
- Modell Spannung
- Ersatzeinspeisung

Leistung

Die Leistung des Netzelementes wird direkt mit den Feldern **Wirkleistung** und **Blindleistung** definiert.

P und Q konstant oder P und Q begrenzt

$$P_{Nges} = P_{LF}$$

$$Q_{Nges} = Q_{LF}$$

I konstant oder I begrenzt

$$P_{Nges} = P_{LF} * f_U$$

$$Q_{Nges} = Q_{LF} * f_U$$

Z konstant

$$P_{Nges} = P_{LF} * f_U^2$$

$$Q_{Nges} = Q_{LF} * f_U^2$$

Mischleistung

Mit diesem Lasttyp kann gleichzeitig Leistung konstant, stromabhängig und spannungsabhängig entnommen werden. Die Entnahme wird aus **Wirkleistung**, **Blindleistung** und den Faktoren **konstante Wirkleistung**, **stromabhängige Wirkleistung**, **spannungsabhängige Wirkleistung**, **konstante Blindleistung**, **stromabhängige Blindleistung** und **spannungsabhängige Blindleistung** ermittelt.

$$P_{Nges} = P_{LF} * \left(f_P + f_{PI} * f_U + f_{PU} * f_U^2 \right)$$

$$Q_{Nges} = Q_{LF} * \left(f_Q + f_{QI} * f_U + f_{QU} * f_U^2 \right)$$

Impedanz

Aus den Feldern **Widerstand** und **Reaktanz** wird mit Hilfe der Spannung die Leistung ermittelt.

$$P_{Nges} = \frac{R * U^2}{R^2 + X^2} * f_U^2$$

$$Q_{Nges} = \frac{X * U^2}{R^2 + X^2} * f_U^2$$

Genaue Informationen zum Verhalten in der Lastflussberechnung finden Sie im Handbuch Lastfluss, Kapitel Lastnachbildung.

Funktion

Mit diesem Lasttyp kann die Leistungsentnahme entsprechend den **Faktoren 1, 2 und 3 Wirkleistung** und **Blindleistung** sowie den **Exponenten 1, 2 und 3 Wirkleistung** und **Blindleistung** definiert werden.

$$P_{Nges} = P_{LF} * (f_{1P} * f_U^{e1P} + f_{2P} * f_U^{e2P} + f_{3P} * f_U^{e3P})$$

$$Q_{Nges} = Q_{LF} * (f_{1Q} * f_U^{e1Q} + f_{2Q} * f_U^{e2Q} + f_{3Q} * f_U^{e3Q})$$

Modell Leistung und Modell Spannung

Mit diesem Eingabeformat wird das Verhalten des Netzelementes über ein zugeordnetes Modell bestimmt. Das Modell kann wahlweise eine Leistungseinspeisung (PQ-Knoten) oder eine Spannungseinprägung (Slack) nachbilden.

Das Verhalten des Netzelementes wird durch den **Arbeitsbereichmodelltyp** bestimmt:

- Keiner
- Regler
- Ersatzschaltung
- BOSL Modell
- Diakoptics

Dabei können folgende Elementvariablen verwendet werden:

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Rk	Widerstand Kurzschluss	Ohm
#Xk	Reaktanz Kurzschluss	Ohm
#Sk2	Aus #Rk und #Xk ermittelte Kurzschlussleistung	MVA

Datenbeschreibung

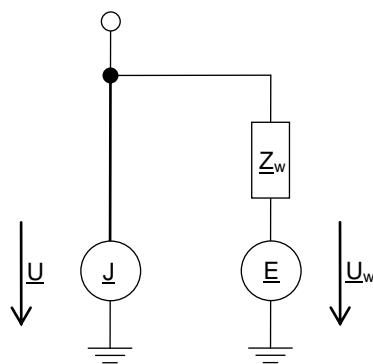
#phi	Spannungswinkel	°
------	-----------------	---

Als BOSL Modell stehen derzeit ein variables PQ und ein variables I zur Verfügung.

Eine genaue Beschreibung der Modelltypen finden Sie unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#).

Ersatzeinspeisung

Mit dieser Eingabeart kann eine typische Ersatzeinspeisung (Boundary Injection), welche durch die Netzreduktion entsteht, modelliert werden. Das Verhalten des Netzelementes unterscheidet sich dabei wesentlich von den verfügbaren anderen Nachbildungen. Genau genommen wird das Netzelement im Lastfluss durch eine Kombination aus mehreren Elementen nachgebildet.



$$\underline{J} = \left(\frac{\underline{P}_{LF} + j\underline{Q}_{LF}}{\sqrt{3} * \underline{U}} \right)^*$$

$$|E| = U_w$$

$$Z_w = R_{LF} + jX_{LF}$$

$$S_w = \frac{(U_w - \underline{U}) * \underline{U}_w}{Z_w}$$

Wie aus dem Schaltbild ersichtlich, wird das Netzelement im Lastfluss durch eine Einspeisung mit konstanter Leistung \underline{J} sowie einer zusätzlichen Spannungsquelle E nachgebildet. Die Spannungsquelle ist über eine Impedanz Z_w angeschlossen, mit der die spannungsabhängige Blindleistungseinspeisung des Ersatznetzes modelliert wird. Die Spannungsquelle verhält sich durch die Impedanz wie ein "weicher" PV-Knoten, bei dem die eingespeiste Wirkleistung immer Null ist. Diese Art der Modellierung wird in der Netzreduktion als "Extended Ward" bezeichnet.

Mit den Feldern P_{LF} und Q_{LF} wird die Leistung der Einspeisung J definiert.

Die Quellenspannung U_w der Spannungsquelle E wird über das Feld **Spannung Ex. Ward** angegeben.

Die der Spannungsquelle nachgeschaltete Impedanz Z_w wird mit den Feldern R_{LF} und X_{LF} definiert. Im Normalfall ist hier $R_{LF} = 0.0$ Ohm.

Die primäre Leistungszahl kennzeichnet die Starrheit der Einspeisung gegenüber dem Netz. Diese wird für Zuverlässigkeitsberechnungen sowie zur erweiterten Leistungsumverteilung bei Einspeisungen benötigt.

Dynamik

Die Nachbildung in der Schnittstelle erfolgt als Abnahme. Ist ein Kurzschlusswiderstand und/oder eine Kurzschlussreaktanz ungleich 0,0 angegeben, so wird zusätzlich zur Last eine frequenzstarre Einspeisung in der dynamischen Berechnung nachgebildet.

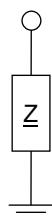
Mithilfe der Felder **Arbeitsbereichmodelltyp** und **Arbeitsbereichmodell** kann eine spezielle Nachbildung in der dynamischen Berechnung erfolgen.

Der ausgewählte Modelltyp legt fest, wie das angebundene Arbeitsbereichmodell aufgebaut sein muss.

- Keiner:
Das angebundenes Arbeitsbereichmodell wird ignoriert.
- Regler:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss einen Regler enthalten, der auf das aktuelle Netzelement wirkt.
- Ersatzschaltung:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss Netzteile enthalten, die an den Originalknoten des Netzelementes angeschlossen werden. Das aktuelle Netzelement wird nicht an die Schnittstelle für die dynamische Berechnung übergeben – dafür gibt es ja die im Modell enthaltenen Netzteile. Zusätzlich kann das Modell auch Regler enthalten – notwendig ist dies jedoch nicht.
- BOSL Modell:
Das angegebene Arbeitsbereichmodell muss ein BOSL Modell enthalten. Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.
- Diakoptics:
Mit diesem Modelltyp kann ein komplexes Arbeitsbereichsmodell, welches Netzteile enthält, direkt im PSS SINCAL Lastfluss verwendet werden. Entspricht in der Funktionalität also der Ersatzschaltung, wobei hier das Modell auch direkt in der Lastflussiteration aktiv ist.
Achtung: Diese Funktionalität ist derzeit nicht verfügbar.

Kurzschluss

Die Nachbildung erfolgt immer als Impedanz, die sich über **Widerstand** und **Reaktanz** ergibt.



$$\underline{Z} = R_{SC} + jX_{SC}$$

Für die Oberschwingungs- und Rundsteuerberechnung wird die Kurzschlussimpedanz herangezogen.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Ein unsymmetrischer Verbraucher hat zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Elementdaten Variables Querelement

Die Elementdaten für das Variable Querelement sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Systemdaten Variables Querelement

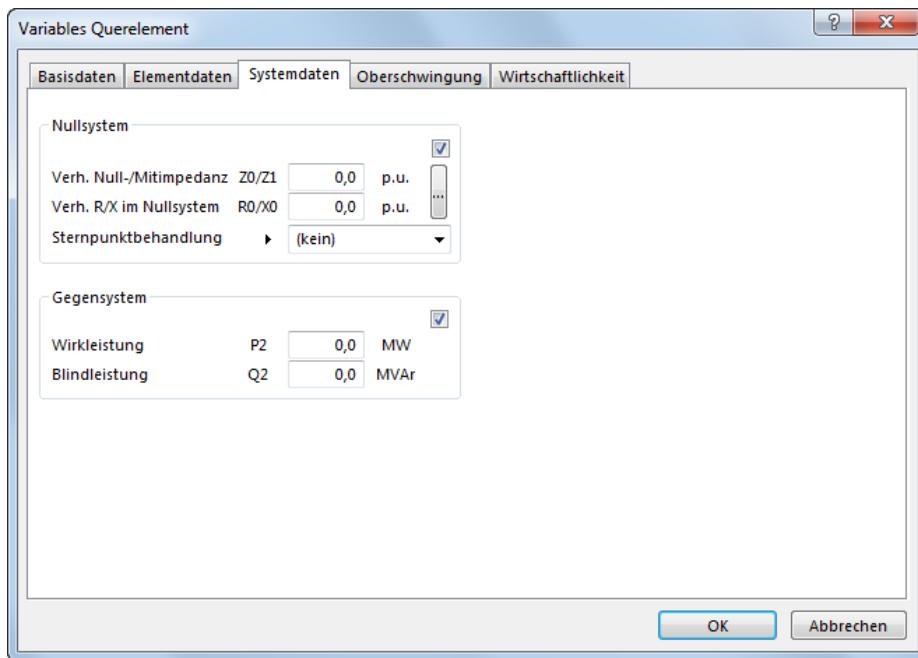


Bild: Datenmaske Variables Querelement – Systemdaten

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Über das Feld **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, bei Erdung mit Impedanzen eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Gegensystem

Die **Wirkleistung** und die **Blindleistung** können aus Kompatibilitätsgründen zu anderen Datenformaten angegeben werden.

Oberschwingung Variables Querelement

Für die Oberschwingungsberechnung wird die Kurzschlussimpedanz herangezogen.

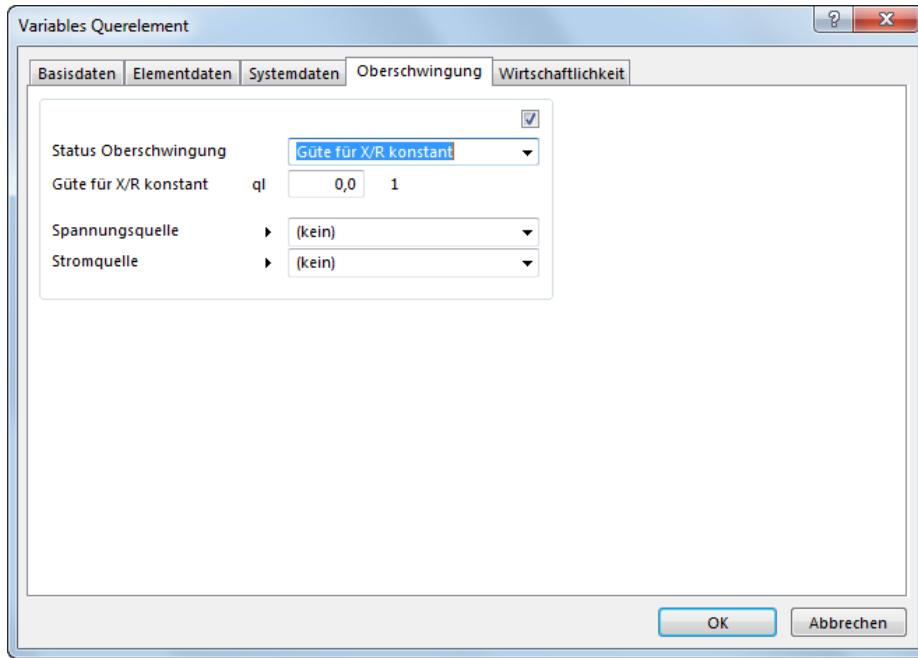


Bild: Datenmaske Variables Querelement – Oberschwingungen

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für das variable Querelement einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Güte für X/R konstant:
Der eingegebene Faktor des Feldes **Güte für X/R konstant** wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Oberschwingungsberechnung verwendet.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Es besteht die Möglichkeit, den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Für Oberschwingungs-Stromquellen mit bezogener Stromangabe und einem Bezugsstrom von 0 Ampere wird der Laststrom als Bezugsstrom herangezogen.

Wirtschaftlichkeit Variables Querelement

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für das Variable Querelement sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

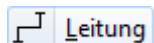
3.4 Zweigelemente

Mit diesen Elementen können Verbindungen zwischen zwei Knoten definiert werden.

Die folgenden Zweigelemente sind verfügbar:

- [Leitung](#)
- [Längsdrossel](#)
- [Längskondensator](#)
- [Variables Längselement](#)
- [Längs DC-Element](#)

3.4.1 Leitung

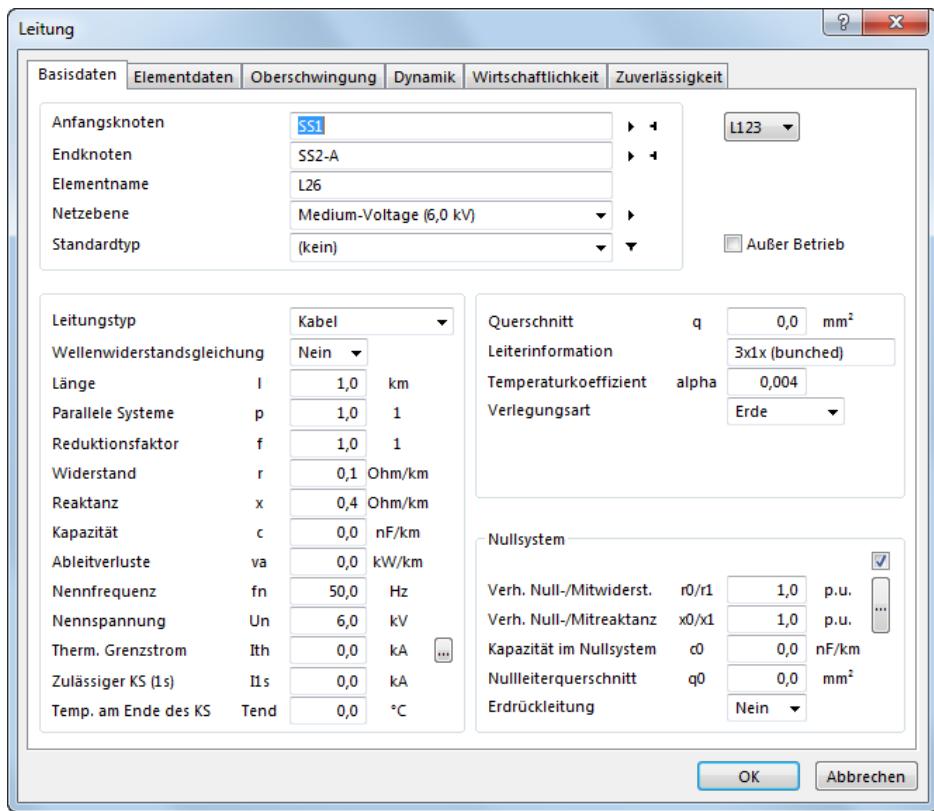


Mit diesem Datensatz können Kabel, Freileitungen und Verbindungen nachgebildet werden.

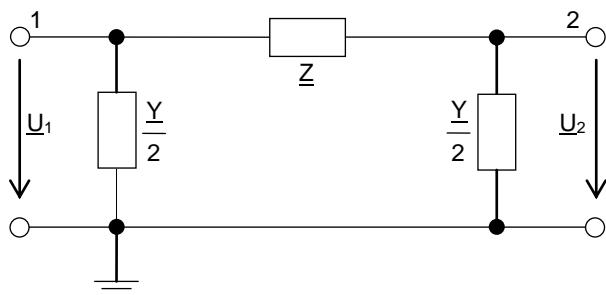
Das Erzeugen einer Leitung erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Leitung**.

Eine Übersicht der Felder für die Leitung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

Basisdaten Leitung**Bild: Datenmaske Leitung**

Die Leitung wird im Mitsystem durch folgendes π -Ersatzschaltbild nachgebildet (gilt nicht für Koppeldaten):

**Bild: Ersatzschaltbild – Mitsystem**

Das Ersatzschaltbild wird aus den Feldern **Wellenwiderstandsgleichung**, **Länge**, **Widerstand**, **Reaktanz**, **Kapazität** und **Ableitverluste** ermittelt.

Über den **Standardtyp** können die Daten der Leitung aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Über das Feld **Leitungstyp** kann die Nachbildung der Leitung in der Berechnung modelliert werden. Folgende Typen sind verfügbar:

- Kabel:
Die Leitung wird als Kabel modelliert.
- Freileitung:
Die Leitung wird als Freileitung modelliert.
- Verbindung:
Die Leitung wird in den Berechnungsmethoden als "impedanzlose Verbindungsleitung" modelliert. Dadurch kann die Konvergenz wesentlich verbessert werden, da alle impedanzlosen Verbindungsleitungen vom Topologieprozessor der Berechnungsmethoden eliminiert werden. Hierbei werden die durch diese Leitungen verbundenen Knoten zusammengefasst. Für die Berechnungsverfahren Dynamik, Ermittlung Einstellwerte Distanzschutz und den Datenexport wird die Verbindung als normale Leitung berücksichtigt. D.h. die angegebenen Impedanzwerte und Kapazitäten werden verwendet.
- Koppeldaten:
Die Leitung wird über die Koppelmatrix modelliert.

Die Felder **Querschnitt**, **Leiterinformation**, **Verlegungsart**, **maximale Spannung**, **Leiterabstand** und **Mittlerer Leiterabstand** dienen nur zu Dokumentationszwecken.

Der Wirkwiderstand der Leitung wird mit Hilfe des **Temperaturkoeffizienten** von 20 °C auf die Leiter- oder Kabeltemperatur T der Netzebene umgerechnet.

Der Blindwiderstand der Leitung wird mit der **Nennfrequenz** auf die bei den Berechnungsparametern hinterlegte Netzfrequenz umgerechnet.

Über **Anzahl paralleler Systeme** wird eine Parallelschaltung von mehreren Leitungen des gewählten Typs simuliert. Hierzu wird die Impedanz durch die Anzahl der parallelen Systeme dividiert, die Admittanz mit der Anzahl der parallelen Systeme multipliziert.

$$R = I * r * (1 + (T - 20) * \alpha)$$

$$X = I * x * \frac{f_{Netz}}{f_n}$$

$$C = I * c$$

$$V_A = I * v_A$$

$$Z = \frac{R + jX}{f_{Par}}$$

$$Y = \left(\frac{V_A * 10^{-3}}{U_N^2} + j2\pi f * C * 10^{-9} \right) * f_{Par}$$

Für die Ermittlung der Auslastung wird der **thermische Grenzstrom** um den **Reduktionsfaktor** und der **Anzahl paralleler Systeme** korrigiert.

$$I_{100} = I_{th} * f_{Red} * f_{Par}$$

Datenbeschreibung

Die Ermittlung der Zusatzauslastungen erfolgt mit dem **Ersten, Zweiten und Dritten zusätzlichen Grenzstrom**, korrigiert mit dem **Reduktionsfaktor** und der **Anzahl paralleler Systeme**.

Die **Nennspannung** muss größer gleich der Netzebenenspannung sein, damit die Leitung in der Netzebene verwendet werden kann.

Der **zulässige Kurzschlussstrom (1 s)** definiert die Grenze, bei der eine Zerstörung der Leitung stattfindet.

Mit Hilfe der **Temperatur am Ende des Kurzschlusses** wird bei der Ermittlung der minimalen Kurzschlussströme der Wirkwiderstand auf diese Temperatur umgerechnet.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Je Leiter hat die Leitung zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt für Kabel und Freileitung ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1
L2	einphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2
L3	einphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3
L12	zweiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1 und Startknoten L2 nach Endknoten L2
L23	zweiphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3
L31	zweiphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3 und Startknoten L1 nach Endknoten L1
L123	dreiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1, Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3
N	Erdphase (nur Rückleiter)

Die Leiterdefinition **N** wird verwendet, um mit Hilfe einer Leitung nur einen Rückleiter zu definieren. Hierbei müssen die Daten des Rückleiters im Abschnitt **Nullsystem** angegeben werden. Die Mitsystemdaten der Leitung werden hierbei auf "sperrend" gesetzt. D.h. unabhängig von der eingegebenen Impedanz wird die Leitung im Mitsystem mit einem unendlichen Z definiert.

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt für Koppeldaten ausschließlich über die Hauptdiagonale der Längsdaten. Die Leitung ist automatisch in jenen Phasen verfügbar, dessen Selbstimpedanz ungleich Null ist.

Selbstimpedanz	Vorhandene Verbindung
R11 oder X11 ungleich Null	von Startknoten L1 nach Endknoten L1
R22 oder X22 ungleich Null	von Startknoten L2 nach Endknoten L2

R33 oder X33 ungleich Null	von Startknoten L3 nach Endknoten L3
----------------------------	--------------------------------------

Nullsystem

Das Nullsystem muss die Rückleitung repräsentieren. Dies ist unabhängig davon, ob die Rückleitung über einen eigenen Nullleiter oder die Erde erfolgt.

Die Leitung wird im Nullsystem durch folgendes π -Ersatzschaltbild nachgebildet (gilt nicht für Koppeldaten):

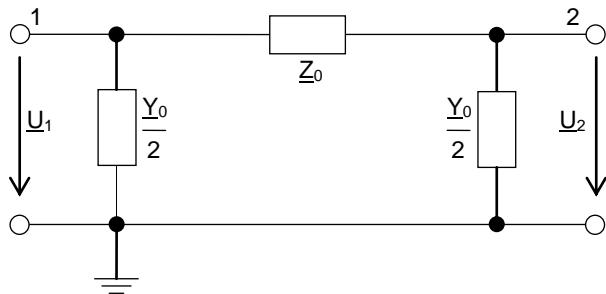


Bild: Ersatzschaltbild – Nullsystem

Die Eingabe des Nullsystems kann entsprechend der Einstellung in **Nullsystem Eingabedaten** auf zwei Arten verfolgen.

- Verhältnis von x_0/x_1 und r_0/r_1 :
Die Werte für r und x im Nullsystem werden aus dem angegebenen Verhältnis in den Feldern **Verhältnis Null-/Mitwiderstand**, **Verhältnis Null-/Mitreaktanz** und **Kapazität im Nullsystem** errechnet.
- Direkte Eingabe der Werte r_0 und x_0 :
Die Werte für r und x im Nullsystem werden aus entsprechenden Feldern **Widerstand im Nullsystem**, **Reaktanz im Nullsystem** und **Kapazität im Nullsystem** übernommen.
- Direkte Eingabe der Werte rR und xR :
Mit dieser Option wird ein Rückleiter mit realen Werten definiert. Dies wird vor allem bei der exakten Modellierung von unsymmetrischen Netzen verwendet, wo der Rückleiter nicht durch das Nullsystem beschrieben werden soll.

Verhältnis von x_0/x_1 und r_0/r_1 :

$$x_{0\text{aktiv}} = x * x_0 / x_1$$

$$r_{0\text{aktiv}} = r * r_0 / r_1$$

$$c_{0\text{aktiv}} = c_0$$

Direkte Eingabe der Werte r_0 und x_0 :

$$x_{0\text{aktiv}} = x_0$$

$$r_{0\text{aktiv}} = r_0$$

Datenbeschreibung

$$c_{0\text{aktiv}} = c_0$$

Somit werden Impedanz und Admittanz für das Nullsystem wie folgt berechnet.

$$r_0 = l * r_{0\text{aktiv}} * (1 + (T_l - 20) * \alpha)$$

$$x_0 = l * x_{0\text{aktiv}} * \frac{f_{\text{Netz}}}{f_n}$$

$$c_0 = l * c_{0\text{aktiv}}$$

$$Z_0 = \frac{r_0 + jx_0}{f_{\text{Par}}}$$

$$Y_0 = j2\pi f * c_0 * 10^{-9} * f_{\text{Par}}$$

Die **Länge** und die **Anzahl paralleler Systeme** werden von den Basisdaten übernommen. Die Umrechnung des Wirkwiderstandes erfolgt zu der des Mitsystems.

Die Felder **Nulleiterquerschnitt** und **Erdrückleitung** dienen nur zu Dokumentationszwecken.

Rückleiter

Um einen Rückleiter mit realen Werten zu modellieren, muss bei den Nullsystem Eingabedaten das Eingabeformat **rR und xR** ausgewählt werden. Dann kann der Rückleiter durch Eingabe der entsprechenden Werte in den Felder **Widerstand Rückleiter**, **Reaktanz Rückleiter** und **Kapazität Rückleiter** beschrieben werden.

Koppeldaten

Wenn der **Leitungstyp** Koppeldaten ausgewählt wird, dann erfolgt die Nachbildung der Leitung durch eine vollständig besetzte Impedanzmatrix. Damit ist auch die Modellierung von gekoppelten Mehrfachleitungen möglich.

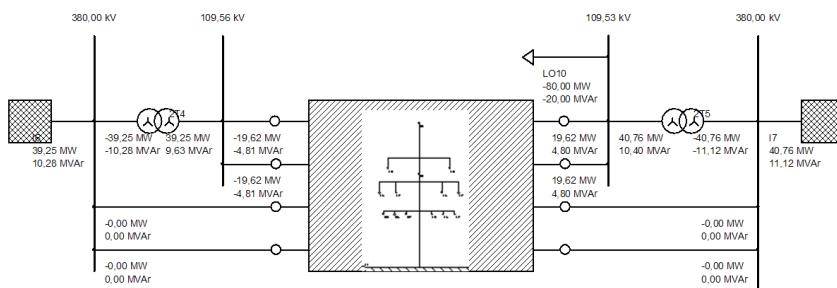


Bild: Mehrfach gekoppelte Leitungen

Die der Leitung zugeordneten **Koppeldaten** stellen eigentlich nur einen Bezug zu einem Container dar, mit dem die einzelnen Leitungen kombiniert werden. Die Koppeldaten werden mit dem Programm Leika errechnet.

In Leika werden die gekoppelten Systeme, also die Leitungen mit der physikalischen Anordnung der Leiter am Mast oder im Boden, in speziellen Projektdateien verwaltet. Um die Bearbeitung möglichst einfach zu halten, werden diese Projekte direkt im Verzeichnis des PSS SINCAL Netzes unter "xxx_files\Leika" gespeichert. Ein direktes Starten von Leika aus dem Dialog mit den Koppeldaten ist möglich.

Aus den eingegebenen Daten für die gekoppelten Systeme kann Leika eine voll besetzte Impedanzmatrix errechnen, welche die Übertragungseigenschaften exakt beschreibt. Hierzu ist in Leika die Funktion "Netomac-Export" verfügbar. Dabei wird die Impedanzmatrix in Form einer MAC Datei parallel zur Leika Projektdatei gespeichert. Diese Datei wird von PSS SINCAL im Zuge der Berechnung verwendet.

Bei Lastfluss- und Kurzschlussberechnungen in PSS SINCAL werden die Netzdaten der Leitungen, die dem Containerobjekt zugeordnet sind, ignoriert und stattdessen wird die Impedanzmatrix direkt in die Admittanzmatrix des Netzes integriert. Damit wird die Nachbildung der einzelnen Leitungen durch die Impedanzmatrix des Containerobjektes ersetzt. Für die Oberschwingungsberechnung wird die Impedanzmatrix auf die jeweilige betrachtete Frequenz umgerechnet.

In dem Feld **System** wird die Systemnummer von Leika hinterlegt. Dies ist erforderlich, da ja definiert werden muss, welche Leitung aus PSS SINCAL jener der Systemdefinition in Leika entspricht. Erst durch diese Definition kann die Impedanzmatrix mit dem PSS SINCAL Netz verschaltet werden, da damit auch die komplette Topologieinformation verfügbar ist.

Achtung: Die Leitung mit Koppeldaten stellt ein unsymmetrisches Netzelement dar, daher kann diese nicht in der sym. Lastflussberechnung genutzt werden. Sobald Koppeldaten im Netz vorhanden sind, wird daher immer eine unsymmetrische Lastflussberechnung durchgeführt. Bei dieser Leitungsnachbildung muss die Anzahl der parallelen System ident 1 sein. Des Weiteren darf keine zusätzliche Kopplung im Nullsystem angegeben sein. Eine etwaige Kopplung im Nullsystem muss bereits in der Impedanzmatrix enthalten sein.

Weitere allgemeine Informationen zur Verarbeitung der Impedanz- und Admittanzmatrix finden Sie im Handbuch Mehrfachfehler in den Kapiteln Transformation Phasen- in Komponentenwerte und Nachbildung von dreiphasigen Leitungen.

Elementdaten Leitung

Die Elementdaten für die Leitung sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Oberschwingung Leitung

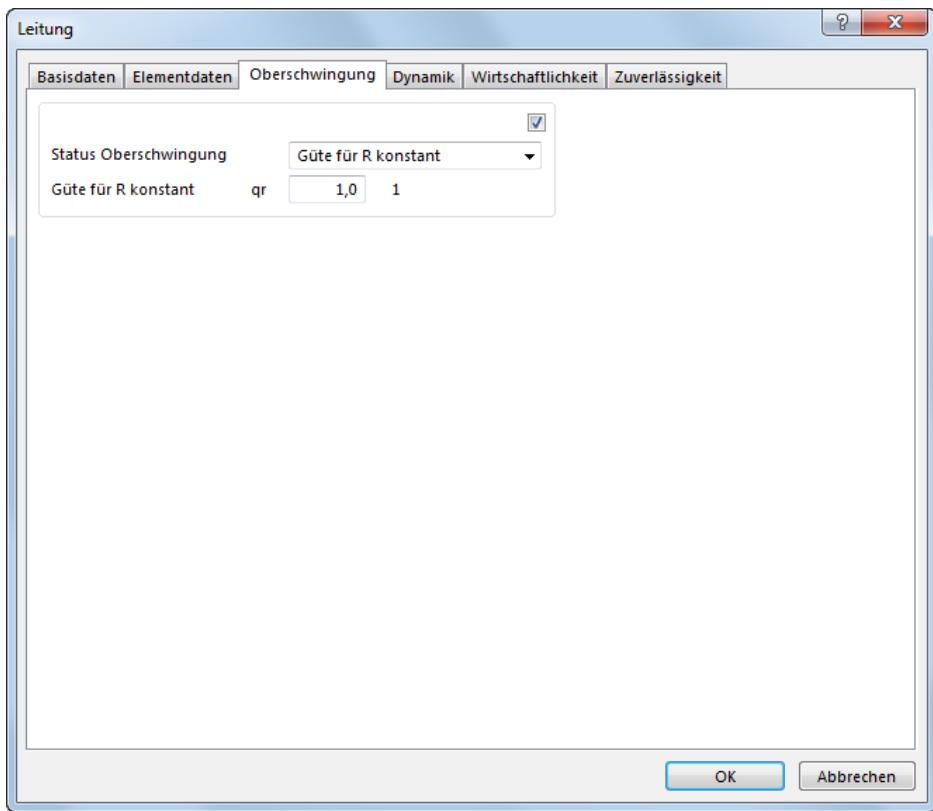


Bild: Datenmaske Leitung – Oberschwingungen

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für die Leitung einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant und Güte für X/R konstant:
Die eingegebenen Faktoren der Felder **Güte für R konstant** und **Güte für X/R konstant** werden zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- CIGRE Modell:
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten der Leitung.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Dynamik Leitung

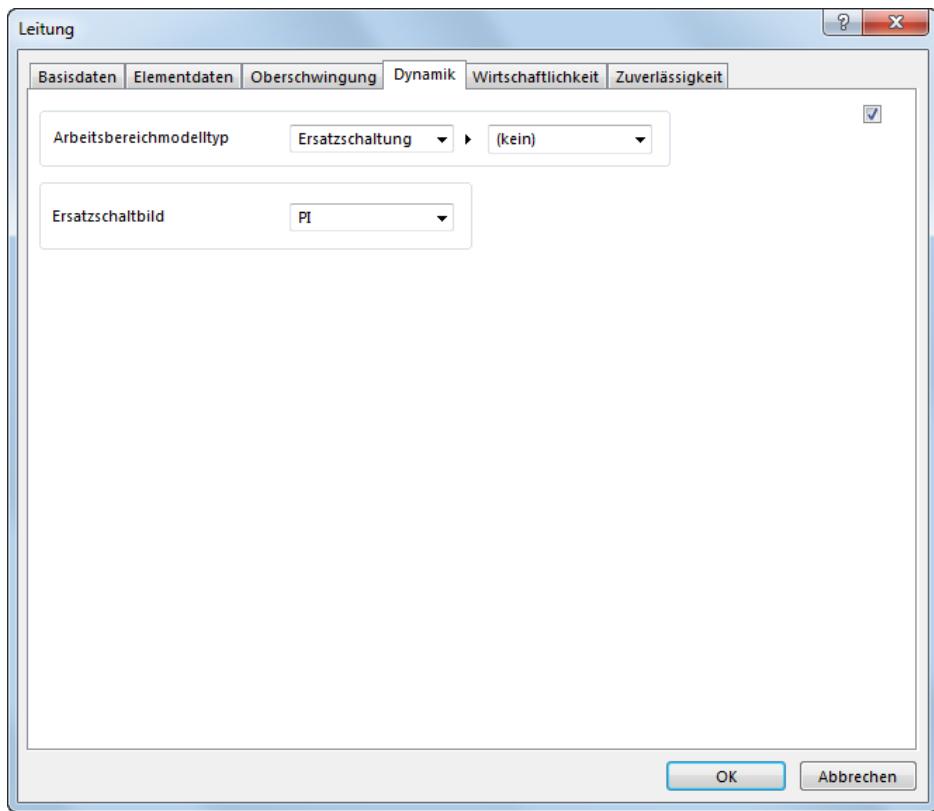


Bild: Datenmaske Leitung – Dynamik

Mithilfe des Feldes **Arbeitsbereichmodelltyp** kann eine spezielle Nachbildung in der dynamischen Berechnung erfolgen. Der ausgewählte Modelltyp legt fest, wie das angebundene Arbeitsbereichmodell aufgebaut sein muss.

- Keiner:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell wird ignoriert.
- Regler:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss einen Regler enthalten, der auf das aktuelle Netzelement wirkt.
- Ersatzschaltung:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss Netzteile enthalten, die an den Originalknoten des Netzelementes angeschlossen werden. Das aktuelle Netzelement wird nicht an die Schnittstelle für die dynamische Berechnung übergeben – dafür gibt es ja die im Modell enthaltenen Netzteile. Zusätzlich kann das Modell auch Regler enthalten – notwendig ist dies jedoch nicht.
- BOSL Modell:
Das angegebene Arbeitsbereichmodell muss ein BOSL Modell enthalten. Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Über das Feld **Ersatzschaltbild** kann die Leitung in der dynamischen Berechnung als T- oder als Pi-Glied nachgebildet werden.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Datenbeschreibung

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Leitung

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Leitung sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Leitung

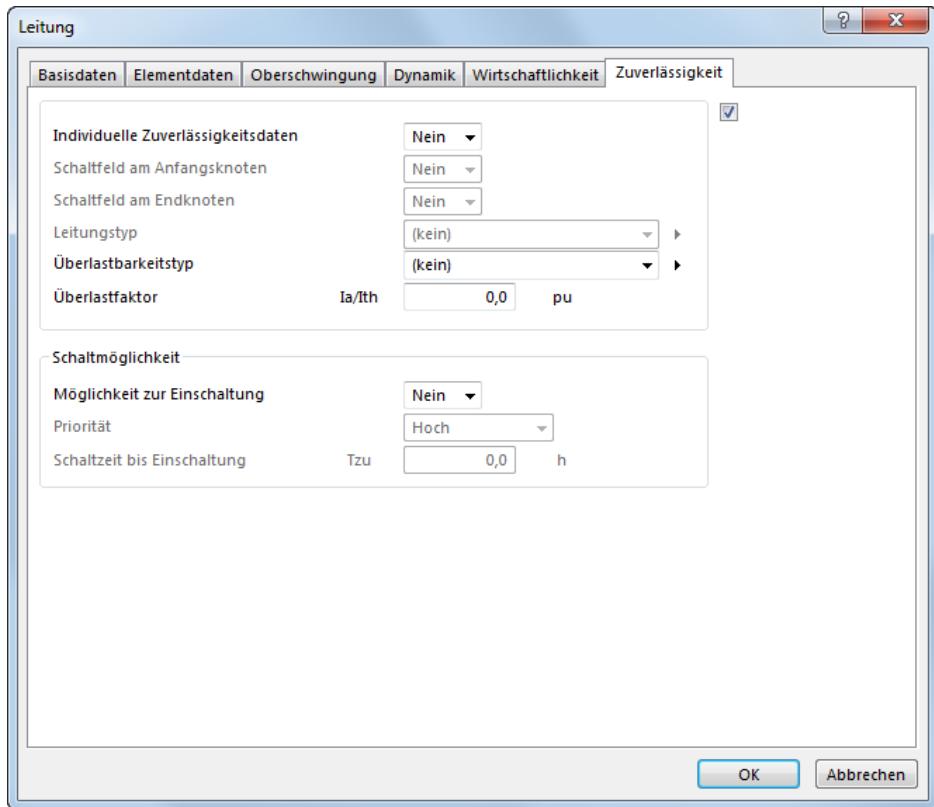


Bild: Datenmaske Leitung – Zuverlässigkeit

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitsdaten** wird festgelegt, ob die Leitung am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Mit den Feldern **Schaltfeld am Anfangsknoten** und **Schaltfeld am Endknoten** können Schaltfelder an den Anschlüssen definiert werden. Das Störungsgeschehen der Schaltfelder wird bei den Knoten je Schaltfeld definiert. Die Anzahl der Schaltfelder am Knoten ergibt sich über die Netztopologie.

Mit dem **Leistungstyp** werden Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

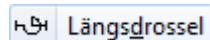
Mit dem Feld **Überlastbarkeitstyp** kann eine zeitliche Abhängigkeit der Überlastbarkeit des Netzelementes definiert werden.

Der **Überlastfaktor** eines Netzelementes kennzeichnet dessen zeitlich konstante Überlastbarkeit. Für die Zuverlässigkeit ist dies das Verhältnis von Anregestrom zu thermischen Grenzstrom.

Schaltmöglichkeit

Mit den Feldern **Möglichkeit zur Einschaltung**, **Priorität** und **Schaltzeit bis Einschaltung** wird eine Zuschaltung während des Störungsgeschehens festgelegt. Ist das Netzelement zumindest an einem Anschluss nicht abgeschaltet, werden diese Daten ignoriert.

3.4.2 Längsdrossel



Dieses Element ermöglicht die Nachbildung von Drosselpulen zur Kurzschlussstrombegrenzung.

Das Erzeugen einer Längsdrossel erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Längsdrossel**.

Eine Übersicht der Felder für die Längsdrossel ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Längsdrossel

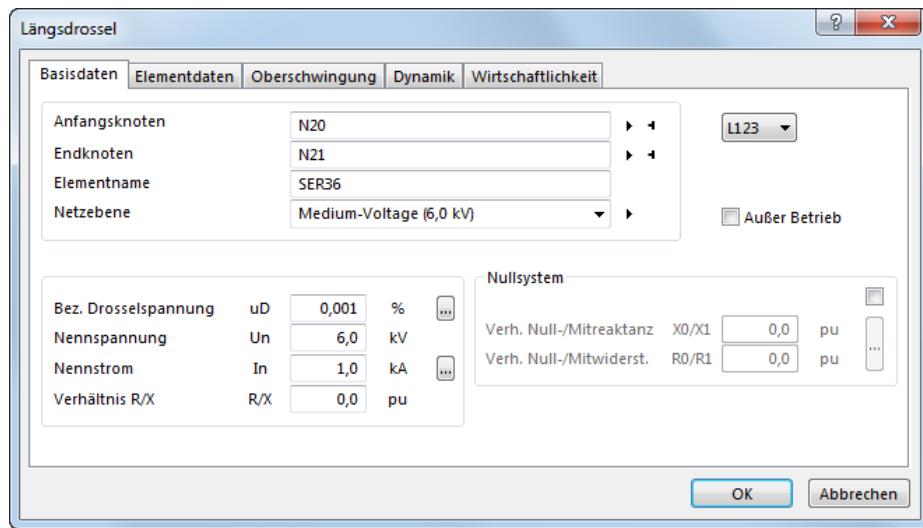
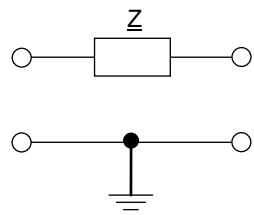


Bild: Datenmaske Längsdrossel

Die Längsdrossel wird als Impedanz nachgebildet.

Die **Nennspannung** muss größer gleich der Netzebenenspannung sein, damit die Drossel in der Netzebene verwendet werden kann.

Datenbeschreibung



Für **bezogene Drosselspannung** gilt:

$$\underline{Z} = \frac{U_n * u_D * 10^{-2}}{\sqrt{3} * I_n} * \frac{\left(\frac{R}{X} + j \right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{X} \right)^2}}$$

Die Impedanz ergibt sich aus **bezogener Drosselspannung**, **Nennstrom**, **Nennspannung** und **Verhältnis R/X**.

Die Ermittlung der Auslastung erfolgt mit dem **Nennstrom**. Die Ermittlung der Zusatzauslastungen erfolgt mit dem **Ersten**, **Zweiten** und **Dritten zusätzlichen Grenzstrom**.

Für **Induktivität** gilt:

$$\underline{Z} = 2\pi f * L * 10^{-3} * \left(\frac{R}{X} + j \right)$$

Die Impedanz ergibt sich aus Netzfrequenz, **Induktivität** und **Verhältnis R/X**.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Je Leiter hat die Leitung zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1
L2	einphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2
L3	einphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3
L12	zweiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1 und Startknoten L2 nach Endknoten L2
L23	zweiphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3
L31	zweiphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3 und Startknoten L1 nach Endknoten L1
L123	dreiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1, Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.

Elementdaten Längsdrossel

Die Elementdaten für die Längsdrossel sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Oberschwingung Längsdrossel

Die Oberschwingungsdaten für die Längsdrossel sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Längsdrossel

Die Dynamikdaten für die Längsdrossel sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Längsdrossel

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Längsdrossel sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.4.3 Längskondensator

Längskondensator

Dieses Element ermöglicht die Nachbildung von Längskondensatoren zur Blindleistungskompensation.

Das Erzeugen eines Längskondensators erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Längskondensator**.

Eine Übersicht der Felder für den Längskondensator ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Längskondensator

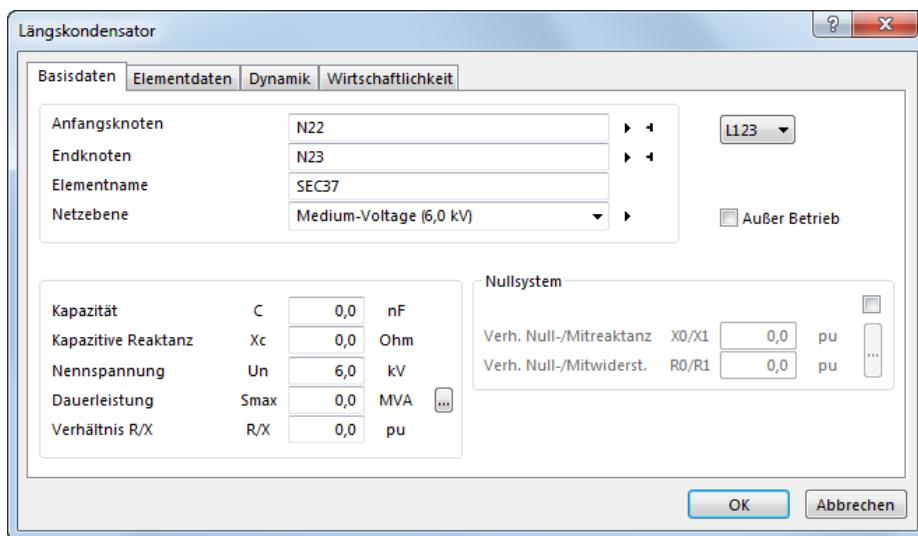
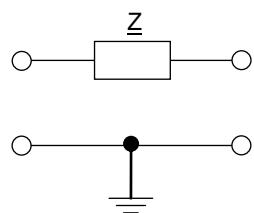


Bild: Datenmaske Längskondensator

Der Längskondensator wird als Impedanz nachgebildet.

Die **Nennspannung** muss größer gleich der Netzebenenspannung sein, damit der Kondensator in der Netzebene verwendet werden kann.



Für die **Kapazität C = 0** gilt:

$$Z = X_C * \frac{R}{X} - jX_C$$

Die Ermittlung der Auslastung erfolgt mit der **Dauerleistung**. Die Ermittlung der Zusatzauslastungen erfolgt mit der **Ersten, Zweiten und Dritten zusätzlichen Dauerleistung**.

Die Impedanz ergibt sich aus **kapazitiver Reaktanz** und **Verhältnis R/X**.

Für die **Kapazität C ≠ 0** gilt:

$$Z = \frac{R}{X} * \frac{10^9}{2\pi * f * C} - j \frac{10^9}{2\pi * f * C}$$

Die Impedanz ergibt sich aus **Kapazität** und **Verhältnis R/X**.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Je Leiter hat die Leitung zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1
L2	einphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2
L3	einphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3
L12	zweiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1 und Startknoten L2 nach Endknoten L2
L23	zweiphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3
L31	zweiphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3 und Startknoten L1 nach Endknoten L1
L123	dreiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1, Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.

Elementdaten Längskondensator

Die Elementdaten für den Längskondensator sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Längskondensator

Die Dynamikdaten für den Längskondensator sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

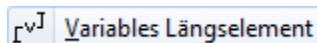
Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Längskondensator

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Längskondensator sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.4.4 Variables Längselement

 Variables Längselement

Dieses Element ermöglicht spezielle Nachbildungen von geregelten Elementen. Die Regelung wird über Modelle festgelegt und in der dynamischen Berechnung berücksichtigt. Für stationäre Berechnungen müssen eigene Daten angegeben werden.

Das Erzeugen eines variablen Längselementes erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Variables Längselement**.

Eine Übersicht der Felder für das variable Längselement ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Variables Längselement

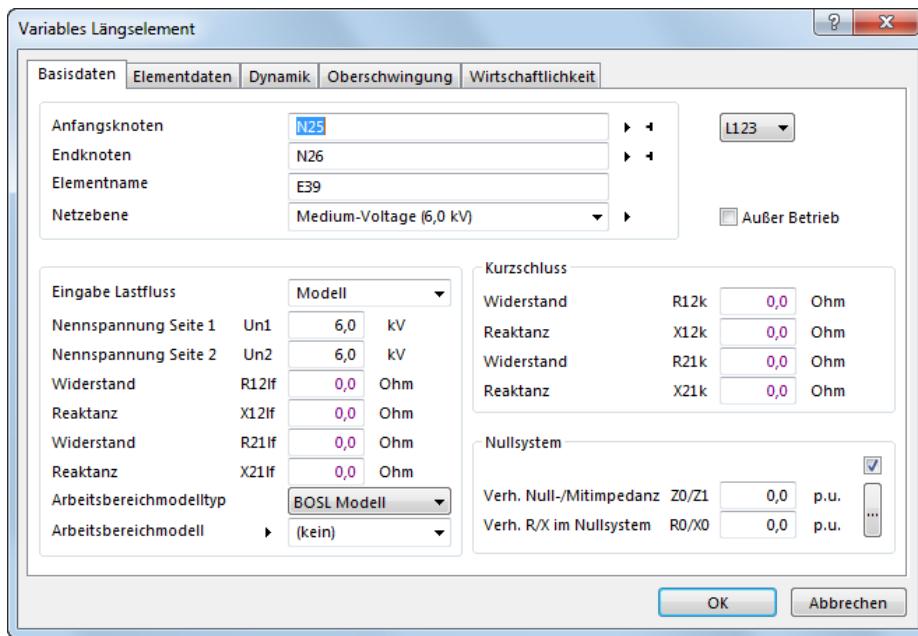


Bild: Datenmaske Variables Längselement

Die Nachbildung für das variable Längselement wird anhand des Feldes **Eingabe Lastfluss** bestimmt. Die Nachbildung erfolgt als Impedanz.

Dieses Element kann auch Netzebenen mit unterschiedlicher Nennspannung verbinden.

Die Impedanzangaben müssen dabei auf die Nennspannung des Anfangsknotens bezogen sein. Die Impedanz ergibt sich aus **Widerstand** und **Reaktanz**.

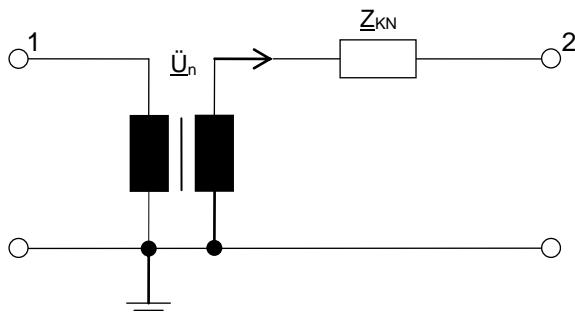


Bild: Ersatzschaltbild – variables Längselement

Symmetrische Nachbildung

$$Z_{KN} = R_{LF12} + jX_{LF12}$$

$$\ddot{U}_n = \frac{U_{n1}}{U_{n2}}$$

Unsymmetrische Nachbildung

$$Z_{KN} = R_{LF21} + jX_{LF21}$$

$$\underline{U}_n = \sqrt{\frac{R_{LF12} + jX_{LF12}}{R_{LF21} + jX_{LF21}}}$$

Beispiel für die Nachbildung eines Transfomators

Ein Transfomator mit Nennspannung Seite 1 von 100 kV, Nennspannung Seite 2 mit 22 kV, Nennscheinleistung 20 MVA, Kurzschlussspannung 12 % und ohmscher Anteil der Kurzschlussspannung mit 0 % zwischen Netzen mit Nennspannung 110 kV und 20 kV kann mit Hilfe des variablen Längselementes wie folgt nachgebildet werden.

Symmetrische Nachbildung

$$U_{n1} = 100 \text{ kV}$$

$$U_{n2} = 22 \text{ kV}$$

$$Z_{12} = 110 \text{ kV} * 110 \text{ kV} / 20 \text{ MAV} * 12/100 = 72,6 \text{ Ohm}$$

$$R_{12} = 0,0 \text{ Ohm}$$

$$X_{12} = 72,6 \text{ Ohm}$$

$$Z_{21} = Z_{12} = 72,6 \text{ Ohm}$$

$$R_{21} = R_{12} = 0,0 \text{ Ohm}$$

$$X_{21} = X_{12} = 72,6 \text{ Ohm}$$

Unsymmetrische Nachbildung

$$U_{n1} = 100 \text{ kV} \text{ (wird in PSS SINCAL nicht verwendet)}$$

$$U_{n2} = 22 \text{ kV} \text{ (wird in PSS SINCAL nicht verwendet)}$$

$$Z_{12} = 100 \text{ kV} * 100 \text{ kV} / 20 \text{ MVA} * 12/100 = 60,0 \text{ Ohm}$$

$$R_{12} = 0,0 \text{ Ohm}$$

$$X_{12} = Z_{12} = 60,0 \text{ Ohm}$$

$$Z_{21} = 22 \text{ kV} * 22 \text{ kV} / 20 \text{ MVA} * 12/100 * 110 \text{ kV} * 110 \text{ kV} / 20 \text{ kV} / 20 \text{ kV} = 87,846 \text{ Ohm}$$

$$R_{21} = 0,0 \text{ Ohm}$$

$$X_{21} = Z_{21} = 87,846 \text{ Ohm}$$

Dynamik

Die Nachbildung für die dynamische Berechnung erfolgt je nach Angabe der Spannungen. Sind die Nennspannungen des Elementes identisch mit den Knotennennspannungen, so ergibt sich keine Übersetzung. Weichen die Spannungen ab, so ergibt sich eine Übersetzung.

- Nachbildung mit Übersetzung $\neq 1$:
Das variable Längselement wird als Übertrager in die dynamische Berechnung mit einbezogen.
- Nachbildung mit Übersetzung $= 1$:
Das variable Längselement wird je nach Impedanzangaben als reiner Widerstand, reine Reaktanz, reine Kapazität, Widerstand und Reaktanz in Serie oder Widerstand und Kapazität in Serie in die dynamische Berechnung mit einbezogen.

Mithilfe der Felder **Arbeitsbereichmodelltyp** und **Arbeitsbereichmodell** kann eine spezielle Nachbildung in der dynamischen Berechnung erfolgen. Folgende Elementvariablen können für die Modellprogrammierung verwendet werden:

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#UNN2	Netznennspannung am Anschlussknoten Seite 2	kV
#R12If	Wirkwiderstand Lastfluss von Seite 1 nach Seite 2	Ohm
#X12If	Blindwiderstand Lastfluss von Seite 1 nach Seite 2	Ohm
#R21If	Wirkwiderstand Lastfluss von Seite 2 nach Seite 1	Ohm
#X21If	Blindwiderstand Lastfluss von Seite 2 nach Seite 1	Ohm
#R12sc	Wirkwiderstand Kurzschluss von Seite 1 nach Seite 2	Ohm
#X12sc	Blindwiderstand Kurzschluss von Seite 1 nach Seite 2	Ohm
#R21sc	Wirkwiderstand Kurzschluss von Seite 2 nach Seite 1	Ohm
#X21sc	Blindwiderstand Kurzschluss von Seite 2 nach Seite 1	Ohm
#Rg	Aus Nullsystemdaten berechneter Wirkwiderstand Erde bezogen auf #UNN	Ohm
#Xg	Aus Nullsystemdaten berechneter Blindwiderstand Erde bezogen auf #UNN	Ohm

Der ausgewählte Modelltyp legt fest, wie das angebundene Arbeitsbereichmodell aufgebaut sein muss.

- Regler:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss einen Regler enthalten, der auf das aktuelle Netzelement wirkt.
- Ersatzschaltung:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss Netzteile enthalten, die an den Originalknoten des Netzelementes angeschlossen werden. Das aktuelle Netzelement wird nicht an die Schnittstelle für die dynamische Berechnung übergeben – dafür gibt es ja die im Modell enthaltenen Netzteile. Zusätzlich kann das Modell auch Regler enthalten – notwendig ist dies jedoch nicht.

Eine genaue Beschreibung der Modelltypen finden Sie unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#).

Kurzschluss

Die Nachbildung für das Variable Längselement wird anhand der Kurzschlussdaten bestimmt. Die Nachbildung erfolgt immer als Impedanz.

Das Ersatzschaltbild entspricht jenem vom Lastfluss. Die Impedanz ergibt sich aus **Widerstand** und **Reaktanz**.

Symmetrische Nachbildung

$$Z_{KN} = R_{K12} + jX_{K12}$$

$$\underline{U}_n = \frac{\underline{U}_{n1}}{\underline{U}_{n2}}$$

Unsymmetrische Nachbildung

$$Z_{KN} = R_{K21} + jX_{K21}$$

$$\underline{U}_n = \sqrt{\frac{R_{K12} + jX_{K12}}{R_{K21} + jX_{K21}}}$$

Für die Oberschwingungs- und Rundsteuerberechnung wird die Kurzschlussimpedanz herangezogen.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Je Leiter hat die Leitung zwei Anschlüsse. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1
L2	einphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2
L3	einphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3
L12	zweiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1 und Startknoten L2 nach Endknoten L2
L23	zweiphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3
L31	zweiphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3 und Startknoten L1 nach Endknoten L1
L123	dreiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1, Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Es kann zwischen den folgenden **Nullsystem Eingabedaten** gewählt werden:

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null-/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- Z0 ident Z1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen keine weiteren Felder befüllt werden.

Elementdaten Variables Längselement

Die Elementdaten für das Variable Längselement sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Variables Längselement

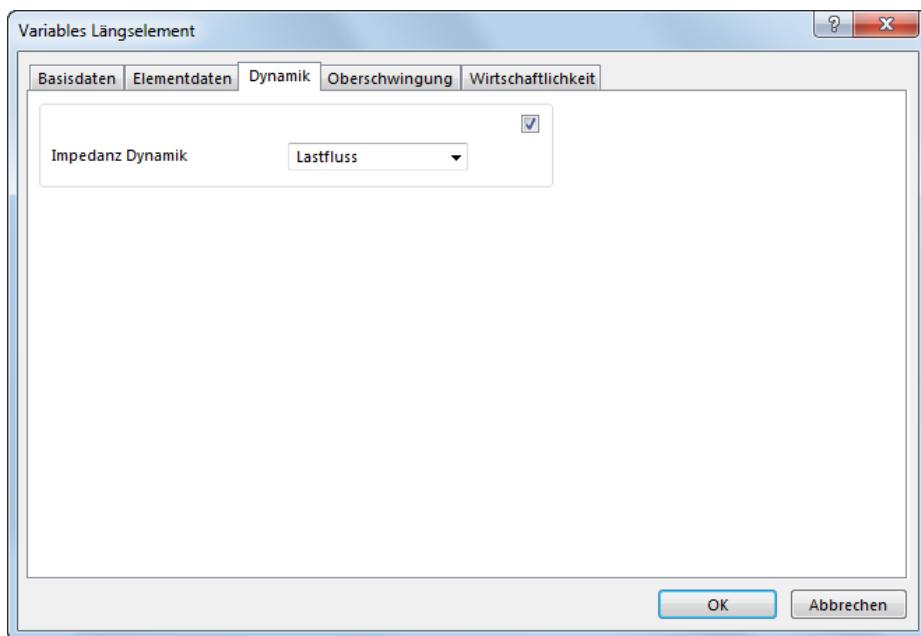


Bild: Datenmaske Variables Längselement – Dynamik

Mit dem Auswahlfeld **Impedanz Dynamik** kann gesteuert werden, welche Impedanzen zur Berechnung herangezogen werden. Dies können entweder die Lastflussimpedanzen oder die Kurzschlussimpedanzen sein, welche im Register [Basisdaten](#) definiert sind.

Oberschwingung Variables Längselement

Für die Oberschwingungsberechnung wird die Kurzschlussimpedanz herangezogen.

Die Oberschwingungsdaten für das Variable Längselement sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Wirtschaftlichkeit Variables Längselement

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für das Variable Längselement sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.4.5 Längs DC-Element

Längs DC-Element

Dieses Element ermöglicht spezielle Nachbildungen von DC-Verbindungen zwischen zwei Netzen bzw. Netzteilen. Die Regelung wird über BOSL Modelle festgelegt. Die Verbindung zu den beiden Netzknoten auf der Wechselstromseite erfolgt über [AC/DC-Konverter](#).

Das Längs DC-Element nimmt nicht am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teil, weil dieses Element üblicherweise vollkommen zuverlässig ist.

Das Erzeugen eines Längs DC-Elementes erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Längs DC-Element**.

Eine Übersicht der Felder für das Längs DC-Element ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Längs DC-Element

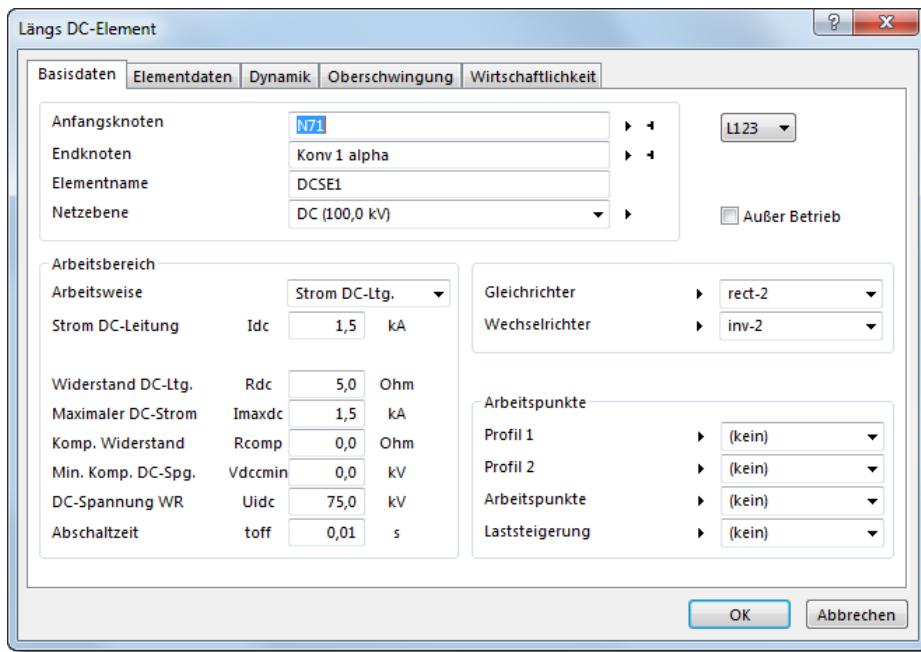


Bild: Datenmaske Längs DC-Element

Die Ankopplung an das AC-Netz erfolgt immer über zwei AC/DC-Konverter. Je einer dieser Konverter arbeitet als Gleichrichter und einer als Wechselrichter.

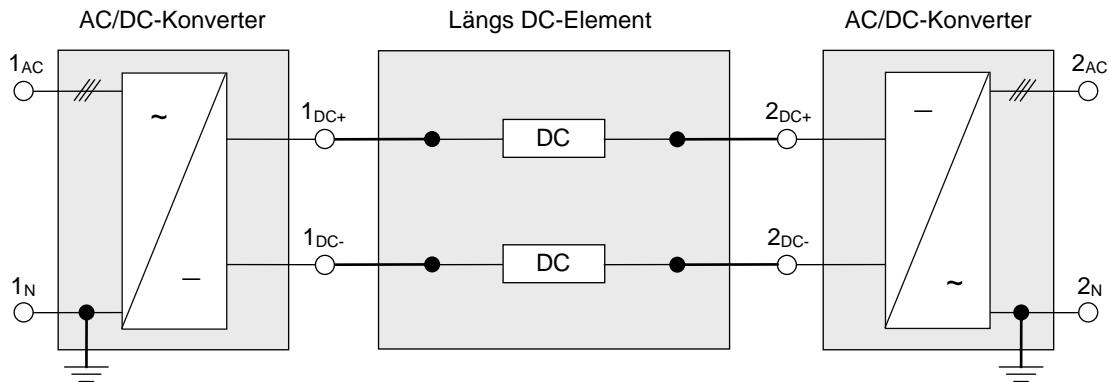
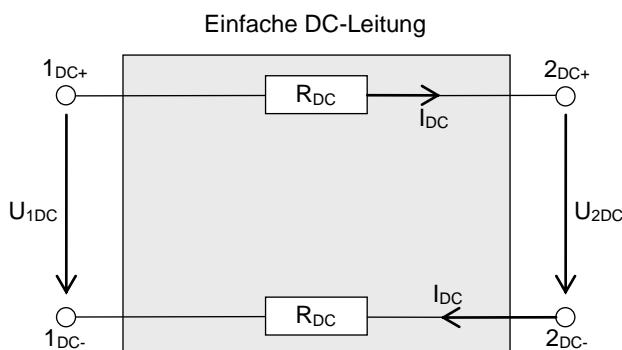


Bild: Allgemeine Verschaltung Längs DC-Element

Als DC-Verbindung steht momentan nur eine einfache DC-Leitung zur Nachbildung einer Hochspannungs-Gleichstromübertragung zur Verfügung.

Datenbeschreibung

**Bild: Ersatzschaltbild Einfache Gleichstromleitung****Arbeitsbereich**

Der Leistungsfluss über die Gleichstromleitung wird über das Feld **Arbeitsweise** festgelegt. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:

- Kein Transfer
- Strom DC-Leitung
- DC-Leistung Wechselrichter
- DC-Leistung Gleichrichter

Der Widerstand der einfachen DC-Leitung wird im Hin- und Rückleiter angesetzt.

Mit Hilfe der DC-Daten werden die DC-seitige Wirkleistung und Spannung ermittelt. Die ausgangsseitige Spannung U_{2DC} wird als DC-Spannung am Wechselrichter vorgegeben.

$$U_{1DC} = U_{2DC} + 2 * R_{DC} * I_{DC}$$

$$P_{1DC} = +U_{1DC} * I_{DC}$$

$$P_{2DC} = +U_{2DC} * I_{DC}$$

Ist keine spezielle Arbeitsweise über ein BOSL Modell vorgegeben, so erfolgt die Ermittlung der AC-seitigen Leistung für den Lastfall über ein vordefiniertes BOSL Modell.

$$P_{1AC} = -P_{1DC}$$

$$Q_{1AC} = -f_{Q1} * |P_{1AC}|$$

$$P_{2AC} = P_{2DC}$$

$$Q_{2DC} = -f_{Q2} * |P_{2AC}|$$

Als Faktoren für die Blindleistung ist für beide Seiten 0,2 vordefiniert. Bei expliziter Anbindung des BOSL-Modells können diese Faktoren über den [Modelldialog](#) geändert werden. Die Verluste in den Konvertern werden vernachlässigt.

Die AC-Leistungen werden auf der DC-Seite des Konvertertransformators als Stromquellen nachgebildet.

$$\underline{J} = \left(\frac{P_{AC} + jQ_{AC}}{\sqrt{3} * U} \right)^*$$

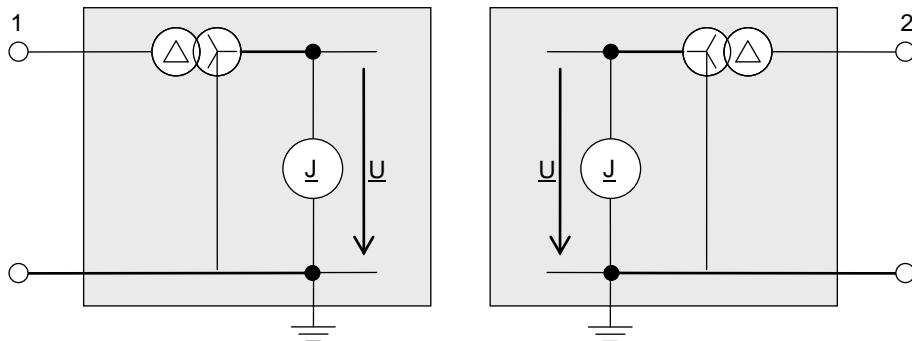


Bild: Wechselstromseitiges Ersatzschaltbild

Für die AC-seitige Nachbildung verbleiben daher nur zwei voneinander abhängig ermittelte Stromquellen.

Das Element wird in der **Abschaltzeit** abgeschaltet, wenn bei **Gleichrichter** oder **Wechselrichter** die Spannung nicht im Bereich zwischen minimaler und maximaler Spannung liegt.

Die Felder **Min. DC-Spannung**, **Komp. Widerstand** und **Min. Komp. DC-Spannung** sind aus Kompatibilitätsgründen für den Datenaustausch mit anderen PSS Programmen vorhanden, werden aber in PSS SINCAL nicht verwendet.

Für die Kurzschlussberechnung wird das Element als Stromquelle nachgebildet. Der Strom wird hierbei über den Strom der DC-Leitung bestimmt. Je nach Vorgabe für die Kurzschlussdaten bei den **Berechnungsparametern** wird folgender Strom auf der DC-Leitung herangezogen:

Minimum:

$$I_{DC} = 0$$

Maximum:

$$I_{DC} = I_{maxDC}$$

Benutzerdefiniert:

$$I_{DC} = I_{DC} \text{ wie Lastfluss}$$

Für die Kurzschlussberechnung wird das gleiche wechselstromseitige Ersatzschaltbild wie für die Lastflussberechnung herangezogen.

Die Ermittlung der sich daraus ergebenden AC-seitigen Leistung im Kurzschlussfall erfolgt über das gleiche BOSL Modell wie für die Lastflussrechnung.

Arbeitspunkte

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Mit dem Feld **Laststeigerung** werden zeitliche Leistungsdaten für die Lastentwicklungs berechnung vorgegeben.

Elementdaten Längs DC-Element

Die Elementdaten für das Längs DC-Element sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Längs DC-Element

Die Dynamikdaten für das Längs DC-Element sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#DC_CON	Gleichrichter-/Wechselrichterseite	R/I
#R_FQ	Faktor Blindleistung Gleichrichterseite	1
#I_FQ	Faktor Blindleistung Wechselrichterseite	1
#RDC	Leiterwiderstand der Gleichstromleitung	Ohm
#IDCMAX	Maximaler Strom auf Gleichstromleitung	A
#MDC	Arbeitsweise	
#SETVL	Zielwert je nach Arbeitsweise	A/MW
#VSCHD	DC-Spannung am Wechselrichter	kV
#VCMOD	Minimale Spannung für Beeinflussung Arbeitsweise	kV
#RCOMP	Kompoundwiderstand	Ohm
#DELTI	Maximal Abweichung	1
#METER	Schlüssel Bezugsseite	R/I
#DCVMIN	Minimale DC-Spannung Wechselrichter	kV
#Vopp.N	Topologieverbindung zu Gegenknoten	
#NBR	Anzahl Brücken – Gleichrichter	1
#NBI	Anzahl Brücken – Wechselrichter	1
#ANMXR	Maximaler Ansteuerwinkel – Gleichrichter	°
#GAMMX	Maximaler Ansteuerwinkel – Wechselrichter	°
#ANMNR	Minimaler Ansteuerwinkel Lastfluss – Gleichrichter	°
#GAMMN	Minimaler Ansteuerwinkel Lastfluss – Wechselrichter	°
#RCR	Widerstand Kommutationstransformator – Gleichrichter	Ohm

#RCI	Widerstand Kommutationstransformator – Wechselrichter	Ohm
#XCR	Reaktanz Kommutationstransformator – Gleichrichter	Ohm
#XCI	Reaktanz Kommutationstransformator – Wechselrichter	Ohm
#XCAPR	Reaktanz Kommutationskondensator – Gleichrichter	Ohm
#XCAPI	Reaktanz Kommutationskondensator – Wechselrichter	Ohm
#EBASR	Primäre AC-Spannung – Gleichrichter	kV
#EBASI	Primäre AC-Spannung – Wechselrichter	kV
#ICR.N	Topologieverbindung zu Messknoten	
#ICI.N	Topologieverbindung zu Messknoten	
#TRR	Übersetzung Netztransformator – Gleichrichter	pu
#TRI	Übersetzung Netztransformator – Wechselrichter	pu
#TAPR	Reglerposition Netztransformator – Gleichrichter	pu
#TAPI	Reglerposition Netztransformator – Wechselrichter	pu
#TMXR	Maximale Reglerposition Netztransformator – Gleichrichter	pu
#TMXI	Maximale Reglerposition Netztransformator – Wechselrichter	pu
#TMNR	Minimale Reglerposition Netztransformator – Gleichrichter	pu
#TMNI	Minimale Reglerposition Netztransformator – Wechselrichter	pu
#STPR	Zusatzspannung je Reglerposition Netztransformator – Gleichrichter	pu
#STPI	Zusatzspannung je Reglerposition Netztransformator – Wechselrichter	pu
#TRANOKR	Topologieverbindung zu Netztransformator vorhanden – Gleichrichter	Y/N
#TRANOKI	Topologieverbindung zu Netztransformator vorhanden – Wechselrichter	Y/N
#TRANR.B	Topologieverbindung zu Netztransformator – Gleichrichter	
#TRANI.B	Topologieverbindung zu Netztransformator – Wechselrichter	
#LPFP	Lastprofilfaktor – Wirkleistung	1
#LPFQ	Lastprofilfaktor – Blindleistung	1

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables PQ für die Gleich- und Wechselrichterseite zur Verfügung.

Es kann sowohl für die Gleich- als auch Wechselrichterseite ein BOSL Modell angebunden werden. Als Bezugswert für die Wirk- und Blindleistung wird intern der Wert 1 MW bzw. 1 MVA verwendet. Ein BOSL Modell muss daher die AC-Leistungen liefern, die auf der DC-Seite des jeweiligen Konvertertransformators auftreten.

Um die Nachbildung über ein BOSL Modell zu ermöglichen, steht die Variable #DC_CON zur Verfügung. Für die Gleichrichterseite wird die Variable #DC_CON mit "I" für Inverter an das BOSL Modell übergeben. Für die Wechselrichterseite wird die Variable #DC_CON mit "R" für Rectifier an das BOSL Modell übergeben. Für diesen Fall ist das Modell nur einmal anzugeben, entweder bei der Gleichrichter- oder bei der Wechselrichterseite.

Datenbeschreibung

Aus Kompatibilitätsgründen zu PSS®E sind die Variablennamen identisch mit den Bezeichnungen der PSS E Datenrecords der PSS E Two-Terminal DC Transmission Line. Die Inhalte der Variablen sind ebenfalls konform zu PSS E.

Oberschwingung Längs DC-Element

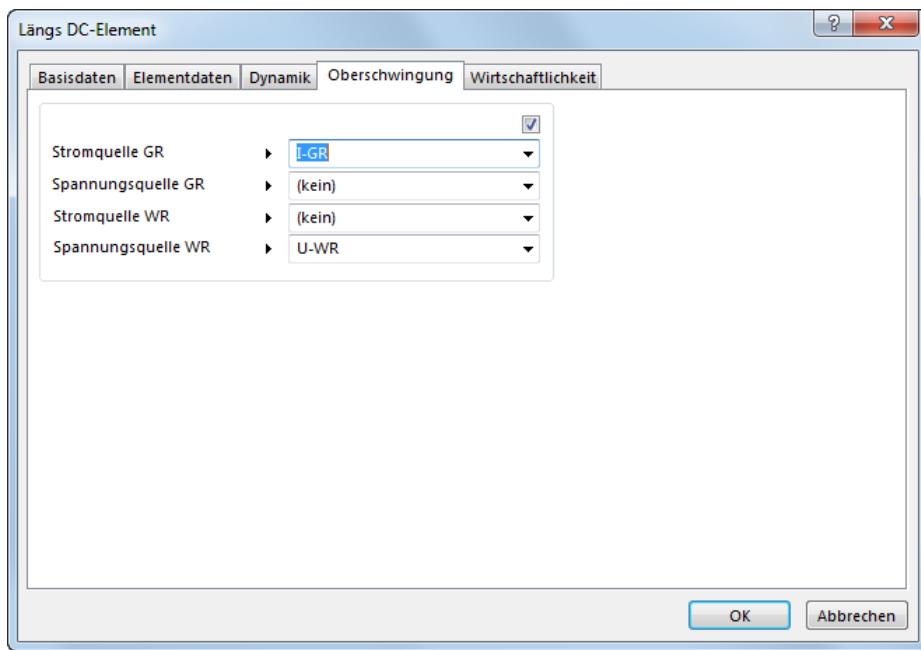


Bild: Datenmaske Längs DC-Element – Oberschwingung

Das Längs DC-Element wird in der Oberschwingungs- und Rundsteuerberechnung mit unendlicher Impedanz nachgebildet.

Es besteht die Möglichkeit, für die Gleichrichter- und Wechselrichterseite den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Oberschwingungs-Stromquellen müssen mit absoluter Stromangabe angegeben werden.

Wirtschaftlichkeit Längs DC-Element

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für das Längs DC-Element sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.5 Transformatoren

Mit diesen Elementen können [Zwei- und Dreiwicklungstransformatoren](#) nachgebildet werden.

3.5.1 Zweiwicklungstransformator

Zweiwicklungs-Transformer

Dieses Element ermöglicht die Nachbildung von ungeregelten und geregelten Zweiwicklungstransformatoren.

Das Erzeugen eines Zweiwicklungstransformators erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Zweiwicklungs-Transformer**.

Eine Übersicht der Felder für den Zweiwicklungstransformator ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Zweiwicklungstransformator

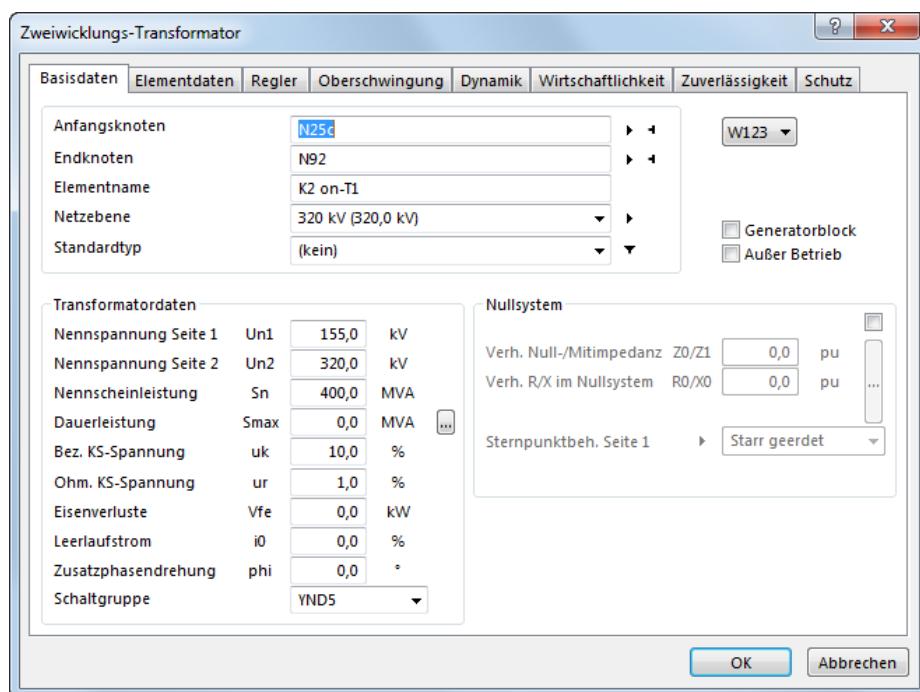


Bild: Datenmaske Zweiwicklungstransformator – Basisdaten

Volltransformator

Beim Volltransformator erfolgt die Übertragung der Leistung rein transformatorisch bzw. galvanisch entkoppelt.

Datenbeschreibung

Über den **Standardtyp** können die Daten des Zweiwicklungstransformators aus einer Standardtypdatenbank entnommen werden.

Der ungeregelte Transformator wird durch folgendes Ersatzschaltbild dargestellt:

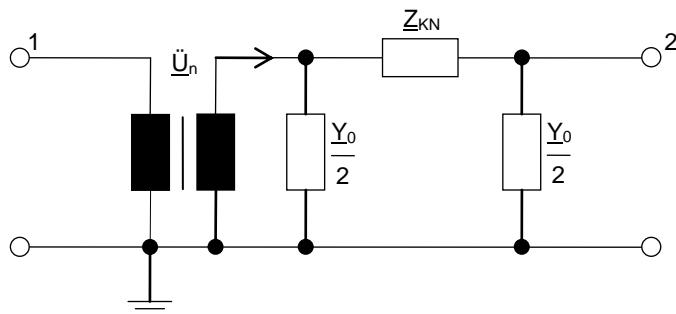


Bild: Ersatzschaltbild – ungeregelter Transformator

Generatorblock

Die Option **Generatorblock** bewirkt mit der angeschlossenen Synchronmaschine die Nachbildung als Kraftwerksblock nach VDE. Der Wert für p_T (Laut VDE: Zusatzspannung des Transfomators auf Generatorseite) wird über die Reglerdaten ermittelt. Das Übersetzungsverhältnis des Transfomators ergibt sich über die Nennspannungen. Die Reglerstufe hat bei Kurzschluss nach VDE keinen Einfluss auf das Übersetzungsverhältnis des Transfomators.

Transformatordaten

Das Übersetzungsverhältnis ergibt sich aus **Nennspannung Seite 1** und **Nennspannung Seite 2**.

$$Z_{KN} = R_{KN} + jX_{KN} = \frac{U_{n2}^2 \left(u_r + j\sqrt{u_k^2 - u_r^2} \right) * 10^{-2}}{S_n}$$

$$Y_0 = \frac{V_{fe} * 10^{-3} - j\sqrt{(i_0 * 10^{-2} * S_n)^2 - (V_{fe} * 10^{-3})^2}}{U_{n2}^2}$$

$$\dot{U}_n = \frac{U_{n1}}{U_{n2}}$$

Die Ermittlung der Impedanz erfolgt mit **Nennscheinleistung**, **bezogener Kurzschlussspannung** und **ohmscher Kurzschlussspannung**. Die Ermittlung der Auslastung erfolgt mit der **Dauerleistung**. Die Ermittlung der Zusatzauslastung erfolgt mit der **Ersten, Zweiten und Dritten zusätzlichen Dauerleistung**. Die Ermittlung der Leerlaufverluste erfolgt über **Eisenverluste** und **Leerlaufstrom**.

Z_{KN} ... Kurzschlussimpedanz bei Nennübersetzung in $[\Omega]$

R_{KN} ... Kurzschlusswiderstand bei Nennübersetzung in $[\Omega]$

X_{KN} ... Kurzschlussreaktanz bei Nennübersetzung in $[\Omega]$

- \underline{Y}_0 ... Leerlaufadmittanz in [S]
 $\underline{\dot{U}}_n$... Nennübersetzungsverhältnis

Im Feld **Zusatzphasendrehung** kann eine zusätzliche Phasendrehung angegeben werden. Die Gesamtpphasendrehung des Zweiwicklungstransformators ergibt sich aus der Drehung durch die Schaltgruppe und der Zusatzdrehung. Die Zusatzdrehung kann sowohl positiv als auch negativ sein.

Spartransformator

Beim Spartransformator erfolgt die Übertragung der Leistung transformatorisch und galvanisch. Spartransformatoren werden über die Schaltgruppen D0, Y0 und YN0 nachgebildet.

Spartransformator zwischen unterschiedlichen Spannungsebenen

Bei solchen Transformatoren sind die Durchgangsleistung und die Impedanz (Kurzschlussspannungen) bei der Nennübersetzung anzugeben. Es erfolgt keine automatische Impedanzänderung auf Grund eines eventuell vorhandenen Reglers. Die Impedanzänderung durch den Regler kann vom Benutzer eingegeben werden. Die Impedanz dieses Spartransformators errechnet sich identisch zu jener des Volltransformators.

Spartransformator zwischen identischen Spannungsebenen

Bei solchen Transformatoren sind die Durchgangsleistung und die Impedanz (Kurzschlussspannungen) bei einer charakteristischen Übersetzung anzugeben. Die Impedanz bei der charakteristischen Übersetzung wird analog der zum Volltransformator berechnet. Zusätzlich erfolgt eine automatische Impedanzermittlung auf Grund der aktuellen Übersetzung des Reglers.

Die **charakteristische Übersetzung** wird wie folgt ermittelt:

$$\dot{U}_{\text{char}} = 1,0 + \frac{(\dot{U}_{\text{max}} - \dot{U}_{\text{min}})}{2}$$

Beispiel 1: Für einen Transformator mit einer Spannung von 10 kV und einer Regelungsmöglichkeit von +10/-10 Prozent ergibt sich die folgende charakteristische Übersetzung.

$$1,0 + \frac{\left(\frac{11}{10} - \frac{9}{10} \right)}{2} = 1,1$$

Beispiel 2: Für einen Transformator mit einer Spannung von 10 kV und einer Regelungsmöglichkeit von +5/-5 Prozent ergibt sich die folgende charakteristische Übersetzung.

$$1,0 + \frac{\left(\frac{10,5}{10} - \frac{9,5}{10} \right)}{2} = 1,05$$

Die Impedanz des Spartransformators ändert sich quadratisch mit der Übersetzung. Die aktuelle Impedanz ergibt sich somit über die **charakteristische Impedanz**, der charakteristischen Übersetzung und der aktuellen Übersetzung wie folgt.

Datenbeschreibung

$$A_{Act} = Z_{char} * \frac{(1,0 - \bar{u}_{act})^2}{(1,0 - \bar{u}_{char})^2}$$

Beispiel 1: Für einen Transformator mit einer Spannung von 10 kV und einer Regelungsmöglichkeit von +10/-10 Prozent ergibt sich bei einer Übersetzung von +5 oder -5 Prozent als aktuelle Impedanz ein Viertel der charakteristischen Impedanz aus

$$\frac{(1,0 - 1,05)^2}{(1,0 - 1,1)^2} = 0,25$$

Beispiel 2: Für einen Transformator mit einer Spannung von 10 kV und einer Regelungsmöglichkeit von +5/-5 Prozent ergibt sich bei einer Übersetzung von +10 Prozent als aktuelle Impedanz die vierfache charakteristischen Impedanz aus

$$\frac{(1,0 - 1,1)^2}{(1,0 - 1,05)^2} = 4,0$$

Spartransformatoren mit Schaltgruppe D0 erhalten unabhängig von der Eingabe immer eine Nullsystemsistemimpedanz identisch zur Mitsystemimpedanz.

Spartransformatoren mit Schaltgruppe D0 mit allen Wicklungen sind in der Realität drei seriell verschaltete D0 Spartransformatoren mit einer Wicklung. Die Nachbildung solcher Transformatoren erfolgt daher immer unsymmetrisch.

Ein Spartransformator mit Schaltgruppe D0 und Wicklungsangabe W1 verstärkt die Spannung im Leiter L2. Die Spannung im Leiter L1 bleibt konstant. Für Wicklungsangabe W2 bzw. W3 wird die Spannung im Leiter L3 bzw. L1 verstärkt.

Für Spartransformatoren mit Schaltgruppe D0 mit 2 Wicklungen (Wicklungsangabe W12, W23, W31) bleibt die Spannung im gemeinsamen Leiter konstant. Die Spannungen in den nicht gemeinsamen Leitern werden verstärkt.

Transformator mit Mittelanzapfung

Beim Transformator mit Mittelanzapfung erfolgt die Übertragung der Leistung rein transformatorisch bzw. galvanisch entkoppelt. Transformatoren mit Mittelanzapfung werden über die Schaltgruppen DDN, DND, YNDN und DNYN nachgebildet.

Diese Transformatoren haben auf einer Seite zwei in Serie geschaltete Wicklungen. Durch Erdung des gemeinsamen Anschlusspunktes dieser Wicklungen entsteht zweimal eine Phase-Erde Spannung, die in Summe die Phase-Phase Spannung ergibt. Die andere Seite hat eine ganz normale Wicklung, die zwischen Phase und Erde (Schaltgruppe YNDN bzw. DNYN) oder zwischen Phase und Phase (Schaltgruppe DDN oder DND) geschaltet ist.

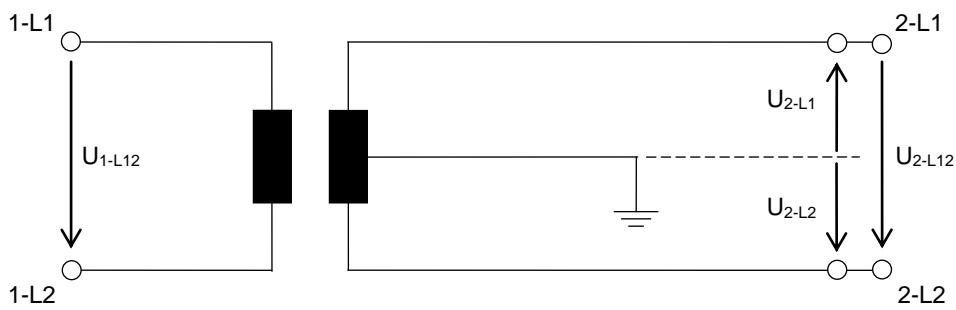


Bild: Transformator mit Phase-Phase Wicklung (Schaltgruppe DD) mit Mittelanzapfung

Zur Berechnung des Transformators werden zwei Impedanzen (die komplette und halbe Transformatorimpedanz) benötigt. Die komplette Transformatorimpedanz wird mit allen drei Wicklungen und isolierter Mittelanzapfung bestimmt.

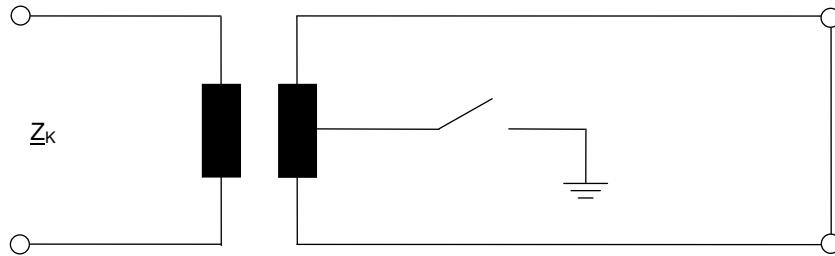


Bild: Schaltung zur Messung der kompletten Transformatorimpedanz

Die halbe Transformatorimpedanz wird nur mit einer der identischen Wicklungen bestimmt.

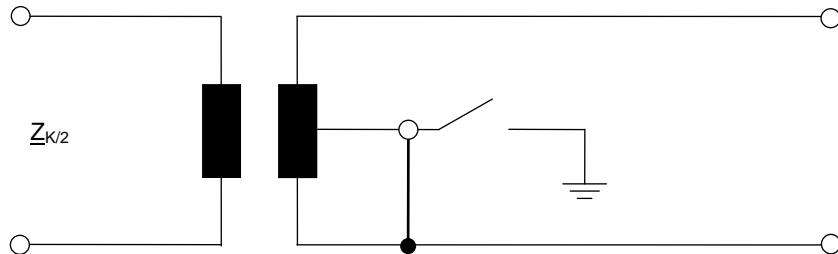


Bild: Schaltung zur Messung der halben Transformatorimpedanz

Die halbe Transformatorimpedanz ist über die Felder **Bezogene Kurzschlussspannung** und **Ohm'sche Kurzschlussspannung** anzugeben. Ohne spezielle Angabe wird als halbe Transformatorimpedanz das Doppelte der vollen Transformatorimpedanz angesetzt.

Sternpunktbildner

Ein Sternpunktbildner ist ein spezieller Transformator mit nur einer Wicklung, die üblicherweise die Schaltgruppe ZN aufweist.

Da die zweite Wicklung nicht vorhanden ist, kann deren Schaltgruppe bei der Nachbildung in PSS SINCAL durch einen Zweizwicklungstransformator frei gewählt werden. Üblicherweise wird dabei eine Dreieckswicklung angenommen. Da auch der zweite Knoten nur in PSS SINCAL vorhanden ist, kann auch die Phasendrehung von Sternpunktbildnern frei gewählt werden. Als Schaltgruppe kann für ZN Sternpunktbildner daher ein Zweizwicklungstransformator mit Schaltgruppe ZND1 verwendet werden.

Datenbeschreibung

Da Sternpunktgebilde keine zweite Wicklung haben, steht immer deren volle Impedanz an. Als bezogene Kurzschlussspannung ist daher 100 % anzugeben.

Die Impedanz der üblicherweise zusätzlich vorhandenen Erdschluslösungspule ist als Sternpunktimpedanz anzugeben.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt über die Wicklungsangabe und die Schaltgruppe. Über die Wicklungsangabe werden zuerst die vorhandenen Wicklungen bestimmt.

Unter einer Wicklung ist hier immer die Kombination aus der primären und der sekundären Wicklung zu verstehen. Eine Wicklung hat daher vier Anschlüsse – zwei primär und zwei sekundär. Diese Anschlüsse werden laut nachfolgender Tabelle angeschlossen.

Wicklungsangabe	Wicklungen
W1	eine Wicklung
W2	eine Wicklung
W3	eine Wicklung
W12	zwei Wicklungen
W23	zwei Wicklungen
W31	zwei Wicklungen
W123	drei Wicklungen

Jede vorhandene Wicklung wird je nach Schaltgruppe und Phasendrehung primär und sekundär wie folgt verschaltet.

Wicklung	Schaltgruppe	Drehung	Verschaltung primär	Verschaltung sekundär
1	YY	0 oder 6	L1 gegen Erde	L1 gegen Erde
2	YY	0 oder 6	L2 gegen Erde	L2 gegen Erde
3	YY	0 oder 6	L3 gegen Erde	L3 gegen Erde
1	DD	0 oder 6	zwischen L1 und L2	zwischen L1 und L2
2	DD	0 oder 6	zwischen L2 und L3	zwischen L2 und L3
3	DD	0 oder 6	zwischen L3 und L1	zwischen L3 und L1
1	YD	1 oder 7	L1 gegen Erde	zwischen L1 und L2
2	YD	1 oder 7	L2 gegen Erde	zwischen L2 und L3
3	YD	1 oder 7	L3 gegen Erde	zwischen L3 und L1
1	YD	5 oder 11	L1 gegen Erde	zwischen L1 und L3
2	YD	5 oder 11	L2 gegen Erde	zwischen L2 und L1
3	YD	5 oder 11	L3 gegen Erde	zwischen L3 und L2
1	DY	1 oder 7	zwischen L1 und L2	L2 gegen Erde
2	DY	1 oder 7	zwischen L2 und L3	L3 gegen Erde
3	DY	1 oder 7	zwischen L3 und L1	L1 gegen Erde
1	DY	5 oder 11	zwischen L1 und L2	L1 gegen Erde

2	DY	5 oder 11	zwischen L2 und L3	L2 gegen Erde
3	DY	5 oder 11	zwischen L3 und L1	L3 gegen Erde

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Die Nachbildung der Erdung erfolgt abhängig von der Schaltgruppe. Schaltgruppen, die den Buchstaben "N" enthalten, bilden einen Sternpunkt (starr geerdet oder geerdet über Impedanzen) nach. Schaltgruppen ohne den Buchstaben "N" haben einen ungeerdeten Sternpunkt. Dies ist in folgenden Beispielen ersichtlich:

- YND5: Geerdete Sternwicklung auf Seite 1 und Dreieckswicklung auf Seite 2
- YYN0: Ungeerdete Sternwicklung auf Seite 1 und geerdete Sternwicklung auf Seite 2
- YD11: Ungeerdete Sternwicklung auf Seite 1 und Dreieckswicklung auf Seite 2

Je nach gewählten **Nullsystemeingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- X0/X1 und R0/R1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null/Mitreaktanz** und **Verhältnis Null/Mitwiderstand** befüllt werden.
- ZABL, ZBAL und ZABK:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Impedanz AB Leerlauf**, **Impedanz BA Leerlauf** und **Impedanz AB Kurzschluss** befüllt werden.

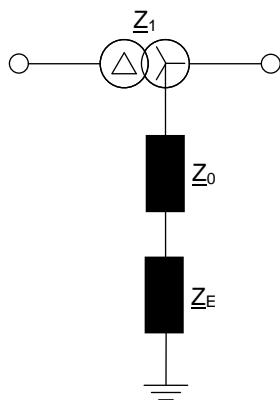
Bei Eingabe von Werten in Ohm müssen die echten Messwerte der jeweiligen Seite angegeben werden.

- Einseitig geerdeter Transformator:
R0 und X0 bezogen auf die Wicklungsnennspannung der geerdeten Seite.
- Beidseitig geerdeter Transformator:
ZABL und ZABK bezogen auf die Wicklungsnennspannung der Seite 1 und ZBAL bezogen auf die Wicklungsnennspannung der Seite 2.

Einseitig geerdeter Trafo

Es kann entweder der Sternpunkt der Primär- oder Sekundärwicklung geerdet werden. Welcher Sternpunkt geerdet ist, wird durch die **Schaltgruppe** bestimmt. Die Eingabe der Nullsystemdaten ist nur über die Optionen Z0/Z1 und R0/X0, R0 und X0 und X0/X1 und R0/R0 möglich.

Datenbeschreibung

**Bild: Ersatzschaltbild – einseitig geerdeter Trafo**Verhältnis von Z_0/Z_1 und R_0/X_0 :

$$\varphi = 90 - \alpha \tan(R_0 / X_0)$$

$$Z_0 = |Z_{KN}| * e^{j\varphi}$$

$$Z_E = 3 * (R_E + jX_E)$$

Direkte Eingabe von R_0 und X_0 :

$$Z_0 = R_0 + jX_0$$

$$Z_E = 3 * (R_E + jX_E)$$

Verhältnis von X_0/X_1 und R_0/R_1 :

$$Z_0 = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + jX_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

$$Z_E = 3 * (R_E + jX_E)$$

Je nach Schaltgruppe ohne spezielle Vorgaben:

$$Z_0 = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + jX_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

$$Z_E = 0,0$$

Schaltgruppe	R_0/R_1	X_0/X_1
DYN, YND	1,00	0,95
DNZ, ZND, YNZ, YZN, ZNY, ZYN	0,40	0,10
YNY, YYN	1,00	100,00

DDN, DND	1,00	1,00
----------	------	------

Beidseitig geerdeter Trafo

Bei diesem Transformatortyp mit einer Erdung des Sternpunktes sowohl auf der Primär- als auch auf der Sekundärwicklung muss die Eingabe der Nullsystemdaten über ZABL, ZBAL und ZABK erfolgen.

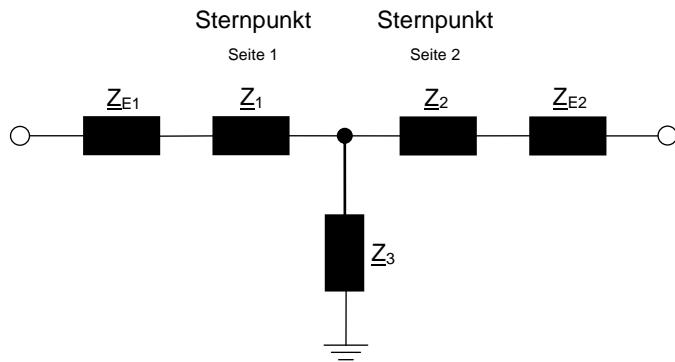


Bild: Ersatzschaltbild – beidseitig geerdeter Trafo

Direkte Eingabe von ZABL, ZBAL und ZABK:

$$\underline{Z}_{E1} = 3 * (\underline{R}_{E1} + j \underline{X}_{E1})$$

$$\underline{Z}_{E2} = 3 * (\underline{R}_{E2} + j \underline{X}_{E2})$$

$$\underline{Z}_{ABL} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3$$

$$\underline{Z}_{BAL} = \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3$$

$$\underline{Z}_{ABK} = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 * \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}$$

Je nach Schaltgruppe ohne spezielle Vorgaben:

$$\underline{Z}_{E1} = 0,0$$

$$\underline{Z}_{E2} = 0,0$$

$$\underline{Z}_{ABL} = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + j X_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

$$\underline{Z}_{BAL} = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + j X_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

Datenbeschreibung

$$\underline{Z}_{ABK} = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + j X_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

Schaltgruppe	R ₀ /R ₁	X ₀ /X ₁
YNYN	1,00	7,00
YNZN, ZNZN	0,40	0,10
DNYN, YNDN	1,00	1,00

Geerdeter Spartransformator

Bei diesem Transformatortyp mit einer Erdung des Sternpunktes muss die Eingabe der Nullsystemdaten über ZABL, ZBAL und ZABK erfolgen.

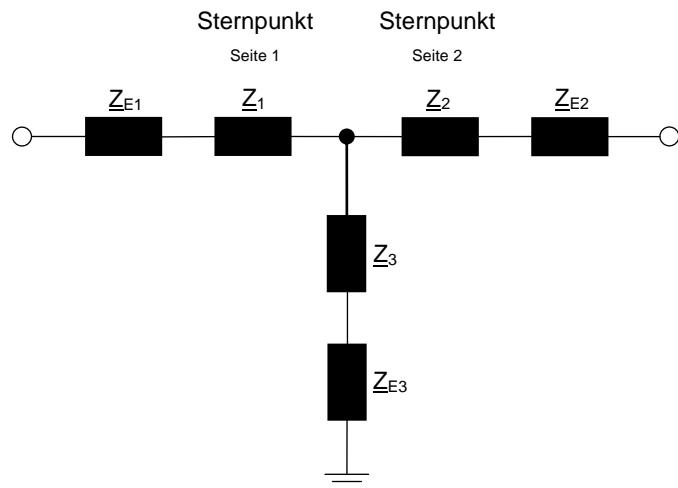


Bild: Ersatzschaltbild – geerdeter Spartransformator

$$\underline{Z}_{E1} = 3 * (R_E + jX_E) * \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

$$\underline{Z}_{E2} = 3 * (R_E + jX_E) * \left(\frac{U_1}{U_2} \right) * \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

$$\underline{Z}_{E3} = 3 * (R_E + jX_E) * \left(\frac{U_1}{U_2} \right)$$

$$\underline{Z}_{ABL} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_3$$

$$\underline{Z}_{BAL} = \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3$$

$$\underline{Z}_{ABK} = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 * \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3}$$

Je nach Schaltgruppe ohne spezielle Vorgaben:

$$\underline{Z}_{E1} = 0,0$$

$$\underline{Z}_{E2} = 0,0$$

$$\underline{Z}_{E3} = 0,0$$

$$\underline{Z}_{ABL} = \infty$$

$$\underline{Z}_{BAL} = \infty$$

$$\underline{Z}_{ABK} = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + j X_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

Schaltgruppe	R_0/R_1	X_0/X_1
YN	1,00	1,00

Ungeerdeter Spartransformator

Bei einem ungeerdeten Spartransformator muss die galvanische Kopplung auch im Nullsystem erfolgen.

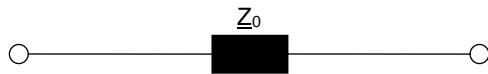


Bild: Ersatzschaltbild – ungeerdeter Spartransformator

Durch die galvanische Kopplung verbleibt ein reiner Längszweig im Nullsystem.

$$\underline{Z}_0 = R_{KN} * \frac{R_0}{R_1} + j X_{KN} * \frac{X_0}{X_1}$$

$$\underline{Z}_0 = Z_{KN} = R_{KN} + j X_{KN}$$

Schaltgruppe	R_0/R_1	X_0/X_1
Y0, D0	1,00	1,00

Sternpunktimpedanz

Durch die **Sternpunktbehandlung** besteht die Möglichkeit, eine zusätzliche Sternpunktimpedanz anzugeben. Die Angabe der Sternpunktimpedanz für die Primärseite bzw. Sekundärseite des Transformators ist natürlich nur dann möglich, wenn die entsprechende Seite geerdet ist.

Eine genauere Beschreibung ist unter [Sternpunktimpedanz](#) zu finden.

Elementdaten Zweiwicklungstransformator

Die Elementdaten für den Zweiwicklungstransformator sind unter den [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Regler Zweiwicklungstransformator

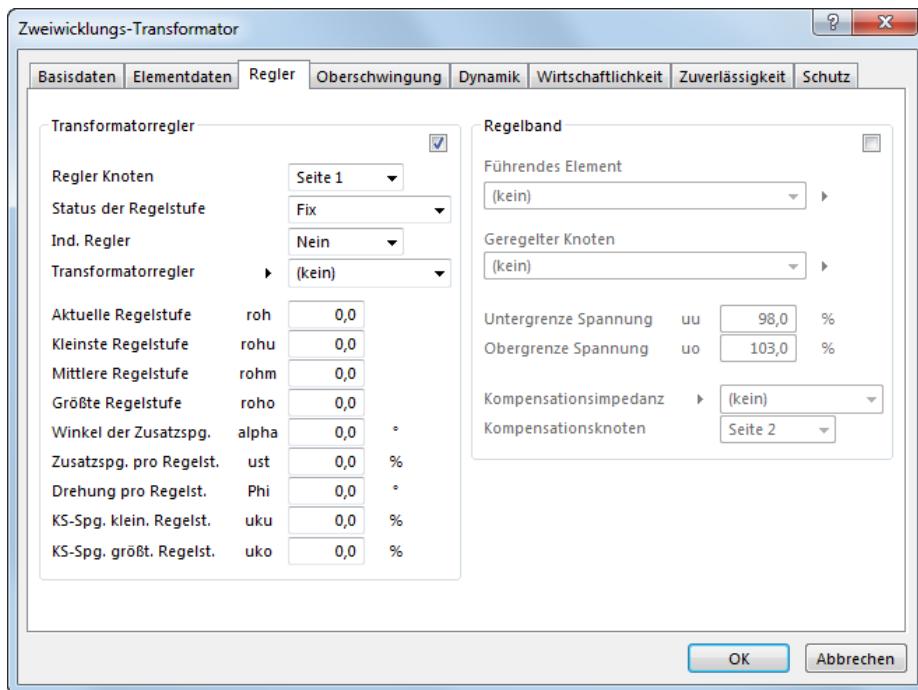


Bild: Datenmaske Zweiwicklungstransformator – Regler

Transformerregler

Der **Regler Knoten** legt fest, auf welcher Seite des Transformatoren sich die regelbare Wicklung befindet.

Bei der Transformerregelung wird zwischen Transformatoren mit fixer Regelstufe und Transformatoren mit variabler Regelung unterschieden. Dies wird im Feld **Status der Regelstufe** festgelegt.

Über das Feld **Individuelle Regler** kann eine für die drei Wicklungen unabhängige Regelung aktiviert werden.

Über die Felder **Aktuelle Regelstufe**, **Kleinste Regelstufe** und **Winkel der Zusatzspannung** wird die komplette Zusatzspannung bestimmt. Die Zusatzspannung pro Regelstufe ist in Prozent bezogen auf die Transformatornennspannung der Seite des Regler Knotens anzugeben.

Über die Felder **Aktuelle Regelstufe** und **Drehung pro Regelstufe** kann die Spannung zusätzlich noch gedreht werden.

Sollte die äquidistante Stufung für die Nachbildung des Reglers nicht ausreichen, so kann über das Feld **Transformatorregler** alternativ auch ein Reglerverlauf angegeben werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske **Transformatorregler**.

Die möglichen Reglerstellungen bei äquidistanter Stufung werden über die Felder **Kleinste Regelstufe**, **Mittlere Regelstufe** und **Größte Regelstufe** definiert. Bei mittlerer Regelstufe übersetzt der Transformator mit den bei den Basisdaten angegebenen Nennspannungen.

Bei Angabe des Reglerverlaufs über einen Transformatorregler werden die möglichen Stufenstellungen aus dem Transformatorregler herangezogen.

Bei Spartransformatoren mit Schaltgruppe D0 verstärkt die Zusatzspannung pro Regelstufe die Leiter-Leiter Spannung. Da es sich aber um einen Spartransformator handelt, ist ein Leiter durchgeschaltet. Die Leiter-Leiter Spannung wird daher nur über eine Leiter-Erde Spannung verstärkt. Dadurch ergibt sich automatisch eine Drehung der Spannung. Eine Verstärkung der Leiter-Leiter Spannung um 1 % wird bei diesen Transformatoren durch die Verstärkung einer Phase-Erde Spannung von ca. 1,5 % mit entsprechender Drehung erzielt.

Regelband

Über die Definition eines führenden Elementes mit Hilfe des Feldes **Führendes Element** wird die Nachbildung der Berechnung im Mitsystem durch das führende Element für die Lastflussberechnung vorgegeben. Beide Transformatoren arbeiten mit identischen Übersetzungsverhältnissen.

Transformator mit fixer Regelstufe

Durch diese Regelung kann ein Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis abweichend vom Nennübersetzungsverhältnis nachgebildet werden. Das Übersetzungsverhältnis kann für alle drei Wicklungen gemeinsam oder für jede Wicklung einzeln angegeben werden.

Der Transformator mit fixer Regelstufe und Reglerknoten auf Seite 1 wird durch folgendes Ersatzschaltbild dargestellt:

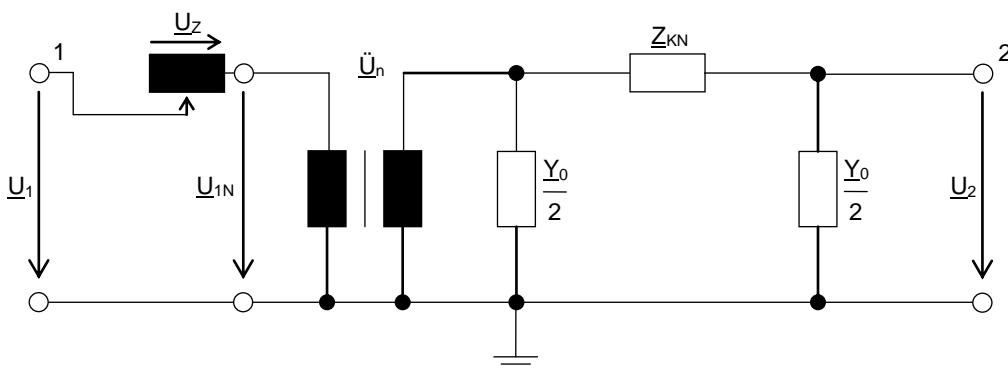


Bild: Ersatzschaltbild – Transformator mit fixer Regelstufe

Für die Spannungen und das Übersetzungsverhältnis gelten folgende Zusammenhänge:

$$\underline{\dot{U}} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{U}_{1N}} * \underline{\dot{U}}_h$$

Datenbeschreibung

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_{1N} * e^{-j(\rho - \rho_M) * \varphi} + \underline{U}_Z$$

$$\underline{U}_Z = U_{N1} * u_z * (\rho - \rho_M) * 10^{-2} * \left(\cos \frac{\alpha \pi}{180} + j \sin \frac{\alpha \pi}{180} \right)$$

$$\rho_U < \rho_M < \rho_O$$

$$u_{KU} \leq u_K \leq u_{KO}$$

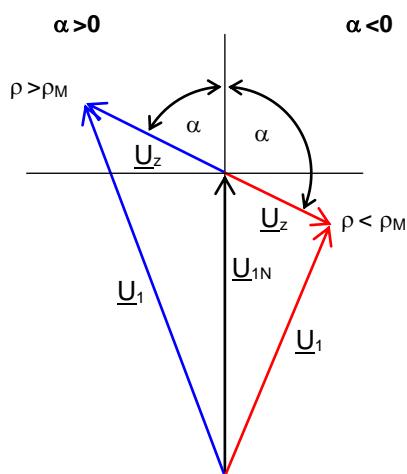


Bild: Zeigerdiagramm für Zweiwickler mit aktueller Regelstufe ohne Spannungsdrehung

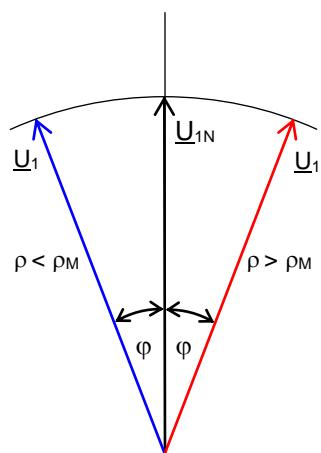


Bild: Zeigerdiagramm für Zweiwickler mit aktueller Regelstufe ohne Zusatzspannung

Sind eine Zusatzspannung pro Regelstufe und eine Drehung pro Regelstufe angegeben, so sind die Zeigerdiagramme zu überlagern.

Für einen Transformator mit fixer Regelstufe und Regler Knoten auf Seite 2 sind das Ersatzschaltbild und die Formeln auf die Seite 2 zu übertragen.

Ü ... komplexes Übersetzungsverhältnis

U₁ ... komplexe Spannung auf der Seite 1 bei der fixer Regelstufe ρ in [kV]

U_{1N}	... komplexe Spannung auf der Seite 1 bei Nennübersetzung in [kV]
U_{N1}	... Nennspannung Seite 1
U_z	... komplexe Zusatzspannung bei der fixen Regelstufe in [kV]
p	... Aktuelle Regelstufe (alle drei Wicklungen)
p_1	... Aktuelle Regelstufe (erste Wicklung)
p_2	... Aktuelle Regelstufe (zweite Wicklung)
p_3	... Aktuelle Regelstufe (dritte Wicklung)
p_U	... Kleinste Regelstufe
p_M	... Mittlere Regelstufe
p_O	... Größte Regelstufe
α	... Winkel der Zusatzspannung in [°]
u_z	... Zusatzspannung pro Regelstufe in [%]
u_{KU}	... Kurzschlussspannung kleinste Regelstufe in [%]
u_{KO}	... Kurzschlussspannung größte Regelstufe in [%]
φ	... Drehung pro Regelstufe in [°]

Transformator mit manueller Einstellung

Diese Reglung ist identisch zu jener mit fixer Regelstufe. Die Regelstufe kann bei fester Regelstufe jedoch nur im spannungsfreien Zustand geändert werden.

Eine Unterscheidung zwischen fix und fest ist notwendig, um bei Kurzschluss nach VDE alle in der VDE angeführten Nachbildungen eines Kraftwerksblockes zu ermöglichen:

- Kraftwerksblock mit Stufenschalter
- Kraftwerksblock ohne Stufenschalter ohne Regler
- Kraftwerksblock ohne Stufenschalter ohne Regler mit Anzapfung

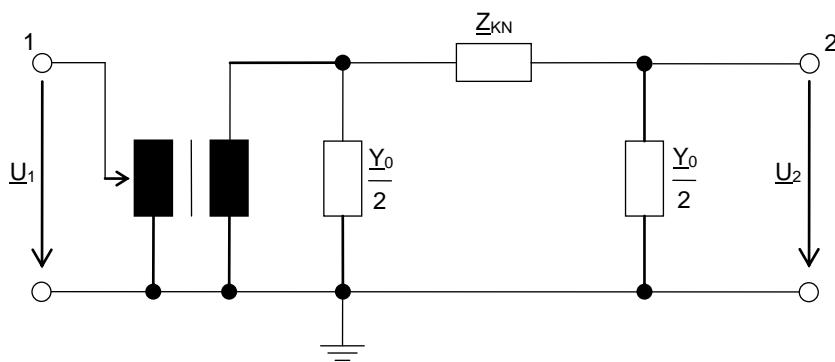
Transformator mit variabler Regelung

Bei dieser Transformatorregelung wird die Regelstufe von der Berechnung innerhalb der vorgegebenen Grenzen variiert, um

- die vorgegebene Spannung eines beliebigen Knotens im Netz (**Geregelter Knoten**) einzuhalten,
- den fiktiven Spannungsabfall an einer **Kompensationsimpedanz** auszugleichen,
- um den Wirkleistungsfluss auf der Seite des Regler Knotens einzuhalten oder
- um den Blindleistungsfluss auf der Seite des Regler Knotens einzuhalten.

Eine Sternwicklung regelt die Phase-Erde-Spannung und eine Dreieckswicklung regelt die Phase-Phase-Spannung.

Datenbeschreibung

**Bild: Ersatzschaltbild – Transformator mit variabler Regelung**

Zur Regelung der Spannung des Knotens der Seite 2 gelten folgende Zusammenhänge:

$$u_{TU} \leq \frac{|U_2|}{U_{NN2}} \times 100 \leq u_{TO}$$

U_{NN2} ... Nennspannung eines unterspannungsseitigen Netzknotens in [kV]

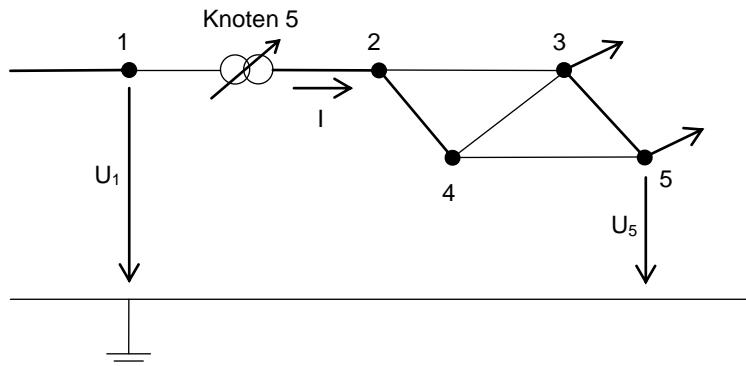
U_2 ... komplexe Knotenspannung eines unterspannungsseitigen Netzknotens in [kV]

u_{TU} ... Untergrenze Spannung in [%]

u_{TO} ... Obergrenze Spannung in [%]

Knotenregelung

Bei direkter Knotenregelung wird direkt die aktuelle Spannung des Knotens im Netz für die Ermittlung der Position des Stufenstellers herangezogen. Die Position des Stufenstellers wird so lange geändert, bis die aktuelle Knotenspannung innerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzen liegt.

**Bild: Spannungsregelung am Netzknoten 5**

Es ergibt sich die zu regelnde Spannung als Spannung des Knoten 5:

$$U_R = U_5$$

Regelung mittels Kompensationsimpedanz

Bei Vorgabe einer Kompensationsimpedanz wird mit Hilfe des Transformatorstromes ein fiktiver Spannungsabfall über die Kompensationsimpedanz ermittelt. Mit Hilfe der Spannung am jeweiligen Transformatorknoten kann eine fiktive Knotenspannung ermittelt werden. Die Position des Stufenstellers wird so lange geändert, bis die fiktive Knotenspannung innerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzen liegt.

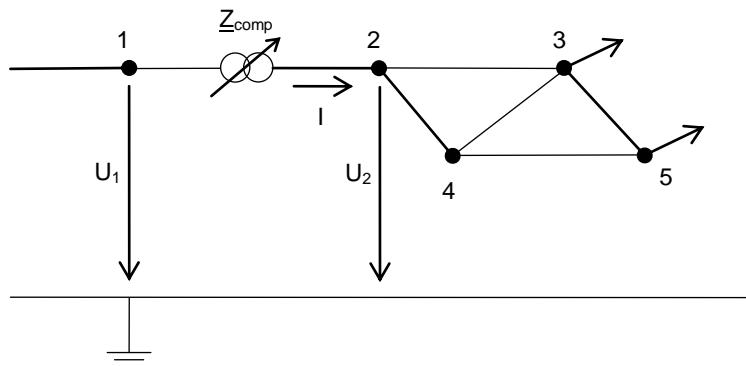


Bild: Spannungsregelung mit Kompensationsimpedanz

Es ergibt sich die zu regelnde Spannung als Spannung des Knoten 2 vermindert um den Spannungsabfall an der Kompensationsimpedanz:

$$U_R = U_2 - I * Z_{\text{comp}}$$

Regelung des Wirkleistungsflusses

Über die Felder **Obergrenze Wirkleistung** und **Untergrenze Wirkleistung** ist die einzuhaltende Wirkleistung auf der Seite des Regler Knotens anzugeben. Ein Wirkleistungsfluss vom Knoten in den Transformator ist negativ anzugeben. Ein Wirkleistungsfluss vom Transformator zum Knoten ist positiv anzugeben.

Regelung des Blindleistungsflusses

Über die Felder **Obergrenze Blindleistung** und **Untergrenze Blindleistung** ist die einzuhaltende Blindleistung auf der Seite des Regler Knotens anzugeben. Ein Blindleistungsfluss vom Knoten in den Transformator ist negativ anzugeben. Ein Blindleistungsfluss vom Transformator zum Knoten ist positiv anzugeben.

Regelung mit Regelkennlinie

Über das Feld **Regelkennlinie** kann dem Transformator eine spezielle Kennlinie zugeordnet werden, welche die Regelung der Spannung anhand eines gemessenen Stromes oder einer gemessenen Leistung steuert. Eine genauere Beschreibung dieser Kennlinie ist im Kapitel [Transformator Regelkennlinie](#) zu finden.

Oberschwingung Zweiwicklungstransformator

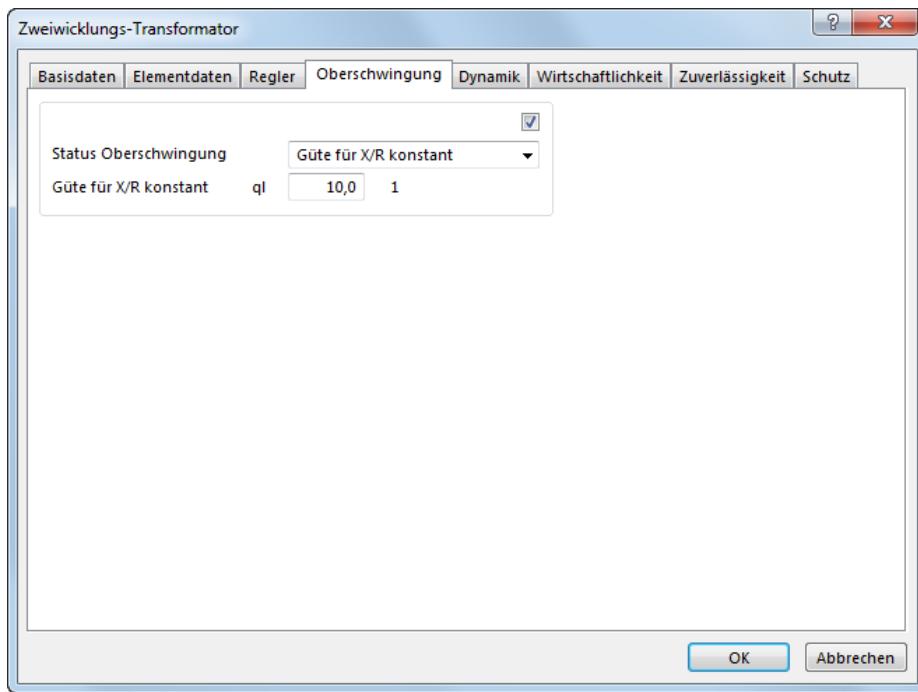


Bild: Datenmaske Zweiwicklungstransformator – Oberschwingung

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für den Zweiwicklungstransformator einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant und Güte für X/R konstant:
Die eingegebenen Faktoren der Felder **Güte für R konstant** und **Güte für X/R konstant** werden zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- CIGRE Modell – A:
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten des Zweiwicklungstransformators.
- CIGRE Modell – B:
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten des Zweiwicklungstransformators.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Dynamik Zweiwicklungstransformator

Die Dynamikdaten für den Zweiwicklungstransformator sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Als Modelltyp steht derzeit nur die **Ersatzschaltung** zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Zweiwicklungstransformator

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Zweiwicklungstransformator sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Zweiwicklungstransformator

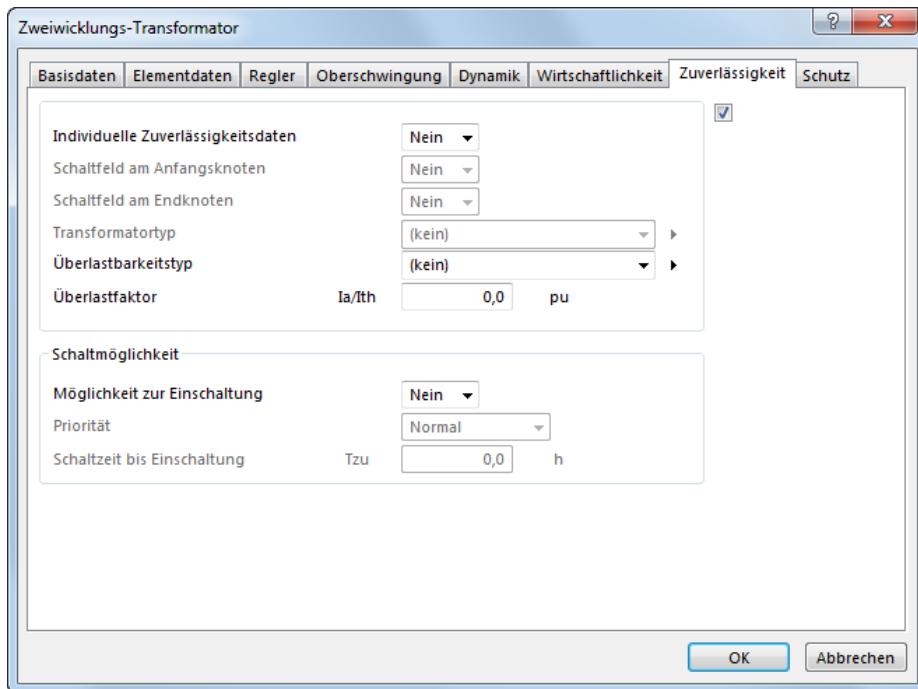


Bild: Datenmaske Zweiwicklungstransformator – Zuverlässigkeit

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitsdaten** wird festgelegt, ob der Transformator am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Mit den Feldern **Schaltfeld am Anfangsknoten** und **Schaltfeld am Endknoten** können Schaltfelder an den Anschlüssen definiert werden. Das Störungsgeschehen der Schaltfelder wird bei den Knoten je Schaltfeld definiert. Die Anzahl der Schaltfelder am Knoten ergibt sich über die Netztopologie.

Mit dem **Transformatortyp** werden Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Mit dem Feld **Überlastbarkeitstyp** kann eine zeitliche Abhängigkeit der Überlastbarkeit des Netzelementes definiert werden.

Datenbeschreibung

Der **Überlastfaktor** eines Netzelementes kennzeichnet dessen zeitlich konstante Überlastbarkeit. Für die Zuverlässigkeit ist dies das Verhältnis von Anregestrom zu thermischen Grenzstrom.

Schaltmöglichkeit

Mit den Feldern **Möglichkeit zur Einschaltung**, **Priorität** und **Schaltzeit bis Einschaltung** wird eine Zuschaltung während des Störungsgeschehens festgelegt. Ist das Netzelement zumindest an einem Anschluss nicht abgeschaltet, werden diese Daten ignoriert.

Schutz Zweiwicklungstransformator

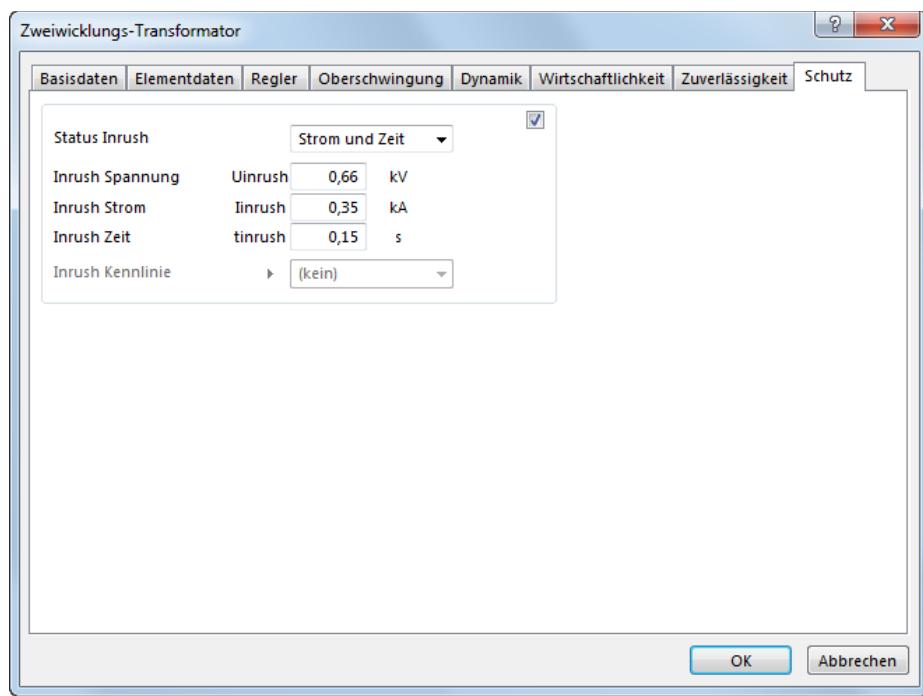


Bild: Datenmaske Zweiwicklungstransformator – Schutz

Über den **Status Inrush** wird die Eingabe des Inrushverhaltens aktiviert.

Über die Daten

- Inrush Spannung,
- Inrush Strom,
- Inrush Zeit und
- Inrush Kennlinie

kann das Inrushverhalten des Transformators angegeben werden. Sind Daten vorhanden, so kann der Inrushstrom des Transformators in den I/t Diagrammen der Schutzsimulation dargestellt werden.

3.5.2 Dreiwicklungstransformator

Dreiwicklungs-Transformator

Dieses Element ermöglicht die Nachbildung von Transformatoren mit drei ineinander verschalteten Wicklungen.

Das Erzeugen eines Dreiwicklungstransformators erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Dreiwicklungs-Transformator**.

Eine Übersicht der Felder für den Dreiwicklungstransformator ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Dreiwicklungstransformator

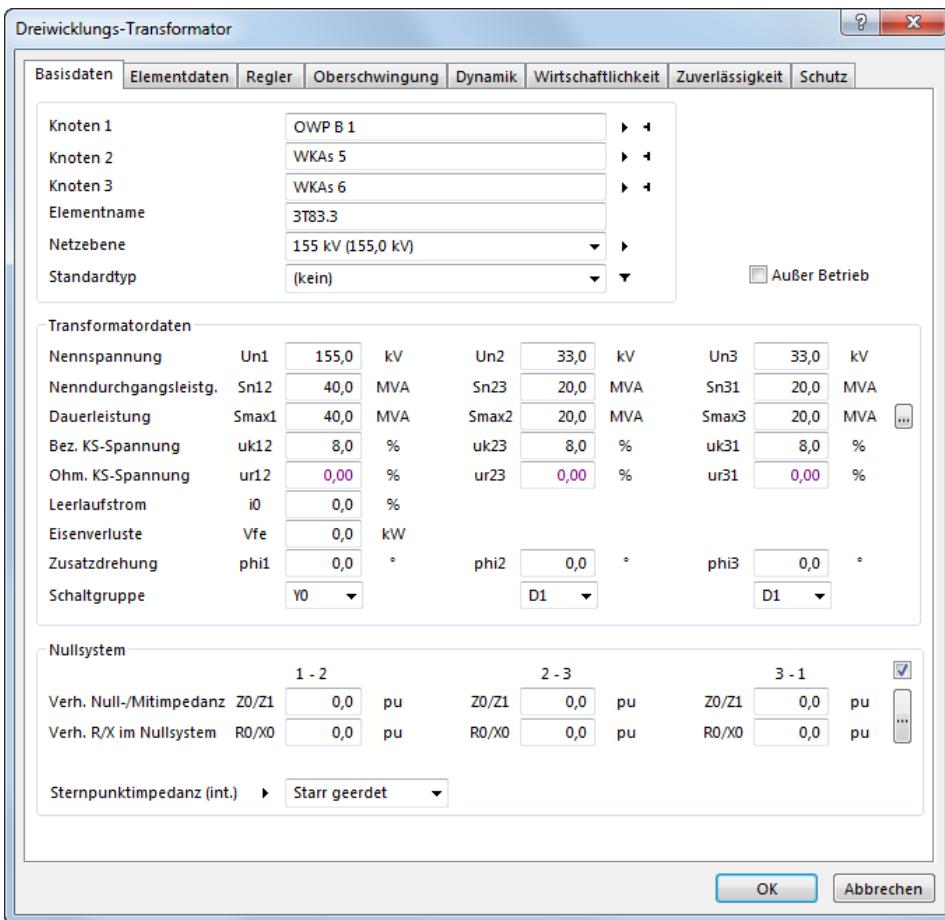
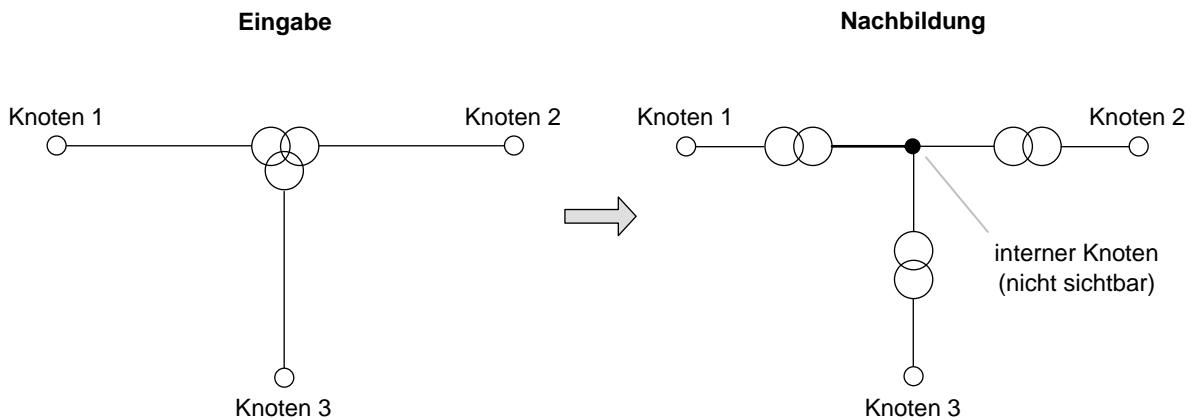


Bild: Datenmaske Dreiwicklungstransformator

Volltransformator

Der Dreiwicklungstransformator wird für die Berechnung durch drei verschaltete Zweiwicklungstransformatoren nachgebildet.

**Bild: Interne Nachbildung des Dreiwicklungstransformators**

Der interne (nicht sichtbare) Knoten erhält die gleiche Netzebene – und somit auch die Netzebenenspannung als Knotennennspannung – wie der Netzknopen 1. Die drei neuen zum internen Knoten hin gerichteten Transformatorwicklungen erhalten als Wicklungsnnenspannung ebenfalls diese Spannung.

Die Durchgangsimpedanz wird aus der Nenndurchgangsleistung und der auf die Nenndurchgangsleistung bezogene Durchgangskurzschlussspannung berechnet.

$$\underline{Z}_{12} = R_{12} + jX_{12} = \frac{U_{ni}^2 (u_{r12} + j\sqrt{u_{k12}^2 - u_{r12}^2}) * 10^{-2}}{S_{n12}}$$

$$\underline{Z}_{23} = R_{23} + jX_{23} = \frac{U_{ni}^2 (u_{r23} + j\sqrt{u_{k23}^2 - u_{r23}^2}) * 10^{-2}}{S_{n23}}$$

$$\underline{Z}_{31} = R_{31} + jX_{31} = \frac{U_{ni}^2 (u_{r31} + j\sqrt{u_{k31}^2 - u_{r31}^2}) * 10^{-2}}{S_{n31}}$$

Die Verluste werden auf die 1. Seite des Dreiwicklungstransformators konzentriert.

$$\underline{Y}_0 = \frac{V_{fe} * 10^{-3} - j\sqrt{(i_0 * 10^{-2} * S_n)^2 - (V_{fe} * 10^{-3})^2}}{U_{ni}^2}$$

Die Impedanzen der drei verschalteten Zweiwicklungstransformatoren werden aus den Durchgangsimpedanzen des Dreiwicklungstransformators wie erfolgt errechnet.

$$\underline{Z}_1 = \frac{1}{2} * (\underline{Z}_{12} + \underline{Z}_{31} - \underline{Z}_{23})$$

$$\underline{Z}_2 = \frac{1}{2} * (\underline{Z}_{12} + \underline{Z}_{23} - \underline{Z}_{31})$$

$$\underline{Z}_3 = \frac{1}{2} * (\underline{Z}_{23} + \underline{Z}_{31} - \underline{Z}_{12})$$

Die Übersetzung der drei verschalteten Zweiwicklungstransformatoren erfolgt auf den internen Knoten.

$$\underline{\dot{U}}_1 = \frac{U_{n1}}{U_{ni}}$$

$$\underline{\dot{U}}_2 = \frac{U_{n2}}{U_{ni}}$$

$$\underline{\dot{U}}_3 = \frac{U_{n3}}{U_{ni}}$$

Die angegebene **Schaltgruppe** für die Seite 1, Seite 2 und Seite 3 bezieht sich immer auf die Wicklungen auf der Seite des Netzknotens. Die Phasendrehung ergibt sich durch die Addition der jeweiligen Einzeldrehungen der Wicklungen.

Beispiel 1: Ein Dreiwicklungstransformator mit Schaltgruppen DYN11 (Seite 1 nach Seite 2), DYN11 (Seite 1 nach Seite 3) und YNYN0 (Seite 2 nach Seite 3) ist in PSS SINCAL mit den Schaltgruppen D5 (Seite 1), YN6 (Seite 2) und YN6 (Seite 3) einzugeben.

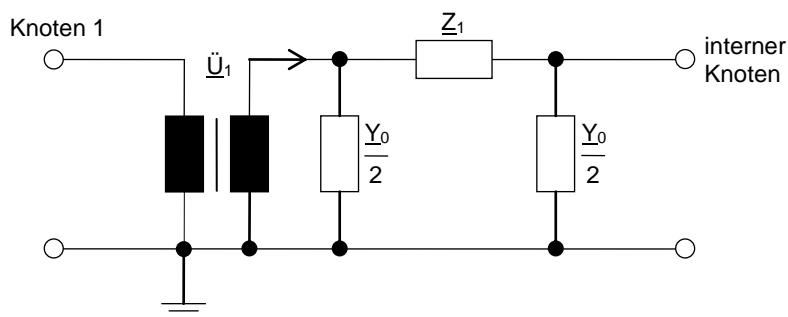
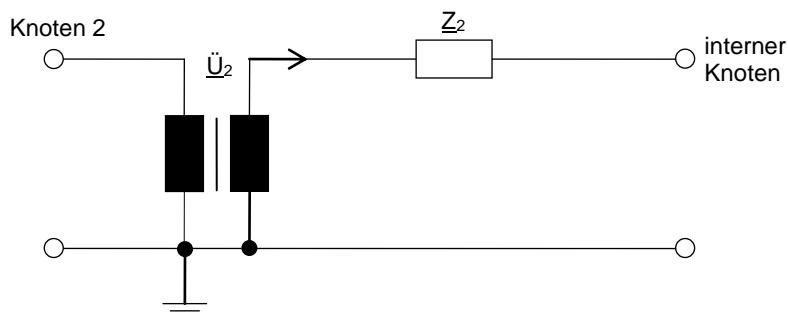
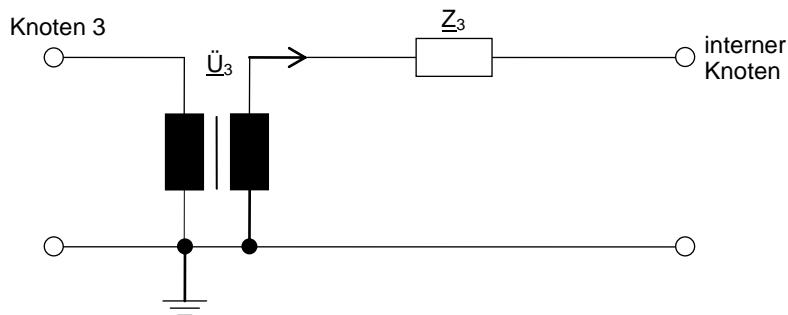
Beispiel 2: Ein Dreiwicklungstransformator mit Schaltgruppen DD0 (Seite 1 nach Seite 2), DYN7 (Seite 1 nach Seite 3) und DYN5 (Seite 2 nach Seite 3) ist in PSS SINCAL mit den Schaltgruppen D7 (Seite 1), D5 (Seite 2) und YN0 (Seite 3) einzugeben.

Die Ermittlung der Auslastung erfolgt mit der **Dauerleistung** (für Seite 1, 2 und 3). Die Ermittlung der Zusatzauslastungen erfolgt mit der **Ersten, Zweiten und Dritten zusätzlichen Dauerleistung** (für Seite 1, 2 und 3).

Mit den Feldern **Zusatzdrehung Seite 1**, **Zusatzdrehung Seite 2** und **Zusatzdrehung Seite 3** kann eine zusätzliche Phasendrehung für jede Wicklung angegeben werden. Die Gesamtphasendrehung der jeweiligen Wicklung ergibt sich aus der Drehung durch die Schaltgruppe und der Zusatzdrehung. Die Zusatzdrehung kann sowohl positiv als auch negativ sein.

Nach der Transformation von der Eingabe in die Nachbildung entstehen drei Zweiwicklungstransformatoren. Diese werden durch folgende Ersatzschaltbilder nachgebildet.

Datenbeschreibung

**Bild: Ersatzschaltbild – Seite 1****Bild: Ersatzschaltbild – Seite 2****Bild: Ersatzschaltbild – Seite 3****Spartransformator**

Ein Spartransformator mit zwingender Dreieckswicklung auf Seite 3 muss wie folgt eingegeben werden.

- Spannung auf Seite 1 größer als Spannung auf Seite 2
- Schaltgruppe SP bzw. SPN auf Seite 1 und Seite 2
- Identische Schaltgruppe auf Seite 1 und Seite 2
- Schaltgruppe D auf Seite 3

Die Nachbildung im Mitsystem erfolgt analog zum Volltransformator.

Ermittlung der Dauerleistungen

Es ist prinzipiell nicht möglich, aus den Durchgangsleistungen die Dauerleistungen (Wicklungsleistungen) zu bestimmen. Da es aber technische Vorgaben gibt, wird in PSS SINCAL die Dauerleistung wie folgt ermittelt, wenn diese mit 0,0 angegeben ist.

Volltransformator mit identischen Durchgangsleistungen:

$$S_{n12} = S_{n23} = S_{n31}$$

$$S_{\max 1} = 2 * S_{n12}$$

$$S_{\max 2} = 2 * S_{n23}$$

$$S_{\max 3} = 2 * S_{n31}$$

Volltransformator mit unterschiedlichen Durchgangsleistungen:

In diesem Fall müssen die beiden kleineren Durchgangsleistungen identisch sein. Je nach Benutzereingabe muss zwischen den folgenden drei Möglichkeiten unterschieden werden.

$$S_{\min} = S_{n12} = S_{n23} \quad \text{und} \quad S_{\max} = S_{n31} > S_{n12}$$

$$S_{\min} = S_{n23} = S_{n31} \quad \text{und} \quad S_{\max} = S_{n12} > S_{n23}$$

$$S_{\min} = S_{n31} = S_{n12} \quad \text{und} \quad S_{\max} = S_{n23} > S_{n31}$$

Für Transformatoren mit $S_{\min} \geq S_{\max}/3$ gilt je nach dem, auf welcher Seite die maximale Durchgangsleistung auftritt:

Seite 1 – $S_{\max} = S_{n12}$

$$S_{\max 1} = S_{n12} + S_{n31}$$

$$S_{\max 2} = \text{MAX}(S_{n23}, S_{n12})$$

$$S_{\max 3} = \text{MAX}(S_{n31}, S_{n23})$$

Seite 2 – $S_{\max} = S_{n23}$

$$S_{\max 1} = \text{MAX}(S_{n12}, S_{n31})$$

$$S_{\max 2} = S_{n23} + S_{n12}$$

$$S_{\max 3} = \text{MAX}(S_{n31}, S_{n23})$$

Datenbeschreibung**Seite 3 – $S_{\max} = S_{n31}$**

$$S_{\max 1} = \text{MAX}(S_{n12}, S_{n31})$$

$$S_{\max 2} = \text{MAX}(S_{n23}, S_{n12})$$

$$S_{\max 3} = S_{n31} + S_{n23}$$

Für Transformatoren mit $S_{\min} < S_{\max} / 3$ gilt:

$$S_{\max 1} = \text{MAX}(S_{n12}, S_{n31})$$

$$S_{\max 2} = \text{MAX}(S_{n23}, S_{n12})$$

$$S_{\max 3} = \text{MAX}(S_{n31}, S_{n23})$$

Spartransformator:

$$S_{\max 1} = S_{\max 2} = S_{n12}$$

$$S_{\max 3} = S_{n31}$$

Nullsystem

Die Nachbildung der Erdung erfolgt abhängig von der Schaltgruppe. Schaltgruppen, die den Buchstaben "N" enthalten, bilden einen Sternpunkt (starr geerdet oder geerdet über Impedanzen) nach. Schaltgruppen ohne den Buchstaben "N" haben einen ungeerdeten Sternpunkt. Dies ist in folgenden Beispielen ersichtlich:

- Y: Ungeerdete Sternwicklung auf der jeweiligen Seite
- YN: Geerdete Sternwicklung auf der jeweiligen Seite
- D: Dreieckwicklung auf der jeweiligen Seite
- Z: Ungeerdete Zick-Zack Wicklung auf der jeweiligen Seite
- ZN: Geerdete Zick-Zack Wicklung auf der jeweiligen Seite
- SP: Ungeerdete Sternwicklung mit Anzapfung von Seite 1 nach Seite 2
- SPN: Geerdete Sternwicklung mit Anzapfung von Seite 1 nach Seite 2

Je nach gewählten **Nullsystemeingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0/Z1 und R0/X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null/Mitimpedanz** und **Verhältnis R/X im Nullsystem** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktanz im Nullsystem** befüllt werden.
- X0/X1 und R0/R1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null/Mitreaktanz** und **Verhältnis Null/Mitwiderstand** befüllt werden.

Bei Eingabe von bezogenen Werten müssen diese auf die jeweilige korrespondierende Durchgangsmitsystemimpedanz bezogen sein.

Bei Eingabe von Werten in Ohm müssen die echten Messwerte der jeweiligen Seite angegeben werden.

- R012 und X012:
Bezogen auf die Wicklungsnennspannung der Seite 1.
- R023 und X023:
Bezogen auf die Wicklungsnennspannung der Seite 2.
- R031 und X031:
Bezogen auf die Wicklungsnennspannung der Seite 3.

Über diese Vorgaben werden die Durchgangsnullsystemdaten Z_{N12} , Z_{N23} und Z_{N31} berechnet. Bei Angabe von 0,0 verwendet PSS SINCAL ein Z von $1e-11 - j1e-11$. Die so ermittelten Durchgangsnullsystemdaten werden analog zum Mitsystem einer Dreieck/Stern-Transformation unterzogen.

Verhältnis von Z_0/Z_1 und R_0/X_0 :

$$\varphi_{12} = 90 - \text{atan}(R_{012} / X_{012})$$

$$\varphi_{23} = 90 - \text{atan}(R_{023} / X_{023})$$

$$\varphi_{31} = 90 - \text{atan}(R_{031} / X_{031})$$

$$Z_{012} = |Z_{12}| * e^{j\varphi_{12}}$$

$$Z_{023} = |Z_{23}| * e^{j\varphi_{23}}$$

$$Z_{031} = |Z_{31}| * e^{j\varphi_{31}}$$

Direkte Eingabe von R0 und X0:

$$Z_{012} = R_{012} + jX_{012}$$

$$Z_{023} = R_{023} + jX_{023}$$

$$Z_{031} = R_{031} + jX_{031}$$

Verhältnis von X_0/X_1 und R_0/R_1 :

$$Z_{012} = R_{12} * \frac{R_{012}}{R_{12}} + jX_{12} * \frac{X_{012}}{X_{12}}$$

$$Z_{023} = R_{23} * \frac{R_{023}}{R_{23}} + jX_{23} * \frac{X_{023}}{X_{23}}$$

Datenbeschreibung

$$\underline{Z}_{031} = R_{31} * \frac{R_{031}}{R_{31}} + j X_{31} * \frac{X_{031}}{X_{31}}$$

Je nach Schaltgruppe ohne spezielle Vorgaben:

$$\underline{Z}_{012} = R_{12} * \frac{R_{012}}{R_{12}} + j X_{12} * \frac{X_{012}}{X_{12}}$$

$$\underline{Z}_{023} = R_{23} * \frac{R_{023}}{R_{23}} + j X_{23} * \frac{X_{023}}{X_{23}}$$

$$\underline{Z}_{031} = R_{31} * \frac{R_{031}}{R_{31}} + j X_{31} * \frac{X_{031}}{X_{31}}$$

Schaltgruppe	R ₀ /R ₁	X ₀ /X ₁
YN	1,00	100,00
ZN, SPN	0,40	0,10

Aus den nun erhaltenen Durchgangsnullsystemimpedanzen werden die Nullsystemimpedanzen der drei verschalteten Zweiwicklungstransformatoren berechnet.

$$\underline{Z}_{01} = \frac{1}{2} * (\underline{Z}_{012} + \underline{Z}_{031} - \underline{Z}_{023})$$

$$\underline{Z}_{02} = \frac{1}{2} * (\underline{Z}_{012} + \underline{Z}_{023} - \underline{Z}_{031})$$

$$\underline{Z}_{03} = \frac{1}{2} * (\underline{Z}_{023} + \underline{Z}_{031} - \underline{Z}_{012})$$

Bei Erdung über Sternpunktimpedanzen ergeben sich noch folgende Erdungsimpedanzen je verschalteten Zweiwicklungstransformator.

$$\underline{Z}_{E1} = 3 * (R_{E1} + j X_{E1})$$

$$\underline{Z}_{E2} = 3 * (R_{E2} + j X_{E2})$$

$$\underline{Z}_{E3} = 3 * (R_{E3} + j X_{E3})$$

$$\underline{Z}_{Ei} = 3 * (R_{Ei} + j X_{Ei})$$

Die nun erhaltenen Null- und Erdungsimpedanzen werden je nach Schaltgruppe und Erdung zum Aufbau des Nullsystemersatzschaltbildes verwendet.

Ungeerdete Sternwicklung

Eine ungeerdete Sternwicklung hat keine Impedanzweige im Nullsystem zur Folge.

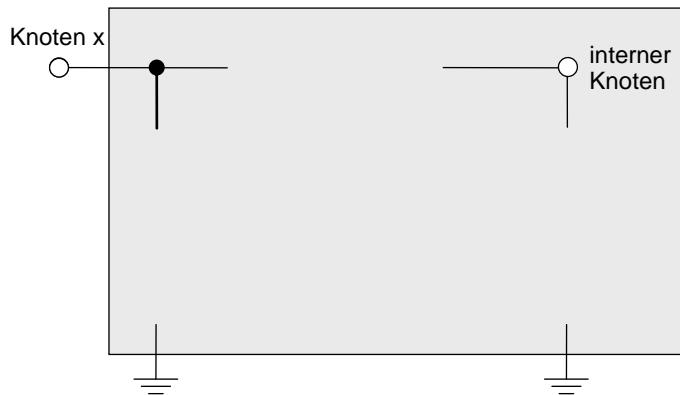


Bild: Nullsystemersatzschaltbild ungeerdete Sternwicklung

Geerdete Sternwicklung

Eine geerdete Sternwicklung erzeugt in Kombination mit einer Dreieckswicklung folgenden Impedanzweig im Nullsystem.

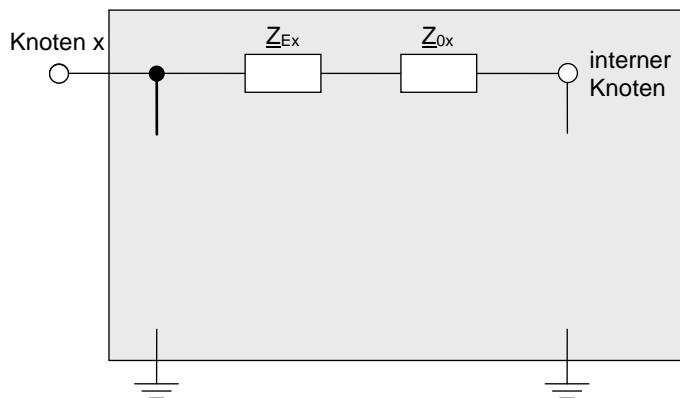
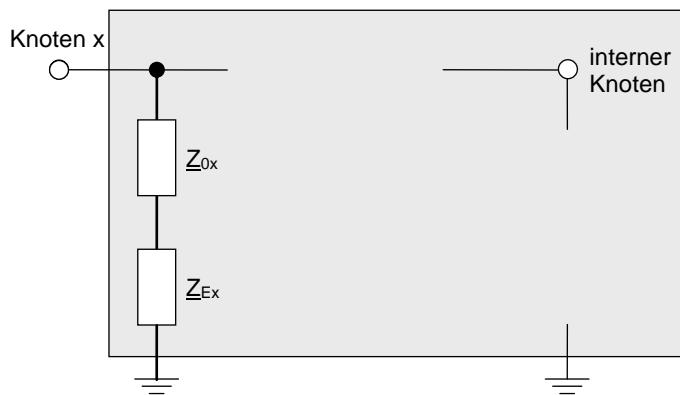


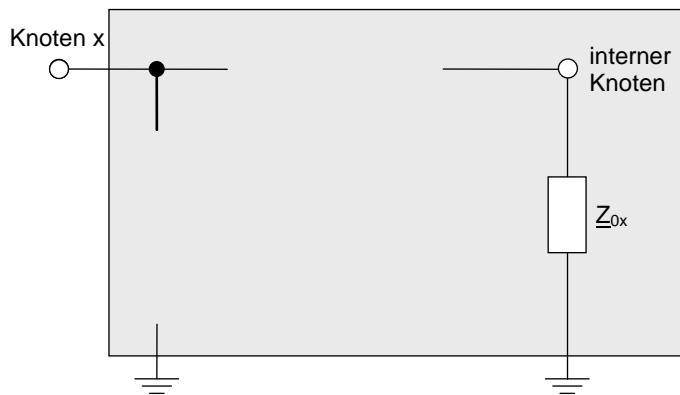
Bild: Nullsystemersatzschaltbild geerdete Sternwicklung zu Dreieck

Eine geerdete Sternwicklung erzeugt in Kombination mit einer Zick-Zack Wicklung folgenden Impedanzweig im Nullsystem.

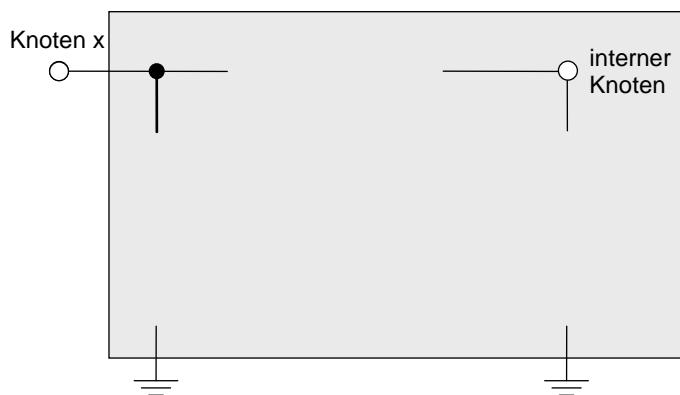
Datenbeschreibung

**Bild: Nullsystemersatzschaltbild geerdete Stern Wicklung zu Zick-Zack****Dreieckwicklung**

Eine Dreieckwicklung erzeugt folgenden Impedanzweig im Nullsystem.

**Bild: Nullsystemersatzschaltbild Dreieckwicklung****Ungeerdete Zick-Zack Wicklung**

Eine ungeerdete Zick-Zack Wicklung erzeugt folgenden Impedanzweig im Nullsystem.

**Bild: Nullsystemersatzschaltbild ungeerdete Zick-Zack Wicklung**

Geerdete Zick-Zack Wicklung

Eine geerdete Zick-Zack Wicklung erzeugt folgenden Impedanzzweig im Nullsystem.

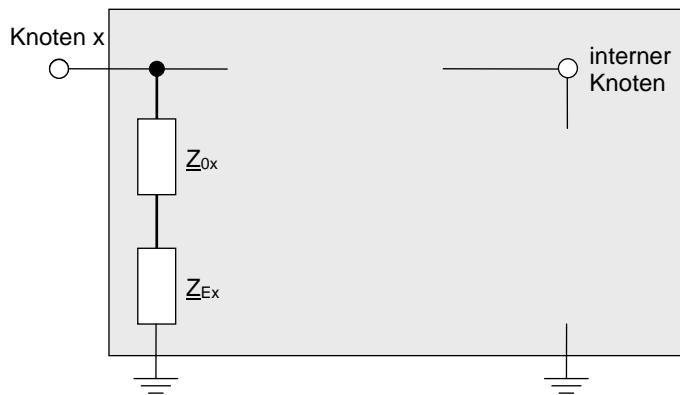


Bild: Nullsystemersatzschaltbild geerdete Zick-Zack Wicklung

Ungeerdete Sternwicklung mit Anzapfung von Seite 1 nach Seite 2

Eine ungeerdete Sternwicklung mit Anzapfung erzeugt folgenden Impedanzzweig im Nullsystem auf Seite 1 und Seite 2.

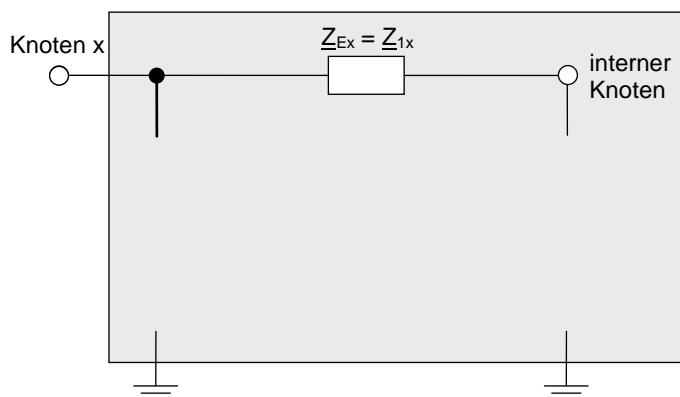


Bild: Nullsystemersatzschaltbild ungeerdete Sternwicklung mit Anzapfung

Datenbeschreibung

Geerdete Sternwicklung mit Anzapfung

Eine geerdete Sternwicklung mit Anzapfung erzeugt folgenden Impedanzzweig im Nullsystem auf Seite 1.

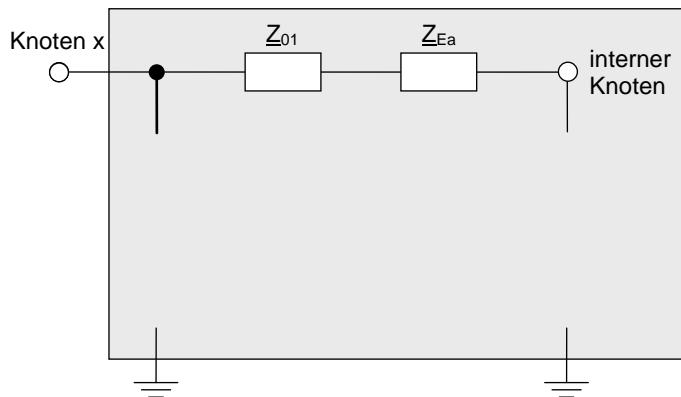


Bild: Nullsystemersatzschaltbild geerdete Sternwicklung Seite 1

$$Z_{Ea} = -Z_{E1} * \left(\frac{U_{N1}}{U_{N2}} - 1 \right)$$

Eine geerdete Sternwicklung mit Anzapfung erzeugt folgenden Impedanzzweig im Nullsystem auf Seite 2.

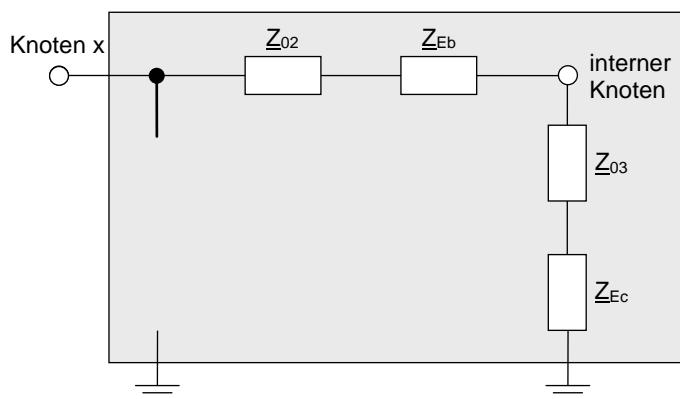


Bild: Nullsystemersatzschaltbild geerdete Sternwicklung Seite 2

$$Z_{Eb} = Z_{E1} * \frac{U_{N1}}{U_{N2}} * \left(\frac{U_{N1}}{U_{N2}} - 1 \right)$$

$$Z_{Ec} = Z_{E1} * \frac{U_{N1}}{U_{N2}}$$

Interne Sternpunktimpedanz

Eine interne Sternpunktimpedanz wird nur bei einem Dreieckungstransformator mit drei Sternwicklungen berücksichtigt. Eine interne Sternpunktimpedanz erzeugt folgenden Impedanzweig im Nullsystem.

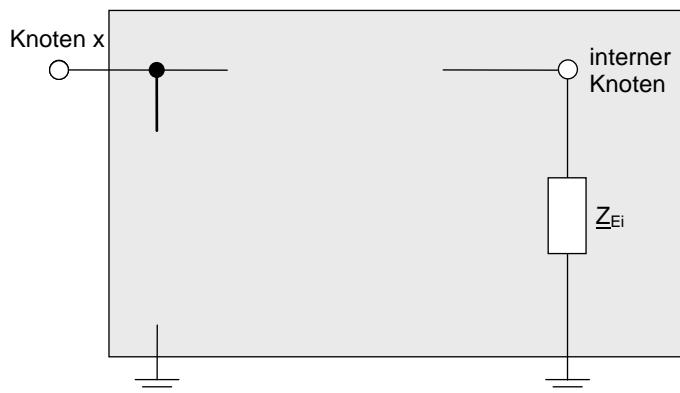


Bild: Nullsystemersatzschaltbild interne Sternpunktimpedanz

Elementdaten Dreieckungstransformator

Die Elementdaten für den Dreieckungstransformator sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Regler Dreieckungstransformator

Die Nachbildung der Transformatorregelung des Dreieckungstransformators entspricht im Wesentlichen der Transformatorregelung wie unter [Zweiwicklungstransformator](#) beschrieben, allerdings müssen hier die Daten drei Mal (für Seite 1, 2 und 3) eingegeben werden.

Bei einer Änderung der Reglerstellung auf einer Seite ändern sich die angrenzenden Durchgangskurzschlussspannungen. Deshalb ist die Durchgangskurzschlussspannung bei kleinster und größter Regelstufe zweimal anzugeben: Einmal für den aktuell betrachteten Durchgang und einmal für den abhängigen Durchgang. In PSS SINCAL ist dies wie folgt festgelegt:

- Regler Seite 1: aktueller Durchgang: 1 – 2, abhängiger Durchgang 3 – 1
- Regler Seite 2: aktueller Durchgang: 2 – 3, abhängiger Durchgang 1 – 2
- Regler Seite 3: aktueller Durchgang: 3 – 1, abhängiger Durchgang 2 – 3

Oberschwingung Dreiwicklungstransformator

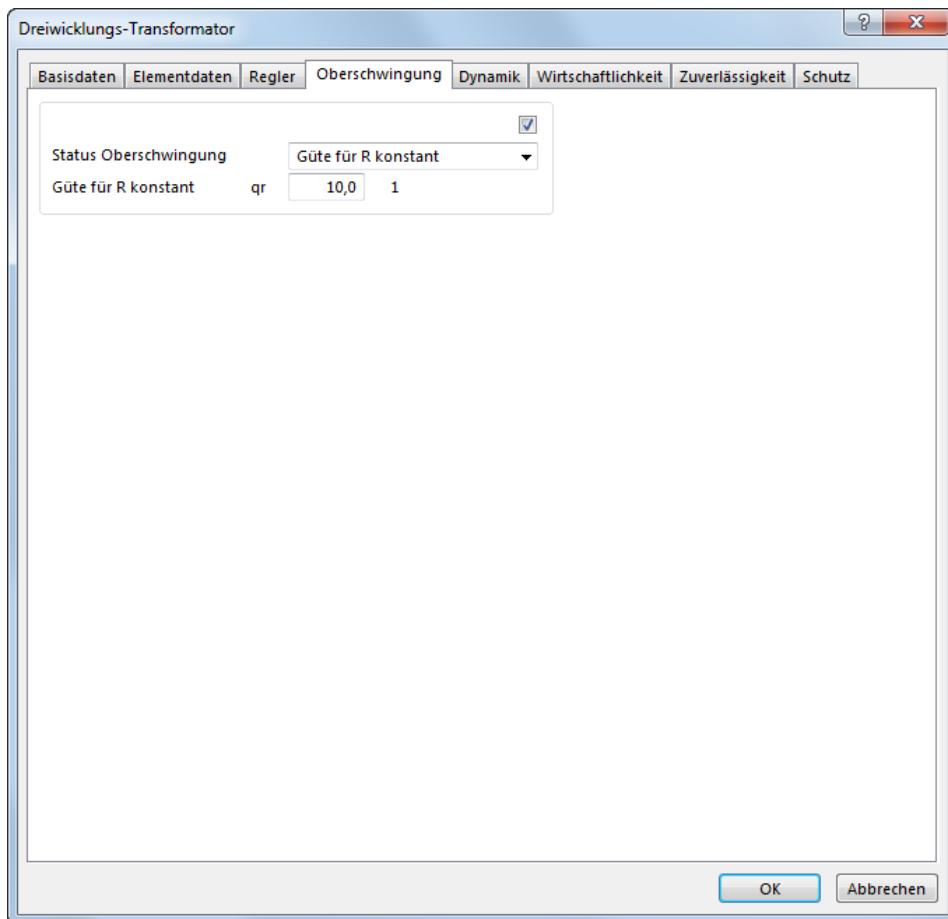


Bild: Datenmaske Dreiwicklungstransformator – Oberschwingung

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für den Dreiwicklungstransformator einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant und Güte für X/R konstant:
Die eingegebenen Faktoren der Felder **Güte für R konstant** und **Güte für X/R konstant** werden zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- CIGRE Modell – A:
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten des Dreiwicklungstransformators.
- CIGRE Modell – B:
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten des Dreiwicklungstransformators.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Dynamik Dreiwicklungstransformator

Die Dynamikdaten für den Dreiwicklungstransformator sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Als Modelltyp steht derzeit nur die **Ersatzschaltung** zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Dreiwicklungstransformator

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Dreiwicklungstransformator sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zuverlässigkeit Dreiwicklungstransformator

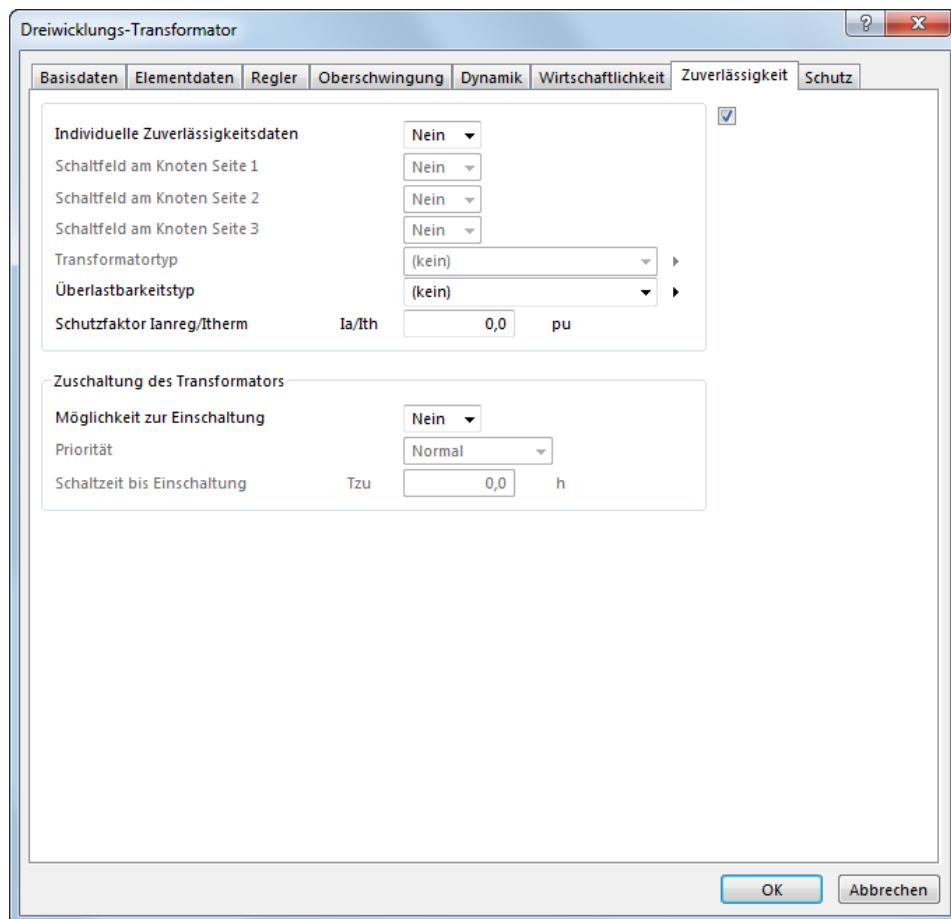


Bild: Datenmaske Dreiwicklungstransformator – Zuverlässigkeit

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitsdaten** wird festgelegt, ob der Transformator am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Datenbeschreibung

Mit den Feldern **Schaltfeld am Knoten Seite 1**, **Schaltfeld am Knoten Seite 2** und **Schaltfeld am Knoten Seite 3** können Schaltfelder an den Anschlüssen definiert werden. Das Störungsgeschehen der Schaltfelder wird bei den Knoten je Schaltfeld definiert. Die Anzahl der Schaltfelder am Knoten ergibt sich über die Netztopologie.

Mit dem **Transformatortyp** werden Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Mit dem Feld **Überlastbarkeitstyp** kann eine zeitliche Abhängigkeit der Überlastbarkeit des Netzelementes definiert werden.

Der **Schutzfaktor Ianreg/Itherm** eines Netzelementes kennzeichnet dessen zeitlich konstante Überlastbarkeit. Für die Zuverlässigkeit ist dies das Verhältnis von Anregestrom zu thermischen Grenzstrom.

Zuschaltung des Transformators

Mit den Feldern **Möglichkeit zur Einschaltung**, **Priorität** und **Schaltzeit bis Einschaltung** wird eine Zuschaltung während des Störungsgeschehens festgelegt. Ist das Netzelement zumindest an einem Anschluss nicht abgeschaltet, werden diese Daten ignoriert.

Schutz Dreiwicklungstransformator

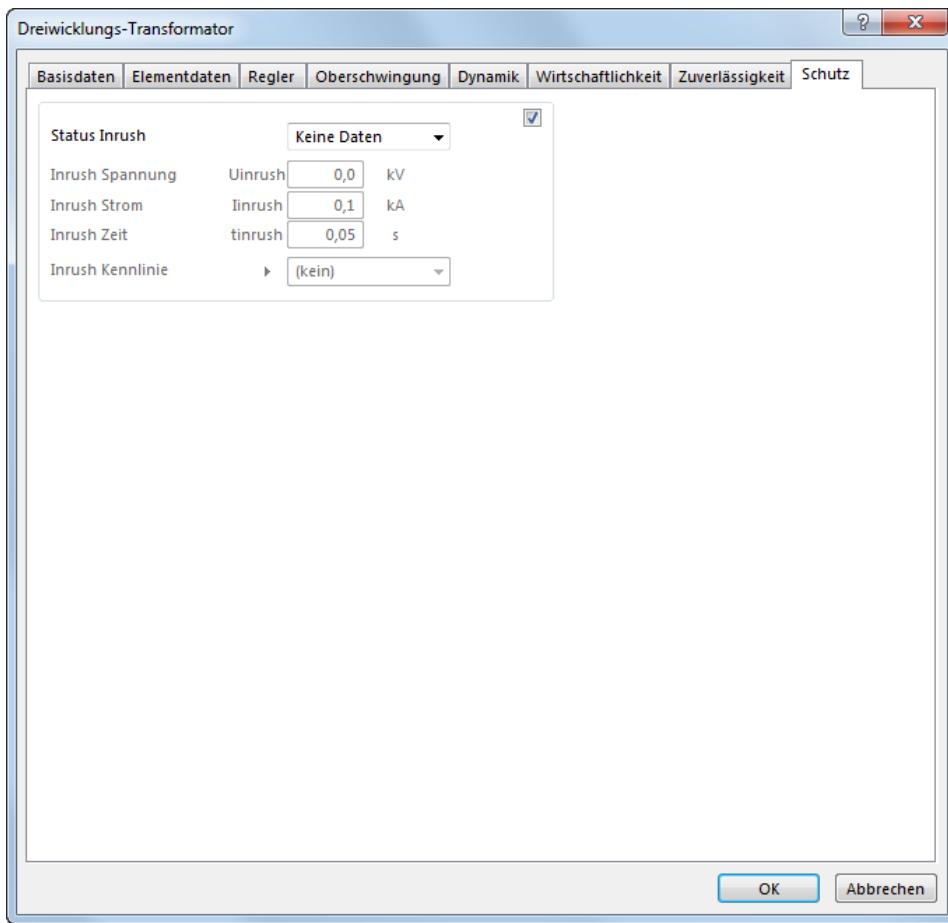


Bild: Datenmaske Dreiwicklungstransformator – Schutz

Über den **Status Inrush** wird die Eingabe des Inrushverhaltens aktiviert.

Über die Daten

- Inrush Spannung,
- Inrush Strom,
- Inrush Zeit und
- Inrush Kennlinie

kann das Inrushverhalten des Transformators angegeben werden. Sind Daten vorhanden, so kann der Inrushstrom des Transformators in den I/t Diagrammen der Schutzsimulation dargestellt werden.

3.6 Allgemeine Steuer- und Eingabedaten

Mit diesen Daten werden sowohl allgemeine Parameter für die Berechnung vorgegeben als auch ergänzende Informationen für das Netz festgelegt.

Die folgenden Steuerdaten sind verfügbar:

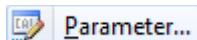
- Berechnungsparameter
- Parameter optimale Netzstruktur
- Parameter Zuverlässigkeit
- Globale Parameter

Die folgenden Eingabedaten sind verfügbar:

- Allgemeine Daten für Netzelemente
- Allgemeine Daten für Einspeisungen
- Include Netz
- Sammelschiene
- Betriebszustand
- Eigentümer
- Zusatzdaten Netzelement
- Zusatzdaten Knoten
- Master Ressource
- Definition generischer Datenstrukturen
- Generische Daten
- Beschreibung
- Leitungsabschnitt
- Gekoppelte Leitung
- Koppeldaten
- Sternpunktimpedanz
- Kompensationsimpedanz
- Drosselpule
- AC/DC-Konverter
- Energiespeicher
- Fehleruntersuchung
- Fehlerpaket
- Zusatzdaten Fehler
- Elementschaltzeiten
- Schalter
- Messwerte
- Verfügbare Kondensatoren
- Kennlinien
- Variante

Zur Strukturierung des Netzes in verschiedenen Planungs- und Ausbaustufen sind die [Varianten](#) verfügbar.

3.6.1 Berechnungsparameter



Mit diesen Daten können ergänzende Parameter für die einzelnen Berechnungsverfahren vorgegeben werden.

Die Berechnungsparameter werden über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** definiert.

Eine Übersicht der Felder für die Berechnungsparameter ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Berechnungsparameter

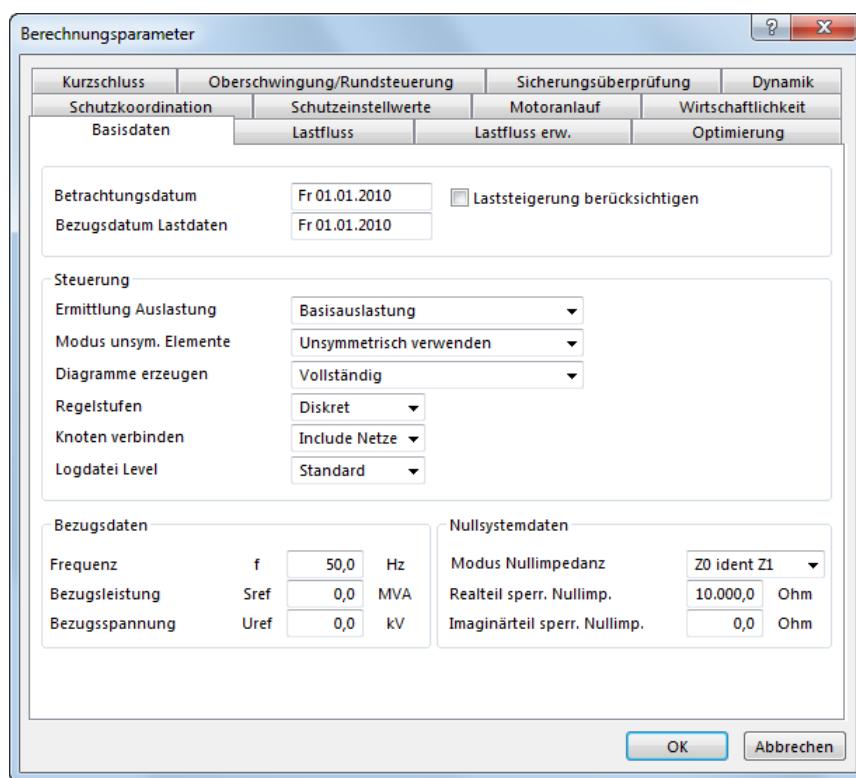


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Basisdaten

Das **Betrachtungsdatum** bestimmt den Zeitpunkt für die Berechnung. Liegt das Betrachtungsdatum nicht zwischen Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt eines Netzelementes, so nimmt dieses Netzelement nicht an der Berechnung teil. Ist kein Betrachtungsdatum angegeben, so nehmen alle Netzelemente unabhängig von deren Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt an der Berechnung teil.

Mit der Option **Laststeigerung berücksichtigen** kann in der normalen Lastflussberechnung (und auch in allen darauf basierenden Verfahren, wie z.B. Ausfallanalyse) der erhöhte Lastwert anhand der Laststeigerungsdaten berücksichtigt werden. D.h. der Wert der Last wird unter Verwendung von Betrachtungsdatum und Laststeigerungsdaten bestimmt. Hierbei ist zu beachten, dass dies nur dann möglich ist, wenn eine Lizenz für das Verfahren **Lastentwicklung** verfügbar ist.

Das **Bezugsdatum Lastdaten** ist jener Zeitpunkt, für den die Verbraucherleistungen angegeben sind. In der Lastentwicklungs berechnung werden die Leistungen von diesem Zeitpunkt weg hochgerechnet.

Steuerung

Mit dem Feld **Ermittlung Auslastung** kann der Bezugswert zum Ermitteln der Auslastung voreingestellt werden. Dieser wird bei all jenen Simulationsverfahren verwendet, die nur mit einem Auslastungswert rechnen, wie z.B. die Ausfallanalyse. Diese Voreinstellung ist erforderlich, da bei einigen Netzelementen vier Auslastungswerte (Basiswert und drei zusätzliche) verfügbar sind.

Das Feld **Modus unsymmetrische Elemente** bestimmt, wie unsymmetrische Netzelemente in den Berechnungsmethoden verarbeitet werden. Es gibt folgende Möglichkeiten:

- Ignorieren:
Hierbei werden alle unsymmetrischen Netzelemente von den Berechnungsmethoden ignoriert.
- Symmetrisch verwenden:
Die unsymmetrischen Netzelemente werden zu symmetrischen Netzelementen umgeformt.
- Unsymmetrisch verwenden:
Unsymmetrische Netzelemente werden unverändert in den Berechnungsmethoden verwendet.

Je nach Berechnungsmethode werden Diagramme bereitgestellt. Über das Feld **Diagramme erzeugen** wird der Umfang der Einzeldiagramme für die Verfahren Motoranlauf, Lastprofil, Lastentwicklung und Oberschwingungen festgelegt.

- Keine:
Es werden keine Einzeldiagramme für Knoten und Elemente erzeugt.
- Vollständig:
Es werden alle Einzeldiagramme für Knoten und Elemente erzeugt.
- Gekennzeichnet:
Es werden für die gekennzeichneten Knoten und Elemente Einzeldiagramme erzeugt.
- Grenzwertverletzungen:
Für lastflussbasierende Verfahren (Motoranlauf, Lastprofil und Lastentwicklung) werden nur für jene Knoten und Elemente Einzeldiagramme erzeugt, bei denen eine Grenzwertverletzung auftritt.
- Gekennzeichnet oder Grenzwertverletzung:
Es werden für die gekennzeichneten Knoten und Elemente sowie für die Knoten und Elemente mit Grenzwertverletzungen (bei lastflussbasierenden Verfahren) Einzeldiagramme erzeugt.

Über das Feld **Regelstufen** kann das Verhalten der Regler beeinflusst werden.

- Diskret:
Es werden nur ganzzahlige Reglerpositionen ermittelt.
- Kontinuierlich:
Es werden auch Reglerposition ermittelt, die von den ganzzahligen Stufen abweichen. Für Planungsrechnungen können so die benötigten Stufen einfacher bestimmt werden.

Mit dem Feld **Knoten verbinden** kann festgelegt werden, in welchen Netzen die Verknüpfungsnamen der Knoten zur Berechnung herangezogen werden.

- Include Netze:
Die Verknüpfungsnamen der Knoten werden nur in den Include Netzen berücksichtigt.

- Alle:
Die Verknüpfungsnamen der Knoten werden sowohl in den Include Netzen als auch im eigenen Netz berücksichtigt.

Mit Hilfe des Auswahlfeldes **Logdatei Level** kann der Ausgabeumfang der Berechnungs-Logdatei im Meldungsfenster festgelegt werden.

- Niedrig:
Es werden nur minimale Informationen in die Logdatei geschrieben.
- Standard:
Der Informationsumfang in der Logdatei ist so gewählt, dass der Ablauf der Simulation nachvollzogen werden kann und eventuelle Probleme analysiert werden können.
- Erweitert:
Es werden sehr umfangreiche Informationen in der Logdatei bereitgestellt. Diese Information ist vor allem zur Detailanalyse bei der Zuverlässigkeitssberechnung sinnvoll, da hier jeder einzelne Lastfluss detailliert protokolliert wird.

Bezugsdaten

Über das Feld **Frequenz** wird die Grundfrequenz für alle Berechnungsverfahren (ausgenommen Rundsteuerung) angegeben. Die Frequenz der Netzelemente muss pro **Netzebene** definiert werden. Diese Frequenz wird für den Datenexport verwendet, da in PSS E, DVG, UCTS, DGS und CYMDIST nur eine Frequenz vorgegeben werden kann.

Die **Bezugsleistung** wird für den Datenexport nach PSS E benötigt. Alle bezogenen Angaben in der PSS E Exportdatei können über diese Bezugsleistung wieder in Echtdaten transformiert werden.

Alle Ergebnisspannungen der Lastflussberechnungen stehen bezogen auf die Nennspannung und die **Bezugsspannung** zur Verfügung.

Nullsystemdaten

Für alle Berechnungsverfahren, die **Nullsystemdaten** benötigen, kann global voreingestellt werden, welche Nullimpedanz der Netzelemente für die Berechnung herangezogen wird.

Über das Feld **Modus Nullimpedanz** wird festgelegt, wie die Daten für das Nullsystem ergänzt werden, falls diese nicht direkt beim Netzelement angegeben wurden:

- Eingabedaten:
Es findet keine Ergänzung der Nullsystemdaten statt, falls diese nicht angegeben wurden.
- Z0 ident Z1:
Die Nullsystemdaten werden ident den Mitsystemdaten gesetzt.
- Ze ident Zl:
Nullleiter ident Leiter, d.h. Z0 entspricht dem vierfachen Wert von Z1.
- Z0 sperrend:
Die Nullsystemdaten werden auf unendlichen Widerstand ($100.000 + j 1.000.000 \text{ Ohm}$) gesetzt.

Über **Realteil sperrende Nullimpedanz** und **Imaginärteil sperrende Nullimpedanz** werden die Impedanzen für jene Netzelemente vorgegeben, welche keine unsymmetrischen Eingabedaten aufweisen.

Lastfluss Berechnungsparameter

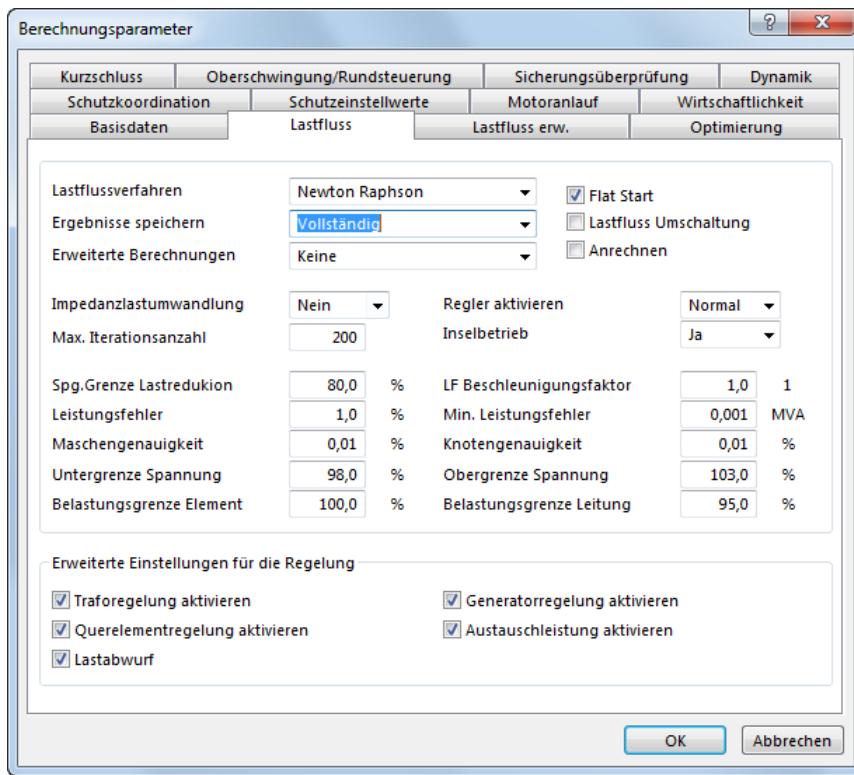


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Lastfluss

Lastfluss

Das **Lastflussverfahren** legt fest, welches Simulationsverfahren verwendet wird. Dieses Simulationsverfahren wird bei der normalen Lastflussberechnung bei vorbelastetem Kurzschluss, Trennstellensuche, Mehrfachfehler, Lastprofil, Lastentwicklung, etc. angewandt. Hierbei stehen folgende Lastflussverfahren zur Auswahl:

- Admittanzmatrix
- Newton Raphson
- Stromiteration
- Unsymmetrisch

Über das Feld **Ergebnisse speichern** kann bei speziellen Lastflussverfahren, die sehr große Ergebnismengen produzieren, gesteuert werden, ob die Berechnungsergebnisse in der Datenbank gespeichert werden. Dieses Steuerfeld betrifft vor allem die Simulationsverfahren Lastprofil und Lastentwicklung. Folgende Optionen stehen zur Auswahl:

- Je nach Methode:
Diese Option bewirkt, dass die Speicherung der Ergebnisse je nach Simulationsmethode automatisch gewählt wird.
D.h. wird eine Lastgang- oder Lastentwicklungs berechnung durchgeführt, so werden die Ergebnisse für die gekennzeichneten Knoten und Elemente sowie für die Knoten und Elemente mit Grenzwertverletzungen gespeichert. Bei allen anderen Methoden werden die Ergebnisse vollständig gespeichert.

- Vollständig:
Alle Ergebnisse werden in der Datenbank gespeichert.
- Grenzwertverletzung:
Es werden nur die Ergebnisse jener Netzelemente gespeichert, bei denen eine Grenzwertverletzung vorliegt.
- Alle bei Grenzwertverletzung:
Hier werden beim Auftreten einer Grenzwertverletzung die Ergebnisse für das ganze Netz gespeichert.
- Gekennzeichnet:
Es werden nur Ergebnisse für die gekennzeichneten Knoten und Elemente gespeichert.
- Gekennzeichnet oder Grenzwertverletzung:
Es werden für die gekennzeichneten Knoten und Elemente sowie für die Knoten und Elemente mit Grenzwertverletzungen Ergebnisse gespeichert.

Die Optionen **Gekennzeichnet** bzw. **Gekennzeichnet oder Grenzwertverletzung** sind besonders dann sinnvoll, wenn Berechnungen in großen Netzen durchgeführt werden, welche eine Vielzahl von Lastflussergebnissen produzieren (Lastprofil bzw. Lastentwicklung), aber nur an bestimmten Punkten im Netz von Interesse sind. In diesem Fall werden die entsprechenden Knoten und Netzelemente einfach gekennzeichnet. Das Kennzeichnen kann mit dem Dialog Eingabestatus setzen sehr komfortabel durchgeführt werden.

Über das Feld **Erweiterte Berechnungen** können für alle auf den Lastfluss basierenden Simulationsmethoden erweiterte Berechnungen aktiviert werden:

- Keine:
Es werden keine erweiterten Berechnungen durchgeführt.
- Belastungsfaktor:
Nach der Lastflussberechnung wird mit Hilfe eines speziellen Verfahrens der Lastfaktor für die Knoten errechnet. Dieser Lastfaktor bewegt sich in einem Bereich von 0 bis 100. Der Wert gibt Auskunft darüber, inwieweit die Belastungsgrenze des Netzes erreicht ist. Je größer der Wert, umso näher liegt dies an der physikalisch möglichen Belastungsgrenze.
- Nodal Transmission Loss Faktor:
Mit diesem Faktor können die auftretenden Wirkverluste des Netzes bewertet werden. Dieser Faktor wird für jeden Knoten bestimmt und gibt so Auskunft darüber, wie sich eine Änderung der Belastung auf die kompletten Wirkverluste des Netzes auswirkt.

Über das Feld **Flat Start** kann gesteuert werden, ob der Lastflussalgorithmus mit Spannungswerten von 1 pu startet oder ob die Voreinstellung von den **Knoten** verwendet wird. Sofern passende Spannungsvoreinstellungen bei Knoten hinterlegt sind, kann durch Deaktivieren dieses Parameters der Berechnungsvorgang erheblich beschleunigt werden.

Mit der Option **Lastfluss Umschaltung** kann eine automatische Umschaltung des Lastflussverfahrens bei Konvergenzproblemen aktiviert werden. D.h. wenn die Berechnung mit dem vorausgewählten Lastflussverfahren nicht möglich ist, dann wird versucht, das Lastflussproblem mit einem anderen Verfahren zu lösen. Diese Umschaltung des Lastflussverfahrens wird mit einer Meldung protokolliert.

Mit dem Feld **Anrechnen** kann ein spezieller Modus für die Lastflussberechnung aktiviert werden. Hierbei wird immer ein Berechnungsergebnis bereitgestellt, unabhängig davon, ob die voreingestellten Genauigkeitsangaben eingehalten werden konnten. Anhand des so bereitgestellten Ergebnisses können grundlegende Eingabefehler erkannt und behoben werden. Beim Anrechnen wird die Lastflussberechnung beendet, wenn die voreingestellten Genauigkeitsangaben oder die maximale Iterationsanzahl erreicht wurden.

Datenbeschreibung

Mit Hilfe des Feldes **Impedanzlastumwandlung** kann das Lastverhalten global im Lastfluss gesteuert werden (siehe Handbuch Lastfluss, Kapitel Konvergenzkontrolle, Abschnitt Impedanzlastumwandlung). Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Nein:
Beibehaltung des fixen Lastverhaltens. D.h. die Netzelemente nehmen unabhängig von der Knotenspannung die vorgegebene Wirk- und Blindleistung ab.
- Normal:
Umwandlung des Lastverhaltens der Netzelemente in ein ideales Impedanzlastverhalten. Die abgenommene Leistung ändert sich quadratisch mit der Spannung.
- Erweitert:
Umwandlung des Lastverhaltens in P und Q begrenzt oder I begrenzt wie im Kapitel Lastnachbildung im Handbuch Lastfluss beschrieben.

Mit dem Feld **Regler aktivieren** kann der Regelalgorithmus im Lastfluss gesteuert werden. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Nein:
Die automatische Regleranpassung wird deaktiviert. Alle regelbaren Netzelemente werden nur mit den voreingestellten Startwerten im Lastfluss berücksichtigt.
- Normal:
Diese Option bewirkt, dass die Regelung aktiviert wird. Hierbei werden die regelbaren Netzelemente so gesteuert, dass die Regelstufe innerhalb der voreingestellten Bänder liegt und dabei die Regelvorgaben (z.B. Spannungsband) eingehalten werden.
- Erweitert:
Diese Option verhält sich im Wesentlichen so wie die Option **Normal**, allerdings werden hierbei noch zusätzlich weitere Regelfunktionen aktiviert. Es wird eine Leistungsumverteilung für alle Generatoren vorgenommen. D.h. die ins Netz eingespeiste Leistung wird dabei auf die verfügbaren Generatoren unter Berücksichtigung der jeweiligen Leistungsbänder aufgeteilt. Darüber hinaus wird mit dieser Option ein erweitertes Verhalten für Generatoren vom Lastflusstyp Wirkleistung und Spannung definiert. Bei diesen Generatoren wird überprüft, ob die vorgegebenen Grenzwerte für Wirk- und Blindleistung eingehalten werden können. Falls dies nicht möglich ist, wird der Generatortyp automatisch auf Lastflusstyp Wirkleistung und Blindleistung geändert. Dies bewirkt, dass sich die Spannung am Generatorknoten anhand der zulässigen Wirk- und Blindleistungsgrenzwerte einstellt.
Schließlich wird auch ein Lastabwurf bei Unterspannung bzw. Überspannung durchgeführt, falls die Lösung des Lastflusproblems nicht möglich ist. Dabei werden Lasten, Motoren, Generatoren und DC-Einspeisungen bei allen Lastflusverfahren berücksichtigt.

Die **maximale Iterationsanzahl** bestimmt die Anzahl der zulässigen Iterationen zur Lösung des Lastflusproblems. Wenn das Lastflusproblem innerhalb der vorgegebenen Iterationsanzahl nicht gelöst werden kann, erfolgt ein Abbruch mit einer Fehlermeldung.

Mit dem Feld **Inselbetrieb** wird die Modellierung der Generatoren und Einspeisungen dynamisch angepasst. Um das Lastflusproblem zu lösen, muss in jedem elektrisch verbundenen Teilnetz mindestens ein Slack vorhanden sein. Der Slack ist ein aktives Netzelement (Generator oder Netzeinspeisung), welches Spannung und Spannungswinkel bestimmt und die Leistungsbilanzierung sicherstellt. Sollte in einem Teilnetz kein Slack vorhanden sein, dann wird der Arbeitspunkt jenes Generators mit der größten Leistungszahl automatisch so geändert, dass sich dieser wie ein Slack verhält. Diese dynamische Umschaltung des Arbeitspunktes wirkt neben dem normalen Lastfluss auch in der Ausfallanalyse, Lastentwicklung und insbesondere auch in der Zuverlässigkeitberechnung.

Mit dem Feld **Spannungsgrenze Lastreduktion** wird jene Spannung vorgegeben, ab der Lasten dynamisch anhand einer Kennlinie reduziert werden. Diese Lastreduktion erfolgt nur dann, wenn die Option **Erweitert** im Feld **Impedanzlastumwandlung** aktiviert ist oder ein entsprechender **Lastflusstyp** direkt bei der [Allgemeinen Last](#) eingestellt ist.

Mit dem Feld **LF Beschleunigungsfaktor** kann die Konvergenzgeschwindigkeit der Lastflussverfahren gesteuert werden. Im Normalfall ist der Beschleunigungsfaktor 1,0. Werte kleiner als 1,0 bewirken eine langsamere Änderung von Daten zwischen den einzelnen Iterationen. Dadurch werden einerseits mehr Iterationen benötigt, aber unter Umständen wird dadurch eine bessere Konvergenz erreicht.

Zur Überprüfung der Ergebnisse werden die folgenden Genauigkeitsangaben durchgeführt. Hierbei müssen alle Bedingungen erfüllt sein, damit das errechnete Lastflussergebnis als gültig betrachtet wird.

- **Leistungsfehler:**

Hiermit wird der maximal zulässige Leistungsfehler am Knoten definiert. Erst beim Unterschreiten dieses Wertes für alle Knoten im Netz wird das Lastflussergebnis als gültig betrachtet.

- **Min. Leistungsfehler:**

Mit Hilfe dieses Feldes kann die Leistungsgenauigkeit speziell bei Knoten mit geringer Abnahme/Einspeisung aufgeweitet werden.

- **Maschengenauigkeit:**

Mit der Maschengenauigkeit wird parametriert, wie exakt die Kirchhoff'schen Regeln eingehalten werden müssen. Die Maschengenauigkeit wird nur vom Lastflussverfahren Stromiteration verwendet.

- **Knotengenauigkeit:**

Mit diesem Feld wird die maximale Spannungsdifferenz an einen Knoten zwischen zwei Lastflussiterationen vorgegeben. Erst wenn dieser Wert an allen Knoten unterschritten wird, wird das Lastflussergebnis als gültig betrachtet.

Bei Über- bzw. Unterschreitung der Grenzwerte **Untergrenze Spannung** und **Obergrenze Spannung** werden Warnungen ins Meldungsfile geschrieben. In PSS SINCAL darf die Nennspannung der an den Knoten angeschlossenen Netzelemente nur um 25 Prozent von der Nennspannung des Knotens abweichen. Falls eine größere Abweichung gewünscht ist, kann das zulässige Spannungsband mit Hilfe der Felder **Untergrenze Spannung** und **Obergrenze Spannung** definiert werden. Falls die vorgegebenen Spannungsgrenzen verletzt werden, wird dies in den Lastflussergebnissen der Knoten im Feld **Status** protokolliert.

Mit den Feldern **Belastungsgrenze Element** und **Belastungsgrenze Leitung** werden die zulässigen Belastungsgrenzen im Lastfluss gesteuert. Diese Grenzwerte werden von den verschiedenen auf dem Lastfluss basierenden Simulationsverfahren zur Auswertung und Protokollierung verwendet. Falls die vorgegebenen Belastungsgrenzen verletzt werden, wird dies in den Lastflussergebnissen der Zweigelemente im Feld **Status** protokolliert.

Erweiterte Einstellungen für die Regelung

Mit den erweiterten Einstellungen kann individuell die Regelung von Transformatoren, Querelementen, Generatoren und Zonenaustauschleistung aktiviert bzw. deaktiviert werden. Die hier vorgenommenen Einstellungen werden bei allen auf den Lastfluss basierenden Berechnungsverfahren berücksichtigt.

- **Traforegelung aktivieren:**
Die Regelung von Zwei- und Dreiwicklungstransformatoren wird aktiviert.
- **Querelementregelung aktivieren:**
Die Regelung für alle Querelemente (Querdrossel, Querkondensator, ...) wird aktiviert.
- **Generatorregelung aktivieren:**
Die Regelung von Synchronmaschinen und DC-Einspeisungen wird aktiviert.
- **Austauschleistung aktivieren:**
Die Bilanzierung der Zonenaustauschleistung zwischen den verschiedenen Netzbereichen wird aktiviert.
- **Lastabwurf:**
Bei Nichtkonvergenz oder Grenzwertverletzungen werden Lasten automatisch abgeworfen.

Hierbei ist aber zu beachten, dass die Regelung komplett deaktiviert wird, wenn im Auswahlfeld **Regler aktivieren** die Option **Nein** gewählt wurde.

Erweiterte Lastfluss Berechnungsparameter

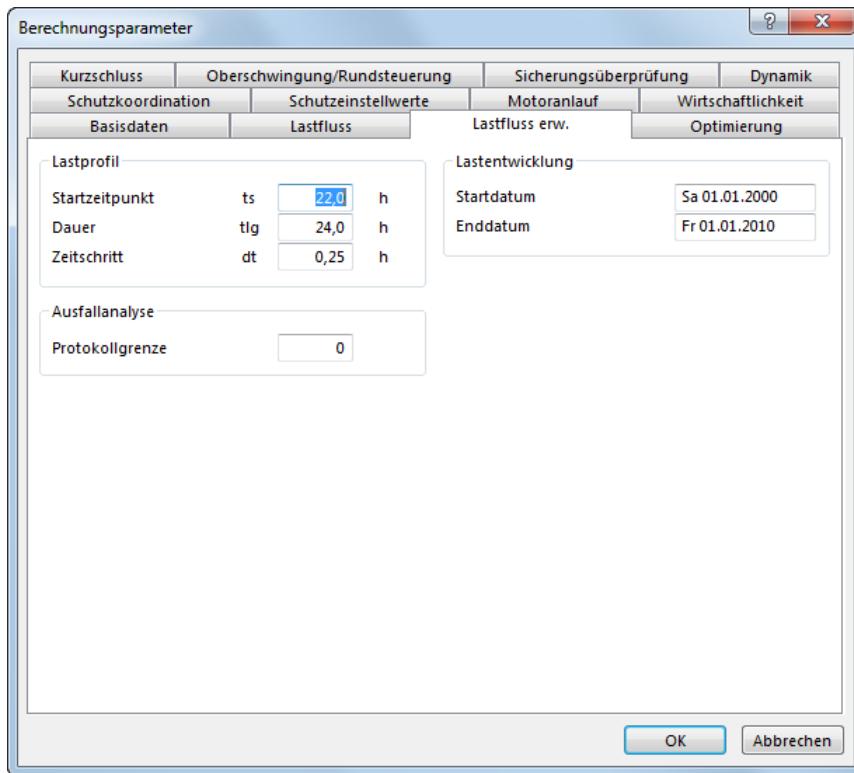


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Lastfluss erweitert

Lastprofil

Die Felder **Startzeitpunkt** und **Dauer** legen den Zeitraum für die Lastprofilberechnung fest. Innerhalb dieses Zeitraumes werden mit dem **Zeitschritt** Lastflussberechnungen durchgeführt.

Lastentwicklung

Mit den Feldern **Startdatum** und **Enddatum** wird der Betrachtungszeitraum für die Lastentwicklungs berechnung festgelegt.

Ausfallanalyse

Das Feld **Protokollgrenze** definiert die maximale Anzahl von Grenzwertverletzungen, die pro Ausfall dokumentiert werden. Wird im Feld der Wert "0" eingetragen, dann werden alle Grenzwertverletzungen protokolliert.

Die eigentlichen Grenzwerte zur Protokollierung werden im Register **Lastfluss** mit den Feldern **Untergrenze Spannung**, **Obergrenze Spannung**, **Belastungsgrenze Element** und **Belastungsgrenze Leitung** definiert.

Optimierung Berechnungsparameter

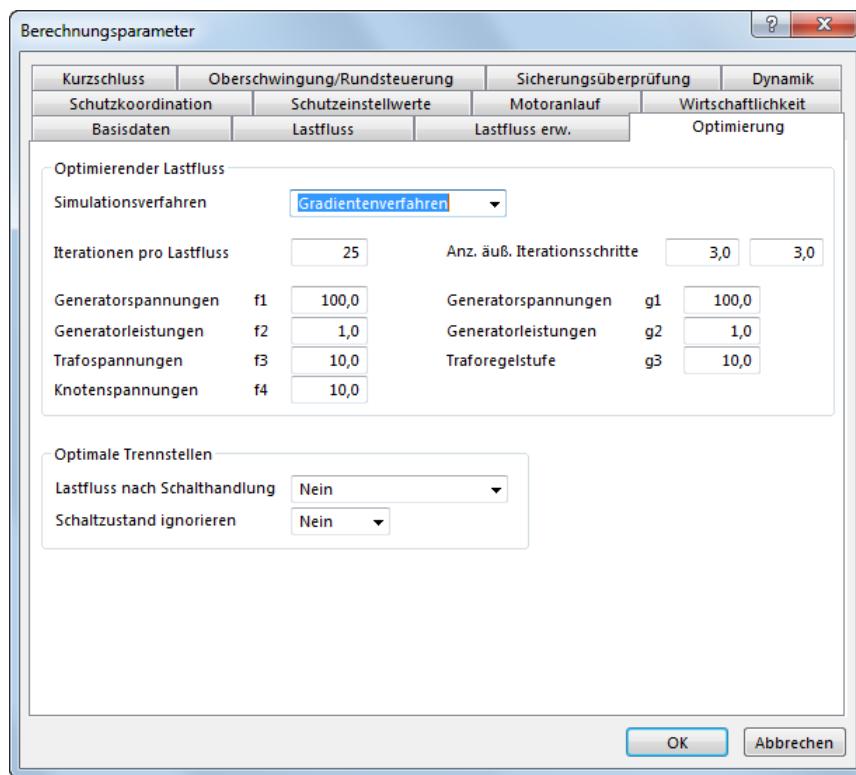


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Optimierung

Optimierender Lastfluss

Über das Feld **Simulationsverfahren** kann der Algorithmus zur Optimierung des Netzes ausgewählt werden:

- Gradientenverfahren:
Das Gradientenverfahren basiert auf der Lösungsfindung mit Hilfe von Nullstellen der Gradienten für Spannungen und Leistungen. Dieses Verfahren ist sehr stark von der Qualität des nicht optimierten Grundlastflusses abhängig.
- Genetischer Algorithmus:
Der Genetische Algorithmus verwendet zur Optimierung des Netzes die Evolutionsstrategie. Hierbei werden nach zufälligem Muster Varianten gebildet, die sich über eine steuerbare Anzahl von Generationen weiterentwickeln. Dieses Verfahren zeichnet sich vor allem durch die große Unabhängigkeit vom Grundlastfluss aus.

Mit dem Feld **Iterationen pro Lastfluss** wird gesteuert, wie viele Iterationen pro Optimierungsvariante maximal durchgeführt werden. Werden die Konvergenzbedingungen innerhalb dieser vorgegebenen Iterationsanzahl nicht erreicht, dann wird diese Optimierungsvariante als nicht konvergent gekennzeichnet und verworfen.

Für die Optimierungsmethode mit dem genetischen Algorithmus muss die Anzahl der **Generationen** voreingestellt werden. Diese bestimmt, wie weit sich Optimiervarianten durch Evolution weiterentwickeln. Durch Erhöhen dieses Parameters wird die Qualität des Optimierergebnisses verbessert, allerdings steigt damit auch die Rechenzeit.

Für die Optimierungsmethode mit dem Gradientenverfahren müssen die **Anzahl äußerer Iterationsschritte** und die **Anzahl innerer Iterationsschritte** voreingestellt werden. Mit Hilfe dieser Felder werden die Lastflussschleifen in der Optimierung gesteuert. Eine Erhöhung der Iterationsschritte kann zu einer Verbesserung des Optimierergebnisses führen, dies ist allerdings mit einer Erhöhung der Rechenzeit verbunden.

Über die **Faktoren** für

- Generatorenspannungen,
- Generatorleistungen,
- Trafospannungen und
- Knotenspannungen

wird die Zielfunktion der Optimierung gewichtet. Ein Erhöhen der Faktoren bewirkt, dass der jeweilige Funktionswert stärker gewichtet wird. Im dargestellten Beispiel ist die Generatorenspannung mit dem Faktor 100 voreingestellt und die Trafo- und Knotenspannungen nur mit dem Faktor 10. Dies bewirkt, dass vorrangig das Einhalten der Generatorenspannung im Zuge der Zielfunktionsbestimmung überprüft wird. Durch entsprechendes Abändern der Werte kann die Zielfunktion auch anders fokussiert werden.

Die **Gewichtungen** werden nur für das Gradientenverfahren benötigt:

- Generatorenspannungen
- Generatorleistungen
- Traforegelstufe

Die Gewichtungen bewirken eine Relaxation bei der Bestimmung der Werte für die nächste Iteration für die jeweilige Optimiervariablengruppe.

Optimale Trennstellen

Für das Optimieren der Trennstellen kann mit dem Feld **Lastfluss nach Schalthandlung** konfiguriert werden, ob nach jedem Öffnen einer Trennstelle eine Lastflussberechnung durchgeführt wird. Ist diese Option aktiv, so dauert die Ermittlung der Trennstellen länger, aber das Ergebnis entspricht besser dem idealen unvermaschten Schaltzustand des Netzes. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Nein:
Es wird keine Lastflussberechnung durchgeführt.
- Ja – ohne Grenzwertprüfung:
Die Lastflussergebnisse werden zur Bestimmung weiterer Trennstellen verwendet. Die Verletzung von Grenzwerten wird nicht überprüft. Falls nach dem Öffnen der Trennstelle eine Lastflussberechnung nicht mehr möglich ist (keine Konvergenz), wird die Trennstelle verworfen.
- Ja – mit Grenzwertprüfung:
Eine Lastflussberechnung wird durchgeführt und die Verletzung der Grenzwerte wird überprüft. Bei Grenzwertverletzungen wird die geöffnete Trennstelle wieder geschlossen.

Die Option **Schaltzustand ignorieren** bewirkt, dass bei Ermittlung der Trennstellen alle im Netz geöffneten Schalter als geschlossen betrachtet werden. D.h. damit wird der aktuelle Schaltzustand des Netzes nicht berücksichtigt und ein vermaschtes Netz als Ausgangszustand für die Trennstellenermittlung verwendet. Das Schließen der Schalter bezieht sich nur auf jene Trennstellen, die an Zweigelementen (Leitungen, Transformatoren, etc.) gesetzt sind. Abgeschaltete Einspeisungen und Verbraucher sind von dieser Option nicht betroffen.

Kurzschluss Berechnungsparameter

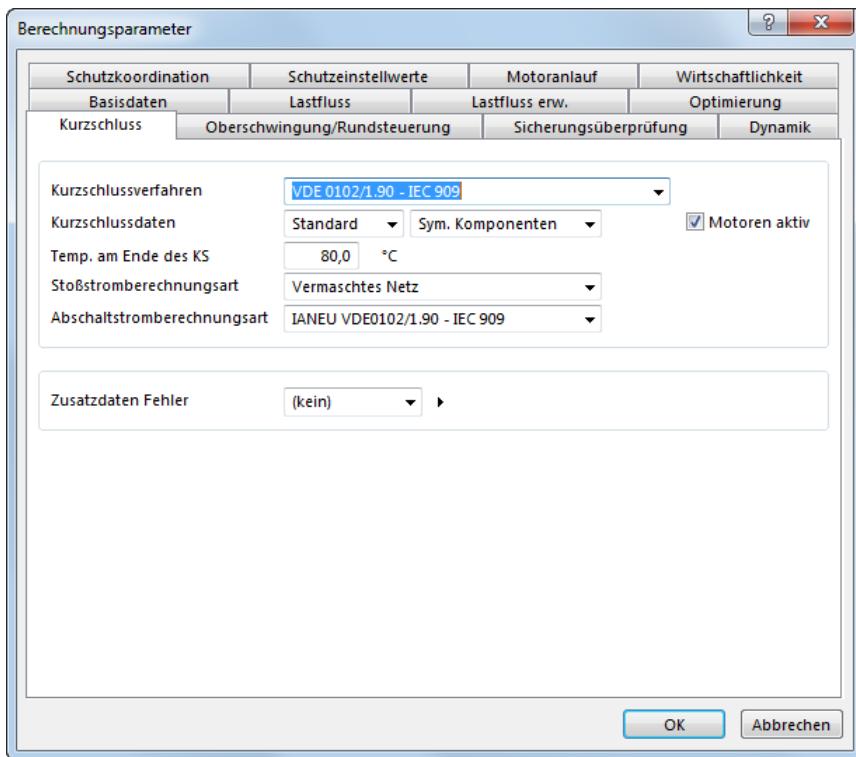


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Kurzschluss

Kurzschlussverfahren

- VDE 0102/1.90 – IEC 909
- VDE 0102/1.90 – IEC 909 (vorbelastet)
- VDE 0102/2002 – IEC 909/2001
- IEC 61363-1/1998
- IEC 61363-1/1998 (vorbelastet)
- ANSI
- G74

Eine genauere Beschreibung ist im Handbuch Kurzschluss, Kapitel Verfahren Kurzschluss zu finden.

Leiterdaten

Leitungen, die nur im Leiter N (Rückleiter) modelliert sind, und Erdimpedanzen von Sternpunkten können in den symmetrischen Komponenten nicht nachgebildet werden. Reine Rückleiter und reine Erdimpedanzen sind in allen verwendeten Kurzschlussnormen nicht vorgesehen. Sobald solche Elemente im Netz sind, ist eine Kurschlusssberechnung nach Norm (basierend auf den symmetrischen Komponenten) nicht mehr möglich. Diese Netzelemente können nur basierend auf Phasenwerten nachgebildet werden. Wenn die Nachbildung mit Phasenwerten erlaubt wird, so wird – wenn notwendig – das Netz für die Kurzschlusssberechnung in Phasenwerten nachgebildet. Diese Kurzschlusssberechnung erfolgt dann allerdings nicht mehr nach Norm, sondern nur mehr ähnlich zur Norm. Die Phasenwerte (Hinleiter L1, L2 und L3 sowie Rückleiter N) werden dabei aus den Mit- und Nullsystemdaten der Netzelemente ermittelt. Die Verwendung von Phasenwerten wird bei den Meldungen durch die Info I 3016 protokolliert.

Bei Kurzschluss kann mittels **Kurzschlussdaten** zwischen Standard (Benutzereingabe), Minimum und Maximum gewählt werden.

Mit dem Feld **Motoren aktiv** können alle Synchron- und Asynchronmotoren je nach Kurzschlussverfahren für die Kurzschlussstromberechnung aktiviert oder deaktiviert werden.

Das Feld **Temperatur am Ende des KS** dient zur Umrechnung des Wirkwiderstandes (bezogen auf 20 °C) von Leitungen auf die angegebene Temperatur bei minimaler Kurzschlussstromberechnung.

Stoßstromberechnungsart

- Vermaschtes Netz (VERM):
Zweielemente haben immer Stoßstrom $i_p=0$
- Strahlennetz (STRAHL)
- Ersatzfrequenzverfahren (20 Hz) (ERSFRQ)

Abschaltstromberechnungsart

- IANEU VDE0102/1.90 – IEC 909
- IAALT VDE0102/10.71

Mit dem **Globalen Schaltverzug** kann ein Zeitwert für die Berechnung des Abschaltstromes la vorgegeben werden. Dieser globale Schaltverzug wird nur in den Kurzschlussverfahren IEC 61363 und G74 berücksichtigt. Alle anderen Kurzschlussverfahren verwenden jenen Schaltverzug, der direkt am Schalter oder in der jeweiligen Netzebene angegeben ist.

Für die **Lösungsmethode** für ANSI Kurzschluss kann zwischen E/Z oder E/X gewählt werden.

Die **NACD Option** für ANSI Kurzschluss steuert die Ermittlung der Auslegungsströme der Leistungsschalter. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Alle Remote
- Predominant
- Interpoliert

Im Gegensatz zur Kurzschlusssberechnung nach VDE gibt es bei Kurzschlusssberechnung nach ANSI keine Vorgaben bzw. Vereinfachungen für die Ermittlung der Impedanz der Netzelemente. Um die Ergebnisse einer Kurzschlussstromberechnung nach VDE mit einer nach ANSI vergleichen zu können, gibt es die Parameter **Nachbildung Transformatoren** und **Nachbildung Leitungen**.

Datenbeschreibung

Für Transformatoren gibt es folgende Optionen:

- Aktuelle Daten:
Die Reglerdaten der Transformatoren werden bei der Ermittlung der Transformatorimpedanz mit einbezogen.
- Nenndaten:
Die Impedanz der Transformatoren wird aus den Nenndaten des Transformators ermittelt.

Für Leitungen gibt es folgende Optionen:

- Mit Kapazität:
Bei der Ermittlung der Leitungsimpedanz werden alle Kapazitäten berücksichtigt.
- Ohne Kapazitäten:
Bei der Ermittlung der Leitungsimpedanz wird die Kapazität im Mitsystem ignoriert.

Mit den **Zusatzdaten Fehler** können individuelle Lichtbogen- und Erdübergangsimpedanzen für die Kurzschlussberechnung definiert werden (siehe Kapitel [Zusatzdaten Fehler](#)).

Oberschwingung und Rundsteuerung Berechnungsparameter

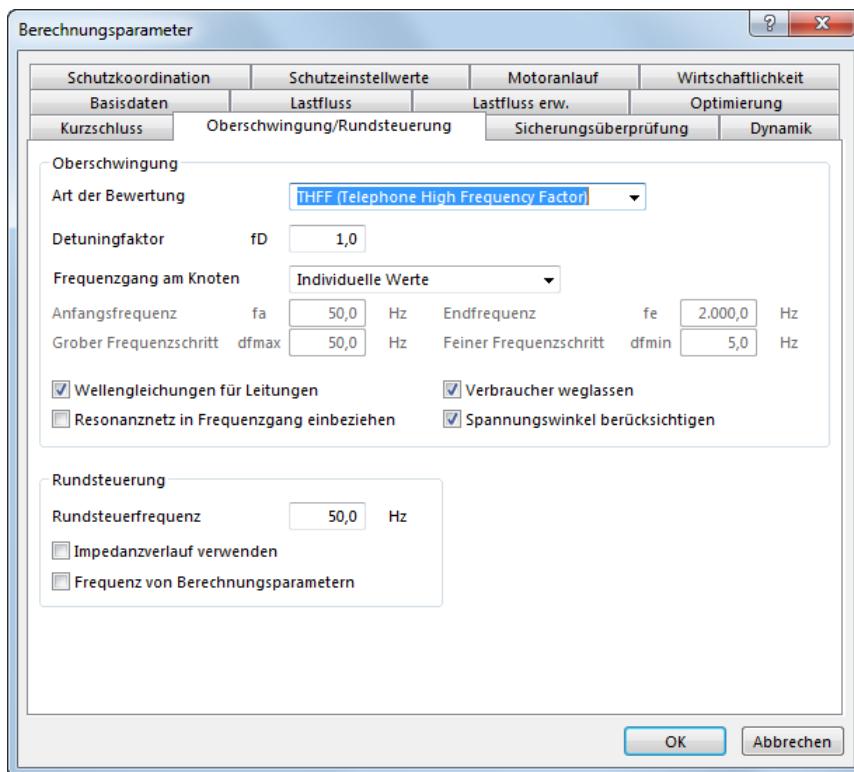


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Oberschwingung/Rundsteuerung

Oberschwingung

Art der Bewertung

- Keine:
Im Diagramm wird kein Bewertungskriterium eingezeichnet.

- IEEE 519 (Telephone Influence Factor)
- THFF (Telephone High Frequency Factor)
- NY x UNY
- IEC 61000-2-4 Klasse 1
- IEC 61000-2-4 Klasse 2
- IEC 61000-2-4 Klasse 3

Der **Detuningfaktor** dient zur Beaufschlagung aller Frequenzen in der Oberschwingungsberechnung.

Frequenzgang am Knoten

- Für alle gleiche Werte:
Alle Knoten werden mit dem gleichen Frequenzgang berechnet.
- Individuelle Werte:
Die Werte für den Frequenzgang werden an den gewünschten Knoten angegeben.

Für einen Frequenzgang werden folgende Werte benötigt:

- Anfangsfrequenz
- Grober Frequenzschritt
- Endfrequenz
- Feiner Frequenzschritt

Wellengleichungen für Leitungen

- Ja:
Alle Leitungen werden in der Oberschwingungsberechnung über Wellenwiderstandsgleichungen nachgebildet.
- Nein:
Nur jene Leitungen werden in der Oberschwingungsberechnung über Wellenwiderstandsgleichungen nachgebildet, die im Feld **Wellenwiderstandsgleichungen** den Wert "Ja" enthalten.

Resonanznetz in Frequenzgang einbeziehen

- Ja:
Das Resonanznetz wird bei der Ermittlung des Frequenzganges und der Strom- und Spannungsverteilung berücksichtigt.
- Nein:
Das Resonanznetz wird nur bei der Ermittlung der Strom- und Spannungsverteilung berücksichtigt.

Verbraucher weglassen

- Ja:
Allgemeine Lasten und Asynchronmaschinen werden impedanzmäßig in der Oberschwingungsberechnung nicht berücksichtigt.
- Nein:
Allgemeine Lasten und Asynchronmaschinen werden impedanzmäßig in der Oberschwingungsberechnung berücksichtigt.

Spannungswinkel berücksichtigen

- Ja:
Der Winkel der Lastspannung wird bei Berechnung der Strom- und Spannungsverteilung mit einbezogen.
- Nein:
Der Winkel der Lastspannung wird bei Berechnung der Strom- und Spannungsverteilung nicht mit einbezogen.

Rundsteuerung

Die **Rundsteuerfrequenz** ist die Grundfrequenz, welche zur Rundsteuerberechnung verwendet wird. Die Rundsteuerfrequenz der Netzelemente muss pro [Netzebene](#) definiert werden. Diese Rundsteuerfrequenz wird für den Datenexport verwendet, da in DVG nur eine Rundsteuerfrequenz vorgegeben werden kann.

Mit der Option **Impedanzverlauf verwenden** kann die Impedanzermittlung gesteuert werden. Wenn diese aktiviert ist, werden die Vorgaben für Oberschwingungen mit einbezogen. Wenn diese nicht aktiviert ist, so wird die allgemeine Nachbildung der Impedanzen der Netzelemente bei Rundsteuerfrequenz verwendet.

Die Option **Frequenz von Berechnungsparametern** soll die Berechnung von Rundsteuerungen mit verschiedensten Frequenzen erleichtern. Wenn diese Option aktiviert ist, dann wird immer jene Rundsteuerfrequenz verwendet, die in diesem Register im Feld **Rundsteuerfrequenz** angegeben ist. Andernfalls wird jene Frequenz verwendet, welche in den [Basisdaten der Netzebene](#) definiert ist.

Sicherungsüberprüfung Berechnungsparameter

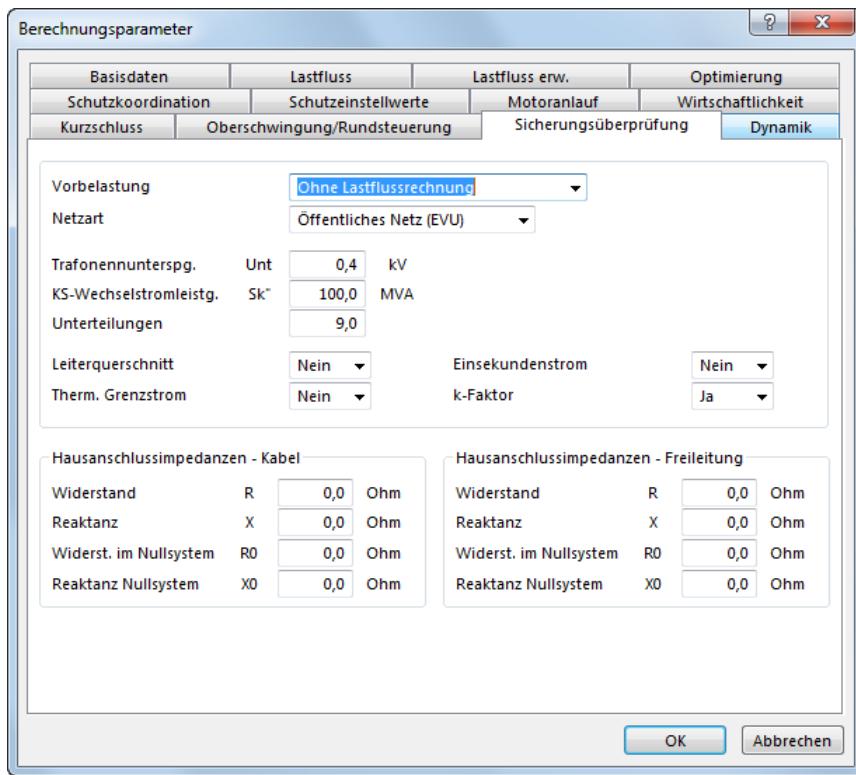


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Sicherungsüberprüfung

Vorbelastung

- ohne Lastflussrechnung
- mit Lastflussrechnung

Netzart

- öffentliches Netz (EVU)
- Hausinstallation (INST)

Über das Feld **Trafonennunspannung** wird die treibende Spannung für den 1-poligen Erdschluss angegeben. Das Ergebnis des 1-poligen Erdschlusses wird zur Ermittlung der Sicherungsnennstromstärke herangezogen.

Die transformatoroberspannungsseitige **Kurzschlusswechselstromleistung** dient der Ermittlung des minimalen 1-poligen Kurzschlussstromes.

Über das Feld **Unterteilungen** wird die Anzahl der Leitungsunterteilungen zur Ermittlung des minimalen Kurzschlussstromes bestimmt.

Für die Ermittlung des Sicherungsnennstromes können folgende Kriterien herangezogen werden:

- Leiterquerschnitt
- Thermischen Grenzstrom
- Einsekundenstrom

Datenbeschreibung

- k-Faktor

Hausanschlussimpedanzen

Für die Sicherungsüberprüfung können zusätzliche **Hausanschlussimpedanzen** unterschiedlich für **Kabel** und **Freileitung** zur Ermittlung des Fehlerstromes angegeben werden:

- Widerstand
- Reaktanz
- Widerstand im Nullsystem
- Reaktanz im Nullsystem

Dynamik Berechnungsparameter

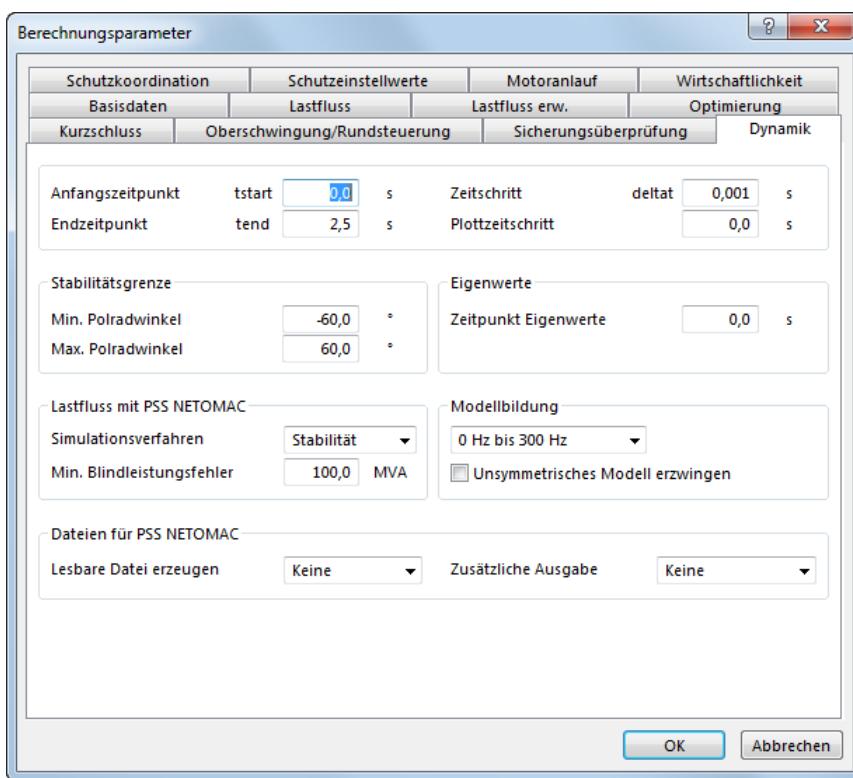


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Dynamik

Dynamik

Die dynamische Berechnung beginnt immer zum angegebenen **Anfangszeitpunkt** und wird automatisch beendet, wenn der **Endzeitpunkt** erreicht ist.

Über den **Zeitschritt** wird die Schrittweite für die dynamische Berechnung vorgegeben. Ein üblicher Wert ist 0,001 Sekunden.

Über den **Plotzeitschritt** wird die Schrittweite für die Ausgabe der Diagramme vorgegeben. Bei Vorgabe von t = 0,000 wird der Rechenzeitschritt herangezogen.

Stabilitätsgrenze

Wird der **Polradwinkel Min.** oder der **Polradwinkel Max.** unter- bzw. überschritten, so ist die Stabilitätsgrenze erreicht.

Eigenwerte

Der **Zeitpunkt Eigenwerte** legt fest, wann die Schnittstelle für die Eigenwert-Analyse generiert wird.

Lastfluss mit PSS NETOMAC

Vor der eigentlichen dynamischen Berechnung wird automatisch eine Lastflussberechnung durchgeführt, die den Zustand des Netzes für den Startzeitpunkt der dynamischen Berechnung widerspiegelt. Dieser Ausgangszustand kann auch über **Berechnen – Dynamik – Lastfluss** als normales Lastflussergebnis bereitgestellt werden.

Im Ausgangszustand werden alle eingegebenen Schalthandlungen, die die Netztopologie zum Zeitpunkt Null beeinflussen, in diese Lastflussberechnung miteinbezogen.

Zusätzlich berücksichtigte Daten:

- Elementschaltzeiten
- Einschaltzeitpunkt von Asynchronmaschinen
- Einschaltzeitpunkt von Synchronmaschinen

In NETOMAC wird das Netz je nach Verfahren wie folgt nachgebildet:

- Stabilitätsberechnung:
Symmetrische Komponenten
- Elektromagnetische Transienten:
Original in L1, L2 und L3

Für die Bereitstellung des jeweiligen Ausgangszustandes muss daher die Netznachbildung auch für die NETOMAC Lastflussberechnung über das **Simulationsverfahren**

- Stabilität
- EMT

voreingestellt werden.

Mit Hilfe des Feldes **Min. Blindleistungsfehler** kann die Blindleistungsgenauigkeit für die dynamische Berechnung angegeben werden.

Modellbildung

Mit dem Auswahlfeld für die **Modellbildung** wird definiert, in welchem Frequenzbereich dynamische Untersuchungen durchgeführt werden. Je nach gewähltem Frequenzbereich ist es notwendig, die Netzelemente speziell zu modellieren. Standardmäßig wird von PSS SINCAL nur der Modellbereich von 0 bis 300 Hz unterstützt. Für alle dynamischen Untersuchungen in anderen Modellbereichen ist es unter Umständen erforderlich, die Netzelemente mit geeigneten **Modellen** nachzubilden. Eine Übersicht der erforderlichen Modellierungen von Netzelementen für verschiedene Frequenzbereiche ist im Dynamikhandbuch im Kapitel Modellbildung verfügbar. Über das verfügbare Eingabefeld kann zusätzlich ein freier Modellname definiert werden.

Sowohl der Auswahlwert **Modellbildung** als auch der freie Modellname werden in die PSS NETOMAC Datei in Form einer Variablen exportiert. Diese können dann in den Modellen entsprechend ausgewertet und verarbeitet werden.

Variablenname	Variablenwert
#MOD_FRQ	Modellbildung
#MOD_USER	Freier Modellname

Mit der Option **Unsymmetrisches Modell erzwingen** wird sichergestellt, dass die NET Datei für die Dynamikberechnung immer unsymmetrisch aufgebaut wird. Ist diese Option nicht aktiviert, dann wird anhand der Netzelemente entschieden, ob das Netz symmetrisch oder unsymmetrisch aufgebaut wird. Die Option ist vor allem dann wichtig, wenn in einem unsymmetrischen Netz unsymmetrische Fehler mit Erdberührung berechnet werden sollen.

Dateien für PSS NETOMAC

Über das Feld **Lesbare Datei erzeugen** können zusätzliche Dateien für die direkte Bearbeitung in PSS NETOMAC generiert werden, die Elementnamen enthalten. Die Ausgabe der Plottersignale kann auch im COMTRADE Format erfolgen. Die Generierung erfolgt je nach Vorgabe.

- Keine:
Es werden keine zusätzlichen Dateien generiert.
- Vollständig:
Es werden alle zusätzlichen Dateien für die Bearbeitung in PSS NETOMAC generiert.
- Ohne Plottdefinition:
Es werden nur die zusätzlichen Dateien für die Berechnung des Netzes in PSS NETOMAC generiert.

Über das Feld **Zusätzliche Ausgabe** kann das Generieren von erweiterten Ergebnisdateien in der Dynamiksimulation aktiviert werden.

- Keine:
Es werden keine zusätzlichen Ausgabedateien generiert.
- Comtrade (ASCII):
Es wird eine ASCII-COMTRADE Datei generiert, welche alle definierten Plottsignale enthält. Diese Datei kann mit dem Programm SIGRA visualisiert und ausgewertet werden.
- Comtrade (binär):
Diese Option generiert ebenfalls eine COMTRADE Datei, allerdings im binären Datenformat.

- Plottdatei:
Es wird eine ASCII Plottdatei im Standard PSS NETOMAC Format generiert, welche alle definierten Plottsignale enthält.

Schutzkoordination Berechnungsparameter

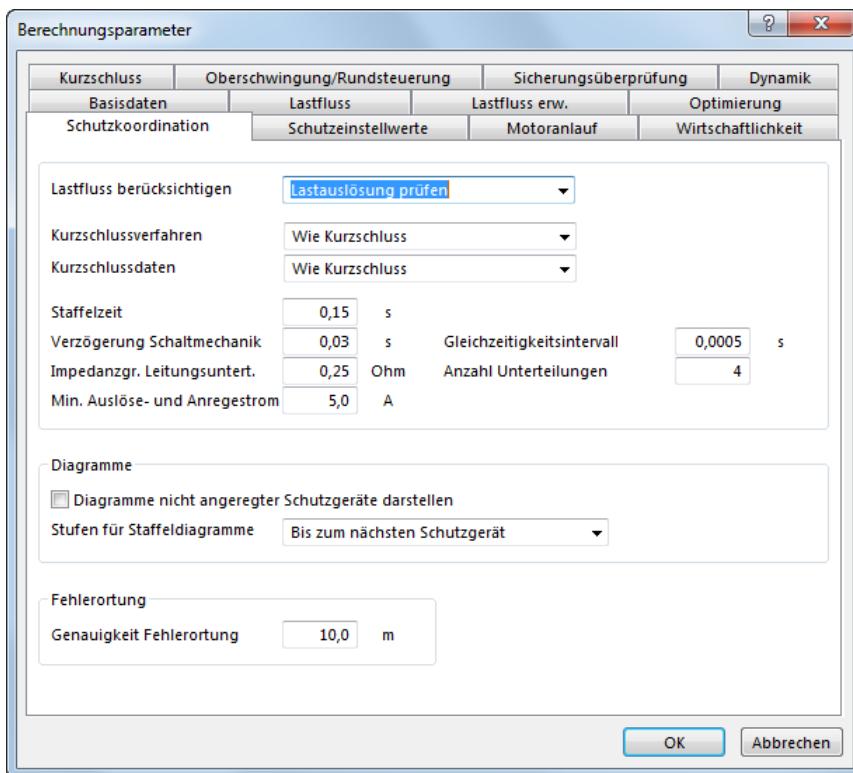


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Schutzkoordination

Mit der Option **Lastfluss berücksichtigen** wird gesteuert, ob in der Schutzsimulation eine Lastflussrechnung durchgeführt wird. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Kein Lastfluss:
Als Spannung im Fehlerort wird die Nennspannung herangezogen.
- Lastauslösung nicht überprüfen:
Es wird nicht überprüft, ob der Laststrom zur Auslösung von einem Schutzgerät führt.
- Lastauslösung prüfen:
Es wird überprüft, ob der Laststrom zur Auslösung von einem Schutzgerät führt. In diesem Fall ist eine Schutzkoordination nicht möglich.

Kurzschlussverfahren

Über das Feld **Kurzschlussverfahren** kann der Kurzschluss für die Schutzkoordination speziell parametert werden.

- Wie Kurzschluss
- VDE 0102/1.90 – IEC 909
- VDE 0102/1.90 – IEC 909 (vorbelastet)
- VDE 0102/2002 – IEC 909/2001

Datenbeschreibung

- IEC 61363-1/1998
- IEC 61363-1/1998 (vorbelastet)
- ANSI
- G74

Eine genauere Beschreibung ist im Handbuch Kurzschluss, Kapitel Verfahren Kurzschluss zu finden.

Kurzschlussdaten

Über das Feld **Kurzschlussdaten** kann der Kurzschluss für die Schutzkoordination speziell parametriert werden.

- Wie Kurzschluss
- Standard
- Minimum
- Maximum

Die **Staffelzeit** dient zur Festlegung des minimalen Zeitabstandes bis zur Auslösung des nächsten Schutzgerätes. Alle Schutzgeräte, die innerhalb der Staffelzeit auslösen, werden bei der Filterauswertung gelb dargestellt.

Die **Verzögerung durch Schaltmechanik** ist jene Zeit, die das Schutzgerät mechanisch benötigt, um die Leitung beim Terminal aufzutrennen.

Durch das **Gleichzeitigkeitszeitintervall** werden Gleitkommaungenaugkeiten bei der Ermittlung der Schutzgeräteauslösung berücksichtigt.

Für die Schutzstreckendiagramme werden Leitungen laut dem Feld **Anzahl Unterteilungen** aufgeteilt, sodass die Teilleitungen jedoch keine kleinere Impedanz haben, als im Feld **Impedanzgrenze Leitungsunterteilung** angegeben.

Der **Min. Auslöse- und Anregestrom** bestimmt den kleinsten Strom für Plan-, Auslöse- und Anregedaten.

Diagramme

Mit dem Schalter **Diagramme nicht angeregter Schutzgeräte darstellen** kann die Darstellung der Auslösekennlinie auch für nicht angeregte Schutzgeräte im I/t-Diagramm aktiviert werden.

Im R/X-Diagramm werden die nichtangeregten Schutzgeräte nicht dargestellt. Die Flächen der angeregten Schutzgeräte würden dabei zu einem winzigen Punkt um den Ursprung schrumpfen.

In den Schutzstreckendiagrammen werden die Staffelpläne entsprechend dem Feld **Stufen für Staffeldiagramme**

- bis zum erstnächsten Schutzgerät,
- bis zum zweitnächsten Schutzgerät oder
- bis zum drittnächsten Schutzgerät

gezeichnet.

Fehlerortung

Die **Genauigkeit Fehlerortung** bestimmt, wie genau der Fehler lokalisiert werden soll. Dieses Feld wird ausschließlich vom Verfahren Fehlerortung benötigt.

Schutzeinstellwerte Berechnungsparameter

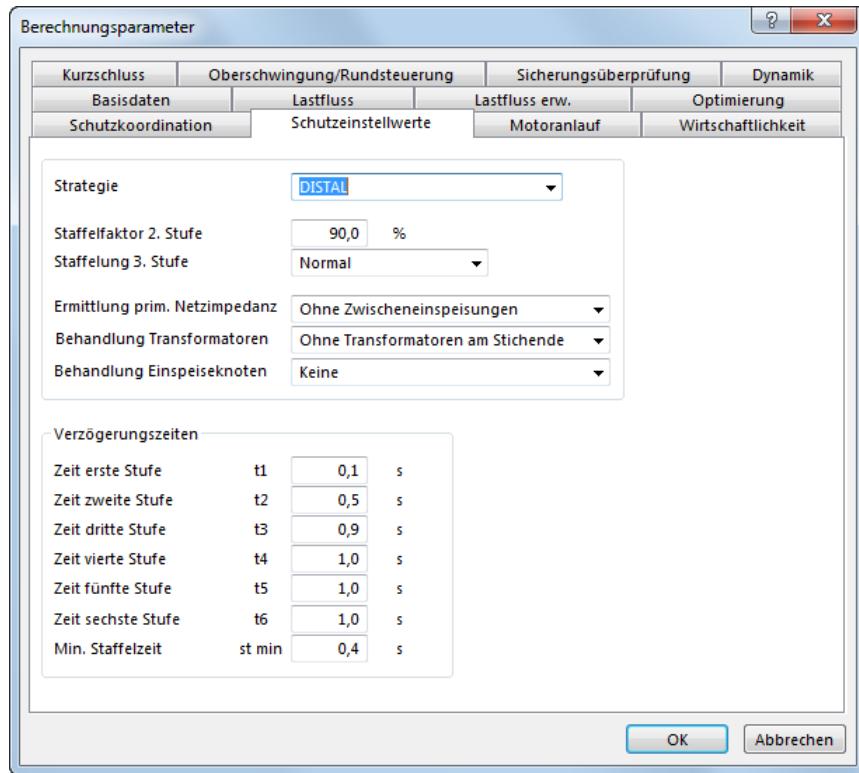


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Schutzeinstellwerte

Im Feld **Strategie** wird bestimmt, nach welcher Methode die Einstellwerte für Distanzschutzgeräte ermittelt werden:

- DISTAL
- Mittelspannungsnetze
- Leitungsimpedanz
- Leitungsimpedanz zugeschaltet

Eine genaue Beschreibung verschiedener Strategien ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Verfahrensbeschreibung der Schutzgeräteeinstellwerte enthalten.

Ermittlung der Distanzschutzeinstellungen

Der Wert im Feld **Staffelfaktor 2. Stufe** dient zur Überprüfung desselbigen. Wird dieser angegebene Wert beim Ermitteln der Einstellwerte unterschritten, so wird von der Berechnung eine Warnungsmeldung ausgegeben.

Datenbeschreibung

Im Feld **Staffelung 3. Stufe** wird angegeben, nach welchen Kriterien diese Stufe eingestellt werden soll:

- Ident mit 2. Stufe
- Normal

Weitere Informationen zur Staffelung der Stufen sind im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Ablauf der Berechnung der Auslösestufen zu finden.

Die **Ermittlung primärer Netzimpedanz** erfolgt je nach Vorgabe:

- Mit Zwischeneinspeisungen
- Ohne Zwischeneinspeisungen

Die Behandlung der Transformatoren erfolgt je nach:

- Mit Transformatoren
- Ohne Transformatoren am Stichende
- Ohne Transformatoren

Mit Hilfe des Feldes Behandlung der Einspeiseknoten können die Knoten von Einspeisungen mit Arbeitspunkt u und phi konstant sowie die Knoten der daran angeschlossenen Transformatoren als begrenzende Knoten für Schutzbereiche definiert werden. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Keiner
- Slackknoten
- Slackknoten und Transformator
- Slackknoten und Transformatorgegenknoten

Verzögerungszeiten

Die Felder **Zeit erste Stufe**, **Zeit zweite Stufe**, **Zeit dritte Stufe**, **Zeit vierte Stufe**, **Zeit fünfte Stufe** und **Zeit sechste Stufe** legen die bevorzugten Auslösezeiten für die jeweilige Stufe fest. Bei Vorgabe einer Auslösezeit von 0 Sekunden bei einem Schutzgerät wird nach Möglichkeit die bevorzugte Auslösezeit herangezogen.

Das Feld **Minimale Staffelzeit** gibt den Mindestzeitabstand zur vorhergehenden Stufe des nachfolgenden Schutzgerätes an. Bei Vorgabe einer Auslösezeit von 0 Sekunden wird als Auslösezeit die Zeit der vorhergehenden Stufe des nachfolgenden Schutzgerätes plus die minimale Staffelzeit herangezogen. Ist diese Auslösezeit kleiner als die bevorzugte Auslösezeit, so wird die entsprechende bevorzugte Auslösezeit herangezogen.

Eine genaue Beschreibung der Verzögerungszeiten ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Verfahrensbeschreibung der Schutzgeräteeinstellwerte, Abschnitt Festlegung durch Berechnungsparameter enthalten.

Motoranlauf Berechnungsparameter

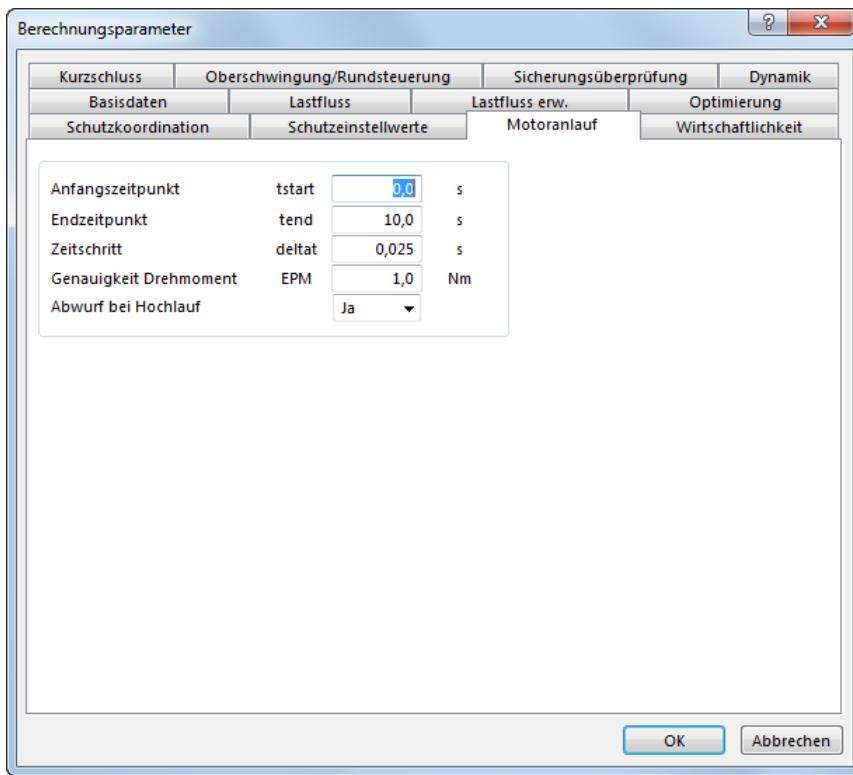


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Motoranlauf

Die Motoranlaufberechnung beginnt immer zum **Anfangszeitpunkt** $t = 0,000$ Sekunden und wird automatisch beendet wenn alle anlaufenden Motoren ihren Betriebspunkt erreicht haben oder wenn der maximale **Endzeitpunkt** erreicht ist.

Über den **Zeitschritt** wird die Schrittweite für die Motoranlaufberechnung vorgegeben. Ein üblicher Wert ist 0,01 Sekunden.

Das Feld **Genauigkeit Drehmoment** dient als Abbruchkriterium für den Hochlaufvorgang. Wenn bei einem Motor der Absolutwert der Differenz zwischen Motormoment und Lastmoment kleiner als die Genauigkeit des Drehmoments ist hat dieser Motor seinen Betriebspunkt erreicht und gilt als hochgelaufen.

Über das Feld **Abwurf bei Hochlauf** kann der Abwurf während der Motoranlaufberechnung gesteuert werden.

Wirtschaftlichkeit Berechnungsparameter

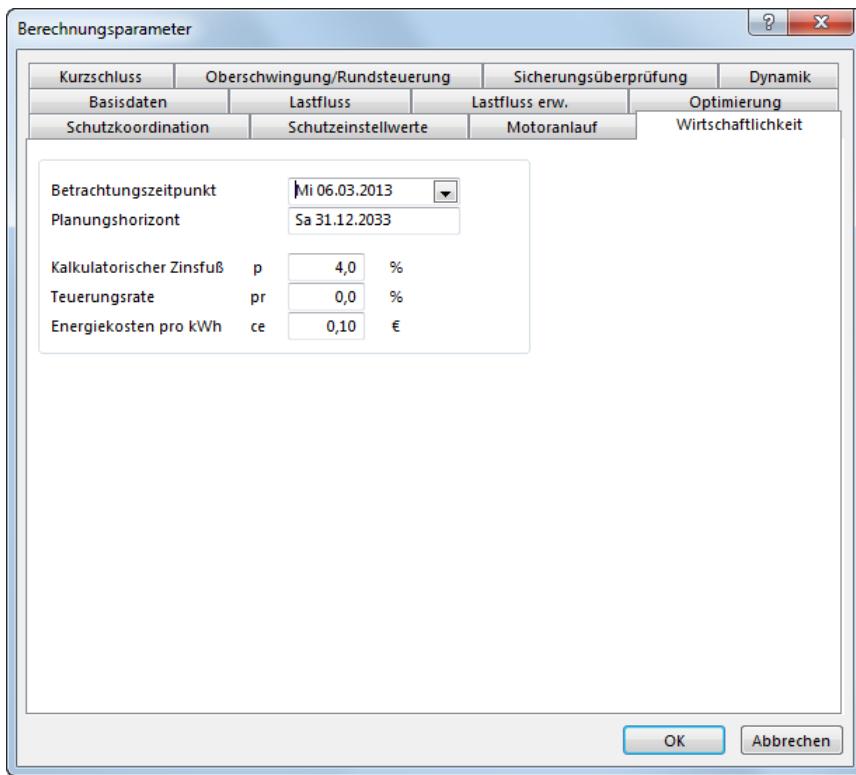


Bild: Datenmaske Berechnungsparameter – Wirtschaftlichkeit

Der **Betrachtungszeitpunkt** bestimmt jenen Zeitpunkt, ab dem eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für das Netz durchgeführt wird. Alle Anschaffungskosten vor diesem Zeitpunkt werden von der Wirtschaftlichkeitsberechnung ignoriert.

Der **Planungshorizont** definiert jenen Zeitraum, für den die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchgeführt wird. Alle Kosten (Errichtungskosten, Stilllegungskosten usw.) nach dem Ende des Planungshorizonts werden nicht berücksichtigt.

Mit dem **Kalkulatorischen Zinsfuß** wird das zur Finanzierung der Aufwendungen benötigte Kapital abgezinst.

Die **Teuerungsrate** wird verwendet, um bei den jährlich anfallenden Betriebskosten eine Steigerung zu modellieren. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird aus der Teuerungsrate der Teuerungsfaktor bestimmt, mit dem die jährlichen Instandhaltungskosten, Verlustkosten und sonstigen Betriebskosten erhöht werden können. Eine genaue Beschreibung finden Sie im Kapitel Jährliche Betriebskosten des Handbuchs Wirtschaftlichkeit.

Die **Energiekosten pro kWh** werden für die Ermittlung der Verlustkosten benötigt.

3.6.2 Globale Parameter

Globale Parameter ermöglichen es, beliebige Zusatzinformationen im Netz zu speichern. Diese Zusatzinformationen werden von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.

Die globalen Parameter werden über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Globale Parameter** definiert.

Eine Übersicht der Felder für die globalen Parameter ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

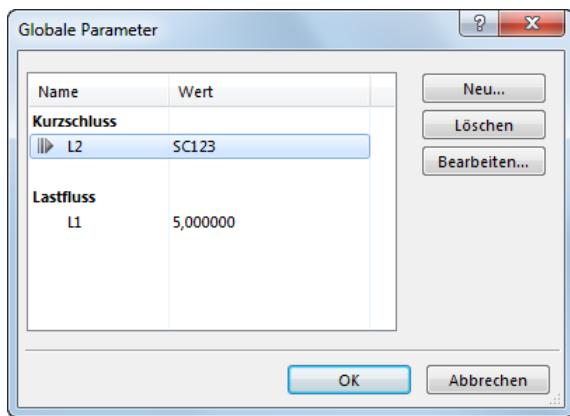


Bild: Dialog Globale Parameter

Im Dialog werden alle definierten globalen Parameter aufgelistet.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** wird ein neuer globaler Parameter für das Netz definiert. Hierzu wird die Datenmaske der globalen Parameter geöffnet. Die Daten der globalen Parameter können durch nochmaliges Anklicken geändert werden.

Mit dem Knopf **Löschen** kann der in der Auswahlliste markierte globale Parameter gelöscht werden.

Durch Drücken des Knopfes **Bearbeiten** kann der in der Liste markierte globale Parameter geändert werden. Hierzu wird die [Datenmaske](#) der globalen Parameter geöffnet.

Basisdaten Globale Parameter

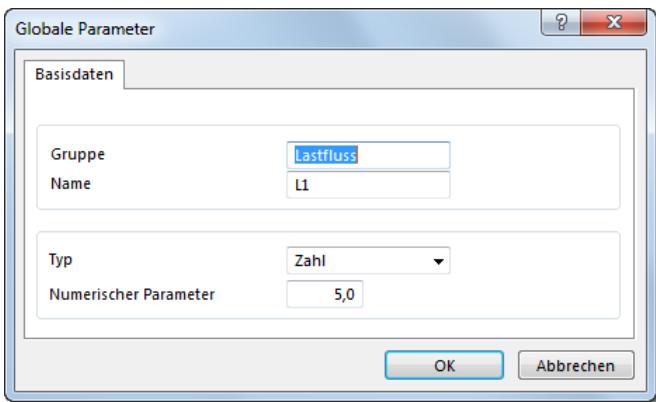


Bild: Datenmaske Globale Parameter

Die Felder **Gruppe** und **Name** können eine beliebige Bezeichnung enthalten.

Im Feld **Typ** wird der Parametertyp festgelegt. Dabei kann zwischen einer Zahl oder einem Text gewählt werden.

Je nach gewähltem Typ kann im Parameterfeld ein beliebiger **Numerischer Parameter** oder ein **Textparameter** angegeben werden.

3.6.3 Allgemeine Daten für Netzelemente

Jedes Netzelement besteht aus den Basisdaten, den Elementdaten und den dazugehörigen Sachdaten. Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen bei Elementen angegeben.

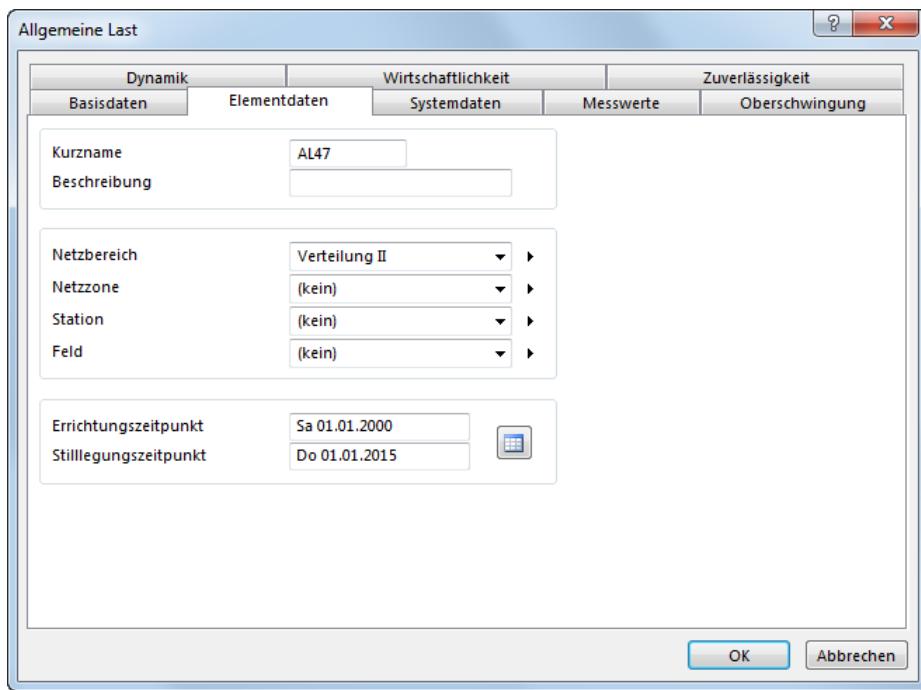


Bild: Allgemeine Last mit Elementdaten

Mit dem Feld **Kurzname** kann eine Kurzbezeichnung für das Netzelement definiert werden.

Im Feld **Beschreibung** kann eine ergänzende Information zum Netzelement hinterlegt werden.

Mit dem Feld **Netzbereich** wird dem Netzelement ein **Netzbereich** zugeordnet. Mit Hilfe des Netzbereiches können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden. Speziell bei der Lastflussberechnung sind Netzbereiche zur Analyse von Transferleistungen und Verlusten sinnvoll.

Mit dem Feld **Netzzone** wird dem Netzelement eine Zone zugeordnet. Damit können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden.

Über die Felder **Station** und **Feld** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen. Diese Zuordnung ist optional, d.h. es muss hier keine Auswahl erfolgen.

Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen das Netzelement fertig gestellt bzw. stillgelegt wird.

Durch Klicken des Knopfes **Betriebszustand** wird ein Dialog geöffnet, in dem der Betriebszustand des Netzelementes datumsabhängig definiert werden kann. D.h. das Netzelement kann zwischen den Errichtungs- und Stilllegungsdatum beliebig oft außer Betrieb bzw. in Betrieb gesetzt werden.

3.6.4 Allgemeine Daten für Einspeisungen

Jedes Netzelement besteht aus den Basisdaten, den Elementdaten und den dazugehörigen Sachdaten. Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen bei Einspeisungen angegeben.

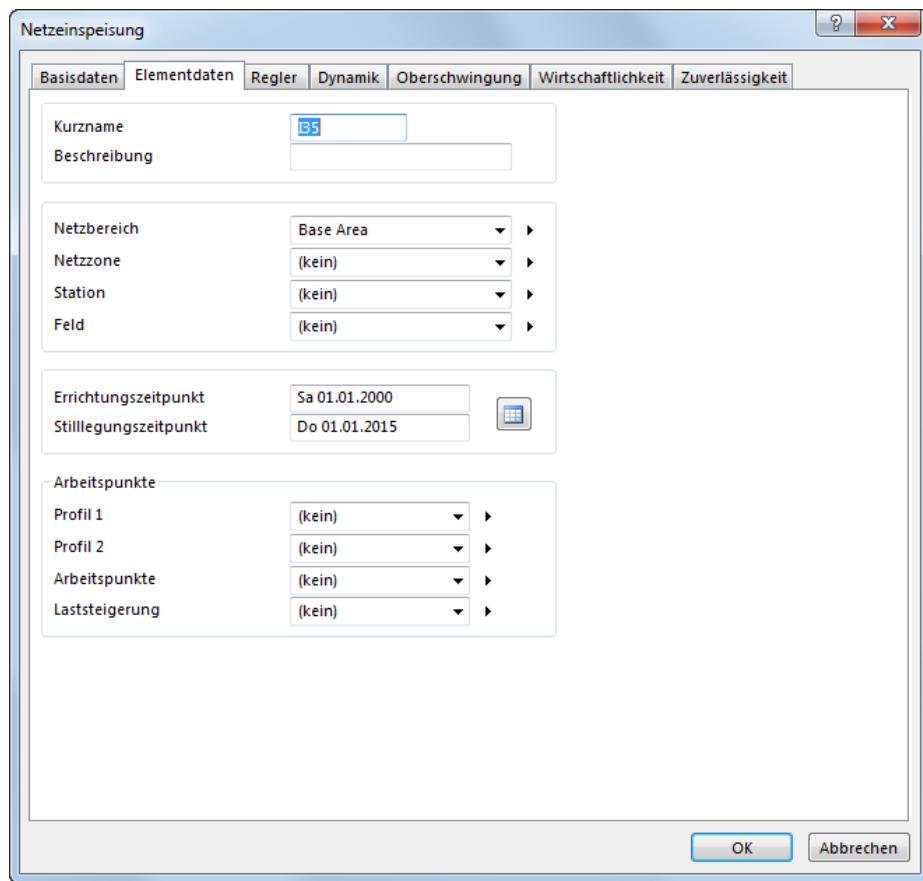


Bild: Netzeinspeisung mit Elementdaten

Mit dem Feld **Kurzname** kann eine Kurzbezeichnung für das Netzelement definiert werden.

Im Feld **Beschreibung** kann eine ergänzende Information zum Netzelement hinterlegt werden.

Mit dem Feld **Netzbereich** wird dem Netzelement ein **Netzbereich** zugeordnet. Mit Hilfe des Netzbereiches können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden. Speziell bei der Lastflussberechnung sind Netzbereiche zur Analyse von Transferleistungen und Verlusten sinnvoll.

Mit dem Feld **Netzzone** wird dem Netzelement eine Zone zugeordnet. Damit können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden.

Über die Felder **Station** und **Feld** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen. Diese Zuordnung ist optional, d.h. es muss hier keine Auswahl erfolgen.

Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen das Netzelement fertig gestellt bzw. stillgelegt wird.

Durch Klicken des Knopfes **Betriebszustand** wird Dialog geöffnet, in dem der Betriebszustand des Netzelementes datumsabhängig definiert werden kann. D.h. das Netzelement kann zwischen den Errichtungs- und Stilllegungsdatum beliebig oft außer Betrieb bzw. in Betrieb gesetzt werden.

Arbeitspunkte

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Mit dem Feld **Laststeigerung** werden zeitliche Leistungsdaten für die Lastentwicklungs berechnung vorgegeben.

3.6.5 Include Netz

Eine genaue Beschreibung ist im Kapitel Include Netz des Handbuchs PSS SINCAL Bedienung zu finden.

3.6.6 Sammelschiene

Zur verbesserten Dokumentation von Sammelschienen ist in PSS SINCAL die "Übergeordnete Sammelschiene" verfügbar. Dieses neue Objekt wird zum Gruppieren von einzelnen Sammelschienen (oder besser Sammelschienenabschnitten) zu einer übergeordneten Sammelschiene verwendet.

Eine übergeordnete Sammelschiene wird über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Sammelschiene** definiert. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Die Zuordnung der einzelnen Sammelschienen zu einer übergeordneten Sammelschiene kann wahlweise über die Netzelementmaske oder das Kontextmenü erfolgen.

Eine Übersicht der Felder für die Sammelschiene ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Sammelschiene

Name	Sammelschiene 1
Kurzname	S1
Sammelschienentyp	Einfachsammelschiene

Bild: Basisdaten der übergeordneten Sammelschiene

Die übergeordnete Sammelschiene wird derzeit ausschließlich zur Dokumentation verwendet. Von den Berechnungsmethoden wird dieses neue Objekt nicht verarbeitet.

Mit dem Feld **Sammelschienentyp** kann die Art der Sammelschiene dokumentiert werden. Hierbei sind folgende Auswahlwerte verfügbar:

- Einfachsammelschiene
- Doppelsammelschiene
- Mehrfachsammelschiene

3.6.7 Eigentümer

Der Eigentümer wird wie der Netzbereich zur Gruppierung von Netzelementen verwendet.

Im Gegensatz zum Netzbereich kann aber ein Netzelement beliebigen Eigentümern zugeordnet werden. Dies ermöglicht es, verschiedenste Zusammenhänge und Verbindungen im Netz zu dokumentieren.

Die Bearbeitung von Eigentümern erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Eigentümer**.

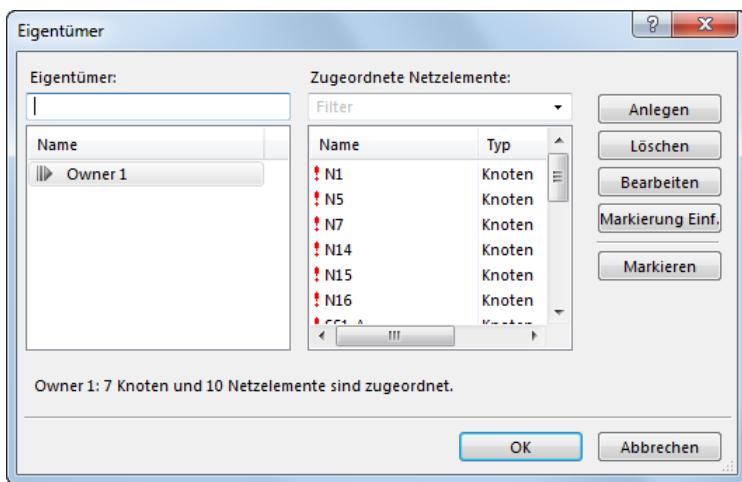


Bild: Dialog Eigentümer

Der Dialog enthält zwei Auswahllisten. In der Auswahlliste **Eigentümer** werden alle verfügbaren Eigentümer aufgelistet. Die Auswahlliste **Zugeordnete Netzelemente** beinhaltet alle zugeordneten Netzelemente des gewählten Eigentümers. Dabei werden **Name**, **Typ** und **Anteil** der Netzelemente angezeigt. Der Anteil gibt an, wie viel Prozent der Eigentümer vom Netzelement besitzt, und kann direkt in der Liste durch Anklicken bzw. durch Drücken der F2 Taste geändert werden. Die Netzelemente in dieser Auswahlliste werden gekennzeichnet, sofern diese im Grafikeditor markiert sind. Damit kann die Zuordnung von Netzelementen überprüft werden.

Die Listeneinträge können bequem über das Eingabefeld **Filter** temporär reduziert werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfangs in der darunter liegenden Auswahlliste. Hierbei ist jedoch die Groß- und Kleinschreibung zu beachten. Eine Besonderheit bietet der Knopf im Eingabefeld. Durch Drücken dieses Knopfes erscheint ein Menü, mit dem das Filterkriterium gewählt werden kann.

Ein neuer Eigentümer wird durch Klicken des Knopfes **Anlegen** erzeugt. Hierbei wird die **Datenmaske** zur Definition des Eigentümers geöffnet. Nach dem Schließen der Datenmaske mit **OK** wird der neue Eigentümer in der Auswahlliste **Eigentümer** angezeigt und vorausgewählt.

Nun können dem Eigentümer die eigentlichen Netzelemente zugeordnet werden. Dies erfolgt durch Klicken des Knopfes **Markierung einfügen**. Hierbei werden die im Grafikeditor markierten Netzelemente dem Eigentümer zugeordnet.

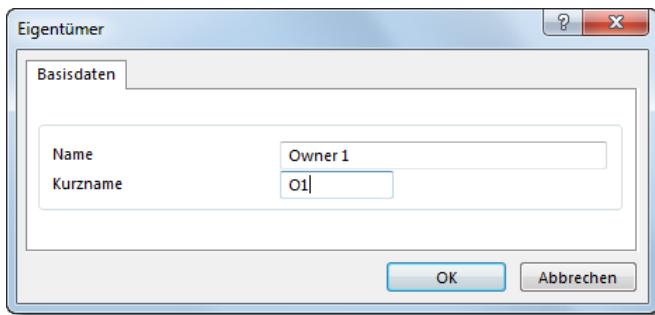
Mit dem Knopf **Löschen** können vollständige Eigentümer und auch einzelne zugeordnete Elemente gelöscht werden.

Durch Klicken des Knopfes **Bearbeiten** kann die Datenmaske **Eigentümer** zur Bearbeitung geöffnet werden. Dies ist auch durch Doppelklick auf den gewünschten Eigentümer möglich.

Mit dem Knopf **Markieren** können jene Netzelemente, die einem Eigentümer zugeordnet sind, im Grafikeditor markiert werden.

Eine Übersicht der Felder für den Eigentümer ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

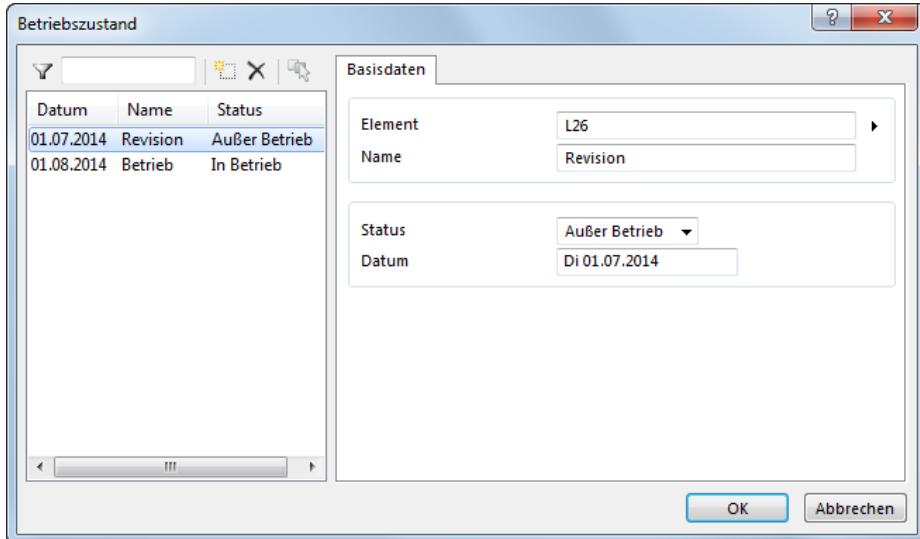
Basisdaten Eigentümer**Bild: Datenmaske Eigentümer**

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient. Diese muss nicht eindeutig sein. Zusätzlich kann mit **Kurzname** eine Kurzbezeichnung vergeben werden.

3.6.8 Betriebszustand

Diese Daten werden über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Betriebszustand** im Kontextmenü eines Netzelements definiert. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Betriebszustand ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Betriebszustand**Bild: Basisdaten des Betriebszustandes**

Mit diesen Daten kann der Betriebszustand eines Netzelementes datumsabhängig definiert werden. D.h. das Netzelement kann zwischen den Errichtungs- und Stilllegungsdatum beliebig oft außer Betrieb bzw. in Betrieb gesetzt werden.

Im Feld **Element** wird das Netzelement ausgewählt.

Im Feld **Name** kann eine beliebige Bezeichnung/Kennung für die Änderung des Betriebszustandes hinterlegt werden.

Der **Status** definiert, ob das Netzelement in Betrieb oder außer Betrieb ist.

Im Feld **Datum** wird festgelegt, wann die Änderung des Betriebszustandes statt findet.

3.6.9 Zusatzdaten Netzelement

Netzelementzusatzdaten ermöglichen es, beliebige Zusatzinformationen zu Netzelementen zu speichern. Sie können zusätzlich zu den Eingabedaten des Elementes in der Beschriftung der Netzgrafik angezeigt werden. Diese Zusatzinformationen werden von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.

Diese Daten werden über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Zusatzdaten Netzelement** im Kontextmenü eines Netzelements definiert.

Eine Übersicht der Felder für die Netzelementzusatzdaten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

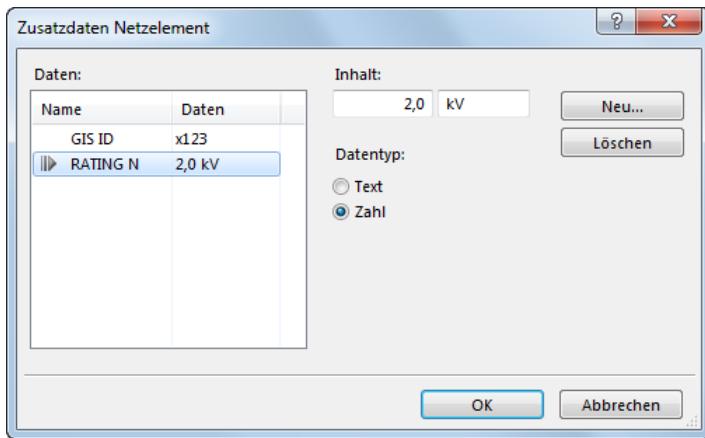


Bild: Dialog Zusatzdaten Netzelement

Netzelementzusatzdaten werden über die Attribute **Daten** und **Inhalt** beschrieben. Je nach gewähltem Inhalt müssen die Felder **Text** und **Zahl** (Wert und Einheit) befüllt werden.

Im Dialog werden alle definierten Netzelementzusatzdaten für das markierte Element aufgelistet. Durch Auswählen eines Eintrages werden dessen Attribute im rechten Teil des Dialoges angezeigt. Diese können beliebig geändert werden.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** werden die neuen Zusatzdaten definiert. Hierbei muss ein Name vorgegeben werden.

Mit dem Knopf **Löschen** kann der in der Auswahlliste markierte Eintrag gelöscht werden.

3.6.10 Zusatzdaten Knoten

Knotenzusatzdaten ermöglichen es, beliebige Zusatzinformationen zu Knoten zu speichern. Sie können zusätzlich zu den Eingabedaten des Knotens in der Beschriftung der Netzgrafik angezeigt werden. Diese Zusatzinformationen werden von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.

Diese Daten werden über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Zusatzdaten Knoten** im Kontextmenü eines Knotens definiert.

Eine Übersicht der Felder für die Knotenzusatzdaten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

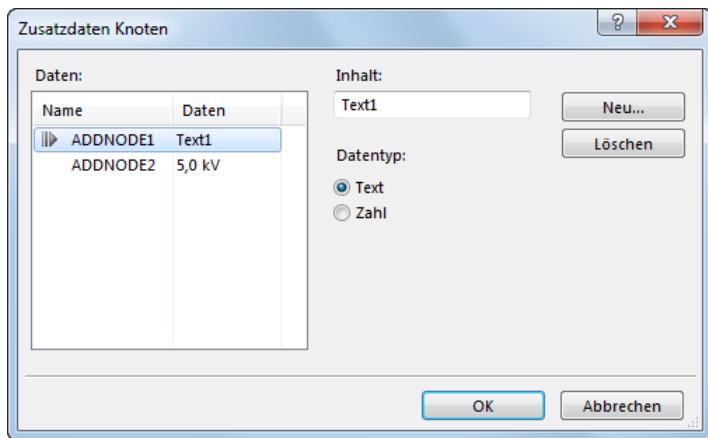


Bild: Dialog Zusatzdaten Knoten

Knotenzusatzdaten werden über die Attribute **Daten** und **Inhalt** beschrieben. Je nach gewähltem Inhalt müssen die Felder **Text** und **Zahl** (Wert und Einheit) befüllt werden.

Im Dialog werden alle definierten Knotenzusatzdaten für den markierten Knoten aufgelistet. Durch Auswählen eines Eintrages werden dessen Attribute im rechten Teil des Dialoges angezeigt. Diese können beliebig geändert werden.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** werden die neuen Zusatzdaten definiert. Hierbei muss ein Name vorgegeben werden.

Mit dem Knopf **Löschen** kann der in der Auswahlliste markierte Eintrag gelöscht werden.

3.6.11 Master Ressource

Diese Daten ermöglichen es, einem Netzelement bzw. Zusatzdaten spezielle Schlüssel zur Identifikation zuzuweisen. Diese Schlüssel dienen der Datenkopplung mit Fremdsystemen.

Diese Daten werden über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Master Ressource** im Kontextmenü eines Elementes definiert.

Eine Übersicht der Felder für die Master Ressource ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

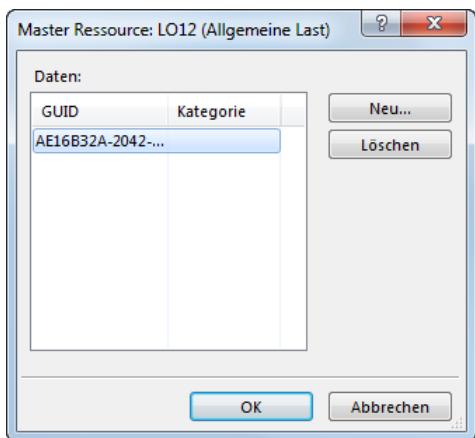


Bild: Dialog Master Ressource

Im Dialog werden alle definierten Master Ressourcen aufgelistet.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** wird eine neue Master Ressource für das Netzelement definiert. Hierbei wird eine neue GUID (Global Unique ID) generiert und in die Liste aufgenommen. Die Kategorie legt den Gültigkeitsbereich der jeweiligen GUID fest. Sie wird von PSS SINCAL bei bestimmten Vorgängen (CIM Import, CIM Export) automatisch befüllt.

Mit dem Knopf **Löschen** können die in der Auswahlliste markierten Daten gelöscht werden.

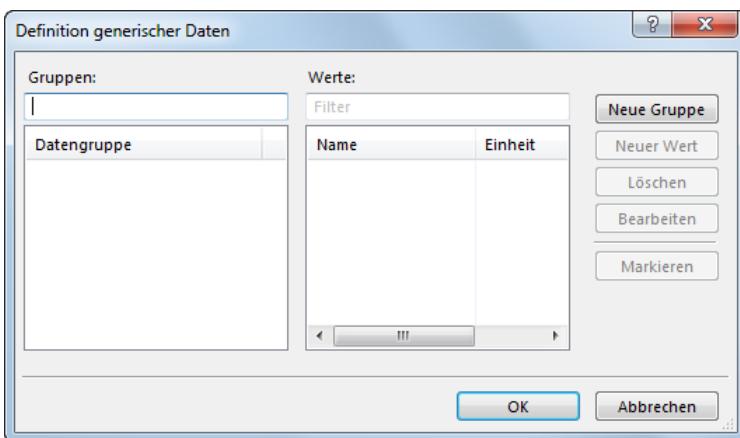
Eine übersichtliche Darstellung aller Netzelemente und der zugeordneten Master Ressourcen ist im Netzbrowser verfügbar. Eine genaue Beschreibung hierzu finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbrowser, Abschnitt Master Ressource.

3.6.12 Definition generischer Datenstrukturen

Generische Daten ermöglichen es, beliebige Zusatzinformationen zu Netzelementen zu speichern. Diese Zusatzinformationen werden von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt. Durch die freie Strukturierbarkeit der generischen Daten kann die Netzdokumentation individuell angepasst werden.

Die Definition der Datenstruktur für generische Daten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Generische Daten – Generische Daten definieren**.

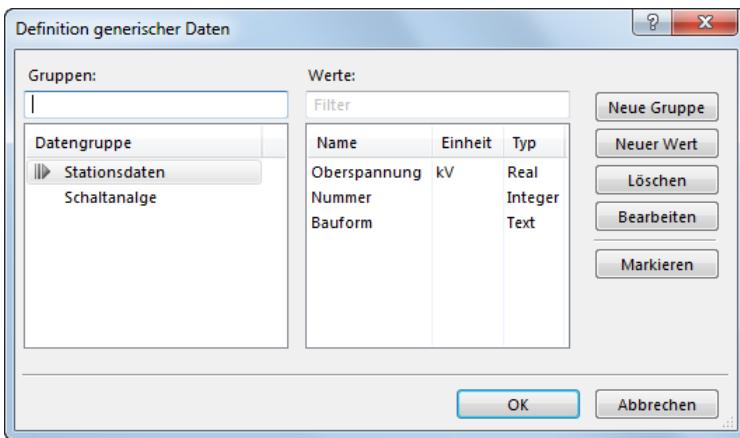
Datenbeschreibung

**Bild: Dialog Generische Daten definieren**

Der erste Schritt ist die Definition einer **Datengruppe**, welche die einzelnen Datenwerte einer generischen Struktur zusammenfasst. Durch Klicken in den linken Bereich des Dialoges und anschließendes Drücken des Knopfes **Einfügen** erscheint die **Datenmaske** zur Definition der Datengruppe.

Im zweiten Schritt werden die einzelnen Datenwerte der Datengruppe zugeordnet. Dies erfolgt durch Anklicken der rechten Auswahlliste im Dialog. Nun können über **Einfügen** in einer **Datenmaske** beliebige Datenwerte angelegt werden.

Nach der Datengruppendefinition und der Zuordnung der Datenwerte zu den Datengruppen erscheinen diese übersichtlich im Dialog **Generische Daten definieren** und können dort nachträglich bearbeitet oder wieder gelöscht werden.

**Bild: Dialog Generische Daten definieren**

Eine Übersicht der Felder für die Datengruppendefinition und die Datenwertdefinition ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Datengruppendefinition

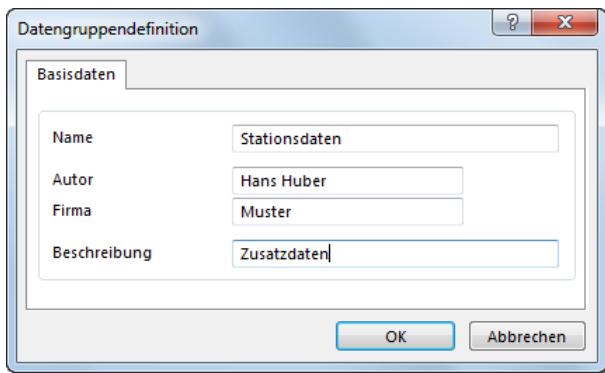


Bild: Datenmaske Datengruppendefinition

In der Datengruppendefinition werden allgemeine Beschreibungsinformationen wie **Autor**, **Firma** und **Beschreibung** eingegeben.

Basisdaten Datenwertdefinition

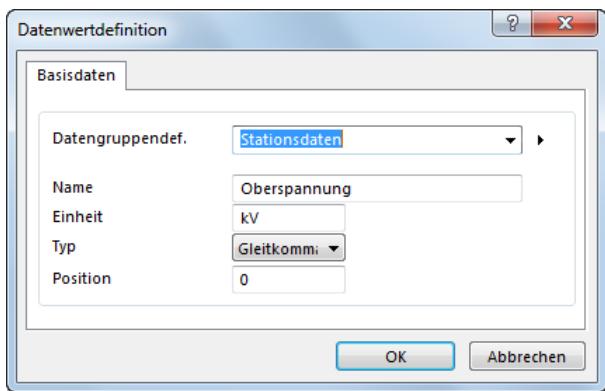


Bild: Datenmaske Datenwertdefinition

Die Datenwertdefinition wird über das Feld **Datengruppendefinition** einer Datengruppendefinition zugeordnet. Mit dem Feld **Name** wird der Name für die generische Information vorgegeben. Dieser Name wird in der Maske zur Bearbeitung der generischen Daten angezeigt. Über die Felder **Einheit** und **Typ** werden Zusatzinformationen zum Datenwert vorgegeben. Über das Feld **Position** kann festgelegt werden, an welcher Stelle der generische Datenwert angezeigt wird.

3.6.13 Generische Daten

Generische Daten ermöglichen es, beliebige Zusatzinformationen zu Netzelementen zu speichern. Diese Zusatzinformationen werden von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt. Durch die freie Strukturierbarkeit der generischen Daten kann die Netzdokumentation individuell strukturiert werden.

Datenbeschreibung

Generische Daten können beliebigen Netzelementen zugeordnet werden. Die Zuordnung erfolgt über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Generische Daten** im Kontextmenü des Netzelementes. Dadurch wird die Maske zur Eingabe von generischen Daten geöffnet.

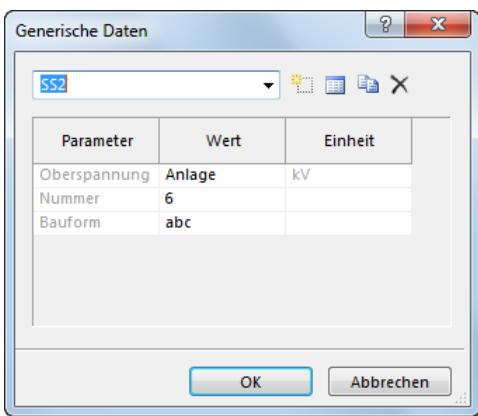


Bild: Dialog Generische Daten

Die generischen Daten werden über einen allgemeinen Datensatz und den zugeordneten Datenwerten definiert. Die Eingabe von generischen Daten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die generischen Daten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Falls generische Daten nach der Zuordnung zu Netzelementen verändert werden, können diese über den Menüpunkt **Daten – Generische Daten – Generische Daten aktualisieren** aktualisiert werden.

Allgemeine Daten

In den Generischen Daten wird über das Feld **Beziehungstyp** festgelegt, ob dieser Datenwert einem Knoten oder einem Netzelement zugeordnet wird.

Je nach gewähltem Beziehungstyp wird das Feld **Knoten/Sammelschiene** bzw. **Element** befüllt.

Datenwerte

Der Datenwert speichert die tatsächlichen generischen Daten. Dies erfolgt über das Feld **Wert**.

3.6.14 Beschreibung

Dieses Element ermöglicht die Definition von beliebig vielen Beschreibungstexten im Netz. Diese können dann sowohl in der Netzgrafik als auch in den Diagrammen mit Hilfe von Formatcodes visualisiert werden.

Die Bearbeitung der Beschreibungen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Anmerkungen – Beschreibung**.

Eine Übersicht der Felder für die Beschreibung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

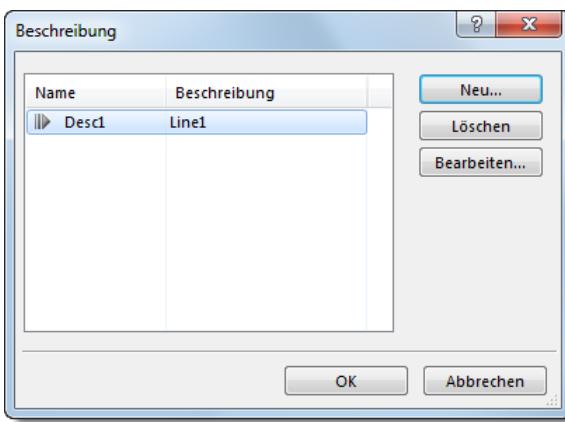


Bild: Dialog Beschreibung

Im Dialog werden alle definierten Beschreibungen aufgelistet.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** wird eine neue Beschreibung für das Netz definiert. Hierzu wird die Datenmaske der Beschreibung geöffnet. Dabei muss ein eindeutiger Name vorgegeben werden. Der Name und die Beschreibung können durch nochmaliges Anklicken geändert werden.

Mit dem Knopf **Löschen** können die in der Auswahlliste markierten Beschreibungen gelöscht werden.

Durch Drücken des Knopfes **Bearbeiten** kann die in der Liste markierte Beschreibung geändert werden. Hierzu wird die [Datenmaske](#) der Beschreibung geöffnet.

Die Reihenfolge der Beschreibungen kann manuell geändert werden. Hierzu wird die gewünschte Beschreibung markiert und durch Halten der Shift-Taste und gleichzeitiges Betätigen der Cursortasten nach oben oder nach unten verschoben.

Basisdaten Beschreibung

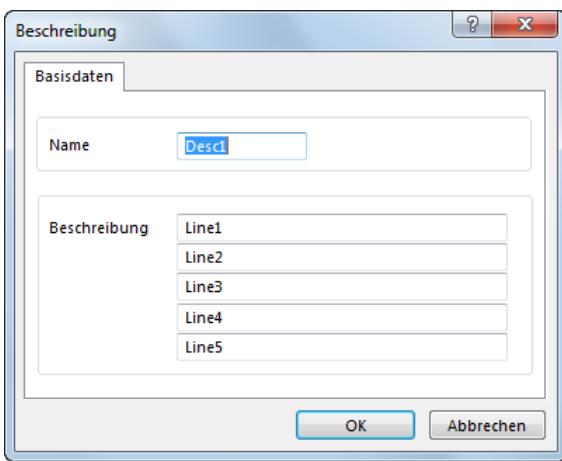


Bild: Datenmaske Beschreibung

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient.

Die Felder für die **Beschreibung** dienen zur Eingabe des Beschreibungstextes.

3.6.15 Leitungsabschnitt

Mit den Leitungsabschnitten können Zusatzdaten für eine bestehende Leitung definiert werden. Diese Zusatzdaten dienen ausschließlich zur Information und Dokumentation und werden von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.

Um die Modellierung des Netzes für elektrische Untersuchung möglichst einfach zu halten, werden oft mehrere Leitungen zu einer einzigen Leitung zusammengefasst. Dies ist selbstverständlich problemlos möglich, wenn die einzelnen Leitungen ähnliche oder identische technische Daten haben. Mit Hilfe der Leitungsabschnitte können die Informationen zu den einzelnen Abschnitten hinterlegt werden und das Netz bleibt für elektrische Untersuchungen übersichtlich.

Leitungsabschnitte werden über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Leitungsabschnitte** im Kontextmenü einer Leitung definiert. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Leitungsabschnitte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Leitungsabschnitt

Bild: Basisdaten für den Leitungsabschnitt

Über das Feld **Leitungstyp** wird der grundlegende Typ für den Leitungsabschnitt definiert:

- **Kabel:**
Die Leitung wird als Kabel modelliert.
- **Freileitung:**
Die Leitung wird als Freileitung modelliert.
- **Verbindung:**
Die Leitung wird als "impedanzlose Verbindungsleitung" modelliert.

Über das Feld **Verlegungsart** wird dokumentiert, wie die Leitung verlegt ist. Hierbei sind die Verlegungsarten Erde und Luft verfügbar.

Die **Abschnittsnummer** identifiziert die Position des Leitungsabschnittes in Leitungsverlauf.

Mit dem Feld **Länge** wird die Länge des Leitungsabschnittes definiert.

Mit den Feldern **Widerstand**, **Reaktanz** und **Kapazität** werden die elektrischen Eigenschaften der Leitung im Mitsystem dokumentiert.

Über das Feld **Nennspannung** wird die zulässige Betriebsspannung der Leitung dokumentiert.

Die **Ableitverluste** dokumentieren die längenbezogenen Verluste des Leitungsabschnittes.

Das Feld **Leiterinformation** dient nur zu Dokumentationszwecken.

Der Wirkwiderstand der Leitung wird mit Hilfe des **Temperaturkoeffizienten** von 20 °C auf die Leiter- oder Kabeltemperatur T der Netzebene umgerechnet.

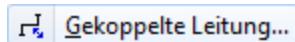
Der **Thermische Grenzstrom** dokumentiert die maximale Strombelastbarkeit des Leitungsabschnittes.

Nullsystem

Mit den Feldern **Widerstand im Nullsystem**, **Reaktanz im Nullsystem** und **Kapazität im Nullsystem** werden die elektrischen Eigenschaften der Leitung im Nullsystem dokumentiert.

Mit dem Feld **Erdrückleitung** wird dokumentiert, ob eine Rückleitung vorhanden ist.

3.6.16 Gekoppelte Leitung



Diese Daten werden verwendet, um eine gekoppelte Leitung im Nullsystem nachzubilden.

Die Bearbeitung der gekoppelten Leitung erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Gekoppelte Leitung**.

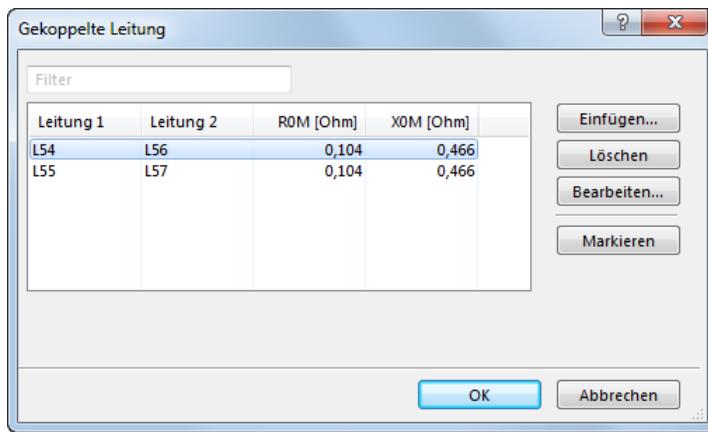


Bild: Dialog Gekoppelte Leitung

In diesem Dialog werden alle verfügbaren gekoppelten Leitungen aufgelistet.

Datenbeschreibung

Die Listeneinträge können bequem über das Eingabefeld **Filter** temporär reduziert werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunter liegenden Auswahlliste. Hierbei ist jedoch die Groß- und Kleinschreibung zu beachten. Die Filtereinstellungen beziehen sich nur auf **Leitung 1** und **Leitung 2**.

Eine neue gekoppelte Leitung wird durch Klicken des Knopfes **Einfügen** erzeugt. Hierbei wird die **Datenmaske** zur Definition der gekoppelten Leitung geöffnet. Nach dem Schließen der Datenmaske mit **OK** wird der neue Datensatz in der Auswahlliste angezeigt und vorausgewählt.

Mit dem Knopf **Löschen** werden alle markierten gekoppelten Leitungen gelöscht.

Durch Klicken des Knopfes **Bearbeiten** kann die Datenmaske **Gekoppelte Leitung** zur Bearbeitung geöffnet werden. Dies ist auch durch Doppelklick auf den gewünschten Eintrag möglich.

Mit dem Knopf **Markieren** können die Leitungen des selektierten Koppeldatensatzes im Grafikeditor markiert werden.

Eine Übersicht der Felder für die Gekoppelte Leitung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Gekoppelte Leitung

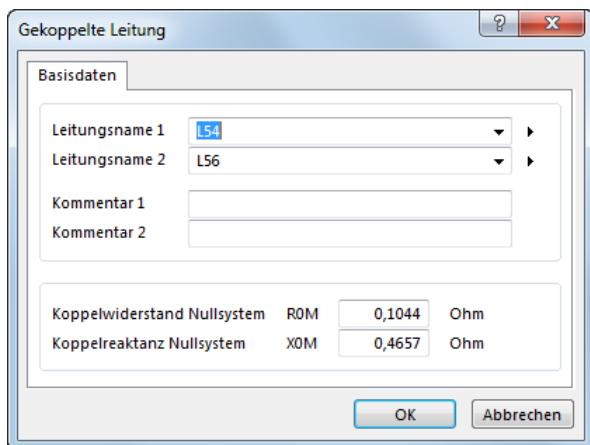


Bild: Datenmaske Gekoppelte Leitung

Über die Felder **Leitungsname 1** und **Leitungsname 2** werden jene Leitungen ausgewählt, welche die Kopplung bilden.

Über die Felder **Kommentar 1** und **Kommentar 2** können beliebige Anmerkungen vorgenommen werden.

Die Kopplungsimpedanz wird über den **Koppelwiderstand Nullsystem** und die **Koppelreaktanz Nullsystem** bestimmt.

Zu beachten: Kopplungen sind richtungsabhängig anzugeben. Der Koppelwiderstand und die Koppelreaktanz sind bei allen zugewiesenen Leitungen vom Leitungsanfang zum Leitungsende anzugeben. Sind die zugewiesenen Leitungen entgegengesetzt erfasst, sind der Koppelwiderstand und die Koppelreaktanz negativ anzugeben, um das gleiche Verhalten zu erreichen. Bei allen zugewiesenen Leitungen muss die Anzahl der parallelen Systeme ident 1 sein. Die Leitung muss den Leitungstyp Kabel oder Freileitung aufweisen.

3.6.17 Koppeldaten

Die Koppeldaten dienen zur allgemeinen Nachbildung von gekoppelten homogenen Mehrleitersystemen. Dabei werden die Mehrleitersysteme üblicherweise mit dem Programm Leika modelliert. Für die Nachbildung der homogenen Mehrleitersystem wird eine vollständig gefüllte Koppelmatrix benötigt. Diese kann vom Programm Leika generiert bzw. selbst direkt in PSS SINCAL definiert werden.

Bei Verwendung von Koppeldaten werden die gekoppelten Leitungen über eine voll besetzte Längs- und Querleitwertmatrix beschrieben. Das folgende Bild zeigt das Ersatzschaltbild für ein einzelnes gekoppeltes System.

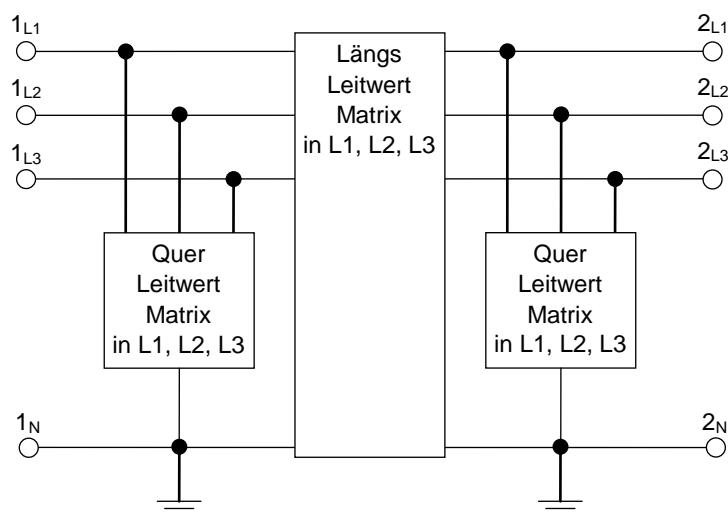


Bild: Leitungsnachbildung mit Koppeldaten für ein gekoppeltes System

Aus den Längsdaten wird die Längswiderstandsmatrix in L1, L2 und L3 bestimmt. Durch Bildung der Kehrmatrix erhält man die Längsleitwertmatrix in L1, L2 und L3. Aus den Querdaten wird die Querleitwertmatrix in L1, L2 und L3 bestimmt.

Die Bearbeitung der Koppeldaten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Koppeldaten**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Koppeldaten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Koppeldaten

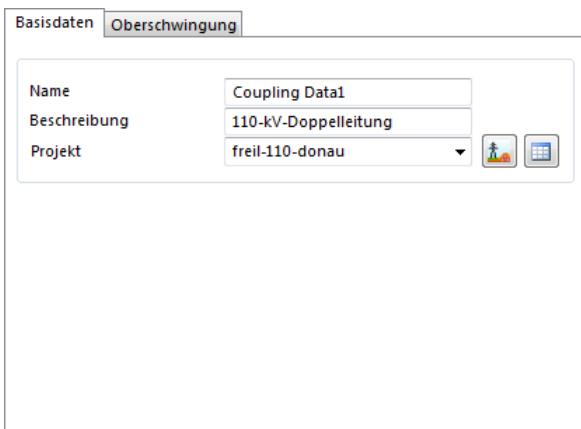


Bild: Basisdaten der Koppeldaten

Mit dem Feld **Name** kann eine beliebige Bezeichnung für die Koppeldaten definiert werden.

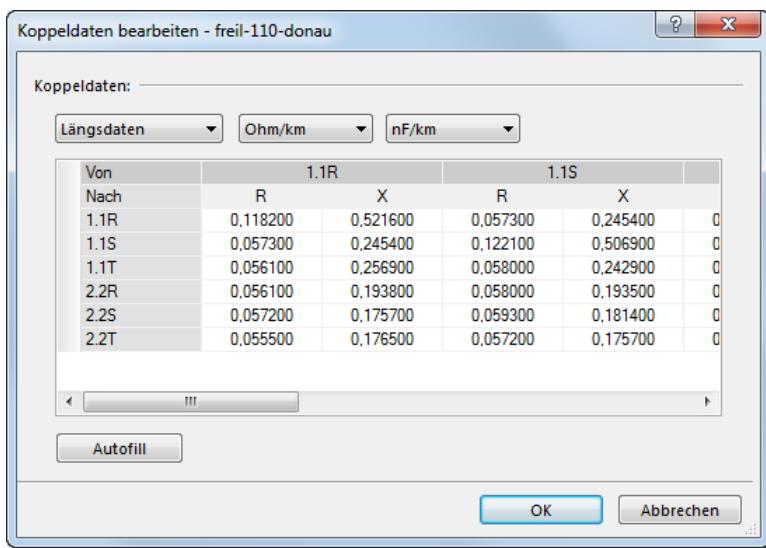
Über das Feld **Beschreibung** kann eine zusätzliche Information zu den Koppeldaten hinterlegt werden.

Im Feld **Projekt** wird der Name der Leika Projektdatei bzw. der Koppeldatendatei hinterlegt. Diese Datei wird immer im Verzeichnis des aktuellen Netzes (xxx_files\Leika) gespeichert. Das Leika Projekt enthält Informationen zu den gekoppelten Systemen. Bei Freileitungen werden das Mastprofil und die darauf installierten Systeme definiert, bei Kabeln die Verlegung der Kabel im Boden. Aus diesen Informationen kann Leika eine vollständige Koppelmatrix der Systeme errechnen.

Die Koppelmatrix kann auch direkt mit Hilfe einer Koppeldatendatei definiert werden. D.h. hier wird kein Leika Projekt benötigt.

Ist das Projekt ein Leika Projekt, so wird durch Klicken des Knopfes **Leika** das ausgewählte Projekt im Programm Leika geöffnet. Nähere Informationen zur Verwendung von Leika sind der Online-Hilfe dieses Programmes zu entnehmen.

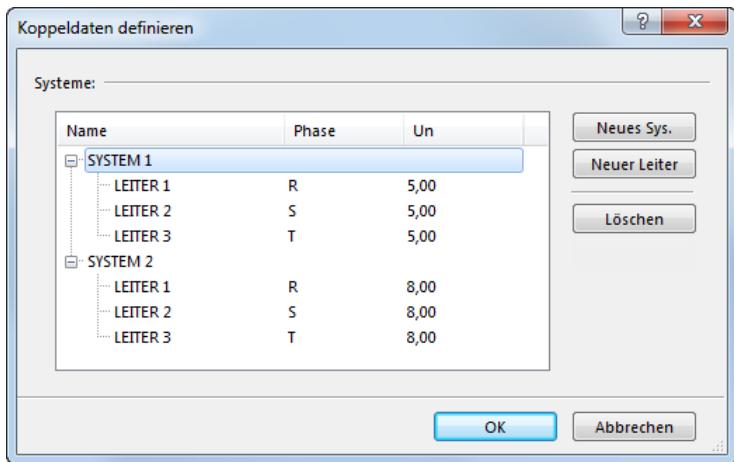
Ist das Projekt eine Koppeldatendatei, so wird durch Klicken des Knopfes **Koppeldaten bearbeiten** der Dialog **Koppeldaten bearbeiten** geöffnet.

**Bild: Koppeldaten bearbeiten**

In diesem Dialog werden drei Auswahllisten angezeigt. In der ersten Liste kann gewählt werden, ob Längs- oder Querdaten in der Tabelle aufgelistet werden. Die Einheiten für Impedanzen werden in der zweiten Auswahlliste, jene für Kapazitäten in der dritten Auswahlliste gewählt.

Durch Drücken des Knopfes **Autofill** werden die Werte (Längs- oder Querdaten) des oberen Teiles der Datenmatrix auf den unteren Teil übertragen, da sich die Koppeldaten entlang der Hauptdiagonale spiegeln. Daher entfällt das händische Eingeben von Daten im unteren Teil.

Existiert zum angegebenen Projekt noch keine Koppeldatendatei, so wird durch Klicken des Knopfes **Koppeldaten** der Dialog **Koppeldaten definieren** geöffnet.

**Bild: Koppeldaten definieren**

In diesem Dialog können gekoppelte Systeme und deren Koppelmatrix definiert werden.

In der Liste werden alle definierten **Systeme** mit deren Leitern angezeigt. Dort können **Neue Systeme** bzw. **Neue Leiter** angelegt werden.

Datenbeschreibung

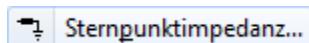
Durch Klicken des Knopfes **Löschen** wird das selektierte System oder der selektierte Leiter gelöscht.

Die einzelnen Daten können direkt in der Liste geändert werden. Dies erfolgt durch Aktivieren des gewünschten Listeneintrages und nochmaligem Klicken. Bei der Phase sind nur die Werte R, S, T und E erlaubt.

Oberschwingung Koppeldaten

Die Oberschwingungsdaten für die Koppeldaten sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.6.18 Sternpunktimpedanz



Über diese Daten werden die Impedanzeingabe und die Verschaltung von Sternpunkten ermöglicht.

Die Bearbeitung der Sternpunktimpedanzen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Sternpunktimpedanz**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Sternpunktimpedanz ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Sternpunktimpedanz

Basisdaten	
Schaltzustand	Ein
Sternpunktname	STP_1
Gemeinsame Sternpunktimp.	CNP
Typ	Node
Knoten	SS1-A
Darstellung in Netzgrafik	Nein
Strom berechnen	Nein
Sternpunkt Widerstand RE	0,0 Ohm
Sternpunkt Reaktanz XE	0,0 Ohm
Erdimpedanz	Nein
Erdwiderstand RG	0,0 Ohm
Erdreaktanz XG	0,0 Ohm

Bild: Basisdaten der Sternpunktimpedanz

In der Berechnung wird die Sternpunktimpedanz wie folgt nachgebildet.



$$Z_E = 3 * (R_E + jX_E)$$

Bei **Schaltzustand Ein** wird der angegebene **Sternpunkt Widerstand** und die angegebene **Sternpunkt Reaktanz** verwendet. Bei **Schaltzustand Aus** wird eine unendlich hohe Impedanz verwendet.

Transformatorsternpunkte gleicher Nennspannung können über einen gemeinsamen Sternpunkt geerdet werden. Dieser gemeinsame Sternpunkt wird über das Feld **Gemeinsame Sternpunktimpedanz** angegeben. Zusätzlich müssen solche Sternpunkte als gemeinsame Sternpunktimpedanz gekennzeichnet werden.

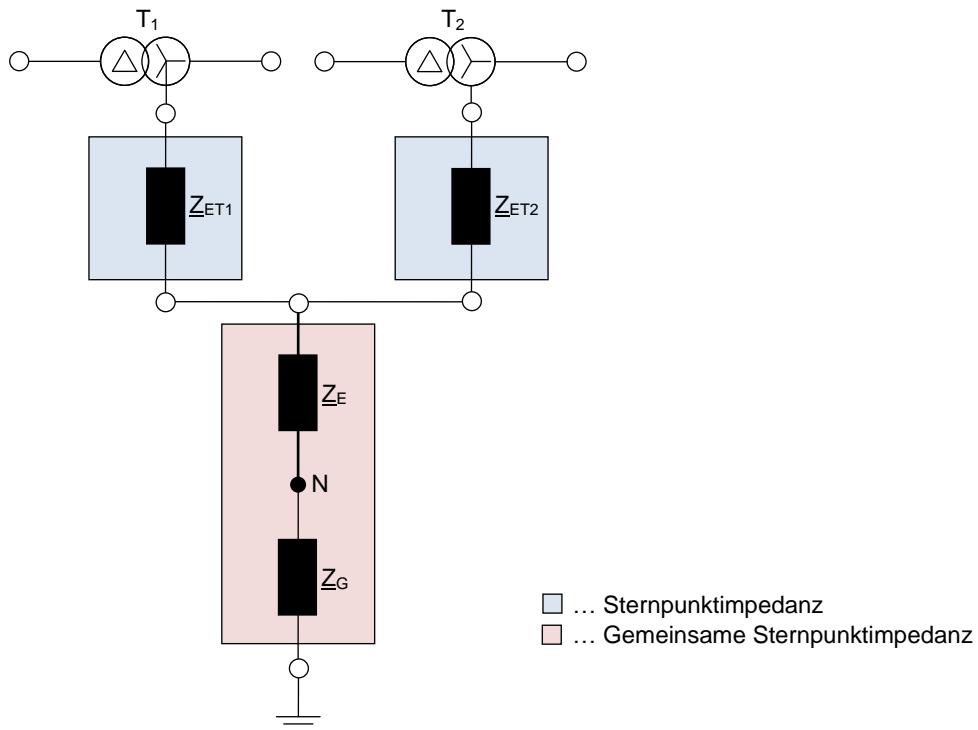


Bild: Sternpunktverschaltung einphasig

Das Feld **Typ** kennzeichnet die Art der Sternpunktimpedanz. Hierbei wird unterschieden zwischen

- **Knoten:**
Die Sternpunktimpedanz ist einem Knoten zugeordnet und fungiert hier als Erdungsbildner vom Nullsystem des Knotens auf Erde.
- **Element:**
Die Sternpunktimpedanz ist einem Sternpunkt eines Netzelementes zugeordnet.
- **Gemeinsamer Sternpunkt:**
Die Sternpunktimpedanz wird zur Verschaltung verwendet.

Datenbeschreibung

Im Feld **Knoten** wird jener Knoten angezeigt, dem die Sternpunktimpedanz zugeordnet ist.

Im Feld **Element** wird jenes Element angezeigt, dem die Sternpunktimpedanz zugeordnet ist.

Über die Option **Darstellung in Netzgrafik** kann gesteuert werden, ob für die Sternpunktimpedanz ein grafisches Symbol angezeigt wird.

Über das Feld **Strom berechnen** wird für die 1-polige Erdschlussstromberechnung die Bereitstellung der Ströme als Ergebnisse aktiviert. Zusätzlich muss auch bei der **Netzebene** die Bereitstellung der Ströme aktiviert werden.

Mit der Option **Erdimpedanz** kann gesteuert werden, ob ein **Erdwiderstand** und eine **Erdreaktanz** zwischen Rückleiter N und Erde geschaltet werden.

3.6.19 Kompensationsimpedanz

Über diese Daten werden die Impedanzen für die **Transformatorimpedanzregelung** angegeben.

Die Bearbeitung der Kompensationsimpedanzen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Kompensationsimpedanz**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Kompensationsimpedanz ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Kompensationsimpedanz

Basisdaten	
Impedanzname	Imp 1
Impedanzdaten	Symmetrisch
Widerstand	R 0,0 Ohm
Reaktanz	X 0,0 Ohm

Bild: Basisdaten der Kompensationsimpedanz

Das Feld **Impedanzdaten** legt fest, ob die Impedanzen symmetrisch oder unsymmetrisch angegeben werden.

- Symmetrisch:
Der **Widerstand** und die **Reaktanz** sind anzugeben.
- Unsymmetrisch:
Der **Widerstand L1**, die **Reaktanz L1**, der **Widerstand L2**, die **Reaktanz L2**, der **Widerstand L3** und die **Reaktanz L3** sind anzugeben.

3.6.20 Drosselpule

Über die Drosselpule kann eine Kompensationsdrossel als Einbau einer Leitung erfasst werden.

Die Bearbeitung der Drosselpulen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Drosselpule**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Drosselpule ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Drosselpule

Status	Ein
Anschluss	OWP B 2/L84.4
Betriebsmittel	(kein)
Name	
Darstellung in Netzgrafik	Ja
Nennscheinleistung Sn	1,0 MVA
Kupferverluste Vcu	0,0 kW
Eisenverluste Vfe	0,0 kW
Nullsystem Erdung	Nicht geerdet
Verh. Null-/Mitimpedanz Z0/Z1	1,0 pu
Verh. R/X im Nullsystem R0/X0	0,0 pu

Bild: Basisdaten der Drosselpule

Über das Feld **Betriebsmittel** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Das Feld **Darstellung in Netzgrafik** aktiviert oder deaktiviert die Darstellung der Drosselpule als grafisches Symbol in der Netzgrafik. Wenn diese Option deaktiviert ist, dann wird für die Drosselpule auch keine grafische Ausprägung in der Netzdatenbank gespeichert.

Die Nachbildung für die Berechnung erfolgt analog zur [Querdrossel](#).

Oberschwingung Drosselpule

Die Oberschwingungsdaten für die Drosselpule sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.6.21 AC/DC-Konverter

Mit diesem Element kann eine Verbindung zwischen einem AC-Netzknoten und dem korrespondierenden DC-Knoten hergestellt werden. Ein AC/DC-Konverter wird benötigt, um ein Längs DC-Element an das AC-Netz anzubinden.

Die Bearbeitung der AC/DC-Konverter erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – AC/DC-Konverter**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Datenbeschreibung

Eine Übersicht der Felder für AC/DC-Konverter ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten AC/DC-Konverter

Basisdaten							
Betriebsmittel	(kein)						
Name	rect-2						
Anzahl Brücken	1						
Ansteuerwinkel Max.	max_fa	180,0	°	Ansteuerwinkel Lastfluss	If_fa	120,0	°
Widerstand K. Transf.	Rct	0,0	Ohm	Reaktanz K. Transf.	Xct	0,0	Ohm
Reaktanz K. Kondens.	Xv	0,0	Ohm				
Min. Spg. sekundär	Umin	80,0	%	Max. Spg. sekundär	Umax	110,0	%
Messknoten	(kein)			Primäre AC-Nennspg.	Urac	0,0	kV
Transformator							
Transformatormodell	Realer Transformator						
Netztransformator	K2-onT2		Status der Regelstufe	Fix			
AC-Spannung primär	Unp	0,0	kV	Aktuelle Regelstufe	roh	0,0	
AC-Spannung sekundär	Uns	0,0	kV	Kleinste Regelstufe	rohu	0,0	
Nennscheinleistung	Sn	0,0	MVA	Mittlere Regelstufe	rohm	0,0	
Bez. KS-Spannung	uk	10,0	%	Größte Regelstufe	roho	0,0	
Ohm. KS-Spannung	ur	0,0	%	Zusatzspg. je Regelstufe	ust	0,0	%

Bild: Basisdaten des AC/DC-Konverters

Über das Feld **Betriebsmittel** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Die Verbindung zwischen dem AC-Netz und dem DC-Netz erfolgt immer über einen Transformator. Das Netzelement wird daher für alle Berechnungsarten eingangsseitig mittels eines Transformators und ausgangsseitig mittels eines Gleich- oder Wechselrichters nachgebildet.

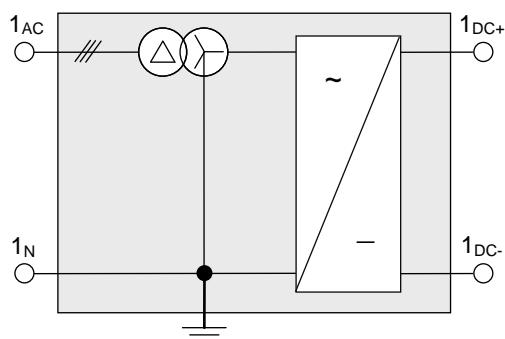


Bild: Ersatzschaltbild AC/DC-Konverter

Der Transformator kann dabei samt Regler vereinfacht über die Felder **AC-Spannung primär**, **AC-Spannung sekundär**, **Nennscheinleistung**, **Bez. Kurzschlussspannung**, **Ohm. Anteil Kurzschlussspannung**, **Status Regler**, **Aktuelle Regelstufe**, **Kleinste Regelstufe**, **Mittlere Regelstufe**, **Größte Regelstufe** und **Zusatzspannung je Regelstufe** direkt bei dem AC/DC-Konverter angegeben werden.

Transformator

Mit dem Feld **Transformatormodell** wird gesteuert, wie der Transformator nachgebildet wird.

- Vereinfachte Nachbildung:
Hierbei wird der Transformator vereinfacht abgebildet, d.h. es werden direkt die Daten aus der Datenmaske verwendet, um einen einfachen Transformator zu modellieren.
- Realer Transformator:
In diesem Fall wird der AC/DC-Konverter an einen real im Netz vorhandenen Transformator angeschlossen. Die Auswahl erfolgt mit dem Feld **Netztransformator**.

Die Nachbildung erfolgt mit der Schaltgruppe DYN5 mit Dreieckswicklung am AC-Netzknoten. Der Transformatorregler wird ebenfalls am AC-Netzknoten angesetzt. Die Nachbildung des Transformators im Nullsystem erfolgt starr geerdet mit $Z_0/Z_1 = 1.0$. Reicht diese einfache Eingabe nicht aus, so kann auch auf einen **Netztransformator** verwiesen werden.

Die einzugebenden Datenfelder entsprechen denen des Zweiwicklungstransformators. Die Nachbildung erfolgt daher analog zum [Zweiwicklungstransformator](#).

Wenn bei dem AC/DC-Konverter die Spannung nicht im Bereich zwischen **Minimaler Spannung sekundär** und **Maximaler Spannung sekundär** liegt, so wird das damit verbundene DC-Element abgeschaltet.

Die Felder **Anzahl Brücken**, **Ansteuerwinkel Max.**, **Ansteuerwinkel Lastfluss**, **Widerstand Kommutationstransformator**, **Reaktanz Kommutationstransformator**, **Reaktanz Kommutationskondensator**, **Primäre AC Nennspannung** und **Messknoten** sind aus Kompatibilitätsgründen für den Datenaustausch mit anderen PSS Programmen vorhanden, werden aber in PSS SINCAL nicht verwendet.

3.6.22 Energiespeicher

Mit diesem Element kann ein Speicherverhalten im Netz modelliert werden. Hierzu kann der Energiespeicher wahlweise einer Synchronmaschine oder einer DC-Einspeisung zugeordnet werden. Das Betriebsverhalten dieser Elemente ändert sich dann grundlegend, da diese dann als Energiespeicher arbeiten.

Die Bearbeitung des Energiespeichers erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Energiespeicher**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Energiespeicher ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Energiespeicher

Name	Storage		
Speichertyp	Allgemein		
Start Energiespeicher	Estart	10,0	MWh
Min. Speicher	Emin	0,0	MWh
Max. Speicher	Emax	1.000,0	MWh
Wgrad. Speicher	eta1	1,0	pu
Wgrad. Entnahme	eta2	1,0	pu

Bild: Basisdaten des Energiespeichers

Mit dem Feld **Name** kann ein beliebiger Name für den Energiespeicher definiert werden.

Über das Feld **Speichertyp** kann dokumentiert werden, welche Art von Speicher vorliegt. Das Feld dient nur zur Dokumentation.

Das Feld **Start Energiespeicher** kennzeichnet den aktuellen Füllstand des Energiespeichers.

Die Feldern **Max. Speicher** und **Min. Speicher** werden zur Definition der Speicherkapazität verwendet. Der Minimalwert definiert dabei jenen Speicherstand, der nie unterschritten werden kann.

Mit den Felder **Wgrad. Speicher** und **Wgrad. Entnahme** können zwei verschiedene Wirkungsgrade für das Laden des Energiespeichers und die Entnahme von Energie aus dem Speicher definiert werden.

Die Zuordnung des Energiespeichers zu einer Synchronmaschine oder zu einer DC-Einspeisung erfolgt in den Basisdaten des jeweiligen Netzelementes.

Anbindung des Speichers in der Lastprofilberechnung

Das Füllen und Entleeren des Energiespeichers wird nur in der Lastprofilberechnung berücksichtigt. Die Lastprofilberechnung ist eine geostationäre Simulation des Netzes über einen vordefinierten Betrachtungszeitraum. Dabei werden entsprechend der vorgegebenen Profile die Leistungen der Verbraucher und Einspeisungen variiert.

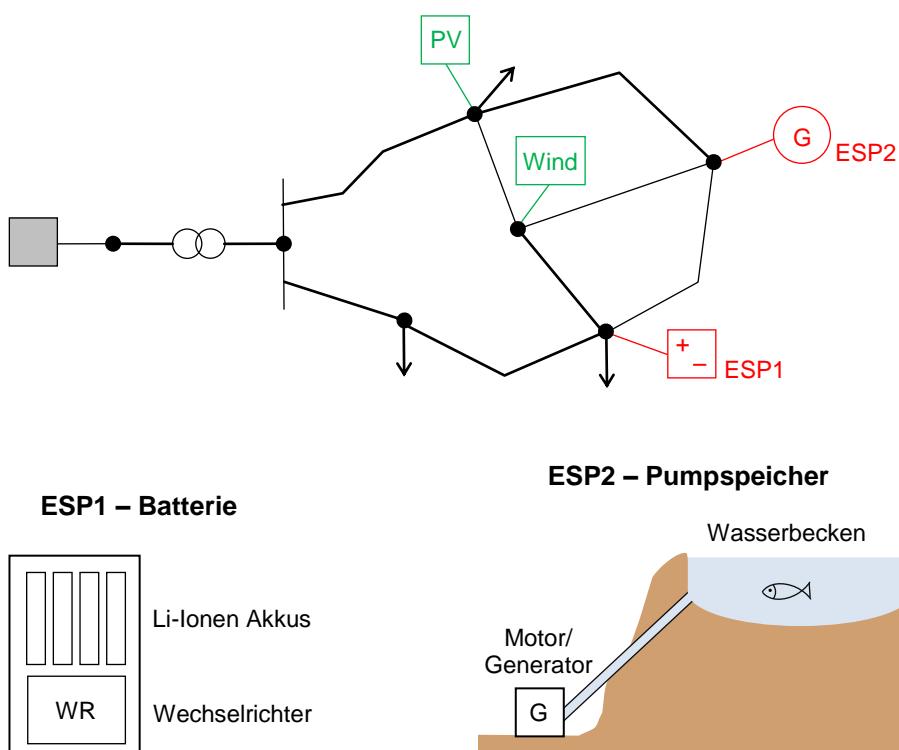


Bild: Beispielnetz mit Energiespeichern

Das Bild zeigt ein einfaches Netz mit dezentralen Einspeisungen und zwei Energiespeichern:

- **ESP1**
Dies ist ein Energiespeicher, der einem DC-Element zugeordnet ist. Damit könnte ein moderner Energiespeicher auf Basis von Li-Ionen-Batterien mit Wechselrichter nachgebildet werden.
- **ESP2**
Dies ist ein Energiespeicher, der einer Synchronmaschine zugeordnet ist. Damit kann beispielsweise ein Pumpspeicher vereinfacht nachgebildet werden.

Welche Leistung zugeführt bzw. aus dem Speicher entnommen werden kann, hängt vom aktuellen Netzzustand ab. Wenn im Netz überschüssige Leistung vorhanden ist, dann wird der Energiespeicher gefüllt. Gibt es hingegen ein Leistungsdefizit im Netz, dann wird der Energiespeicher entleert. Die Leistungszuführung bzw. Leistungsentnahme erfolgt über das jeweilige Netzelement, dem der Energiespeicher zugeordnet ist (Synchronmaschine oder DC-Einspeisung). Die maximal mögliche aktuelle Leistung wird dabei über die Basisdaten des Netzelementes bestimmt. Die Menge der speicherbaren Energie wird über den Energiespeicher definiert. Durch die zeitliche Abfolge der geostationären Simulation kann dann aus Leistung und Zeit die Änderung der im Speicher verfügbaren Energie errechnet werden.

Steuerung des Verhaltens des Energiespeichers

Das Verhalten des Energiespeichers wird über ein BOSL Modell (GNE-P/Q) gesteuert. Dabei wird das BOSL Modell jenem Netzelement zugeordnet, über das der Energiespeicher versorgt wird. Mit dem BOSL Modell kann dann nachgebildet werden, ob Leistung aus dem Netz entnommen wird oder ob Leistung in das Netz eingespeist wird. Der Energiespeicher selbst wird nur zur Verwaltung der aktuell verfügbaren Energie sowie der entsprechenden minimalen und maximalen Grenzwerte benötigt. Mit dem Modell kann man auf verschiedenste Netzstati (z.B. Spannung am Remote-Knoten oder auch Strom am Remote-Element) passend reagieren und dann die Wirk- und Blindleistung entsprechend anpassen. Anhand der Leistungsflussrichtung wird schließlich entschieden, ob der Energiespeicher geladen oder entladen wird.

Die Zuordnung des BOSL Modells erfolgt im Register **Dynamik** der Eingabedatenmaske. Damit dieses Register verfügbar ist, muss die Berechnungsmethode Dynamik aktiviert werden.

Falls kein benutzerdefiniertes BOSL Modell einem Netzelement mit Energiespeicher zugeordnet wird, dann wird intern in den Berechnungsmethoden automatisch das Modell "EnergyStorage.mac" zugeordnet. Dieses BOSL Modell wird im Zuge der PSS SINCAL Installation im globalen Modellverzeichnis bereitgestellt. Das Modell selbst ist ganz einfach gestaltet, abhängig von der Spannung am Zielknoten wird der Speicher entweder geladen oder entladen. Der folgende Auszug aus dem Modell zeigt die grundsätzliche Funktionsweise:

```
$1.....12.....23.....3AA1....12....23....34....45....56....67....78....89....9ZZ
Node      RVMAG    INPUT                      030000
$
U = Node * 100.
dP = 0.
dQ = 0.
Charge = 0      ! Charge: 1=load storage, -1=feed in power to the network
RedFkt = 1
dLowDiff = #Ufeed - #UFullL
dUpDiff = #UFullU - #Ustore
$
$ Check Operation Area
IF( U .GT. #Ustore ) THEN
  Charge = 1
ELSE IF( U .LT. #Ufeed ) THEN
  Charge = -1
ENDIF
$
$ Charging Battery
IF( Charge .EQ. 1 ) THEN
  dP = #Pmin
  dQ = #Qmax
  IF( ( U .LT. #UFullU ) .AND. ( #UFullU .GT. #Ustore ) ) THEN
    RedFkt = 1 - ( ( #UFullU - U ) / dUpDiff )
    dP = #Pmin * RedFkt
    dQ = #Qmin * RedFkt
  ENDIF
$
$ Discharging Battery -> inject power to the net
ELSE IF( Charge .EQ. -1 ) THEN
  dP = #Pmax
  dQ = #Qmin
  IF( ( U .GT. #UFullL ) .AND. ( #Ufeed .GT. #UFullL ) ) THEN
    RedFkt = 1 - ( ( U - #UfullL ) / dLowDiff )
    dP = #Pmax * RedFkt
    dQ = #Qmax * RedFkt
  ENDIF
ENDIF
$
dP = dP / #Plf
dQ = dQ / #Qlf
$1.....12.....23.....3AA1....12....23....34....45....56....67....78....89....9ZZ
                                OUTPUT          dP      dQ
```

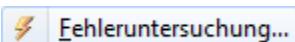
[ENDE](#)

Anbindung des Speichers in den anderen Berechnungsmethoden

In der **Lastflussberechnung** wird die Leistung des Elementes genauso wie bei der Lastprofilberechnung bestimmt. Bei Leistungsüberschuss wird Leistung aus dem Netz gezogen und bei Leistungsdefizit wird Leistung ins Netz eingespeist. Der wesentliche Unterschied ist allerdings, dass der Speicherfüllstand hier nicht berücksichtigt wird. Beim Lastfluss gibt es keinen zeitlicher Verlauf und somit kann auch keine Energie ($E = P * t$) bestimmt werden.

Im **Kurzschluss** wird der Energiespeicher nicht berücksichtigt. Das Netzelement – also die Synchronmaschine oder die DC-Einspeisung – definiert das Verhalten im Kurzschluss.

3.6.23 Fehleruntersuchung



Mit diesem Element wird ein Fehler im Netz für die Mehrfachfehlerberechnung, dynamische Berechnung und Schutzsimulation definiert.

Die Bearbeitung der Fehleruntersuchungen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Fehleruntersuchung**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Fehleruntersuchung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Fehleruntersuchung

Bild: Basisdaten der Fehleruntersuchung

Mit dem Feld **Schaltzustand** kann die Fehleruntersuchung aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Eine Fehleruntersuchung kann an beliebigen Netzelementen erfasst werden. Der **Fehlerort** (auf Knoten oder Zweig) und die Topologie werden dabei automatisch gesetzt.

Datenbeschreibung

Mit dem Feld **Name** kann eine beliebige Bezeichnung für die Fehleruntersuchung definiert werden.

Über das Feld **Fehlerpaket** werden beliebige Fehler im Netz gruppiert. Die Aufbereitung der Ergebnisse erfolgt ebenfalls nach den Fehlerpaketnamen.

Das Feld **Fehler auf Leiter** bestimmt, in welchen Leitern der Fehler vorliegt.

- L1 (in Leiter L1)
- L2 (in Leiter L2)
- L3 (in Leiter L3)
- L12 (zwischen Leiter L1 und L2)
- L23 (zwischen Leiter L2 und L3)
- L31 (zwischen Leiter L3 und L1)
- L123 (in allen Leitern)

Mit dem Feld **Unterbrochene Phasen** kann eine optionale Unterbrechung der Leiter vor dem eigentlichen Fehler modelliert werden.

Wenn die Option **Fehler Rückleiter** aktiviert ist, wird eine Verbindung vom Fehler zum Rückleiter hergestellt. D.h. ein dreipoliger Kurzschluss kann damit auch mit Rückleiterberührung nachgebildet werden.

Die Option **Fehler Erde** funktioniert analog zur Option **Fehler Rückleiter**, allerdings wird hier die Berührung mit der Erde nachgebildet.

Bei einer Fehleruntersuchung auf einer Leitung wird über das Feld **Entfernung** der Abstand zum Leitungsbeginn in Prozent der Leitungslänge angegeben. Die Entfernung wird derzeit nur in der Schutzsimulation berücksichtigt. Für alle übrigen Berechnungsverfahren erfolgt die Unterbrechung mit/ohne gleichzeitigen Kurz-/Erdschluss immer am Anfangsknoten des Netzelementes.

Mit den **Zusatzdaten Fehler** können individuelle Lichtbogen- und Erdübergangsimpedanzen für diesen Fehler definiert werden (siehe Kapitel [Zusatzdaten Fehler](#)).

Dynamik Fehleruntersuchung

Bild: Dynamikdaten der Fehleruntersuchung

Mit dem Feld **Referenzphase** erfolgt der Spannungs-/Stromnulldurchgang der gewählten Phase in der dynamischen Berechnung exakt zum Zeitpunkt Null.

Fehler aktivieren

Das Aktivieren eines Fehlers wird über das Feld **Bedingung Fehler Ein** gesteuert. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Keine:
Der Fehler wird nicht aktiviert.
- Standard:
Mit dieser Option wird der Fehler zum angegebenen Zeitpunkt aktiviert. Der Fehlereintritt in jeder Phase erfolgt im Spannungsnulldurchgang des angegebenen Knotens.
- Zeitpunkt:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Standard, allerdings wird hier der Fehler in allen Phasen exakt zum angegebenen Zeitpunkt aktiviert.
- Spannung:
Hierbei wird der Fehler nach dem angegebenen Zeitpunkt aktiviert, sofern die vorgegebene Bedingung für die Spannung (Momentanwert) erfüllt ist.
- Spannung und Zeitverzögerung:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Spannung, allerdings können hier noch zusätzliche Verzögerungszeiten für die weiteren Phasen vorgegeben werden.

Über das Feld **Schaltzeit Anfang** wird der Zeitpunkt für das Aktivieren des Fehlers (Stabilität und elektromagnetische Transienten) definiert.

Über die Felder **Knoten**, **Leiter** und **Spannung** kann das Aktivieren des Fehlers (nur elektromagnetische Transienten) mit der Option Spannung eingestellt werden.

Die Felder **Zeitverzug 1** und **Zeitverzug 2** werden für die Option Spannung und Zeitverzögerung (nur elektromagnetische Transienten) benötigt. Über sie wird der Zeitverzug beim Aktivieren des Fehlers für die weiteren Phasen vorgegeben.

Fehler deaktivieren

Das Deaktivieren eines Fehlers wird über das Feld **Bedingung Fehler Aus** gesteuert. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Keine:
Der Fehler wird nicht deaktiviert.
- Standard:
Mit dieser Option wird der Fehler zum angegebenen Zeitpunkt deaktiviert. Hierbei wird in jeder Phase im Stromnulldurchgang der Fehler deaktiviert.
- Zeitpunkt:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Standard, allerdings wird hier der Fehler in allen Phasen gleichzeitig deaktiviert.
- Strom:
Hierbei wird der Fehler nach dem angegebenen Zeitpunkt deaktiviert, sofern der vorgegebene Strom laut den angegebenen Grenzwert (Momentanwert) unterschreitet.

Über das Feld **Schaltzeit Ende** wird der Zeitpunkt für das Deaktivieren des Fehlers (Stabilität und elektromagnetische Transienten) definiert.

Mit dem Feld **Strom** kann der minimale Abschaltstrom für das Deaktivieren des Fehlers (nur elektromagnetische Transienten) mit der Option Strom eingestellt werden.

3.6.24 Fehlerpaket

Ein Fehlerpaket dient zur Gruppierung von beliebigen Fehlern im Netz für die Mehrfachfehlerberechnung.

Die Mehrfachfehlerberechnung ermittelt die elektrischen Größen Strom und Spannung bei 1-, 2- und 3-poligen Kurzschlüssen, Erdschlüssen und Unterbrechungen. Es können beliebige Fehler, die im Netz gleichzeitig auftreten, zusammengefasst werden.

Die Bearbeitung der Fehlerpakete erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Fehlerpaket**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für das Fehlerpaket ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Fehlerpaket

The screenshot shows a software interface for entering basic data for a fault package. At the top left is a tab labeled 'Basisdaten'. Below it is a form with two fields: 'Fehlerpaketname' (containing 'Identical Phase') and 'Status' (containing 'Ein'). There is also a small dropdown arrow next to the status field.

Bild: Basisdaten des Fehlerpaketes

Das Feld **Status** aktiviert oder deaktiviert das Fehlerpaket für die Mehrfachfehlerberechnung.

3.6.25 Zusatzdaten Fehler

Mit diesen Daten können Lichtbogen- und Erdübergangsimpedanzen für Kurzschluss-, Mehrfachfehlerberechnung, Schutzkoordination und Dynamiksimulation definiert werden.

Die Bearbeitung der Zusatzdaten Fehler erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Zusatzdaten Fehler**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Zusatzdaten Fehler ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

Basisdaten Zusatzdaten Fehler

Basisdaten							
Name	ADD1						
Status	Lichtbogen- und Erdimped						
1-poliger Erdschluss							
Widerstand (Phase)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Widerstand (Rückl.)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
Reaktanz (Phase)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Reaktanz (Rückl.)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
2-poliger Erdschluss							
Widerstand (Phase)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Widerstand (Rückl.)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
Reaktanz (Phase)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Reaktanz (Rückl.)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
3-poliger Erdschluss							
Widerstand (Phase)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Widerstand (Rückl.)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
Reaktanz (Phase)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Reaktanz (Rückl.)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
2-poliger Kurzschluss							
Widerstand (Phase)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Widerstand (Phase)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
Reaktanz (Phase)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm	Reaktanz (Phase)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm
3-poliger Kurzschluss							
Widerstand (Erde)	R	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm				
Reaktanz (Erde)	X	<input type="text" value="0,0"/>	Ohm				

Bild: Basisdaten der Zusatzdaten Fehler

Im Feld **Name** kann eine beliebige Bezeichnung hinterlegt werden.

Über das Auswahlfeld **Status** wird definiert, welche Zusatzdaten aktiv sind.

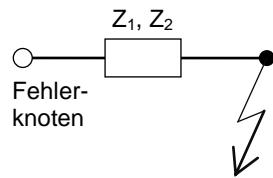
- Deaktiviert:
Es werden keine Zusatzdaten verwendet.
- Lichtbogenimpedanz:
Es werden nur jene Zusatzdaten verwendet, die bei den Lichtbogenimpedanzen hinterlegt sind.
- Erdimpedanz:
Es werden nur jene Zusatzdaten verwendet, die bei den Erdübergangsimpedanzen hinterlegt sind.
- Lichtbogen- und Erdimpedanz:
Es werden alle Zusatzdaten verwendet.

Für jede Kurzschluss- bzw. Erdschlussart können individuelle Lichtbogenimpedanzen angegeben werden. Die Lichtbogenimpedanzen werden zwischen Fehlerknoten und fiktiven Erdknoten eingesetzt.

Die Lichtbogenimpedanzen können für folgende Fehler unterschiedlich eingegeben werden:

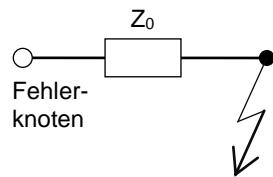
- 1-poliger Erdschluss
- 2-poliger Erdschluss
- 3-poliger Erdschluss
- 2-poliger Kurzschluss
- 3-poliger Kurzschluss

Bei Kurz- und Erdschluss gilt für das Mit- und Gegensystem:



$$Z_1 = Z_2 = R_L + jX_L$$

Bei Erdschluss gilt für das Nullsystem:



$$Z_0 = 3 * (R_e + jX_e) + Z_1$$

Im Abschnitt **Erdübergangsimpedanz** können der **Widerstand** und die **Reaktanz** bei Fehlern mit Erdberührung definiert werden.

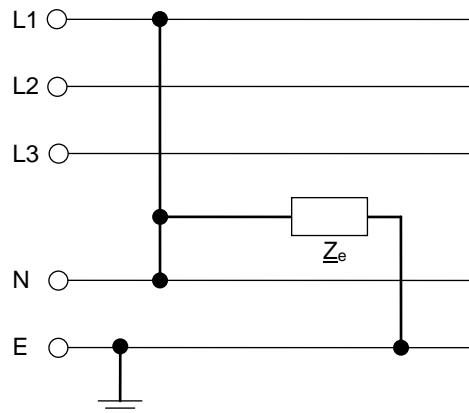
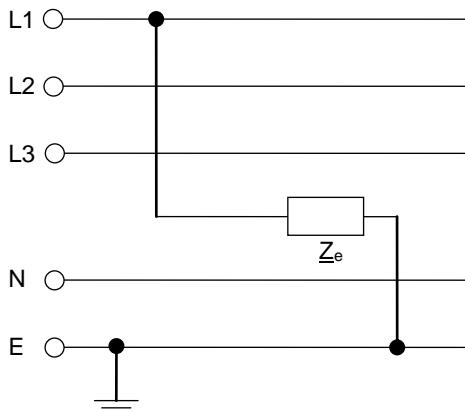
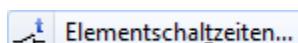


Bild: Erdübergangsimpedanz bei Fehlern mit Erdberührung und Fehlern mit Rückleiter- und Erdberührung

3.6.26 Elementschaltzeiten



Die Elementschaltzeit wird verwendet, um Netzelemente in der dynamischen Berechnung ein- bzw. auszuschalten.

Die Bearbeitung der Elementschaltzeiten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Dynamik – Elementschaltzeiten**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Masken mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Elementschaltzeiten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Elementschaltzeiten

The screenshot displays the 'Basisdaten' configuration window for element switching times. It is divided into two main sections:

- Bedingung Schalter Auf (Condition for switch opening):**
 - Status: Ein (Enabled)
 - Anschluss: SUB-3/L-2
 - Modell für Schalthandlung: (kein) (None)
 - Schaltzeit Auf: tauf = 0,7 s, Strom = Iauf = 0,0 MVA, Leiter = L1, Zeitverzug 1 = t next = 0,0 s, Zeitverzug 2 = t priv = 0,0 s, UI-Kennlinie = et-Kennlinie = (kein) (None)
- Bedingung Schalter Zu (Condition for switch closing):**
 - Keine (None) selected
 - Schaltzeit Zu: tzu = 0,0 s, Knoten: SUB-3, Leiter: L1, Spannung: Minimum, Zeitverzug 1: dt1 = 0,0 s, Zeitverzug 2: dt2 = 0,0 s

Bild: Basisdaten der Elementschaltzeiten

Das Feld **Status** aktiviert oder deaktiviert die Elementschaltzeit. Wenn die Elementschaltzeit deaktiviert ist, wird diese von den Berechnungsmethoden ignoriert.

Über das Feld **Anschluss** wird die Elementschaltzeit dem Anschluss eines Netzelementes zugeordnet. So wird die Position der Schalthandlung festgelegt.

Mit dem Feld **Modell für Schalthandlung** kann der Elementschaltzeit ein **Modell** zugeordnet werden. Dieses Modell ist ein eigenständiges Programm, das beliebige Zustände im Netz überwachen kann und anhand dieser das Netzelement ein- bzw. ausschaltet. Im Beispielmodell "Con_SWIT" ist ersichtlich, wie Netzelemente anhand einer Spannungsvorgabe ausschaltet werden können. Die Verwendung des Modells ist optional.

Mit der Elementschaltzeit kann ein Schaltvorgang (eine beliebige Kombination von Ein- und Ausschalten) durchgeführt werden. Hierzu werden jeweils entsprechende Bedingungen und Zeitpunkte für das Ein- bzw. Ausschalten vorgegeben.

Ausschalten

Das Ausschalten (also das Öffnen des Anschlusses) wird über das Feld **Bedingung Schalter Auf** gesteuert. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Keine:
Das Ausschalten ist deaktiviert. D.h. das Netzelement wird nicht ausgeschaltet.

- Standard:
Mit dieser Option wird das Element zum angegebenen Zeitpunkt ausgeschaltet. Hierbei wird in jeder Phase der jeweilige Anschluss des Netzelementes im Stromnulldurchgang geöffnet.
- Zeitpunkt:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Standard, allerdings werden hier alle Anschlüsse des Netzes exakt zum angegebenen Zeitpunkt geöffnet.
- Strom:
Hierbei wird der Schalter nach dem angegebenen Zeitpunkt geöffnet, sofern der vorgegebene Strom laut den angegebenen Grenzwert (Momentanwert) unterschreitet.
- Strom und Zeitverzögerung:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Strom, allerdings können hier noch zusätzliche Verzögerungszeiten für die weiteren Phasen vorgegeben werden.

Über das Feld **Schaltzeit Auf** wird der Zeitpunkt für das Ausschalten (Stabilität und elektromagnetische Transienten) definiert.

Mit dem Feld **Strom** kann der minimale Abschaltstrom für das Ausschalten (nur elektromagnetische Transienten) mit der Option Strom eingestellt werden.

Die Felder **Leiter**, **Zeitverzug 1** und **Zeitverzug 2** werden für die Option Strom und Zeitverzögerung (nur elektromagnetische Transienten) benötigt. Über sie wird der Zeitverzug beim Ausschalten für die weiteren Phasen vorgegeben.

Über die **Ul-Kennlinie $U_{(I)}$** und **et-Kennlinie $e_{(t)}$** kann der Verlauf einer Lichtbogengegenspannung während des Ausschaltens vorgegeben werden. Der jeweilige Wert der Lichtbogengegenspannung ergibt sich je nach Strom und Zeit über die beiden Kennlinien durch Multiplikation der beiden Funktionswerte $U_{(I)}$ und $e_{(t)}$.

Einschalten

Das Einschalten (also das Schließen des Anschlusses) wird über das Feld **Bedingung Schalter Zu** gesteuert. Hierbei sind folgende Optionen verfügbar:

- Keine:
Das Einschalten ist deaktiviert. D.h. das Netzelement wird nicht eingeschaltet.
- Standard:
Mit dieser Option wird das Element zum angegebenen Zeitpunkt eingeschaltet. Hierbei wird in jeder Phase des Netzelementes der Schalter beim Spannungsnulldurchgang am Knoten der Netzeinspeisung geschlossen.
- Zeitpunkt:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Standard, allerdings werden hier alle Anschlüsse des Netzes exakt zum angegebenen Zeitpunkt geschlossen.
- Spannung:
Hierbei wird der Schalter nach dem angegebenen Zeitpunkt geschlossen, sofern die vorgegebenen Bedingungen für die Spannung (Momentanwert Instantaneous Value) erfüllt sind.
- Spannung und Zeitverzögerung:
Diese Option entspricht im Wesentlichen der Option Spannung, allerdings können hier noch zusätzliche Verzögerungszeiten für die weiteren Phasen vorgegeben werden.

Über das Feld **Schaltzeit Zu** wird der Zeitpunkt für das Einschalten (Stabilität und elektromagnetische Transienten) definiert.

Datenbeschreibung

Über die Felder **Knoten**, **Leiter** und **Spannung** kann das Einschalten (nur elektromagnetische Transienten) mit der Option Spannung eingestellt werden.

Die Felder **Zeitverzug 1** und **Zeitverzug 2** werden für die Option Spannung und Zeitverzögerung (nur elektromagnetische Transienten) benötigt. Über sie wird der Zeitverzug beim Einschalten für die weiteren Phasen vorgegeben.

3.6.27 Schalter

Mit diesem Zusatzsymbol können an den Anschlüssen beliebiger Netzelemente Schalter eingebaut werden.

Die Bearbeitung der Schalter erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Schalter**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Schalter ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Schalter

Thermischer Grenzstrom	Ith	0,0	kA
Erster zus. Grenzstrom	Ith1	0,0	kA
Zweiter zus. Grenzstrom	Ith2	0,0	kA
Dritter zus. Grenzstrom	Ith3	0,0	kA
Schaltverzug	ts	0,1	s
Max. Stoßstrom	ipmax	0,0	kA
Max. Abschaltstrom	iamax	0,0	kA
Schaltkosten	Sc	0,0	€

Bild: Basisdaten des Schalters

Über das Feld **Betriebsmittel** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Mit den Feldern **Schaltertyp** und **Typbezeichnung** kann ein vordefinierter Typ zugeordnet werden. Diese Felder dienen nur zur Information bzw. Dokumentation und werden von den Berechnungsmethoden nicht verarbeitet.

Mit dem Feld **Ferngesteuert** wird definiert, ob der Schalter mit Fernwirktechnik angesteuert werden kann.

Über das Feld **Schaltzustand** wird der Betriebsstatus des Schalters definiert. Hierbei kann zwischen **Offen** und **Geschlossen** gewählt werden.

Schalter besitzen eine **Hauptschutzrichtung**. In dieser Richtung werden Fehler in kürzester Zeit abgeschaltet. Dieses Feld wird derzeit nur zur Dokumentation der Hauptschutzrichtung verwendet.

Mit den Feldern **Thermischer Grenzstrom**, **Erster zusätzlicher Grenzstrom**, **Zweiter zusätzlicher Grenzstrom** und **Dritter zusätzlicher Grenzstrom** werden die zulässigen Dauerströme des Schalters definiert. Für Schalter auf Leitungen mit der **Anzahl paralleler Systeme** ungleich 1 werden die Grenzströme mit dieser Anzahl beaufschlagt.

Der **Schaltverzug** bestimmt die Schaltgeschwindigkeit des Schalters. Mit dem Schaltverzug wird in der Kurzschlussstromberechnung der Abschaltstrom I_a bestimmt. Hierbei wird immer der minimale Schaltverzug pro Knoten verwendet. Dieser errechnet sich aus dem kleinsten Schaltverzug der **Netzebene** und aller an den Knoten unmittelbar angeschlossenen Schalter. Folgendes ist zu beachten: Die individuelle Ermittlung des Abschaltstromes pro Knoten ist nur beim Kurzschluss nach VDE 0120 – IEC 909 verfügbar. Kurzschlüsse nach G74 und IEC 61363 verwenden immer den globalen Schaltverzug aus den **Berechnungsparametern**.

Mit den Feldern **Maximaler Stoßstrom** und **Maximaler Abschaltstrom** werden die zulässigen Grenzwerte für die beiden Kurzschlussströme vorgegeben. Diese werden bei den Berechnungsergebnissen der Kurzschlussstromberechnung als Grundlage zur Bestimmung der Auslastungen I_k''/I_{kmax} und i_p/i_{pmax} herangezogen.

Schalter müssen nach einer bestimmten Anzahl von Abschaltungen gewartet werden. Die dabei anfallenden Kosten können anteilig je Schaltung als **Schaltkosten** angegeben werden. In der Zuverlässigkeitsermittlung werden die jährlich anfallenden Schaltkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

Optimierungen Schalter

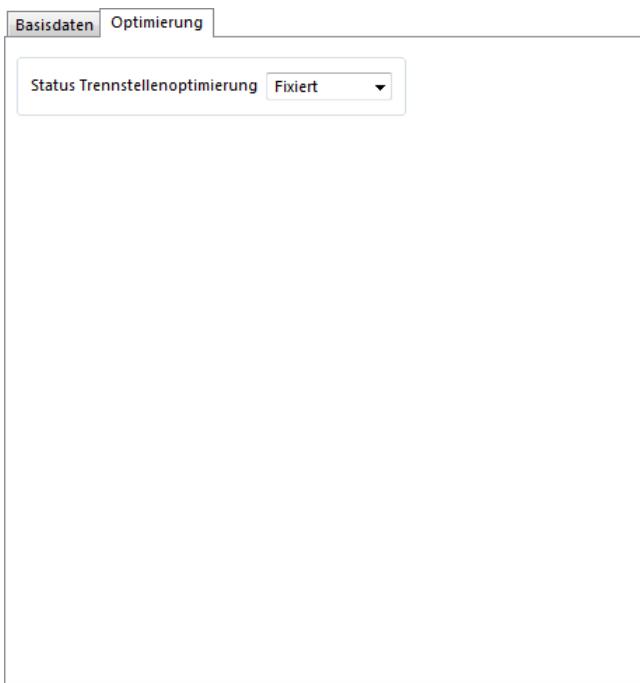


Bild: Optimierungsdaten des Schalters

Über das Feld **Status Trennstellenoptimierung** kann parametriert werden, ob der Schaltzustand des Schalters im Berechnungsverfahren Trennstellenoptimierung geändert werden darf:

- Frei:
Der Schaltzustand wird im Optimierungsverfahren geändert.
- Fixiert:
Der Schaltzustand ist fixiert – d.h. beim Optimieren der Trennstellen wird dieser nicht geändert.

3.6.28 Messwerte

Mit diesem Element kann ein gemessener Strom oder eine gemessene Leitung angegeben werden.

Die Bearbeitung der Messwerte erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Messwerte**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Messwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Messwerte

Basisdaten	
Status	Ein
Anschluss	K1/L1
Name	Main
Darstellung in Netzgrafik	Ja
Gemessener Wert	Strom
Leiter	L123
Richtung	Element
Strom	I: 350,0 A
Leistungsfaktor	cos phi: 0,95
	Imin: 210,0 A
	cp.min: 0,75

Bild: Basisdaten der Messwerte

Das Feld **Status** aktiviert oder deaktiviert den Messwert für die Lastermittlung und die Tap-Zone Ermittlung.

Über das Feld **Anschluss** werden die Messwerte topologisch zugeordnet.

Das Feld **Darstellung in Grafik** aktiviert oder deaktiviert die Darstellung des Messwertes als grafisches Symbol in der Netzgrafik. Wenn diese Option deaktiviert ist, dann wird für den Messwert auch keine grafische Ausprägung in der Netzdatenbank gespeichert.

Mit Hilfe der **Richtung** werden über eine Netzverfolgung die zu trimmenden Verbraucher bestimmt.

Der gemessene Wert wird über die Felder **Gemessener Wert**, **Leiter**, **Strom** sowie **Scheinleistung** und **Leistungsfaktor** oder **Wirkleistung** und **Blindleistung** angegeben.

Der minimal gemessene Wert wird über die Felder **Minimaler Strom** sowie **Min. Scheinleistung** und **Min. Leistungsfaktor** oder **Min. Wirkleistung** und **Min. Blindleistung** angegeben.

3.6.29 Verfügbare Kondensatoren

Die verfügbaren Kondensatoren werden für das Optimierungsverfahren Kondensatorplatzierung benötigt.

Die Bearbeitung der verfügbaren Kondensatoren erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Optimierung – Verfügbare Kondensatoren**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die verfügbaren Kondensatoren ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Verfügbare Kondensatoren

Basisdaten		
Status für Installation	Ein	
Name	Cap. Small	
Standardtyp	(kein)	
Anzahl	Anz.	10
Nennscheinleistung	Sn	0,1 MVA
Dielektrische Verluste	Vdi	0,0 kW
Nennspannung	Un	0,7 kV
Errichtungskosten	Ci	1.000,00 €

Bild: Basisdaten der verfügbaren Kondensatoren

Mit dieser Datenmaske werden für den Einbau verfügbare Kondensatoren definiert.

Über das Feld **Status für Installation** kann der Datensatz für das Optimierungsverfahren Kondensatorplatzierung ein- bzw. ausgeschaltet werden. Ist dies ausgeschaltet, dann werden diese Daten bei der Optimierung nicht berücksichtigt.

Über das Feld **Name** kann eine Bezeichnung für den verfügbaren Kondensator vorgegeben werden.

Mit dem **Standardtyp** können die technischen Daten des Kondensators aus der Standardtypdatenbank entnommen werden. Wenn ein Standardtyp ausgewählt ist, dann wird dieser auch beim Platzieren von Kondensatoren berücksichtigt.

Um die Definition von verfügbaren Kondensatoren zu vereinfachen, besteht die Möglichkeit, diese in Form von Paketen zu bündeln. Das heißt, es werden die charakteristischen Daten des Kondensators definiert und über die **Anzahl** wird festgelegt, wie viele Kondensatoren dieses Typs vorhanden sind.

Mit den Feldern **Nennscheinleistung**, **Dielektrische Verluste** und **Nennspannung** werden die technischen Attribute des Kondensators definiert. Eine detaillierte Beschreibung dieser Felder ist beim [Querkondensator](#) zu finden.

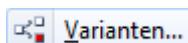
Mit dem Feld **Errichtungskosten** werden die Anschaffungs- und Einbaukosten des Kondensators definiert. Diese Kosten werden vom Optimiererverfahren Kondensatorplatzierung zur Bewertung herangezogen.

3.6.30 Kennlinie

Über diese Daten werden Kennlinien für folgende Berechnungen festgelegt:

- **Lastfluss:**
Lastprofile
Laststeigerungen
Leistungsvorgaben
Leistungsgrenze
Transformatorregler
Transformator Regelkennlinie
- **Motoranlauf:**
Lastkennlinie
Drehmomentkennlinie
Anlaufstromkennlinie
- **Oberschwingung:**
Impedanz
Impedanzfläche
Spannungsquelle
Stromquelle
Oberschwingungs-Pegel
- **Schutz:**
Transformator Inrush Kennlinie
Impedanzfläche
- **Elektromagnetische Transienten:**
Sättigungskennlinie
UI-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung
et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung

3.6.31 Variante



Varianten...

Die Varianten ermöglichen es, in einem Netz verschiedene Ausbauvarianten und Planungsstände in einer hierarchischen Struktur zu speichern. Hierbei werden in jeder Variante nur die Unterschiede zur vorhergehenden Variante gespeichert.

Über den Menüpunkt **Datei – Varianten** wird der Dialog zur Auswahl und Verwaltung von Varianten geöffnet.

Eine Übersicht der Felder für die Variante ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Variante

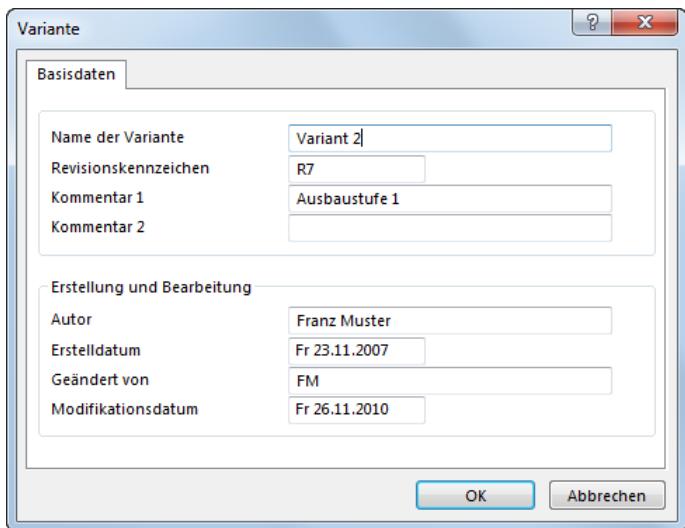


Bild: Datenmaske Variante

Im Feld **Name der Variante** kann eine beliebige Bezeichnung für die Variante eingegeben werden. Diese wird im Variantendialog und in der Statuszeile angezeigt.

Im Feld **Revision** kann eine beliebige Revisionskennzeichnung hinterlegt werden.

Mit den Feldern **Kommentar 1** und **Kommentar 2** können ergänzende Informationen zur Variante definiert werden.

Erstellung und Bearbeitung

Über die Felder **Autor** und **Geändert von** kann dokumentiert werden, welcher Bearbeiter die Variante erstellt bzw. zuletzt geändert hat. Zur genaueren Information können diese Zeitpunkte in den Feldern **Erstelltdatum** und **Modifikationsdatum** angegeben werden.

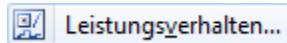
3.7 Lastfluss

Die Lastflussdaten legen zusätzliche Daten für die Lastprofil- und Lastentwicklungs berechnung fest.

Folgende Daten sind verfügbar:

- [Leistungsverhalten](#)
- [Arbeitspunkt](#)
- [Arbeitspunkte/Profile](#)
- [Laststeigerungen](#)
- [Leistungsvorgaben](#)
- [Kundendaten](#)
- [Leistungsgrenze](#)
- [Transformatorregler](#)
- [Transformator Regelkennlinie](#)

3.7.1 Leistungsverhalten



Mit Hilfe des Leistungsverhaltens erfolgt die Zuordnung der Zuwachsdaten zu den allgemeinen Lasten.

Die Bearbeitung des Leistungsverhaltens erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Lastfluss – Leistungsverhalten**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für das Leistungsverhalten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Leistungsverhalten

The screenshot displays the 'Basisdaten' (Basic Data) configuration screen. It includes the following sections:

- Name:** Verteilung I A
- Kurzname:** (empty)
- Lastentwicklung:**
 - Typ:** Lastpolygon
 - Lastpolygon:** VI - A
 - Laststeigerung:** Normal
 - Zuwachsleistungen:** Zusatz
- Arbeitspunkte:**
 - Profil 1:** (kein)
 - Profil 2:** (kein)
 - Arbeitspunkte:** (kein)

Bild: Basisdaten des Leistungsverhaltens

Lastentwicklung

Mit dem Feld **Typ** wird festgelegt, ob die Zuordnung der Laststeigerung über ein Polygon (**Lastpolygon**, **Leistungspolygon**) in der Netzgrafik oder eine Netzelementgruppe (**Lastgruppe**) erfolgt.

Das Feld **Laststeigerung** definiert die Laststeigerung.

Mit den Feldern **Zuwachsleistungen** und **Gesicherte Leistung** können Leistungsdaten für die Verbraucher im Polygon oder der Netzelementgruppe definiert werden.

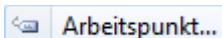
Arbeitspunkte

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Eine detaillierte Beschreibung des Leistungsverhaltens ist im Kapitel Lastentwicklung des Handbuchs Lastfluss zu finden.

3.7.2 Arbeitspunkt



Mit dem Arbeitspunkt kann ein bestimmter Betriebsfall im Netz benannt werden.

Die Bearbeitung der Arbeitspunkte erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Lastfluss – Arbeitspunkt**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Arbeitspunkt ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

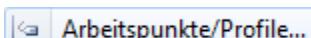
Basisdaten Arbeitspunkt

Basisdaten	
Name	Point 1
Kurzname	P1
Status	Ein

Bild: Basisdaten des Arbeitspunktes

Mit dem Feld **Status** wird die Berücksichtigung des Arbeitspunktes in der Lastprofilberechnung aktiviert bzw. deaktiviert.

3.7.3 Arbeitspunkte/Profile



Mit diesen Daten können sowohl Arbeitspunkte für verschiedene Betriebszustände als auch zeitliche Profile für Einspeisungen und Lasten sehr flexibel definiert werden.

Die Bearbeitung erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Lastfluss – Arbeitspunkte/Profile**.

Die Daten werden über einen Datensatz mit den Basisdaten bzw. Zusatzdaten und den zugeordneten Datenwerten definiert. Die Eingabe von diesen Werten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Arbeitspunkte/Profile und die Arbeitspunkt-/Profilwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Eine detaillierte Beschreibung der zeitlichen Profilwerte ist im Kapitel Lastprofil des Handbuchs Lastfluss zu finden.

Basisdaten Arbeitspunkte/Profile

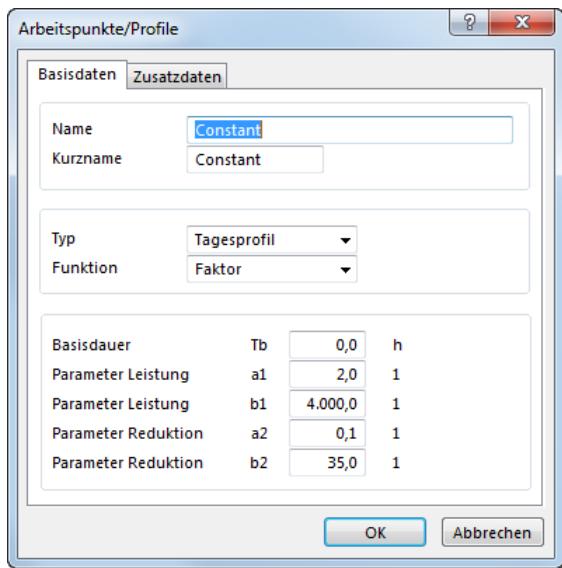


Bild: Basisdaten für Lastprofil

Mit Hilfe des Feldes **Typ** wird die grundsätzliche Funktion der Daten beschrieben. Folgende Optionen sind verfügbar:

- Tagesprofil
- Wochenprofil
- Jahresprofil
- Arbeitspunkte

Mit Hilfe des Feldes **Funktion** wird die Eingabe der Kennlinienwerte festgelegt. Folgende Optionen sind verfügbar:

- Faktor:
Die Eingabe der Profildaten erfolgt mit einem gemeinsamen Faktor für Wirk- und Blindleistung.
- Faktor P und Q:
Die Eingabe der Profildaten erfolgt mit einem individuellen Faktor für Wirk- und Blindleistung.
- Leistung:
Die absolute Wirk- und Blindleistung wird mit den Profildaten definiert.
- U und P:
Die Eingabe der Profildaten erfolgt durch eine vorgegebene Spannung und Wirkleistung. Diese Eingabeoption ist nur für Einspeisungen und Generatoren sinnvoll, bei denen die Spannung vorgegeben werden kann.
- Faktor U und P:
Die Eingabe der Profildaten erfolgt mit Faktoren für Spannung und Wirkleistung. Diese Eingabeoption ist nur für Einspeisungen und Generatoren sinnvoll, bei denen die Spannung vorgegeben werden kann.

Das Feld **Basisdauer** definiert den Zeitraum in Stunden für die Profildaten. Dies ist deswegen notwendig, da in PSS SINCAL alle Profile mit beliebiger Dauer eingegeben werden können. Je nach Simulationszeitraum werden die eingegebenen Werte dann zyklisch wiederholt (siehe Handbuch Lastfluss, Kapitel Lastprofil, Abschnitt Zyklische Behandlung von Lastprofilen). Der Zeitraum für diese Wiederholung wird mit der Basisdauer festgelegt. Wenn das Feld den Wert 0,0 enthält, wird in den Berechnungsmethoden für das Tagesprofil der Wert 24, für das Wochenprofil der Wert 168 und für das Jahresprofil der Wert 8760 verwendet.

Die Felder **Parameter Leistung a1** und **Parameter Leistung b1** dienen zur Ermittlung der 100 % Leistung aus den Basisdaten des Netzelementes.

Bei Angabe eines Energieverbrauchs wird die Leistung wie folgt ermittelt.

$$P_{100} = a1 * \left(1 - e^{-\frac{E_P}{b1}} \right)$$

$$Q_{100} = a1 * \left(1 - e^{-\frac{E_Q}{b1}} \right)$$

Bei Angabe von b1 gleich Null wird die Leistung über die Stunden eines Jahres ermittelt.

$$P_{100} = \frac{E_P}{365 * 24}$$

$$Q_{100} = \frac{E_Q}{365 * 24}$$

Wenn die Felder a1 und b1 beide gleich Null sind, dann wird die Bestimmung von P100 und Q100 nicht durchgeführt. D.h. die Berechnung erfolgt dann direkt mit der beim Netzelement definierten Leistung.

Die Felder **Parameter Reduktion a2** und **Parameter Reduktion b2** dienen zur Ermittlung des Gleichzeitigkeitsfaktors für die Lastprofilberechnung. Die Anzahl x der Verbraucher ergibt sich aus der Netztopologie. Hierbei ist zu beachten, dass die Gleichzeitigkeit nur in radialen Netzteilen bestimmt werden kann.

$$g(x) = a2 + (1 - a2) * e^{-\frac{x-1}{b2}}$$

Die aktuelle Leistung für die Lastflussberechnung ergibt sich in Kombination aus 100 % Leistung, Gleichzeitigkeit und aktuellem Wert aus dem Lastprofil. Für jeden Zeitpunkt gilt daher:

$$P_{akt} = P_i * F_P * P_{100} * g(x)$$

$$Q_{akt} = Q_i * F_Q * Q_{100} * g(x)$$

Datenbeschreibung

Bei Angabe von a2 gleich 0,0 und b2 gleich 1,0 gilt folgendes:

$$P_{akt} = F_P * P_{100}$$

$$Q_{akt} = F_Q * Q_{100}$$

Zusatzdaten Lastprofile

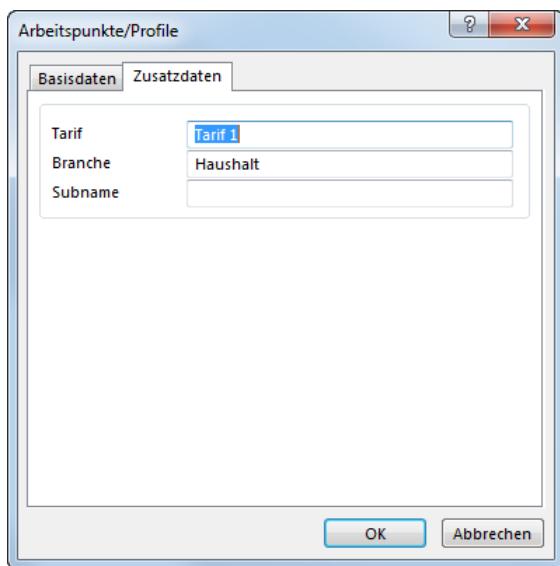


Bild: Zusatzdaten für Lastprofil

Die Felder **Tarif**, **Branche** und **Subname** dienen nur zu Dokumentationszwecken.

Arbeitspunkt-/Profilwerte

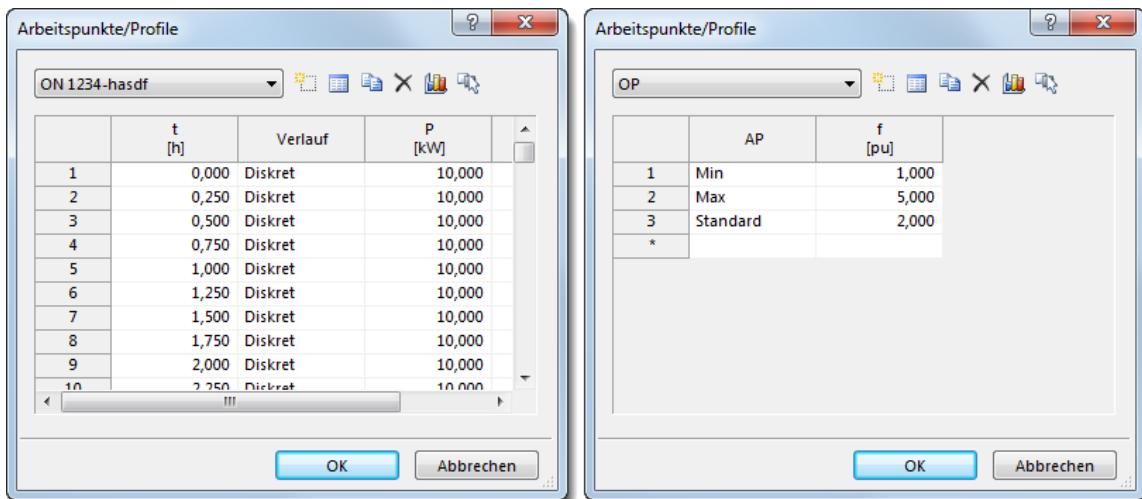


Bild: Profilwerte und Arbeitspunktwerte

Das Feld **t** (Zeit) dient zur Angabe des Zeitpunktes für die jeweiligen Daten des Profils. Dieses Feld ist nur dann verfügbar, wenn ein Tages-, Wochen- oder Jahresprofil definiert wurde.

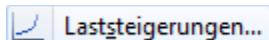
Mit dem Feld **AP** (Arbeitspunkte) werden die Arbeitspunkte festgelegt, für die spezielle Werte definiert werden sollen. Dieses Feld ist nur dann verfügbar, wenn Arbeitspunkte definiert wurden.

Das Feld **Verlauf** legt fest, ob die Leistung bis zum nächsten Zeitpunkt kontinuierlich oder diskret verläuft.

Je nach dem in den Basisdaten gewählten **Typ** können folgende Werte eingegeben werden:

- Faktor:
Über das Feld **f** wird der relative Verlauf eines Lastprofils definiert. Der Faktor gilt für die Scheinleistung.
- Faktor P und Q:
Über die Felder **fP** und **fQ** können die Faktoren für die Wirkleistung und Blindleistung definiert werden.
- Leistung:
Über die Felder **P** (Wirkleistung) und **Q** (Blindleistung) wird der absolute Verlauf eines Lastprofils definiert.
- U und P:
Über die Felder **U** (Spannung) und **P** (Wirkleistung) können die Spannung und Wirkleistung definiert werden.
- Faktor U und P:
Über die Felder **fV** und **fP** können die Faktoren für Spannung und Wirkleistung definiert werden.

3.7.4 Laststeigerungen



Mit einer Laststeigerung wird der zeitliche Leistungszuwachs oder der zeitliche Leistungsverlauf definiert.

Die Bearbeitung der Laststeigerungen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Lastfluss – Laststeigerungen**.

Die Laststeigerung wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Laststeigerungswerten definiert. Die Eingabe von Laststeigerungswerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Laststeigerung und die Laststeigerungswerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Eine detaillierte Beschreibung der Laststeigerungen ist im Kapitel Lastentwicklung des Handbuchs Lastfluss zu finden.

Basisdaten Laststeigerungen

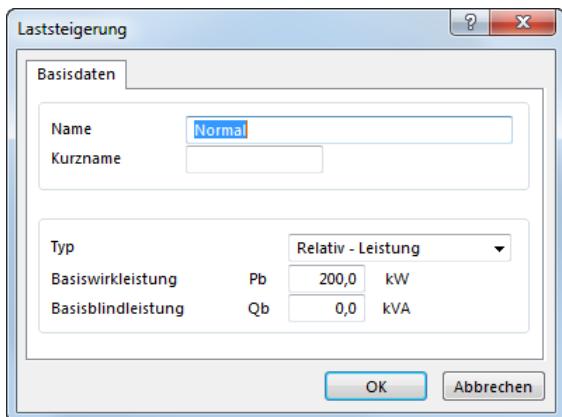


Bild: Basisdaten für Laststeigerung

Im Feld **Typ** kann gewählt werden, wie die Laststeigerungswerte eingegeben werden. Folgende Optionen sind verfügbar:

- **Relativ – Faktor:**
Mit diesem Typ wird eine relative Steigerung in Form eines Faktors hinterlegt.
- **Relativ – Leistung:**
Hier wird ebenfalls eine relative Steigerung hinterlegt, der Faktor wird aber mit Hilfe der Basiswirk- und Blindleistung aus dem Laststeigerungs-Datensatz bestimmt.
- **Absolut – Leistung:**
Mit diesem Typ wird eine absolute Wirk- und Blindleistung vorgegeben.
- **Absolut – Faktor:**
Mit dieser Option wird ein Faktor vorgegeben, mit dem die Basisscheinleistung des Netzelementes multipliziert wird.

- Absolut – Faktor P und Q:

Hier werden zwei Faktoren für Wirk- und Blindleistung vorgegeben. Mit den Faktoren wird die Basiswirk- und Basisblindleistung des Netzelementes multipliziert.

Die Felder **Basiswirkleistung** und die **Basisblindleistung** werden nur für die Eingabeoption Relativ – Leistung benötigt. Dann werden damit aus der absoluten Leistung zwei Steigerungsfaktoren für die Wirk- und Blindleistung bestimmt.

Relativ – Faktoren

Die relative Laststeigerung mit Faktoren wird ohne weitere Umrechnung in die Lastentwicklungs berechnung mit einbezogen. Als Steigerungsfaktor ist die Leistungsänderung vom aktuellen bis zum nächsten Zeitpunkt anzugeben.

Relativ – Leistung

Die relative Laststeigerung mit Leistungsvorgabe wird für die Lastentwicklungs berechnung in eine relative Laststeigerung mit Faktoren umgerechnet. Da eine relative Laststeigerung nur absolute Faktoren beinhaltet, wird die Scheinleistung zur Umrechnung herangezogen.

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}$$

Der aktuelle Steigerungsfaktor ist das Verhältnis der aktuellen Scheinleistung zu der Scheinleistung des vorangegangenen Zeitpunktes.

$$f_i = \frac{S_i}{S_{i-1}}$$

mit

$i = 1$ bis Anzahl Leistungsangaben

und

$$S_0 = S_{\text{Basis}}$$

Der Steigerungsfaktor beinhaltet nach der Umrechnung die Leistungsänderung vom aktuellen bis zum nächsten Zeitpunkt.

Liegt das bei den Berechnungsparametern angegebene Bezugsdatum der Lasten zeitlich vor den angegebenen Laststeigerungswerten, so wird ein Laststeigerungswert mit der Basisleistung der Laststeigerung und dem Bezugsdatum hinzugefügt.

Absolut – Leistung

Bei der Laststeigerung mit absoluter Leistung wird die vorgegebene Wirk- und Blindleistung zum angegebenen Zeitpunkt direkt verwendet.

Absolut – Faktor

Bei der Laststeigerung wird der vorgegebene Faktor verwendet, um aus der Basisscheinleistung des Netzelementes die tatsächliche Leistung zu bestimmen.

$$S_i = f_i * S_{\text{Basis}}$$

Absolut – Faktor P und Q

Bei der Laststeigerung werden die vorgegebenen Faktoren verwendet, um aus der Basisscheinleistung des Netzelementes die tatsächliche Leistung zu bestimmen.

$$P_i = fP_i * P_{\text{Basis}}$$

$$Q_i = fQ_i * Q_{\text{Basis}}$$

Laststeigerungswerte

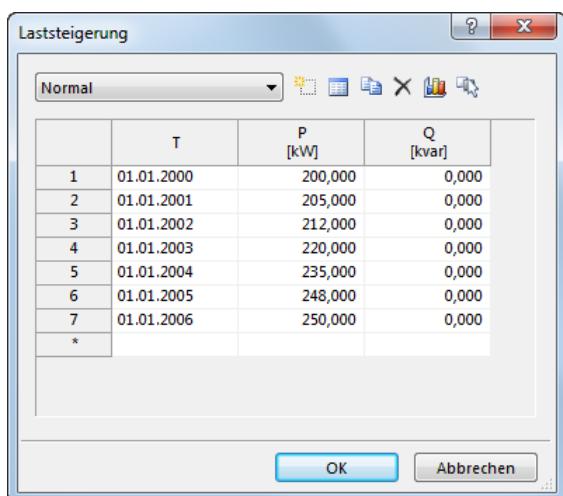


Bild: Laststeigerungswerte

Das Feld **T** (Datum) dient zur Ermittlung des Zeitraumes für die Leistungsänderung aus paarweisen Laststeigerungswerten. Ist nur ein Wert angegeben, so wird als Zeitraum ein Jahr verwendet.

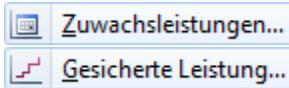
Je nach dem in den Basisdaten gewählten **Typ** können folgende Werte eingegeben werden:

- Relativ – Faktor:
Im Feld **f** (Faktor) kann die relative Leistungsänderung definiert werden. Es ist jeweils die Änderung während des Zeitraumes anzugeben. Die Änderung des letzten Zeitraumes wird für Zeitpunkte nach der letzten Datumsangabe als kontinuierlich betrachtet.
- Relativ – Leistung:
In den Feldern **P** (Wirkleistung) und **Q** (Blindleistung) wird die absolute Leistung zum gegebenen Zeitpunkt angegeben. Aus den in den Basisdaten definierten Basisleistungen wird dann eine relative Leistungsänderung errechnet.

- Absolut – Leistung:
In den Feldern **P** (Wirkleistung) und **Q** (Blindleistung) wird die absolute Leistung zum gegebenen Zeitpunkt angegeben.
- Absolut – Faktor:
Im Feld **f** wird ein Faktor angegeben. Anhand dieses Faktors und der Basisscheinleistung des Netzelementes wird die tatsächliche Leistung zum gegebenen Zeitpunkt errechnet.
- Absolut – Faktor P und Q:
In den Feldern **fP** und **fQ** werden Faktoren für die Wirk- und Blindleistung angegeben. Anhand dieser Faktoren wird aus der Basiswirk- und Basisblindleistung des Netzelementes die tatsächliche Leistung zum gegebenen Zeitpunkt errechnet.

3.7.5 Leistungsvorgaben

Über diese Daten werden für die Lastentwicklung



definiert.

Mit einer Leistungsvorgabe vom Typ Zuwachsleistung können zu einem bestimmten Zeitpunkt alle allgemeinen Lasten eines Leistungspolygons oder einer Lastgruppe anteilig mit einer Leistung beaufschlagt werden.

Mit einer Leistungsvorgabe vom Typ gesicherte Leistung wird die maximale Leistung aller Netzelemente innerhalb eines Leistungspolygons festgelegt.

Die Bearbeitung der Zuwachsleistungen und gesicherten Leistungen erfolgt über den jeweiligen Menüpunkt im **Daten – Lastfluss** Menü.

Die Leistungsvorgabe wird über einen allgemeinen Datensatz und den zugeordneten Leistungsvorgabenwerten definiert. Die Eingabe von Leistungsvorgabenwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Leistungsvorgaben und die Leistungsvorgabenwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Eine detaillierte Beschreibung der Leistungsvorgaben ist im Kapitel Lastentwicklung des Handbuchs Lastfluss zu finden.

Basisdaten Leistungsvorgaben

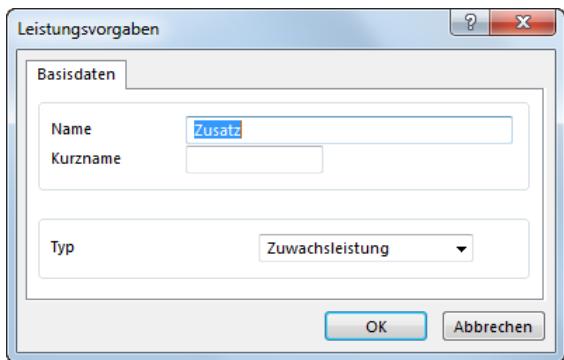


Bild: Basisdaten für Leistungsvorgaben

Im Feld **Typ** kann zwischen Zuwachsleistung und gesicherte Leistung gewählt werden.

Leistungsvorgabenwerte

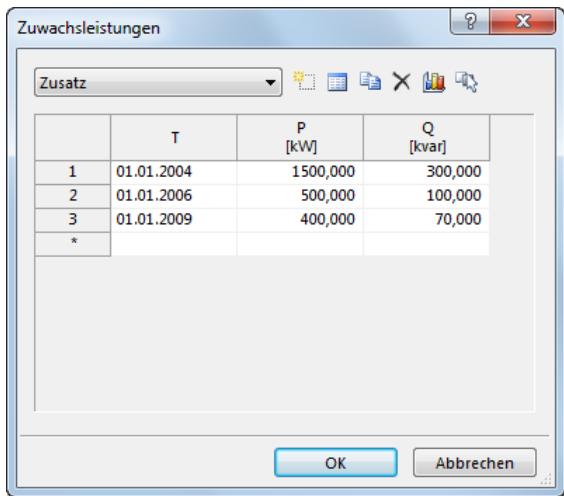


Bild: Leistungsvorgabenwerte für Zuwachsleistungen

Das Feld **T** (Datum) legt den Zeitpunkt für die **P** (Wirkleistung) und **Q** (Blindleistung) fest.

3.7.6 Kundendaten

Mit Kundendaten können spezielle Verbrauchsdaten vorgegeben werden.

Das Erfassen von Kundendaten erfolgt direkt über die Datenmaske der Allgemeinen Last im Register **Basisdaten**. Als Lasttyp muss **Hausanschluss** ausgewählt werden.

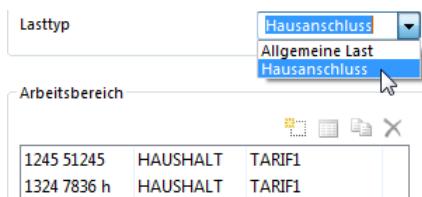


Bild: Datenmaske Allgemeine Last mit Kundendaten

Eine Übersicht der Felder für die Kundendaten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Kundendaten

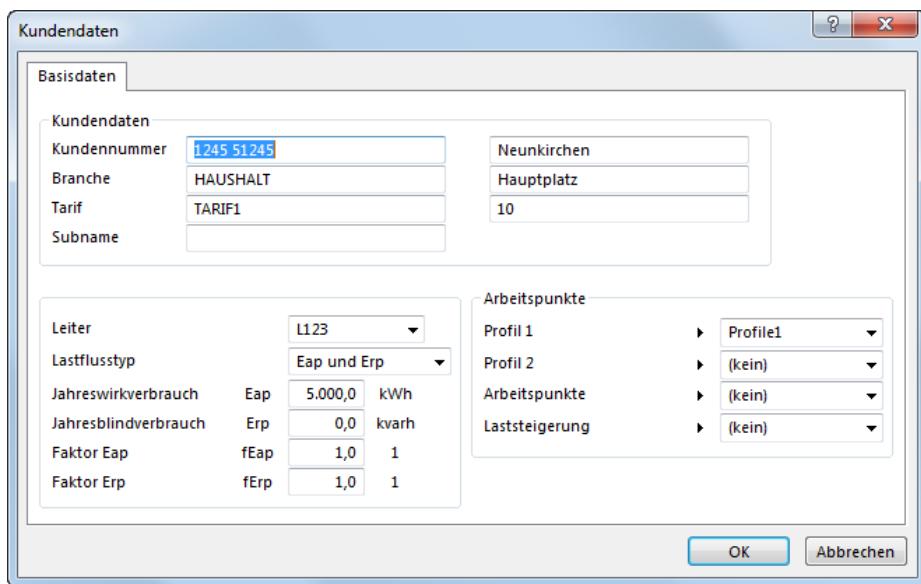


Bild: Datenmaske Kundendaten

Kundendaten

Die Felder **Kundennummer**, **Branche**, **Tarif**, **Subname** und **Text 1** bis **Text 3** dienen nur zu Dokumentationszwecken.

Im Feld **Leiter** wird festgelegt, über welche Leiter der Hausanschluss die Leistung bezieht.

Über die Felder **Faktor P**, **Faktor Q**, **Faktor Eap**, **Faktor Erp**, **Faktor Pi** und **Faktor Qi** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Die Eingabe der Leistung erfolgt je nach **Lastflusstyp**. Die Ermittlung der Leistung erfolgt mit Hilfe der Parameter aus der täglichen Arbeitsreihe.

- P und Q (Wirkleistung und Blindleistung)
- Pi und Qi (Anschlusswert Wirkleistung und Anschlusswert Blindleistung)
- Eap und Erp (Jahreswirkverbrauch und Jahresblindverbrauch)

Wirkleistung und Blindleistung

$$P_{100} = P$$

$$Q_{100} = Q$$

Anschlusswert Wirkleistung und Anschlusswert Blindleistung

$$P_{100} = P_{An}$$

$$Q_{100} = Q_{An}$$

Jahreswirkverbrauch und Jahresblindverbrauch

$$P_{100} = a1 * \left(1 - e^{-\frac{E_P}{b1}} \right)$$

$$Q_{100} = a1 * \left(1 - e^{-\frac{E_Q}{b1}} \right)$$

In der Lastprofilberechnung wird die Gleichzeitigkeit wie bei dem [Lastprofil](#) beschrieben ermittelt.

Arbeitspunkte

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Das Feld **Laststeigerung** definiert die Laststeigerung.

Eine detaillierte Beschreibung der Kundendaten ist im Kapitel Lastprofil des Handbuchs Lastfluss zu finden.

3.7.7 Leistungsgrenze

Mit diesem Element kann die Leistungsgrenze einer Einspeisung bei Nennspannung festgelegt werden.

Die Bearbeitung der Leistungsgrenzen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – Leistungsgrenzwerte**.

Die Leistungsgrenze wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Leistungsgrenzwerten definiert. Die Eingabe von Leistungsgrenzwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Leistungsgrenze und die Leistungsgrenzwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Leistungsgrenze

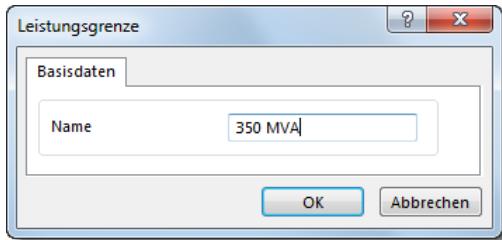


Bild: Basisdaten für Leistungsgrenze

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Leistungsgrenze kann dann bei verschiedenen Einspeisungen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Leistungsgrenzwerte

A screenshot of the 'Leistungsgrenze' dialog box showing power limit values. The 'Name' dropdown is set to '350 MVA'. The main area is a table with columns: Row, P [MW], Qind [Mvar], and Qkap [Mvar]. The data rows are: 1 (80,000, 225,000, 210,000), 2 (150,000, 175,000, 165,000), 3 (200,000, 125,000, 110,000), 4 (250,000, 80,000, 70,000), 5 (300,000, 25,000, 20,000), 6 (325,000, 15,000, 10,000), and an asterisk row. At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Leistungsgrenzwerte

Die Leistungsgrenze wird durch Definition von **P** (Wirkleistung), **Qind** (maximale induktive Blindleistung) und **Qkap** (maximale kapazitive Blindleistung) beschrieben.

3.7.8 Transformatorregler

Mit diesem Element kann der Reglerverlauf eines Transformatormodells festgelegt werden.

Die Bearbeitung der Transformatorregler erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – Transformatorregler**.

Der Transformatorregler wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Transformatorreglerwerten definiert. Die Eingabe von Transformatorreglerwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für den Transformatorregler und die Transformatorreglerwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Transformatorregler

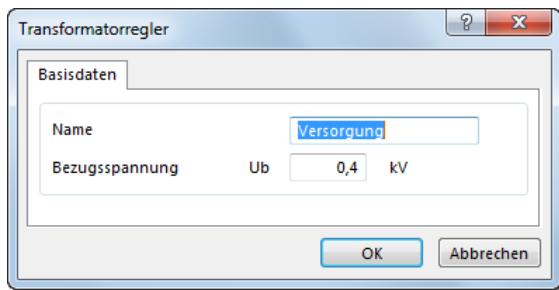
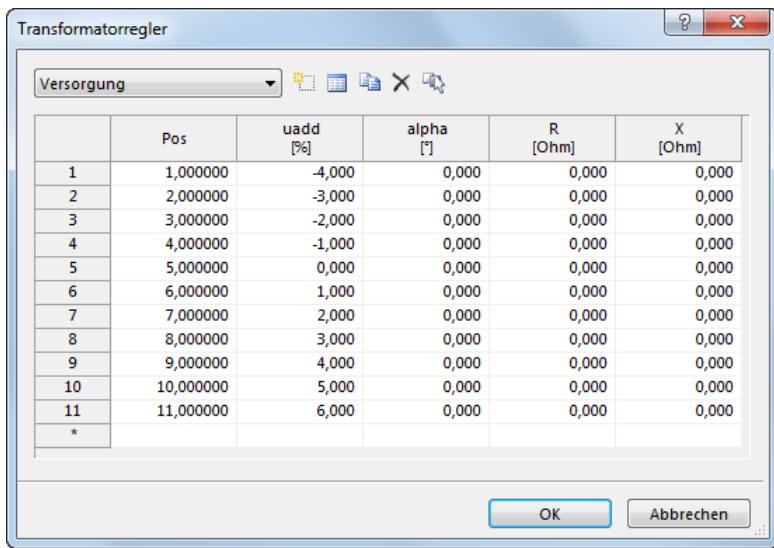


Bild: Basisdaten für Transformatorregler

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Der Transformatorregler kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die Widerstand- und Reaktanzwerte sind mit der **Bezugsspannung** zu bestimmen.

Transformatorreglerwerte



The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "Transformatorregler". A dropdown menu at the top is set to "Versorgung". The main area is a table with columns: Pos, uaad [%], alpha [°], R [Ohm], and X [Ohm]. The table contains 12 rows, indexed from 1 to 11, plus a row for "*". The data is as follows:

	Pos	uaad [%]	alpha [°]	R [Ohm]	X [Ohm]
1	1,000000	-4,000	0,000	0,000	0,000
2	2,000000	-3,000	0,000	0,000	0,000
3	3,000000	-2,000	0,000	0,000	0,000
4	4,000000	-1,000	0,000	0,000	0,000
5	5,000000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	6,000000	1,000	0,000	0,000	0,000
7	7,000000	2,000	0,000	0,000	0,000
8	8,000000	3,000	0,000	0,000	0,000
9	9,000000	4,000	0,000	0,000	0,000
10	10,000000	5,000	0,000	0,000	0,000
11	11,000000	6,000	0,000	0,000	0,000
*					

At the bottom right are "OK" and "Abbrechen" buttons.

Bild: Transformatorreglerwerte

Der Transformatorregler wird durch Definition von **Pos** (Regelstufe), **uaad** (Zusatzspannung), **alpha** (Winkel für Zusatzspannung), **R** (Widerstand) und **X** (Reaktanz) beschrieben.

Die Zusatzspannung ist in Prozent bezogen auf die Transformatornennspannung des jeweiligen Regler Knotens (im Register **Regler** bei den Transformatoren) anzugeben.

Um die mittlere Regelstufe bestimmen zu können, muss ein Reglerwert mit Zusatzspannung gleich 0 Prozent angegeben werden.

3.7.9 Transformator Regelkennlinie

Mit diesem Element kann ein individuelles Regelverhalten für Transformatoren festgelegt werden.

Die Bearbeitung der Transformator Regelkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – Regelkennlinie**.

Die Regelkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Regelkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Regelkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Transformator Regelkennlinien und die Transformator Regelkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Transformator Regelkennlinie

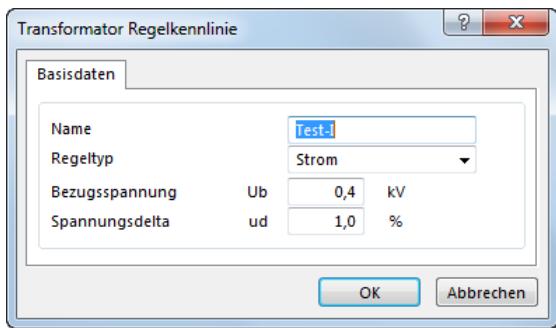


Bild: Basisdaten für Transformator Regelkennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet.

Mit dem **Regeltyp** kann das Regelverhalten gesteuert werden. Folgende Optionen sind verfügbar:

- Strom
- Wirkleistung
- Scheinleistung

Mit dem Feld **Bezugsspannung** wird definiert, für welche Spannung die Regelkennlinie gültig ist. Anhand dieses Wertes wird entweder die Ober- oder Unterspannungsseite des Transfomators herangezogen, um den Strom bzw. die Leistung abzugreifen und aus dieser dann die in der Kennlinie hinterlegte Zielspannung zu bestimmen.

Mit dem **Spannungsdelta** wird die zulässige Regeltoleranz definiert. D.h. wenn ein Zielspannungswert von 100 % vorgegeben wird, wäre bei einem Spannungsdelta von 2 % der gültige Regelbereich von 99 bis 101 %.

Regelkennlinienwerte

The screenshot shows the 'Transformator Regelkennlinie' dialog box with the 'Werte' tab selected. It displays a table of regulation curve values:

	I [kA]	u [%]
1	-0,100	98,000
2	0,000	100,000
3	0,100	105,000
*		

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Transformator Regelkennlinienwerte

Mit dem Feld **u** wird die gewünschte Spannung in Prozent definiert, der Spannungswert in kV wird mit der Bezugsspannung errechnet.

Beim Regeltyp **Strom** wird mit dem Feld **I** jener Strom definiert, anhand dessen die Spannung **u** eingestellt werden soll.

Beim Regeltyp **Wirkleistung** wird mit dem Feld **P** jene Wirkleistung definiert, anhand der die Spannung **u** eingestellt werden soll.

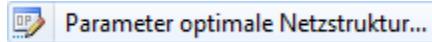
Beim Regeltyp **Scheinleistung** wird mit dem Feld **S** jene Scheinleistung definiert, anhand der die Spannung **u** eingestellt werden soll.

3.8 Optimierung

Folgende Daten sind verfügbar:

- Parameter optimale Netzstruktur
- Optimale Netzstruktur Spangen

3.8.1 Parameter optimale Netzstruktur

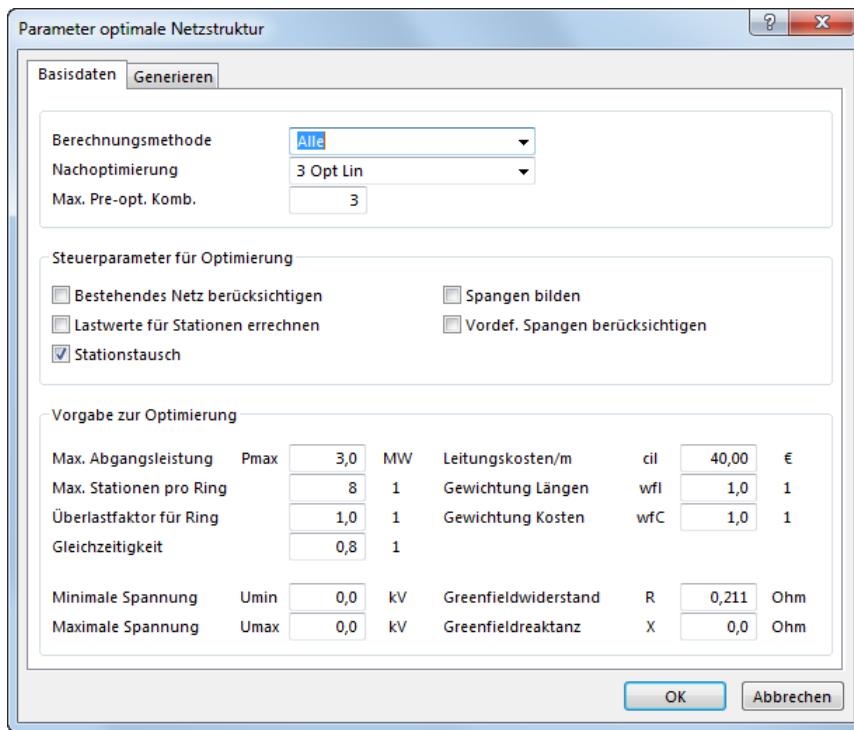


Die Parameter für die optimale Netzstruktur dienen zur Steuerung der verwendeten Algorithmen in der Optimierung.

Die Parameter für die optimale Netzstruktur werden über den Menüpunkt **Berechnen – Optimierung – Parameter optimale Netzstruktur** definiert.

Eine Übersicht der Felder für die Parameter optimale Netzstruktur ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

Basisdaten Parameter optimale Netzstruktur**Bild: Datenmaske Parameter optimale Netzstruktur – Basisdaten**

Im Feld **Berechnungsmethode** kann zwischen den verschiedenen Algorithmen der Ringermittlung gewählt werden. Dazu zählen:

- Rotierender Strahl
- Beste Einsparungen
- Alle:
Mit dieser Option werden alle möglichen Berechnungsmethoden durchgeführt und die entsprechenden Ergebnisse bereitgestellt. Dies ist besonders nützlich, wenn die Ergebnisse verschiedener Optimierverfahren verglichen werden sollen.

Über das Feld **Nachoptimierung** wird gesteuert, mit welchem Algorithmus die ermittelten Ringe verbessert werden. Hier kann zwischen folgenden Methoden gewählt werden:

- Keine Optimierung
- 2 Opt Lin
- 3 Opt Lin
- Alle

Im Feld **Max. Pre-opt. Komb.** wird die Anzahl der Variationen für die Berechnungsmethode Rotierender Strahl definiert. Dadurch werden unterschiedliche Ringstrukturen gebildet, die es ermöglichen, die beste Variante zu finden. Dabei ist zu beachten, dass die Rechenzeit extrem stark ansteigt, wenn viele Variationen berechnet werden.

Steuerparameter für Optimierung

Mit der Option **Bestehendes Netz berücksichtigen** wird die bestehende Netzstruktur genutzt. D.h. bereits bestehende Leitungen, die den Trassen zugeordnet sind, werden vom Optimierverfahren bevorzugt verwendet, da hier die Verlegungskosten minimal sind.

Mit der Option **Lastwerte für Stationen errechnen** wird ein spezieller Algorithmus aktiviert, der die Stationslasten automatisch errechnet. Hierzu wird das der Station untergelagerte Teilnetz durch eine entsprechende Netzverfolgung ermittelt und die Lastwerte dieses Teilnetzes werden kumuliert. Schließlich wird der kumulierte Lastwert der Station für das Optimierverfahren zugeordnet.

Mit der Option **Stationstausch** wird der Tausch von Stationen zwischen benachbarten Ringpaaren aktiviert. Hierbei werden verschiedenste Tauschsituationen berücksichtigt, um möglichst gleichmäßig ausgelastete, kostenminimale Ringe zu ermitteln.

Die Option **Spangen bilden** aktiviert die Bildung von Spangen im Zuge der Nachoptimierung. Dabei werden – falls dies zur Verbesserung des Optimierergebnisses führt – jeweils zwei benachbarte Ringe in Spangen umgewandelt.

Die Option **Vordefinierte Spangen berücksichtigen** aktiviert die Generierung von benutzerdefinierten Spangen. Hierzu werden in einer speziellen **Datenmaske** Spangen vordefiniert, indem die zu verbindenden Umspannstationen angegeben werden.

Vorgabe zur Optimierung

Im Feld **Max. Abgangsleistung** wird die maximal zulässige Leistung eines Ringes definiert.

Über das Feld **Max. Stationen pro Ring** wird festgelegt, wie viele Netzstationen maximal in den Ring aufgenommen werden. Ist dieser Parameter gleich Null, dann wird die Stationsanzahl nicht begrenzt. D.h. dann wird nur noch die max. Abgangsleistung berücksichtigt.

Im Feld **Überlastfaktor für Ring** wird jener Faktor angegeben, mit dem der Ring überlastet werden kann.

Im Feld **Gleichzeitigkeit** wird ein Faktor angegeben, mit dem das Verhältnis zwischen tatsächlich auftretender Höchstlast und Anschlusswerte definiert wird.

In diesem Feld **Leitungskosten/m** werden die Kosten von neu zu verlegenden Leitungen angegeben. Dies ist nur ein Teil der Gesamtkosten, die sich aus Tiefbaukosten von den Trassen und den Leitungskosten zusammensetzen.

Mit den Feldern **Gewichtung Längen** und **Gewichtung Kosten** können benutzerdefinierte Faktoren definiert werden, die die entsprechenden Werte im Optimierverfahren gewichten. Dies ermöglicht es, den Einfluss von längenabhängigen Verlusten bzw. Kosten individuell zu bewerten.

Die Felder **Minimale Spannung** und **Maximale Spannung** geben den Spannungsbereich für die Generierung der optimalen Netzstruktur vor. D.h. es werden nur jene Station, Trassen und Leitungen berücksichtigt, welche in diesem definierten Bereich liegen.

Die Felder **Greenfieldwiderstand** und **Greenfieldreaktanz** definieren die Impedanz für neu zu verlegende Leitungen.

Generieren Parameter optimale Netzstruktur

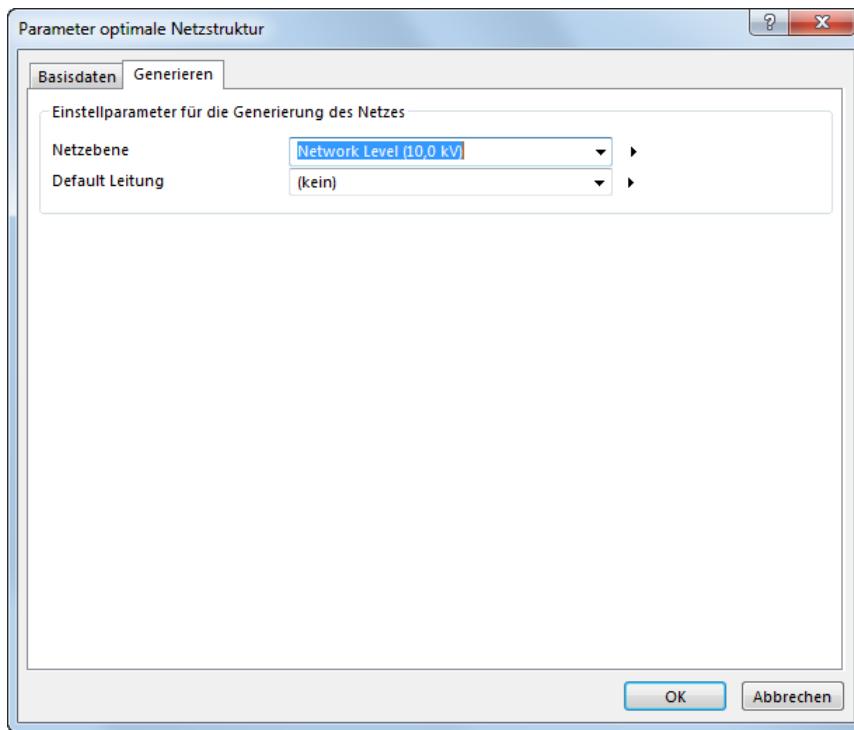


Bild: Datenmaske Parameter optimale Netzstruktur – Generieren

Einstellparameter für die Generierung des Netzes

Hier können erweiterte Voreinstellungen für das Generieren der Netzelemente vorgenommen werden. Alle neu generierten Netzelemente werden der ausgewählten **Netzebene** zugeordnet und neu generierte Leitungen erhalten alle Attribute der **Default Leitung**. Wenn keine Default Leitung definiert ist, werden bei neu generierten Leitungen der Greenfieldwiderstand und die Greenfieldreaktanz zugeordnet.

Eine genaue Beschreibung dieser Berechnungsmethode ist im Kapitel Optimale Netzstruktur des Handbuchs Optimierung zu finden.

3.8.2 Optimale Netzstruktur Spangen

Mit diesen Eingabedaten können Spangen für die Generierung von optimalen Netzstrukturen manuell vordefiniert werden. Hierbei werden jeweils zwei Umspannstationen ausgewählt, welche durch eine Spange verbunden werden sollen.

Zur Definition von Spangen wird der Menüpunkt **Daten – Optimierung – Optimale Netzstruktur – Spangen** aktiviert. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Optimale Netzstruktur Spangen ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Optimale Netzstruktur Spangen

Bild: Basisdaten der optimalen Netzstruktur Spangen

Mit dem Feld **Status** kann die Spangenbildung aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Mit dem **Namen** kann eine benutzerdefinierte Bezeichnung für die Spange vorgegeben werden.

Mit den Auswahlfeldern **Umspannstation 1** und **Umspannstation 2** werden jene Umspannstationen definiert, welche durch eine Spange verbunden werden sollen.

3.9 Oberschwingungen

Die Daten für die Oberschwingungsberechnung beschreiben die Frequenzabhängigkeit der Elemente. Diese Frequenzabhängigkeit eines Elementes kann wie folgt definiert werden:

- Güte bzw.
- Impedanzverlauf als Funktion der Frequenz

Diese Daten werden bei den Netzelementen als Oberschwingungsdaten angegeben. Eine Beschreibung ist unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) und [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Einspeisungen](#) zu finden.

Folgende Elemente sind verfügbar:

- Quer Oberschwingungs-Resonanznetz
- Längs Oberschwingungs-Resonanznetz
- Oberschwingungs-Resonanznetzwert
- Oberschwingungs-Frequenzgang
- Oberschwingungs-Impedanz
- Oberschwingungs-Impedanzfläche
- Oberschwingungs-Spannungsquelle
- Oberschwingungs-Stromquelle
- Grenzwerte für OS-Pegel
- Quer RLC-Kreis
- Längs RLC-Kreis

3.9.1 Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Oberschwingungsberechnung bei Elementen angegeben.

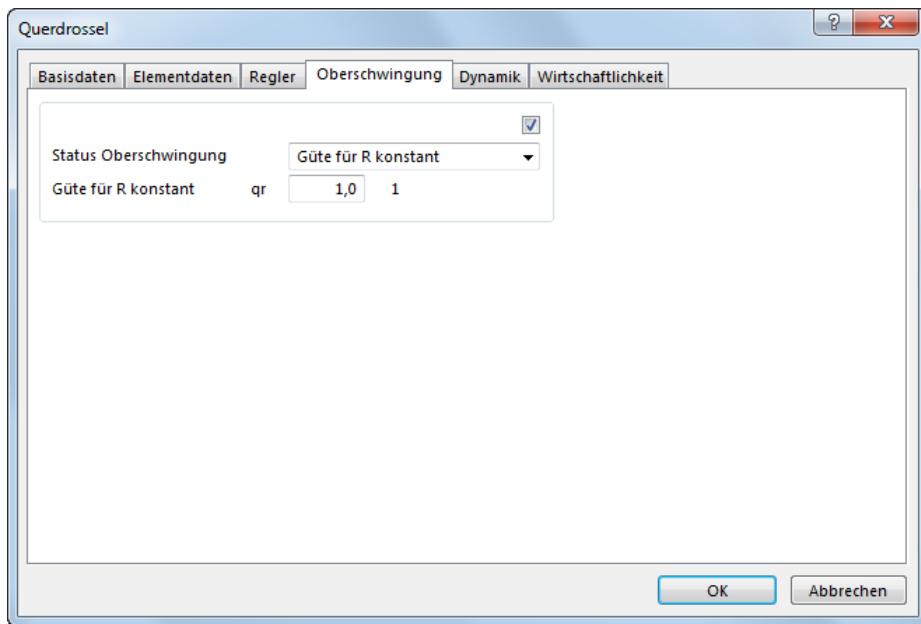


Bild: Querdrossel mit Oberschwingungsdaten

Oberschwingungs-Frequenzabhängigkeit

Grundsätzlich bestehen drei Möglichkeiten, die Zusatzdaten für Elemente einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant und Güte für X/R konstant:
Die eingegebenen Faktoren der Felder **Güte für R konstant** und **Güte für X/R konstant** werden zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

3.9.2 Allgemeine Oberschwingungsdaten für Einspeisungen

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Oberschwingungsberechnung bei Einspeisungen angegeben.

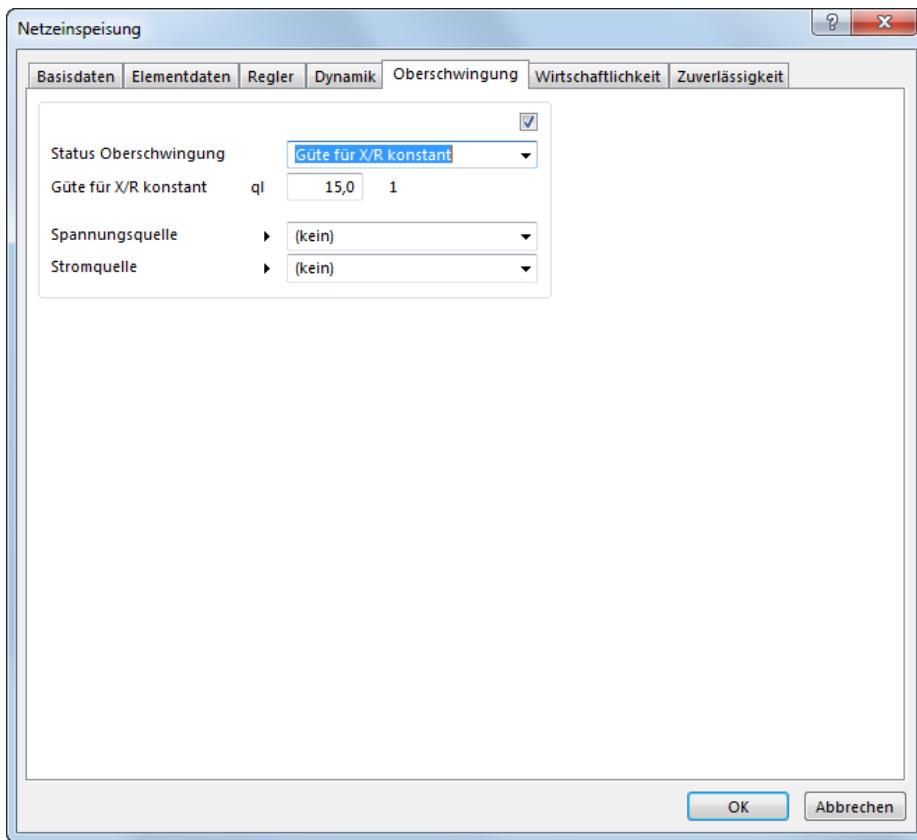


Bild: Netzeinspeisung mit Oberschwingungsdaten

Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten, die Zusatzdaten für die Einspeisungen einzugeben. Die Auswahl wird über das Feld **Status Oberschwingung** vorgenommen.

- Keine Frequenzabhängigkeit:
Dieses Element wird in der Oberschwingungsberechnung mit einer Güte für X/R konstant = 5,0 berücksichtigt.
- Güte für R konstant und Güte für X/R konstant:
Die eingegebenen Faktoren der Felder **Güte für R konstant** und **Güte für X/R konstant** werden zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- Impedanzkennlinie:
Der Name der **Impedanzkennlinie** (Impedanzen über die Frequenz) wird angegeben. Diese wird zur Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung verwendet.
- CIGRE Modell – A
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten der Netzeinspeisung.
- CIGRE Modell – B
Die Bestimmung der Impedanz für die Oberschwingungsberechnung erfolgt aufgrund der Basisdaten der Netzeinspeisung.

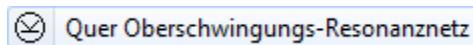
Datenbeschreibung

Eine ausführliche Beschreibung des frequenzabhängigen Verhaltens wird im Kapitel Berechnung der aktuellen Admittanzwerte im Handbuch Oberschwingungen beschrieben.

Für Einspeisungen besteht die Möglichkeit, den Namen einer **Spannungsquelle** bzw. einer **Stromquelle** anzugeben. Über diese Definition wird eine Einspeisung einer Oberschwingungsspannung bzw. eines Oberschwingungsstromes mit der jeweiligen Frequenz zugeordnet.

Für Oberschwingungs Stromquellen mit bezogener Stromangabe und einem Bezugsstrom von 0 Ampere wird der Laststrom als Bezugsstrom herangezogen.

3.9.3 Quer Oberschwingungs-Resonanznetz



Mit diesem Element kann die Frequenzabhängigkeit eines anstehenden Netzes nachgebildet werden.

Das Erzeugen eines Quer Oberschwingungs-Resonanznetzes erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Quer Oberschwingungs-Resonanznetz**.

Eine Übersicht der Felder für das Quer Oberschwingungs-Resonanznetz ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Quer Oberschwingungs-Resonanznetz

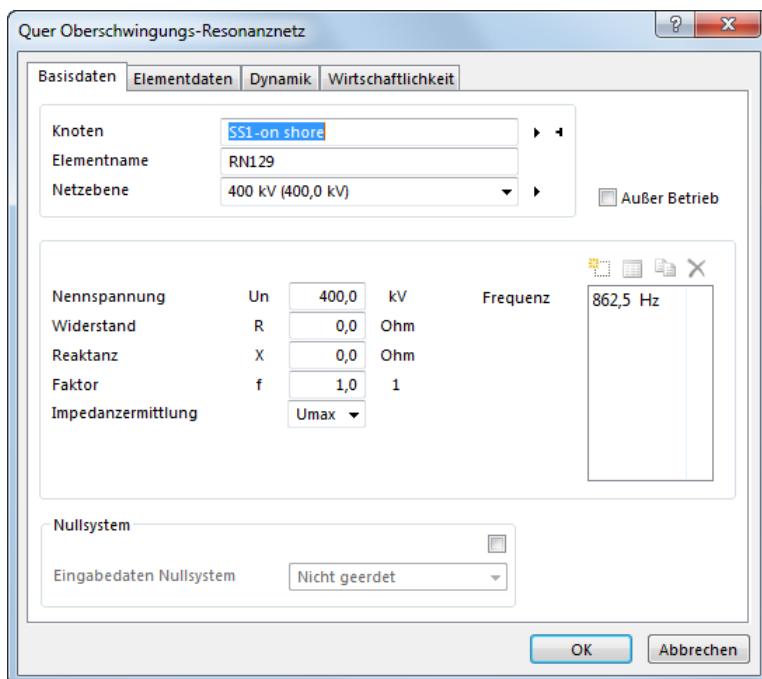


Bild: Datenmaske Quer Oberschwingungs-Resonanznetz

Das Quer Oberschwingungs-Resonanznetz bildet die Frequenzabhängigkeit eines anstehenden Netzes als Element nach. Pro topologisch getrenntem Teilnetz kann nur ein Quer oder Längs Oberschwingungs-Resonanznetz eingegeben werden. Die Impedanz des Oberschwingungs-Resonanznetzes wird in der Oberschwingungsberechnung für jede Frequenz berechnet.

Resonanznetzwerte können über die jeweiligen Knöpfe neu definiert, bearbeitet, kopiert und gelöscht werden. Die aktuell angegebenen Resonanznetzwerte sind im Feld **Frequenz** aufgelistet.

Die Leistungsaufnahme erfolgt abhängig von der **Nennspannung**.

Über die Felder **Widerstand** und **Reaktanz** wird die Impedanz bei Netzfrequenz angegeben. Diese Impedanz wird für alle Berechnungsverfahren (außer für Oberschwingung) zur Nachbildung dieses Elementes verwendet.

Durch das Feld **Faktor** kann ein Faktor angegeben werden, mit dem alle R und X Werte des Resonanznetzes multipliziert werden.

Für die **Impedanzermittlung** in der Oberschwingungsberechnung stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- Umax:
Größte Spannungsverzerrung
- Imax:
Größter Strom

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** werden die Nullsystemdaten gesetzt.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet.
- starr geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element starr geerdet (Z_0 ident Z_1).

Die genaue Beschreibung zur Bestimmung der Impedanz ist im Oberschwingungshandbuch unter Oberschwingungs-Resonanznetz zu finden.

Elementdaten Quer Oberschwingungs-Resonanznetz

Die Elementdaten für das Quer Oberschwingungs-Resonanznetz sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Quer Oberschwingungs-Resonanznetz

Die Dynamikdaten für das Quer Oberschwingungs-Resonanznetz sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV

Datenbeschreibung

#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Pif	Elementwirkleistung	MW
#Qif	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-
#Gif	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Quer Oberschwingungs-Resonanznetz

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für das Quer Oberschwingungs-Resonanznetz sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.9.4 Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

Mit diesem Element kann die Frequenzabhängigkeit eines Netzes zwischen zwei Knoten nachgebildet werden.

Das Erzeugen eines Längs Oberschwingungs-Resonanznetzes erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Längs Oberschwingungs-Resonanznetz**.

Eine Übersicht der Felder für das Längs Oberschwingungs-Resonanznetz ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

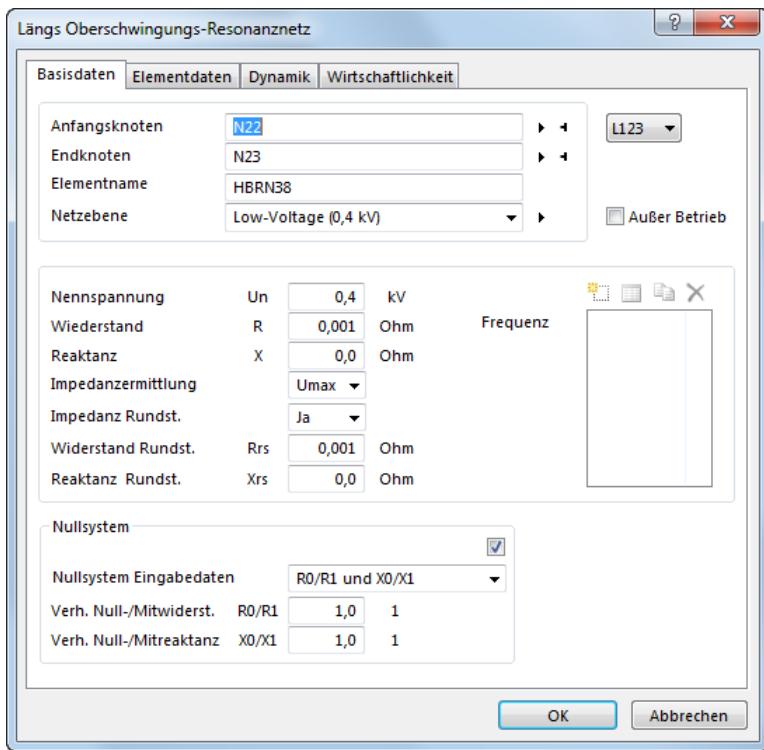


Bild: Datenmaske Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

Das Längs Oberschwingungs-Resonanznetz bildet die Frequenzabhängigkeit Netzes zwischen zwei Knoten als Element nach. Pro topologisch getrenntem Teilnetz kann nur ein Quer oder Längs Oberschwingungs-Resonanznetz eingegeben werden. Die Impedanz des Oberschwingungs-Resonanznetzes wird in der Oberschwingungsberechnung für jede Frequenz berechnet.

Resonanznetzwerke können über die jeweiligen Knöpfe neu definiert, bearbeitet, kopiert und gelöscht werden. Die aktuell angegebenen Resonanznetzwerke sind im Feld **Frequenz** aufgelistet.

Die Leistungsaufnahme erfolgt abhängig von der **Nennspannung**.

Über die Felder **Widerstand** und **Reaktanz** wird die Impedanz bei Netzfrequenz angegeben. Diese Impedanz wird für alle Berechnungsverfahren (außer für Oberschwingung) zur Nachbildung dieses Elementes verwendet.

Für die **Impedanzermittlung** in der Oberschwingungsberechnung stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- **Umax:**
Größte Spannungsverzerrung am Endknoten
- **Imax:**
Größter Strom

Über die Felder **Impedanz Rundsteuerung**, **Widerstand Rundsteuerung** und **Reaktanz Rundsteuerung** kann die Impedanz bei Rundsteuerfrequenz angegeben werden.

Die genaue Beschreibung zur Bestimmung der Impedanz ist im Oberschwingungshandbuch unter Oberschwingungs-Resonanznetz zu finden.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- Z0 sperrend:
Die Nullsystemdaten werden auf unendlichen Widerstand ($100.000 + j 1.000.000$ Ohm) gesetzt.
- Z0 ident Z1:
Die Nullsystemdaten werden ident den Mitsystemdaten gesetzt.
- R0/R1 und X0/X1:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Verhältnis Null/Mitwiderstand** und **Verhältnis Null/Mitreaktan** befüllt werden.
- R0 und X0:
Bei diesen Nullsystemeingabedaten müssen die Felder **Widerstand im Nullsystem** und **Reaktan im Nullsystem** befüllt werden.

Elementdaten Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

Die Elementdaten für das Längs Oberschwingungs-Resonanznetz sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

Die Dynamikdaten für das Längs Oberschwingungs-Resonanznetz sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Längs Oberschwingungs-Resonanznetz

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für das Längs Oberschwingungs-Resonanznetz sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.9.5 Oberschwingungs-Resonanznetzwert

Mit diesen Daten werden Resonanznetzwerke für verschiedene Frequenzen definiert. Dies erfolgt über das Feld **Frequenz** in den Datenmasken [Quer Oberschwingungs-Resonanznetz](#) oder [Längs Oberschwingungs-Resonanznetz](#).

Eine Übersicht der Felder für die Oberschwingungs-Resonanznetzwerke ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Oberschwingungs-Resonanznetzwert

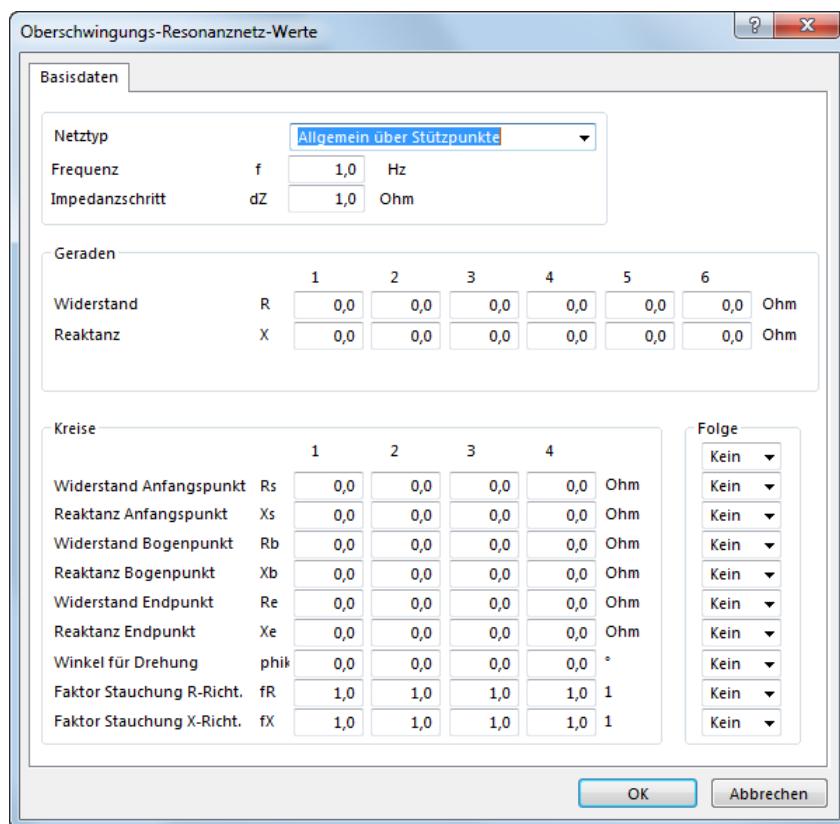


Bild: Datenmaske Oberschwingungs-Resonanznetzwert

Über die Felder dieser Maske wird die Impedanzfläche eines Resonanznetzes bei einer Frequenz beschrieben.

Um die Eingabe der Frequenzdaten für das Resonanznetz möglichst einfach zu gestalten, sind eine Reihe von vordefinierten Resonanznetztypen verfügbar. Über das Feld **Netztyp** wird die gewünschte Art des Resonanznetzes gewählt:

- Allgemein über Stützpunkte
- Allgemein mit Winkeln
- Verlauf über R/X
- Verlauf über Z/phi
- 2 Geraden und 2 Kreise
- 3 Geraden und 1 Kreis

Datenbeschreibung

- 4 Geraden und 1 Kreis
- Impedanzfläche

Je nach gewähltem Netztyp des Resonanznetzes werden unterschiedliche Felder zur Auswahl angeboten. Die eingegebenen Werte werden für jeweils eine **Frequenz** hinterlegt.

Zur genaueren Bestimmung der Impedanz wird die Impedanzfläche in der Oberschwingungsberechnung mit dem angegebenen **Impedanzschritt** unterteilt.

Die Felder **1. Element** bis **14. Element** werden zur Reihung von Geraden und Kreisen verwendet.

Die genaue Beschreibung zur Bildung der Impedanzfläche ist im Oberschwingungshandbuch unter Oberschwingungs-Resonanznetz zu finden.

3.9.6 Oberschwingungs-Frequenzgang

Mit diesem Element werden jene Knoten bestimmt, für die die Netzeingangs- bzw. Netzkoppelimpedanz berechnet werden sollen.

Die Bearbeitung von Oberschwingungs-Frequenzgang erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Oberschwingung – Frequenzgang**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Oberschwingungs-Frequenzgang ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Oberschwingungs-Frequenzgang

Basisdaten		
Schaltzustand	Ein	▼
Knoten	SS1-off shore	▶
Referenzknoten	(kein)	▶
Impedanzschleife	L123	▼
Impedanztyp	Minimum	▼
Anfangsfrequenz fa	50,0	Hz
Endfrequenz fe	2.000,0	Hz
Grober Frequenzschritt deltafmax	50,0	Hz
Feiner Frequenzschritt deltafmin	5,0	Hz

Bild: Basisdaten des Oberschwingungs-Frequenzganges

Mit Hilfe des **Schaltzustandes** kann der Frequenzgang für die Berechnung aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Der **Knoten** legt den Knoten für die Impedanzermittlung fest.

Über das Feld **Referenzknoten** kann ein Knoten oder eine Sammelschiene angegeben werden, zu dem die Impedanz ermittelt wird. Ist dieses Feld nicht befüllt, wird die Impedanz gegen Erde ermittelt.

Über die **Impedanzschleife** kann eine bestimmte Schleifenimpedanz ausgewählt werden. Bei Vorgabe von L123 wird die Impedanzschleife je nach vorhandenen Phasen automatisch gewählt. In diesem Fall entscheidet auch die bei den Berechnungsparametern angegebene Impedanzermittlung, ob die minimale oder maximale Phasenimpedanz der vorhandenen Phasen ausgegeben wird.

Bei Vorgabe von L123 für die Impedanzschleife werden alle drei Phase-Erde Impedanzschleifen berechnet. Über den **Impedanztyp** wird festgelegt, ob die minimale oder maximale Impedanz der drei Schleifen herangezogen wird.

Bei Auswahl einer Phase-Phase Impedanzschleife wird die halbe Schleifenimpedanz in den Frequenzgangsdiagrammen ausgeben.

Die Frequenzermittlung erfolgt zwischen **Anfangsfrequenz** und **Endfrequenz** mit dem **groben Frequenzschritt**. Tritt eine Resonanz auf, so wird automatisch auf **feinen Frequenzschritt** gewechselt.

Eine detaillierte Beschreibung des Oberschwingungs-Frequenzganges ist im Kapitel Oberschwingungen des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

3.9.7 Oberschwingungs-Impedanz

Mit diesem Element kann der Impedanzverlauf als Funktion der Frequenz definiert werden.

Die Bearbeitung der Oberschwingungs-Impedanzen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Oberschwingung – Impedanzen**.

Die Oberschwingungs-Impedanz wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Impedanzwerten definiert. Die Eingabe von Impedanzwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Oberschwingungs-Impedanz und die Oberschwingungs-Impedanzwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Eine detaillierte Beschreibung der Oberschwingungs-Impedanz ist im Kapitel Oberschwingungen des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

Basisdaten Oberschwingungs-Impedanz

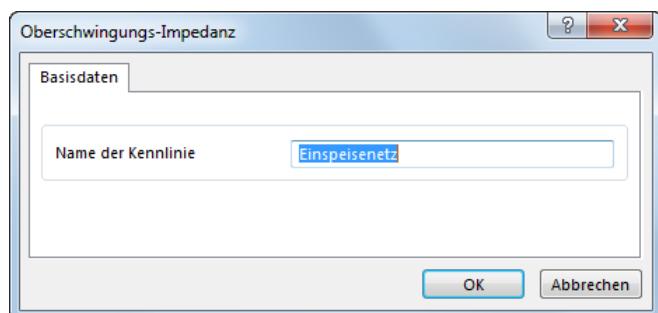


Bild: Basisdaten für Oberschwingungs-Impedanz

Datenbeschreibung

Über den **Namen der Kennlinie** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Impedanzkennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Oberschwingungs-Impedanzwerte

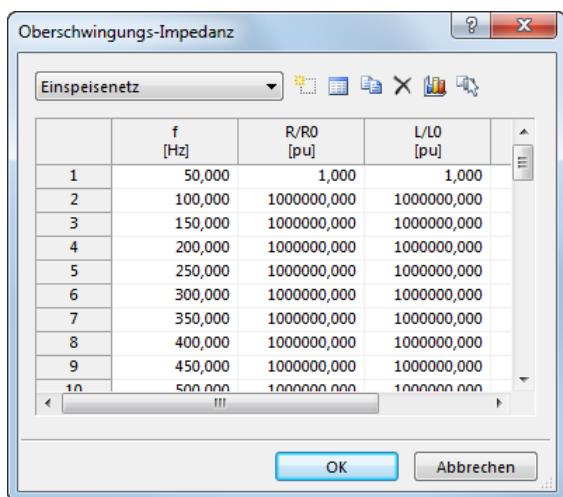


Bild: Oberschwingungs-Impedanzwerte

Die Impedanzkennlinie wird durch Definition von **R/R0** (Widerstand/Widerstand bei Basisfrequenz), **L/L0** (Induktivität/Induktivität bei Basisfrequenz) und **C/C0** (Kapazität/Kapazität bei Basisfrequenz) über die **Frequenz** beschrieben. Es können beliebig viele Punkte definiert werden. Die folgenden Formeln werden verwendet:

$$R_v = r_v * R_0$$

$$L_v = l_v * L_0$$

$$C_v = c_v * C_0$$

Zwischen den definierten Punkten der Impedanzkennlinie wird linear interpoliert.

3.9.8 Oberschwingungs-Impedanzfläche

Mit diesem Element kann die Impedanzfläche eines Resonanznetzes bei einer bestimmten Frequenz definiert werden.

Die Bearbeitung der Oberschwingungs-Impedanzflächen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Oberschwingung – Impedanzfläche**.

Die Oberschwingungs-Impedanzfläche wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Impedanzflächenwerten definiert. Die Eingabe von Impedanzflächenwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Oberschwingungs-Impedanzfläche und die Oberschwingungs-Impedanzflächenwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Oberschwingungs-Impedanzfläche

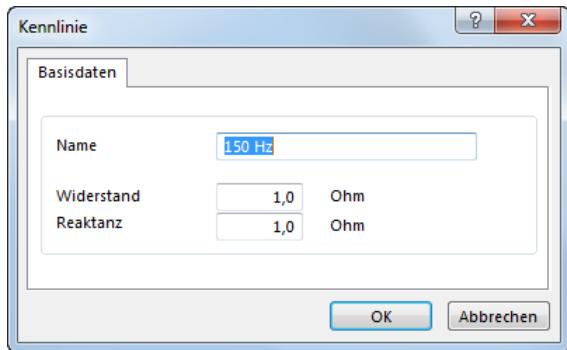


Bild: Basisdaten für Oberschwingungs-Impedanzfläche

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Impedanzflächenkennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Der **Widerstand** und die **Reaktanz** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der einzelnen Impedanzflächenwerte.

Oberschwingungs-Impedanzflächenwerte

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled 'Oberschwingungs-Impedanzfläche'. A dropdown menu shows '150 Hz'. The main area is a table with columns: No., R [pu], and X [pu]. The data is as follows:

No.	R [pu]	X [pu]
1	0,010	0,000
2	1,000	3,000
3	4,000	3,500
4	5,000	0,000
5	4,000	-3,500
6	1,000	-3,000
7	0,010	0,000
*		

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Oberschwingungs-Impedanzflächenwerte

Die Impedanzflächenkennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaares), **R** (Widerstand) und **X** (Reaktanz) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben. Elektrisch bezogene Größen dürfen nicht angegeben werden!

3.9.9 Oberschwingungs-Spannungsquelle

Mit diesem Element kann der Spannungsverlauf als Funktion der Frequenz definiert werden.

Die Bearbeitung der Oberschwingungs-Spannungsquellen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Oberschwingung – Spannungsquelle**.

Die Oberschwingungs-Spannungsquelle wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Spannungsquellenwerten definiert. Die Eingabe von Spannungsquellenwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Oberschwingungs-Spannungsquelle und die Oberschwingungs-Spannungsquellenwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Eine detaillierte Beschreibung der Oberschwingungs-Spannungsquelle ist im Kapitel Oberschwingungen des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

Basisdaten Oberschwingungs-Spannungsquelle

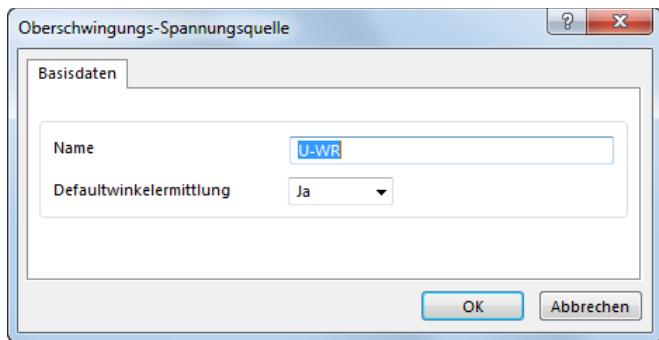


Bild: Basisdaten für Oberschwingungs-Spannungsquelle

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Oberschwingungs-Spannungsquelle kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Wenn im Feld **Defaultwinkelermittlung** die Option **Ja** gewählt wird, so wird die Phasenlage automatisch über die Phasenlage der Lastflussspannung und den Gleichungen für einen 6-pulsigen Brückengleichrichter ermittelt. Bei der Phasenlage der Lastflussspannung ist die Phasendrehung der Transformatoren berücksichtigt.

Oberschwingungs-Spannungsquellenwerte

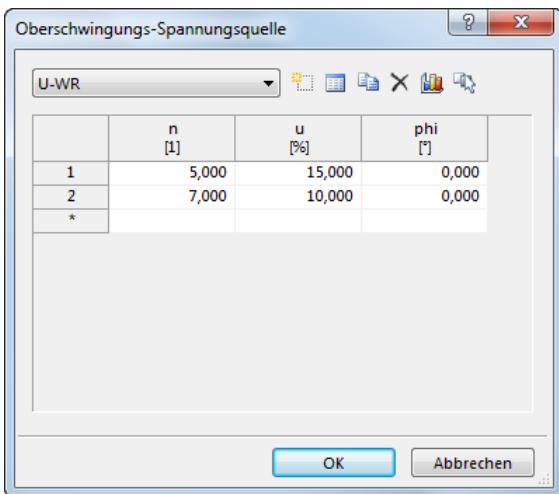


Bild: Oberschwingungs-Spannungsquellenwerte

Die Oberschwingungs-Spannungsquelle wird durch Definition von **u** (Oberschwingungsspannung) und **phi** (Phasenlage) über die **n** (Ordnungszahl) beschrieben. Es können beliebig viele Punkte definiert werden.

Zwischen den definierten Punkten der Impedanzkennlinie wird linear interpoliert.

3.9.10 Oberschwingungs-Stromquelle

Mit diesem Element kann der Stromverlauf als Funktion der Frequenz definiert werden.

Die Bearbeitung der Oberschwingungs-Stromquellen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Oberschwing – Stromquelle**.

Die Oberschwingungs-Stromquelle wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Stromquellenwerten definiert. Die Eingabe von Stromquellenwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Oberschwingungs-Stromquelle und die Oberschwingungs-Stromquellenwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Eine detaillierte Beschreibung der Oberschwingungs-Stromquelle ist im Kapitel Oberschwingungen des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

Basisdaten Oberschwingungs-Stromquelle

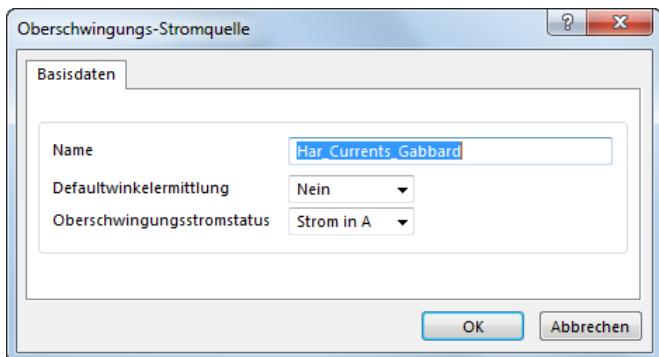


Bild: Basisdaten für Oberschwingungs-Stromquelle

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Oberschwingungs-Stromquelle kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die Phasenlage wird automatisch über die Phasenlage der Lastflussspannung und der Ordnungszahl ermittelt. Bei der Phasenlage der Lastflussspannung ist die Phasendrehung der Transformatoren berücksichtigt.

Wenn im Feld **Defaultwinkelermittlung** die Option **Ja** gewählt wird, so wird zusätzlich noch die Drehung auf Grund der Systemzugehörigkeit aufgeschlagen. Bei Option **Nein** werden alle Oberschwingungsströme als Mitsystemströme behandelt.

Der **Oberschwingungsstromstatus** legt fest, ob der Strom absolut oder bezogen angegeben wird.

Oberschwingungs-Stromquellenwerte

The screenshot shows the main data entry table for harmonic currents. The columns are labeled 'n', 'I [A]', and 'phi [°]'. The rows show values for harmonics 1 through 11. The first row has a note 'n > 11'.

	n [1]	I [A]	phi [°]
1	2,000	16,724	0,000
2	3,000	13,379	0,000
3	4,000	10,034	0,000
4	5,000	70,239	0,000
5	6,000	6,689	0,000
6	7,000	30,103	0,000
7	8,000	3,345	0,000
8	9,000	0,000	0,000
9	10,000	0,000	0,000
10	11,000	26,758	0,000
11	12,000	0,000	0,000

Bild: Oberschwingungs-Stromquellenwerte

Die Oberschwingungs-Stromquelle wird durch Definition von **I** (Oberschwingungsstrom) und **phi** (Phasenlage) über die **n** (Ordnungszahl) beschrieben. Es können beliebig viele Punkte definiert werden.

Die Phasenlage für die Oberschwingungsstromeinspeisung einer 6-pulsigen Brücke ergibt sich somit für die Ströme mit Ordnungszahlen des Mitsystem zu

$$\gamma_M = 5, 11, 17, 23, \dots$$

aus

$$\begin{aligned} \gamma_M &= 6 * i - 1 \\ i &= 1..n \end{aligned}$$

$$\varphi = \gamma_M * \varphi_U + \varphi_U$$

Die Phasenlage für die Oberschwingungsstromeinspeisung einer 6-pulsigen Brücke ergibt sich somit für die Ströme mit Ordnungszahlen des Gegensystem zu

$$\gamma_G = 7, 13, 19, 25, \dots$$

aus

$$\begin{aligned} \gamma_G &= 6 * i + 1 \\ i &= 1..n \end{aligned}$$

$$\varphi = \gamma_G * \varphi_U - \varphi_U$$

Durch diese Vereinbarung ergibt sich bei gleichen Stromwerten und primärseitig verbundenen Transformatoren automatisch eine Auslösung der Ströme mit Ordnungszahlen von

$$\gamma_M = 5, 17, 29, \dots$$

aus

$$\begin{aligned} \gamma_M &= 6 * i - 1 \\ i &= 1, 3, 5, \dots \end{aligned}$$

und

$$\gamma_G = 7, 19, 31, \dots$$

aus

$$\begin{aligned} \gamma_G &= 6 * i + 1 \\ i &= 1, 3, 5, \dots \end{aligned}$$

wenn die Transformatoren eine um eine Vielfache von 30 Grad unterschiedliche Phasendrehung aufweisen.

Datenbeschreibung

Von den beiden 6-pulsigen Brücken sind ober spannungsseitig nur mehr die Ströme mit Ordnungszahlen wie von 12-pulsigen Brücken vorhanden.

3.9.11 Grenzwerte für Oberschwingungs-Pegel

Mit diesem Element können für die einzelnen Ordnungszahlen Maximalwerte für die Oberschwingungsspannung angegeben werden.

Die Bearbeitung der Grenzwerte für Oberschwingungs-Pegel erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Oberschwingung – Grenzwerte für OS-Pegel**.

Die Grenzwerte für Oberschwingungs-Pegel werden über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Kennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Grenzwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Oberschwingungs-Pegel und die Oberschwingungs-Pegelwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Grenzwerte für Oberschwingungs-Pegel

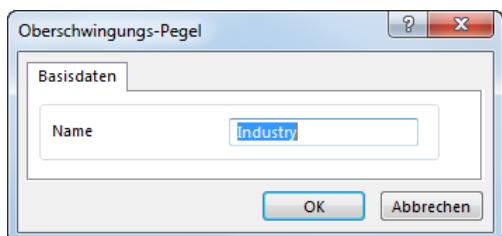
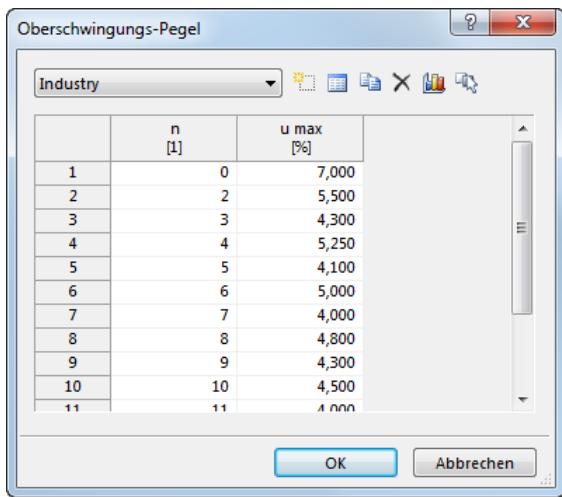


Bild: Basisdaten für Oberschwingungs-Pegel

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet.

Oberschwingungs-Pegelwerte



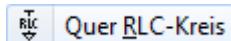
The dialog box is titled 'Oberschwingungs-Pegel' and has a dropdown menu set to 'Industry'. It contains a table with two columns: 'n [1]' and 'u max [%]'. The table lists values from n=1 to n=11, with u max values decreasing from 7,000% to 4,000%. Buttons for 'OK' and 'Abbrechen' are at the bottom.

n [1]	u max [%]
1	7,000
2	5,500
3	4,300
4	5,250
5	4,100
6	5,000
7	4,000
8	4,800
9	4,300
10	4,500
11	4,000

Bild: Oberschwingungs-Pegelwerte

Die Grenzwerte werden über **n** (Ordnungszahl) und **u max** (Max. Oberschwingungsspannung) beschrieben. Bei der Ordnungszahl "0" ist die maximale Oberschwingungsspannung des THD (Total Harmonic Distortion) anzugeben.

3.9.12 Quer RLC-Kreis



Mit diesem Element wird ein RLC-Kreis als Knotenelement nachgebildet. Dieser RLC-Kreis wird auch als Saugkreis bezeichnet.

Das Erzeugen eines Quer RLC-Kreises erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Quer RLC-Kreis**.

Eine Übersicht der Felder für den Quer RLC-Kreis ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Quer RLC-Kreis

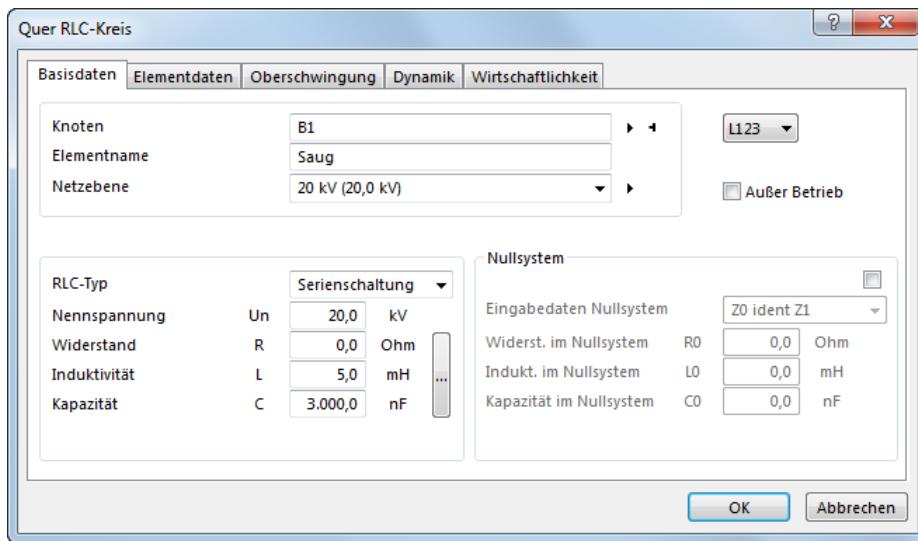


Bild: Datenmaske Quer RLC-Kreis – Basisdaten

Der RLC-Kreis kann Signale mit bestimmter Frequenz (Rundsteuerfrequenz) vernichten.

Die Verschaltung der Elemente (**Wirkwiderstand**, **Induktivität**, **Kapazität**, **Dämpfungswiderstand**, **Serielle Kapazität**) des RLC-Kreises wird über das Feld **RLC-Typ** bestimmt. Hier kann zwischen Serien- und Parallelschaltung bzw. Hochpass R und Hochpass C gewählt werden.

Je nach gewählten **Eingabedaten** müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden:

- Widerstand, Induktivität und Kapazität
- Ordnungszahl, Güte und Blindleistung

Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität

Die Werte für RLC müssen direkt angegeben werden.

Ordnungszahl bei Resonanz, Güte und Blindleistung bei Netzfrequenz

Bei einer Serienschaltung werden die Werte für RLC aus Nennspannung, Ordnungszahl, Güte und Blindleistung berechnet.

$$2\pi f_{\text{Res}} * L = \frac{1}{2\pi f_{\text{Res}} * C}$$

$$\omega_r = n * 2\pi f_0$$

$$b = \frac{\omega_0^2 - \omega_r^2}{\omega_0}$$

$$a = -1,0 * |Q| * \left(\frac{\omega_r^2}{b * q^2} + b \right)$$

$$L = \frac{U^2}{a}$$

$$C = \frac{a}{U^2 * \omega_r^2}$$

$$R = \frac{\omega_r * U^2}{q * a}$$

Die Berechnung der Induktivität erfolgt mit der Blindleistung und der Spannung. Die Berechnung der Kapazität erfolgt mit der Induktivität, der Güte und der Resonanzbedingung.

Die Nachbildung des RLC-Kreises wird anhand des Feldes **RLC Typ** bestimmt.



Serienschaltung:

$$\underline{Z} = R + j * \left(2\pi f * L * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f * C * 10^{-9}} \right)$$

Parallelorschaltung:

$$\underline{Z} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j * \left(-\frac{1}{2\pi f * L * 10^{-3}} + 2\pi f * C * 10^{-9} \right)}$$

Hochpass R:

$$\underline{Z} = \frac{\frac{1}{1 + \frac{1}{R_d}} - j * \frac{1}{2\pi f * C * 10^{-9}}}{R + j 2\pi f * L * 10^{-3}}$$

Hochpass C:

$$\underline{Z} = \frac{\frac{1}{1 + j * \left(-\frac{1}{2\pi f * L * 10^{-3}} + 2\pi f * C * 10^{-9} \right)} - j * \frac{1}{2\pi f * C_s * 10^{-9}}}{R}$$

Datenbeschreibung

Eine detaillierte Beschreibung des RLC-Kreises ist im Kapitel Nachbildung von RLC-Elementen des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

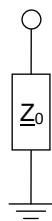
Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** werden die Nullsystemdaten gesetzt oder es müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden.

- nicht geerdet:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element nicht geerdet, d.h. Eingaben vom Nullsystem werden nicht berücksichtigt.
- Z0 ident Z1:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit Nullsystemdaten ident Mitsystemdaten starr geerdet.
- Individuelles Z0:
Bei diesem Erdungstyp wird das Element mit den eingegebenen Nullsystemdaten geerdet.



Serienschaltung:

$$Z_0 = R_0 + j \left(2\pi f * L_0 * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f * C_0 * 10^{-9}} \right)$$

Parallelschaltung:

$$\underline{Z}_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + j * \left(-\frac{1}{2\pi f * L_0 * 10^{-3}} + 2\pi f * C_0 * 10^{-9} \right)}$$

Hochpass R:

$$\underline{Z}_0 = \frac{\frac{1}{1 + j * \frac{1}{2\pi f * L_0 * 10^{-3}} + \frac{1}{R_{d0}}}}{j * \frac{1}{2\pi f * C_0 * 10^{-9}}}$$

Hochpass C:

$$\underline{Z}_0 = \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_0} + j * \left(-\frac{1}{2\pi f * L_0 * 10^{-3}} + 2\pi f * C_0 * 10^{-9} \right)}}{j * \frac{1}{2\pi f * C_{s0} * 10^{-9}}}$$

R_0 ... Widerstand im Nullsystem in [Ω]

L_0 ... Induktivität im Nullsystem in [mH]

C_0 ... Kapazität im Nullsystem in [nF]

R_{d0} ... Dämpfungswiderstand im Nullsystem in [Ω]

C_{s0} ... Serielle Kapazität im Nullsystem in [nF]

Elementdaten Quer RLC-Kreis

Die Elementdaten für den RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Oberschwingung Quer RLC-Kreis

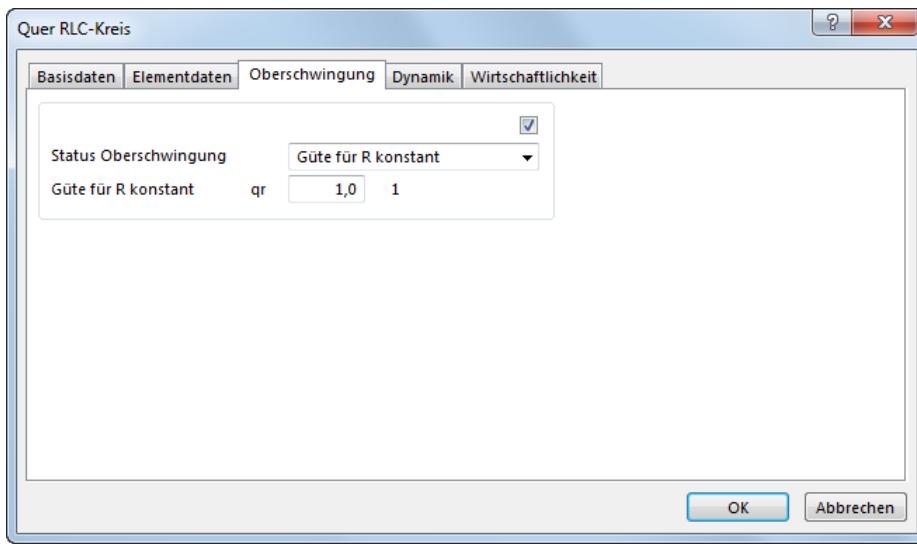


Bild: Datenmaske Quer RLC-Kreis – Oberschwingungen

Weitere Oberschwingungsdaten für den Quer RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Quer RLC-Kreis

Die Dynamikdaten für den RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Bindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Quer RLC-Kreis

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.9.13 Längs RLC-Kreis

Längs RLC-Kreis

Mit diesem Element wird ein RLC-Kreis als Zweigelement nachgebildet. Dieser RLC-Kreis wird auch als Sperrkreis bezeichnet.

Das Erzeugen eines Längs RLC-Kreises erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Längs RLC-Kreis**.

Eine Übersicht der Felder für den Längs RLC-Kreis ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Längs RLC-Kreis

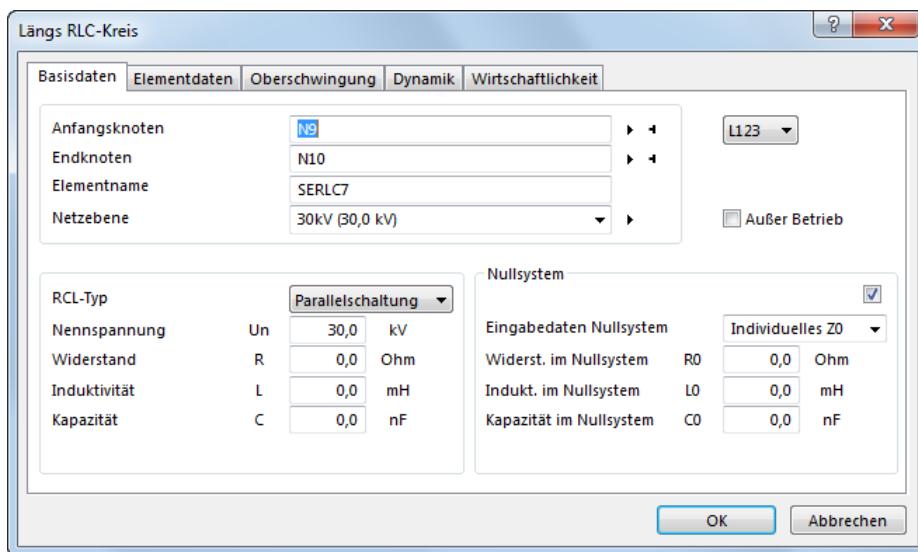
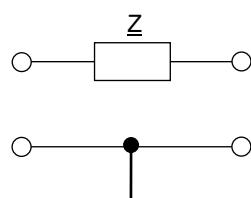


Bild: Datenmaske Längs RLC-Kreis – Basisdaten

Der RLC-Kreis kann Signale mit bestimmter Frequenz (Rundsteuerfrequenz) nicht weiterleiten.

Die Verschaltung der Elemente (**Widerstand**, **Induktivität**, **Kapazität**, **Dämpfungswiderstand**) des RLC-Kreises wird über das Feld **RLC-Typ** bestimmt. Hier kann zwischen Serien- und Parallelschaltung bzw. Tonfrequenzsperre gewählt werden.



Serienschaltung:

$$\underline{Z} = R + j * \left(2\pi f * L * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f * C * 10^{-9}} \right)$$

Parallelschaltung:

$$\underline{Z} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j * \left(-\frac{1}{2\pi f * L * 10^{-3}} + 2\pi f * C * 10^{-9} \right)}$$

Tonfrequenzsperre:

$$\underline{Z} = \frac{\frac{1}{R + j * 2\pi f * L * 10^{-3}} + \frac{1}{R_d}}{1 - j * \frac{1}{2\pi f * C * 10^{-9}}}$$

Eine detaillierte Beschreibung des RLC-Kreises ist im Kapitel Nachbildung von RLC-Elementen des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

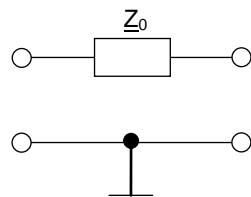
Leiter	Verschaltung
L1	einphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1
L2	einphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2
L3	einphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3
L12	zweiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1 und Startknoten L2 nach Endknoten L2
L23	zweiphasig von Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3
L31	zweiphasig von Startknoten L3 nach Endknoten L3 und Startknoten L1 nach Endknoten L1
L123	dreiphasig von Startknoten L1 nach Endknoten L1, Startknoten L2 nach Endknoten L2 und Startknoten L3 nach Endknoten L3

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Je nach gewählten **Nullsystem Eingabedaten** werden die Nullsystemdaten gesetzt oder es müssen die entsprechenden Eingabefelder befüllt werden:

- Sperrend:
Die Nullsystemdaten werden auf unendlichen Widerstand ($100.000 + j 1.000.000$ Ohm) gesetzt.
- Z0 ident Z1:
Die Nullsystemdaten werden ident den Mitsystemdaten gesetzt.
- Individuelles Z0:
Die Nullsystemdaten werden aus den eingegebenen Nullsystemdaten berechnet.



Serienschaltung:

$$Z_0 = R_0 + j * \left(2\pi f * L_0 * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f * C_0 * 10^{-9}} \right)$$

Parallelschaltung:

$$Z_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + j * \left(-\frac{1}{2\pi f * L_0 * 10^{-3}} + 2\pi f * C_0 * 10^{-9} \right)}$$

Tonfrequenzsperrre:

$$Z_0 = \frac{\frac{1}{R_0 + j * 2\pi f * L_0 * 10^{-3}} + \frac{1}{R_{d0}} - j * \frac{1}{2\pi f * C_0 * 10^{-9}}}{1}$$

R_0 ... Widerstand im Nullsystem in [Ω]

L_0 ... Induktivität im Nullsystem in [mH]

C_0 ... Kapazität im Nullsystem in [nF]

R_{d0} ... Dämpfungswiderstand im Nullsystem in [Ω]

Elementdaten Längs RLC-Kreis

Die Elementdaten für den RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Oberschwingung Längs RLC-Kreis

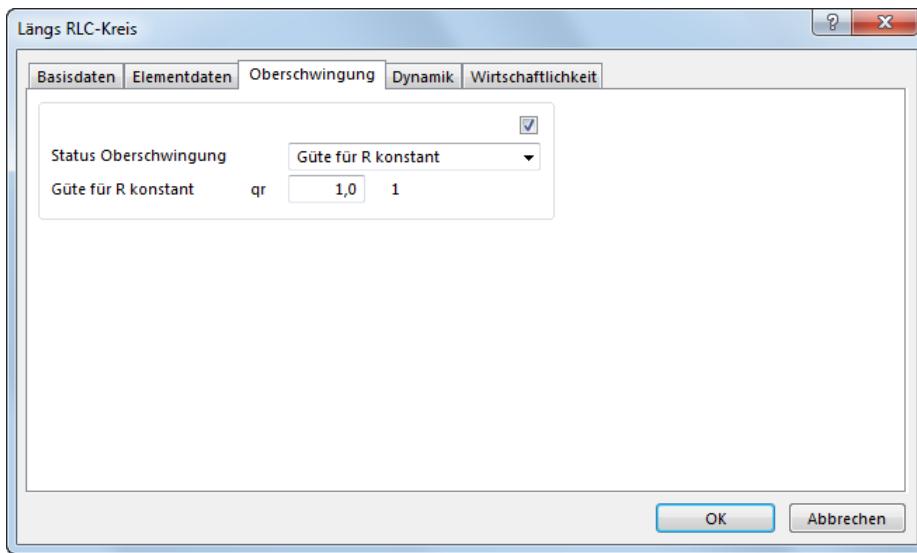


Bild: Datenmaske Längs RLC-Kreis – Oberschwingungen

Weitere Oberschwingungsdaten für den Längs RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Längs RLC-Kreis

Die Dynamikdaten für den RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Längs RLC-Kreis

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den RLC-Kreis sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

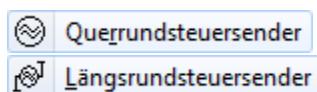
3.10 Rundsteuerung

Die Elemente der Rundsteuerberechnung werden auch in den anderen Berechnungsverfahren (Lastfluss, Kurzschluss, etc.) berücksichtigt. Die Nachbildung in diesen Verfahren erfolgt als reine Längs- bzw. Querimpedanz.

Folgende Elemente sind verfügbar:

- [Längs- bzw. Querrundsteuersender](#)

3.10.1 Längs- bzw. Querrundsteuersender



Mit diesen Elementen kann ein Rundsteuersender als Knotenelement (Querrundsteuersender) oder Zweigelement (Längsrundsteuersender) nachgebildet werden.

Das Erzeugen eines Querrundsteuersenders erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Querrundsteuersender**, das Erzeugen eines Längsrundsteuersenders über **Einfügen – Zweigelemente – Längsrundsteuersender**.

Eine Übersicht der Felder für den Längsrundsteuersender und den Querrundsteuersender ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Längs- und Querrundsteuersender

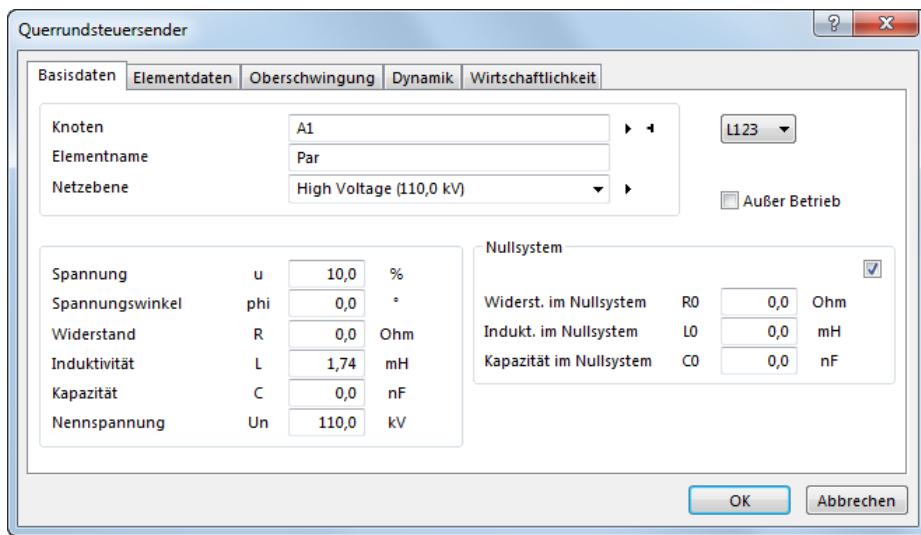
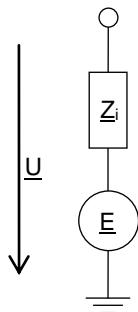
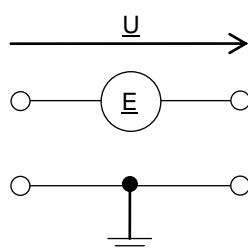


Bild: Datenmaske Rundsteuersender

Der Rundsteuersender speist einen Spannungspegel bei Rundsteuerfrequenz ins Netz.

Die Nachbildung erfolgt für die Rundsteuerberechnung als Spannungsquelle mit Innenimpedanz für Quer- und Längsrundsteuersender.

Querelement**Längselement**

$$\underline{E} = u * \frac{U_n}{\sqrt{3}} * e^{i\varphi} * 10^{-2}$$

$$\underline{Z}_i = R + j * \left(2\pi f_R * L * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f_R * C * 10^{-9}} \right)$$

f_R ... Rundsteuerfrequenz von [Berechnungsparameter](#) in [Hz]

u ... Spannung in [%]

φ ... Spannungswinkel in [°]

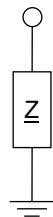
R ... Widerstand in [Ω]

L ... Induktivität in [mH]

C ... Kapazität in [nF]

U_n ... Nennspannung in [kV]

Für alle übrigen Berechnungsarten wird der Rundsteuersender als Impedanz nachgebildet.



$$\underline{Z} = R + j * \left(2\pi f * L * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f * C * 10^{-9}} \right)$$

Eine detaillierte Beschreibung der Rundsteuersender ist im Kapitel Rundsteuerung des Handbuchs Oberschwingungen zu finden.

Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung

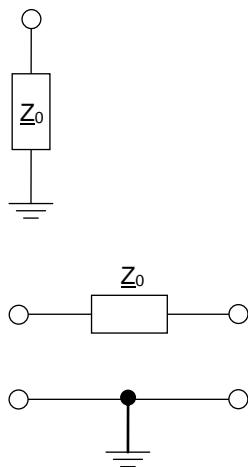
Die Eingabe der Unsymmetrie erfolgt ausschließlich über die Definition der verfügbaren Leiter.

Leiter	Verschaltung
L1	einphasig zwischen L1 und Erde
L2	einphasig zwischen L2 und Erde
L3	einphasig zwischen L3 und Erde
L12	zweiphasig zwischen L1 und L2
L23	zweiphasig zwischen L2 und L3
L31	zweiphasig zwischen L3 und L1
L123	dreiphasig als Sternschaltung

Generelle Vereinbarungen und Vorgaben für die unsymmetrische Nachbildung sind im Handbuch Lastfluss, Kapitel Unsymmetrischer Lastfluss beschrieben.

Nullsystem

Mit diesen Eingabedaten können die Nullsystemdaten von Längs- und Querrundsteuersendern angegeben werden. Diese Daten werden nur für die Berechnung von unsymmetrischen Fehlern im Netz verwendet.



$$Z_0 = R_0 + j * \left(2\pi f * L_0 * 10^{-3} - \frac{1}{2\pi f * C_0 * 10^{-9}} \right)$$

R_0 ... Widerstand im Nullsystem in [Ω]

L_0 ... Induktivität im Nullsystem in [mH]

C_0 ... Kapazität im Nullsystem in [nF]

Elementdaten Längs- und Querrundsteuersender

Die Elementdaten für den Rundsteuersender sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Oberschwingung Längs- und Querrundsteuersender

Die Oberschwingungsdaten für den Rundsteuersender sind unter [Allgemeine Oberschwingungsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Dynamik Längs- und Querrundsteuersender

Die Dynamikdaten für den Rundsteuersender sind unter [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung für **Querrundsteuersender** verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Plf	Elementwirkleistung	MW
#Qlf	Elementblindleistung	Mvar
#Circuit	Schaltung (D – Dreieck oder Y – Stern)	-
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Zusätzlich können folgende Elementvariablen für eine Modellprogrammierung für **Längsrundsteuersender** verwendet werden.

Variablenname	Variablenwert	Einheit
#UNE	Elementnennspannung	kV
#UNN	Netznennspannung am Anschlussknoten	kV
#Glf	Wirkleitwert	Siemens
#Blf	Blindleitwert	Siemens

Als BOSL Modell steht derzeit nur ein variables Y zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit Längs- und Querrundsteuersender

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für den Rundsteuersender sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.11 Motoranlauf

Folgende Daten sind verfügbar:

- [Lastkennlinie](#)
- [Drehmomentkennlinie](#)
- [Anlaufstromkennlinie](#)

3.11.1 Lastkennlinie

Mit diesem Element kann der Lastmomentverlauf einer Asynchronmaschine angegeben werden.

Die Bearbeitung der Lastkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Motoranlauf – Lastkennlinie**.

Die Lastkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Lastkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Lastkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Lastkennlinie und die Lastkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Lastkennlinie

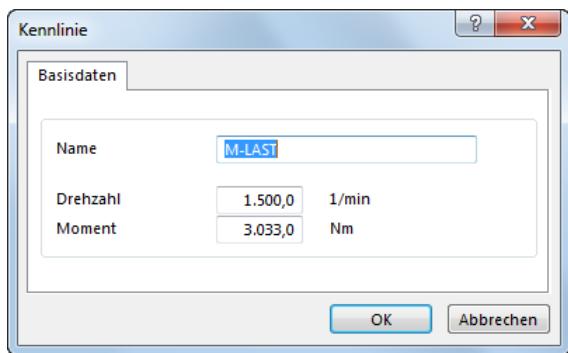
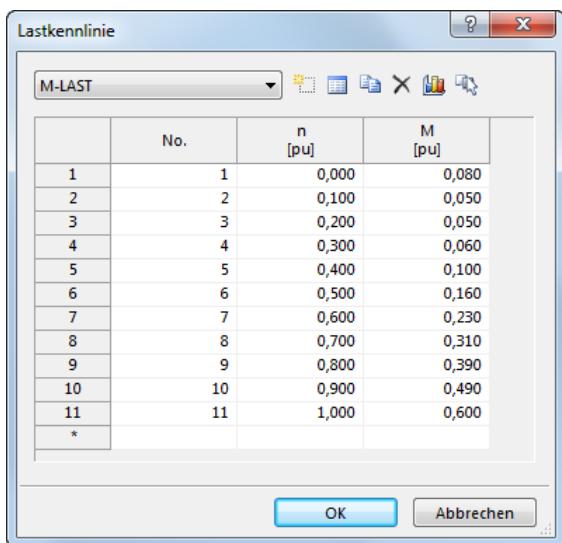


Bild: Basisdaten für Lastkennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Lastkennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die **Drehzahl** und das **Moment** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der Lastkennlinie.

Lastkennlinienwerte



The screenshot shows a Windows-style dialog box titled 'Lastkennlinie'. In the top left, there is a dropdown menu set to 'M-LAST'. Below the title bar are standard window controls: a question mark icon, a close button, and several icons for file operations like save, print, and copy. The main area contains a table with three columns: 'No.' (Number), 'n [pu]' (Drehzahl [pu]), and 'M [pu]' (Drehmoment [pu]). The table has 12 rows, indexed from 1 to 11, plus a row marked with an asterisk (*). The data entries are as follows:

	No.	n [pu]	M [pu]
	1	0,000	0,080
	2	0,100	0,050
	3	0,200	0,050
	4	0,300	0,060
	5	0,400	0,100
	6	0,500	0,160
	7	0,600	0,230
	8	0,700	0,310
	9	0,800	0,390
	10	0,900	0,490
	11	1,000	0,600
	*		

At the bottom of the dialog are two buttons: 'OK' and 'Abbrechen' (Cancel).

Bild: Lastkennlinienwerte

Die Lastkennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaars), **n** (Drehzahl) und **M** (Drehmoment) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben.

3.11.2 Drehmomentkennlinie

Mit diesem Element kann der Drehmomentverlauf einer Asynchronmaschine angegeben werden.

Die Bearbeitung der Drehmomentkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Motoranlauf – Drehmomentkennlinie**.

Die Drehmomentkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Drehmomentkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Drehmomentkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Drehmomentkennlinie und die Drehmomentkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Lastkennlinie

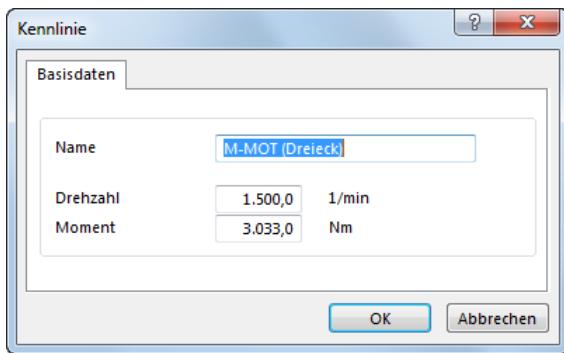


Bild: Basisdaten für Drehmomentkennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Drehmomentkennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die **Drehzahl** und das **Moment** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der Drehmomentkennlinie.

Drehmomentkennlinienwerte

The screenshot shows a dialog box titled 'Drehmomentkennlinie' with a dropdown menu set to 'M-MOT (Dreieck)'. Below it is a table of torque values:

	No.	n [pu]	M [pu]
1	1	0,000	1,190
2	2	0,100	1,150
3	3	0,200	1,140
4	4	0,300	1,140
5	5	0,400	1,150
6	6	0,500	1,170
7	7	0,550	1,190
8	8	0,600	1,210
9	9	0,650	1,290
10	10	0,700	1,360
11	11	0,750	1,470

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Drehmomentkennlinienwerte

Die Drehmomentkennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaars), **n** (Drehzahl) und **M** (Drehmoment) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben.

3.11.3 Anlaufstromkennlinie

Mit diesem Element kann der Anlaufstromverlauf einer Asynchronmaschine angegeben werden.

Die Bearbeitung der Anlaufstromkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Motoranlauf – Anlaufstromkennlinie**.

Die Anlaufstromkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Anlaufstromkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Anlaufstromkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Anlaufstromkennlinie und die Anlaufstromkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Anlaufstromkennlinie

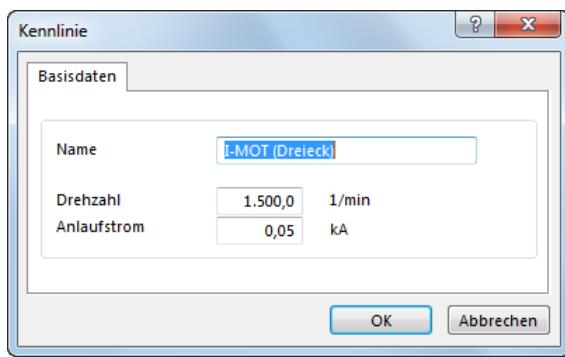


Bild: Basisdaten für Anlaufstromkennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Anlaufstromkennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die **Drehzahl** und der **Anlaufstrom** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der Anlaufstromkennlinie.

Anlaufstromkennlinienwerte

The dialog box is titled 'Anlaufstromkennlinie' and has a dropdown menu set to 'I-MOT (Dreieck)'. The table lists 11 entries (No. 1 to 11) with columns for 'No.' (Number), 'n [pu]' (Drehzahl in pu), and 'I [pu]' (Anlaufstrom in pu). The data is as follows:

No.	n [pu]	I [pu]
1	0,000	5,400
2	0,100	5,325
3	0,200	5,250
4	0,300	5,200
5	0,400	5,100
6	0,500	5,000
7	0,600	4,900
8	0,700	4,800
9	0,800	4,600
10	0,900	4,000
11	0,920	3,300

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Anlaufstromkennlinienwerte

Die Anlaufstromkennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaars), **n** (Drehzahl) und **I** (Anlaufstrom) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben.

Beispiel: Eine Drehzahl von 1450 1/min kann auf folgende Art und Weise angegeben werden:

- Basisdaten mit Drehzahl von 1450 und Kennlinienwert für Drehzahl von 1
- Basisdaten mit Drehzahl von 1500 und Kennlinienwert für Drehzahl von 0,9666
- Basisdaten mit Drehzahl von 1000 und Kennlinienwert für Drehzahl von 1,450
- Basisdaten mit Drehzahl von 1 und Kennlinienwert für Drehzahl von 1450

3.12 Ausfallanalyse

Folgende Daten sind verfügbar:

- [Ausfallszenario](#)

3.12.1 Ausfallszenario

Mit dem Ausfallszenario werden Gruppen von Netzelementen definiert, die entweder gemeinsam ausfallen oder gemeinsam zugeschaltet werden können. Diese Daten werden im Zuge der Ausfallanalyse berücksichtigt und ermöglichen es so, komplexere Szenarien von Ausfällen und Zuschaltungen zu modellieren.

Die Bearbeitung von Ausfallszenarien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Erweiterte Daten – Ausfallszenario**. Es erscheint der Netzbrowser. Eine genaue Beschreibung der Funktionen zur Bearbeitung von Ausfallszenarien finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbrowser, Abschnitt Ausfallszenario.

Datenbeschreibung

Eine Übersicht der Felder für das Ausfallszenario ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Ausfallszenario

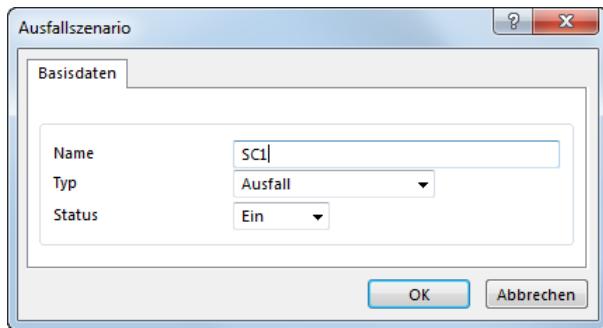


Bild: Datenmaske Ausfallszenario

Mit dem Feld **Name** kann eine Bezeichnung für das Ausfallszenario vorgegeben werden.

Im Auswahlfeld **Typ** kann festgelegt werden, welche Art von Szenario vorliegt. Hierbei wird zwischen folgenden Szenarien unterschieden, die eine völlig unterschiedliche Funktionalität aufweisen.

- Ausfall:
Bei diesem Typ fallen exakt jene Elemente aus, die in dem Szenario definiert sind, und es werden auch genau die vordefinierten Wiederversorgungsmaßnahmen durchgeführt. D.h. es wird ein spezieller Ausfall exakt vordefiniert.
- Wiederversorgung:
Dieser Typ definiert eine Wiederversorgungsmaßnahme. Dazu wird definiert, welche Elemente ab- und zugeschaltet werden. Dies ist die Wiederversorgungsmaßnahme. Zusätzlich wird noch definiert, für welche Ausfälle diese Maßnahme ausgeführt werden soll.

Mit dem Feld **Status** kann das Szenario für die Ausfallanalyse aktiviert bzw. deaktiviert werden. Wenn dieses deaktiviert ist, dann wird es von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.

3.13 Schutzkoordination

Die PSS SINCAL Schutzkoordination bietet eine Palette von verschiedenen Verfahren, um das komplexe Aufgabengebiet der Schutzauslegung bzw. Überprüfung in elektrischen Übertragungs- und Verteilungsnetzen abzudecken.

Die folgenden Verfahren sind verfügbar:

- Schutzsimulation
- Generierung von Schutzstreckendiagrammen
- Ermittlung von Schutzgeräteeinstellwerten
- Generierung von Diagrammen für Schutzgeräteeinstellwerte
- Fehlerortung

Das Erfassen von Schutzgeräten erfolgt über eine **spezielle Maske**, welche sowohl ein übersichtliches Erfassen der komplexen Eingabedaten als auch die detaillierte Analyse aller Schutzergebnisse ermöglicht. Eine Beschreibung der Einsatzmöglichkeiten der Schutzkoordination anhand einfacher Anwendungsbeispiele ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Anwendungsbeispiele zu finden.

Die folgenden Elemente werden verwendet, um die Schutzgeräte mit allen erforderlichen Daten zu beschreiben:

- **Einbauort des Schutzgerätes**
- **Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät**
- **Einstellwerte für Distanzschutzgerät**
- **Einstellwerte für Differentialschutzgerät**
- **Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgerät**
- **Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgerät**
- **Auslösung Spannungsschutz**
- **Spannungswandler**
- **Stromwandler**
- **Unbenutzte Wandler löschen**
- **Impedanzfläche**
- **Signalübertragung**
- **Schutzbereich**
- **Anregung**
- **Anrege- und Auslösedaten für Schutzgeräte**
- **Transformator Inrush Kennlinie**
- **Arc Flash Konfiguration**

3.13.1 Erfassen von Schutzgeräten

In **PSS SINCAL** können Schutzgeräte sowohl Knotenelementen als auch Zweigelementen zugeordnet werden. Der Grafikeditor bietet verschiedene Möglichkeiten, um Schutzgeräte zu erfassen:

- Erfassen mit den Einfügemodi
- Erfassen mit dem Kontextmenü

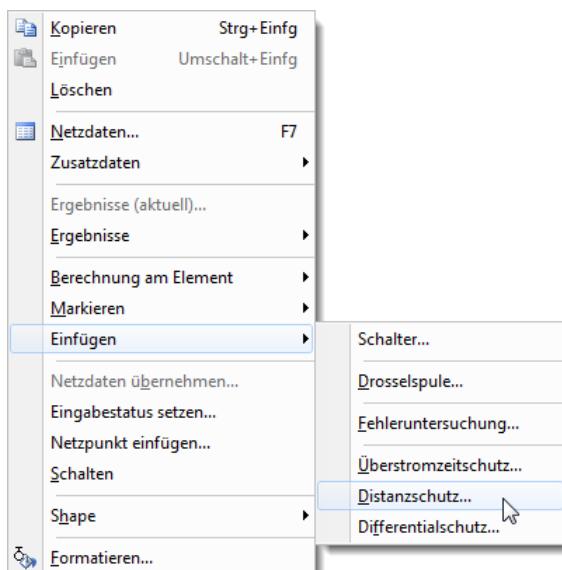
Erfassen mit den Einfügemodi

Mit dieser Funktion wird ein spezieller Bearbeitungsmodus aktiviert, mit dem durch einfaches Anklicken eines Netzelementes diesem zusätzliche Daten zugeordnet werden können. Die Funktion zum Erfassen der Schutzgeräte wird über das Menü **Einfügen – Einfügemodi** aktiviert (siehe Handbuch Bedienung, Kapitel Grafikeditor, Abschnitt Einfügemodi).

Erfassen mit dem Kontextmenü

Über das Kontextmenü der Knoten- und Zweigelemente können ebenfalls Schutzgeräte erfasst werden. Hierzu wird das gewünschte Netzelement im Grafikeditor markiert und anschließend das Kontextmenü geöffnet.

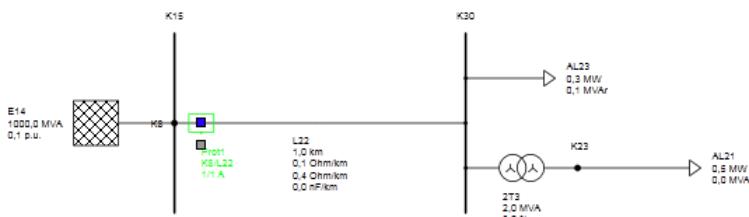
Datenbeschreibung

**Bild: Kontextmenü der Leitung**

Im Kontextmenü werden die Funktionen zum Einfügen, Bearbeiten und Löschen von Überstromzeitschutz-, Distanzschutz- und Differentialschutzgeräten bereitgestellt. Die grafische Darstellung der Einstellwerte der Schutzgeräte in Form von Diagrammen ist ebenfalls verfügbar.

Durch Anwahl des jeweiligen Menüpunktes wird eine Eingabemaske geöffnet, in der der Name des neuen Schutzgerätes und die Schutzgerätetypen auf dem Einbauort einzugeben sind. Nach dem Schließen der Eingabemaske mit dem OK-Knopf wird eine **spezielle Maske für Schutzgeräte** geöffnet. In dieser Maske sind alle Funktionen zur Bearbeitung von Schutzgeräten verfügbar. Es können sowohl alle erforderlichen Einstellwerte der Schutzgeräte eingegeben werden, als auch die Ergebnisse betrachtet werden.

Das Erfassen wird durch Schließen der **speziellen Maske für Schutzgeräte** mit dem OK-Knopf abgeschlossen. Das neu eingefügte Schutzgerät wird in der Netzgrafik dargestellt.

**Bild: Netzgrafik mit Schutzgerät**

3.13.2 Spezielle Maske für Schutzgeräte

Mit dieser Maske können die spezifischen Eingabedaten für alle in PSS SINCAL verfügbaren Schutzgeräte bearbeitet werden. Die Analyse der Berechnungsergebnisse ist ebenfalls mit dieser Maske möglich.

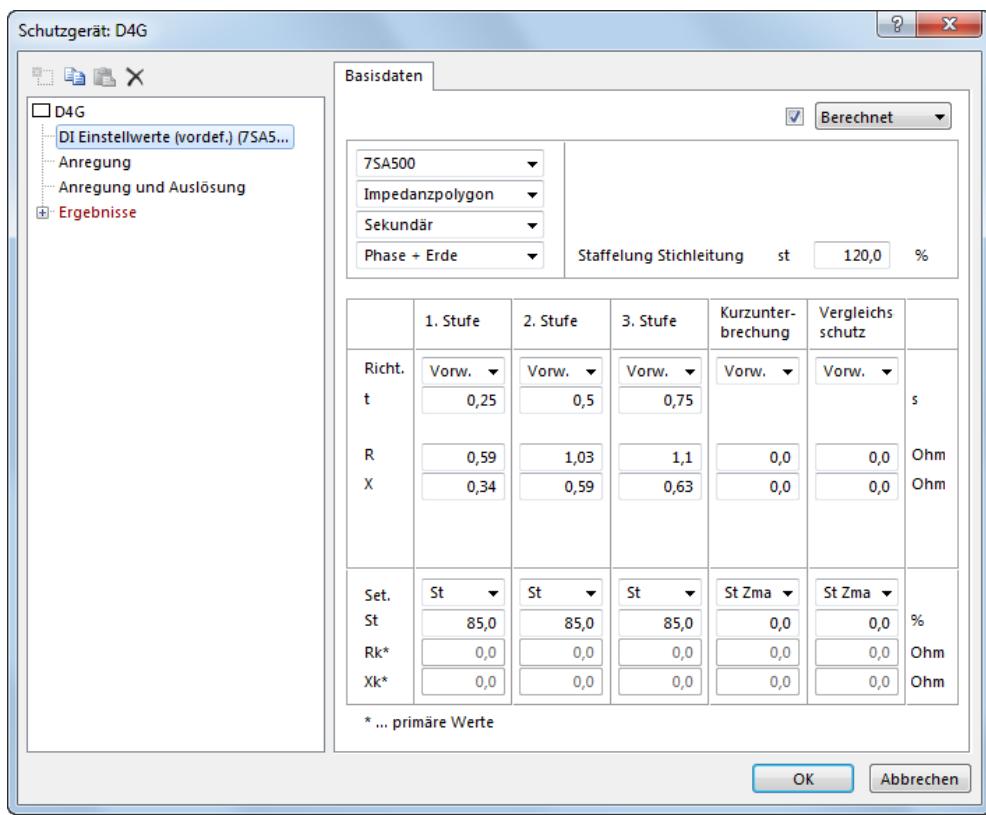


Bild: Eingabemaske für Schutzgeräte

Die Schutzgerätemaske teilt sich in folgende zwei Bereiche:

- Browser zur Daten-/Ergebnisauswahl
- Wertebereich

Browser zur Daten-/Ergebnisauswahl

Über diesen Browser wird die Darstellung im Wertebereich ausgewählt. Jedes im aktuellen Netz enthaltene Schutzgerät wird mit Typ und Namen aufgelistet. Für jedes Schutzgerät kann zwischen

- Schutzgerätename (Einbauort),
- Einstellwerte,
- Anregung und
- Ergebnisse

gewählt werden.

Der **Einbauort** bestimmt die Position des Schutzgerätes im Netz. Die Strom- und Spannungswandler des Schutzgerätes werden ebenfalls über den Einbauort bestimmt. Darüber hinaus wird über den Einbauort das Richtungsglied des Schutzgerätes beschrieben.

Der tatsächliche Schutzgerätetyp wird über die **Einstellwerte** zugeordnet. Die spezifischen Kennwerte und Parameter für die Phasen- und Erdauslösung des Schutzgerätes können hier bearbeitet werden.

Über die **Anregung** wird das Anregeverhalten des Schutzgerätes für Phasen- und Erdfehler detailliert beschrieben. Es können gerichtete und ungerichtete Stromanregungen, Unterimpedanzanregungen, Anregeflächen, usw. definiert werden.

Die **Ergebnisse** beinhalten verschiedenste Berechnungsergebnisse der Schutzkoordination. Dieser Punkt ist nur für jene Schutzgeräte verfügbar, bei denen Berechnungsergebnisse vorhanden sind.

Wertebereich

In diesem Bereich erfolgt die Bearbeitung und Darstellung der Schutzgerätedaten.

Beim Schließen der Maske mit **OK** werden Änderungen an den Einstellwerten übernommen, beim Schließen mit **Abbrechen** werden diese verworfen.

Symbolleiste

Oberhalb des Browsers befindet sich die Symbolleiste mit den wichtigsten Funktionen zur Bearbeitung von Schutzgeräten. Diese Funktionen sind auch über das Kontextmenü des Browsers verfügbar. Die Symbolleiste bietet die folgenden Funktionen:



Neues Schutzgerät



Schutzgerät kopieren



Schutzgerät einfügen



Schutzgerät löschen

3.13.3 Einbauort des Schutzgerätes

Mit diesem Element wird ein Schutzgerät einem Knotenelement oder einem Zweigelement zugeordnet.

Mit dem Einbauort werden auch die Messwandler des Schutzgerätes (für Phase und Erde) definiert. Darüber hinaus kann über das Richtungsglied das Anrege- und Auslöseverhalten des Schutzgerätes gesteuert werden. Auch die registrierten Impedanzen für das Simulationsverfahren **Fehlerortung** werden über den Einbauort beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für den Einbauort des Schutzgerätes ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Einbauort des Schutzgerätes

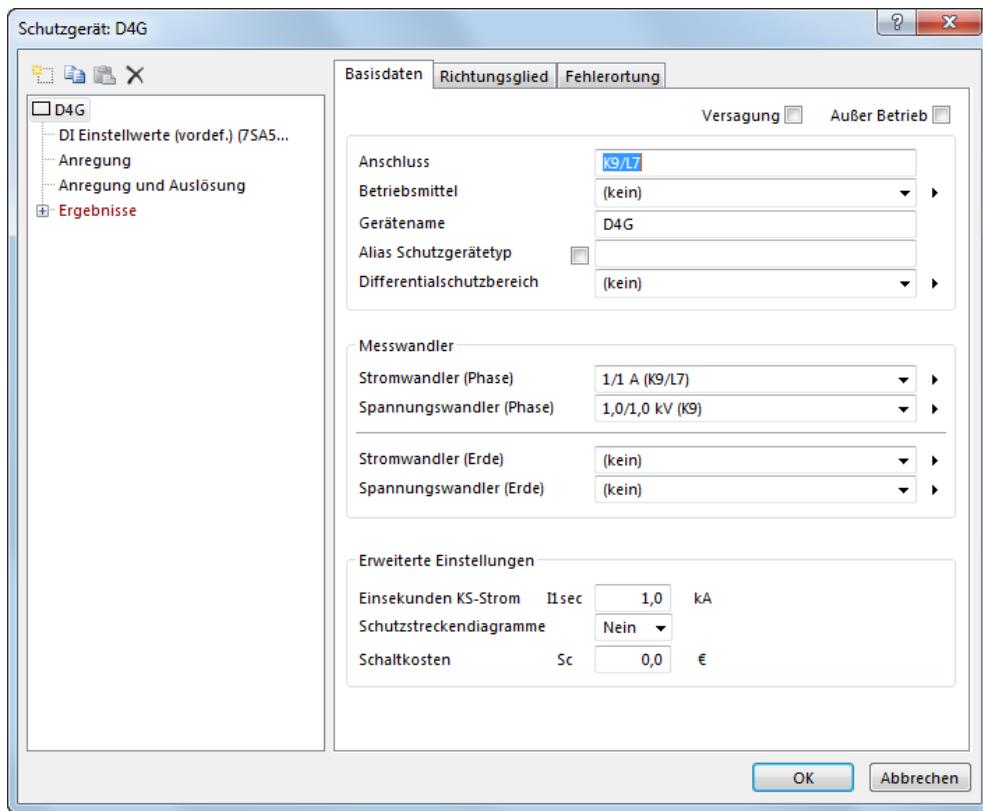


Bild: Datenmaske Einbauort des Schutzgerätes – Basisdaten

Mit der Option **Außer Betrieb** kann das Schutzgerät vollständig deaktiviert werden. Ein deaktiviertes Schutzgerät wird von der Berechnung nicht berücksichtigt. Diese Deaktivierung wird im Browser durch ein spezielles Schutzgerätesymbol gekennzeichnet.

Die Option **Versagung** beeinflusst das Anregeverhalten des Schutzgerätes. Ist diese aktiviert, dann wird das Schutzgerät immer als nicht angeregt betrachtet. Dadurch kann ein Auslöseversagen nachgebildet und somit der Reserveschutz überprüft werden. Diese Option wird durch ein Kreuz im Schutzgerätesymbol gekennzeichnet.

Über den **Anschluss** wird das Schutzgerät im Netz eindeutig positioniert.

Über das Feld **Betriebsmittel** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Mit dem Feld **Gerätename** wird ein individueller Name zugeordnet. Dieser wird im Browser, in der Netzgrafik, in der Tabelle, etc. angezeigt.

Mit dem Feld **Alias Namen für Schutzgerät** kann eine freie Bezeichnung für den Schutzgerätetyp zugeordnet werden. Diese Bezeichnung ersetzt den tatsächlichen Schutzgerätetyp in der Netzgrafik, in der Tabelle und in den Berichten.

Mit dem **Differentialschutzbereich** kann dem Schutzgerät ein Schutzbereich zugeordnet werden. Für die Zuverlässigkeitsermittlung wird dieses Schutzgerät dann als Differentialschutzgerät betrachtet.

Messwandler

Über die Fremdschlüssel für **Stromwandler** und **Spannungswandler** werden die Messwandler dem Schutzgerät zugeordnet.

Erweiterte Einstellungen

Über das Feld **Einsekunden-Kurzschlussstrom** wird die Grenze für die thermische Zerstörung der zu schützenden Betriebsmittel festgelegt. Wird kein Einsekundenstrom eingegeben, so wird der kleinste Einsekundenstrom aller Betriebsmittel der ersten Zone des Schutzbereiches herangezogen.

Mit dem Feld **Streckendiagramme** wird das Schutzgerät für die Schutzstreckensimulation aktiviert.

Die zum Schutzgerät gehörigen Schalter müssen nach einer bestimmten Anzahl von Abschaltungen gewartet werden. Die dabei anfallenden Kosten können anteilig je Schaltung als **Schaltkosten** angegeben werden. In der Zuverlässigkeitberechnung werden die jährlich anfallenden Schaltkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

Richtungsglied Einbauort des Schutzgerätes

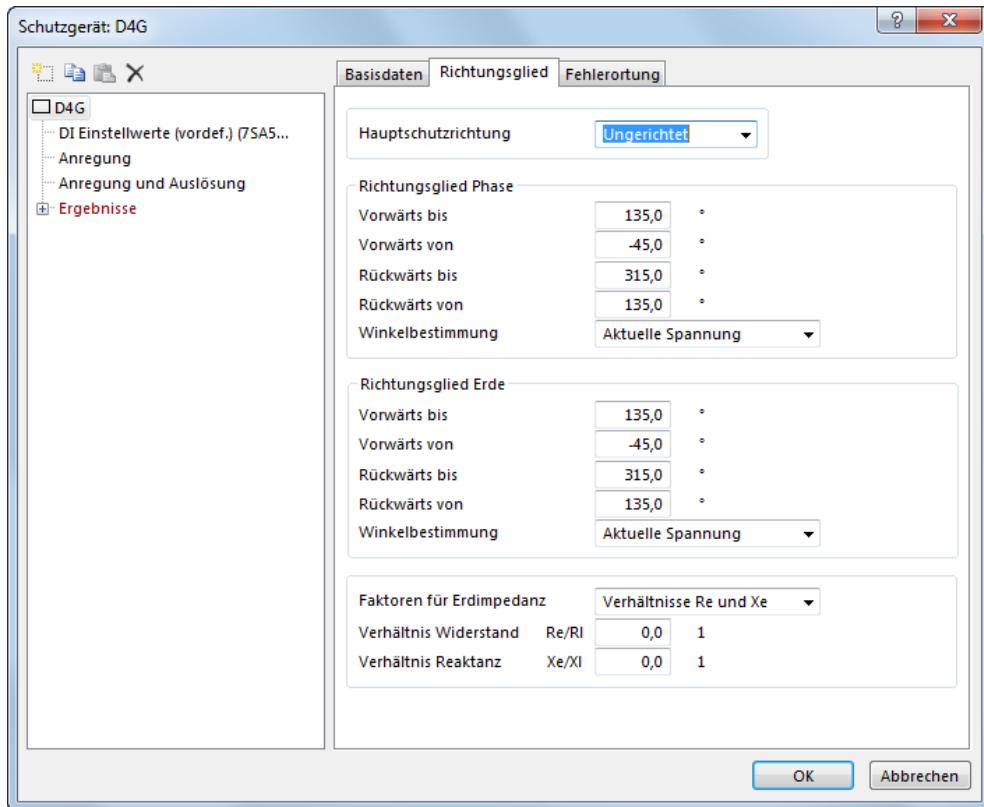


Bild: Datenmaske Einbauort des Schutzgerätes – Richtungsglied

Schutzgeräte besitzen eine **Hauptschutzrichtung**. In dieser Richtung werden Fehler in kürzester Zeit abgeschaltet. Dieses Feld wird nur zur Dokumentation der Hauptschutzrichtung verwendet. Die Berechnungsmethoden der Schutzkoordination berücksichtigen dieses Feld nicht. Lediglich die Zuverlässigkeit berechnet dieses Feld aus, um das (vereinfachte) Auslöseverhalten der Schutzgeräte zu definieren.

Richtungsglied Phase

Über das **Richtungsglied Phase** kann das Auslöse- und Anregeverhalten des Schutzgerätes bei Phasenfehlern gesteuert werden. Mit den Winkeln

- Vorwärts bis,
- Vorwärts von,
- Rückwärts bis und
- Rückwärts von

kann die Impedanzfläche eingeschränkt werden.

Über das Feld **Winkelbestimmung** wird gesteuert, welche Spannung zur Richtungsbestimmung herangezogen wird. Hier kann zwischen folgenden Werten gewählt werden:

- Aktuelle Spannung:
Zur Richtungsbestimmung wird die im Fehlerfall verbleibende Spannung herangezogen.
- Lastspannung:
Zur Richtungsbestimmung wird die Lastspannung (ohne Fehlerfall) herangezogen.

Richtungsglied Erde

Über das **Richtungsglied Erde** kann das Auslöseverhalten des Schutzgerätes bei Erdfehlern gesteuert werden. Die Parametrierung entspricht exakt jener des Richtungsglieds Phase.

Die Faktoren für Erdimpedanz werden benötigt, um die Mitsystemimpedanz bei Fehlern mit Erdberührung zu bestimmen. Dies ist notwendig, da im Fehlerfall nur die gesamte Schleifenimpedanz registriert wird. Diese wird dann mit den Faktoren für die Erdimpedanz auf die Mitsystemimpedanz umgerechnet. Über das Feld **Faktoren für Erdimpedanz** kann das EingabefORMAT der Impedanzen gesteuert werden:

- Verhältnisse Re und Xe:
Die Felder **Verhältnis Widerstand** und **Verhältnis Reaktanz** dienen zur Impedanzermittlung aus den Strömen und Spannungen im Fehlerfall.
- Verhältnis Ze:
Die Felder **Verhältnis Impedanz** und den **Winkel für Impedanzverhältnis** dienen zur Impedanzermittlung aus den Strömen und Spannungen im Fehlerfall.

Fehlerortung Einbauort des Schutzgerätes

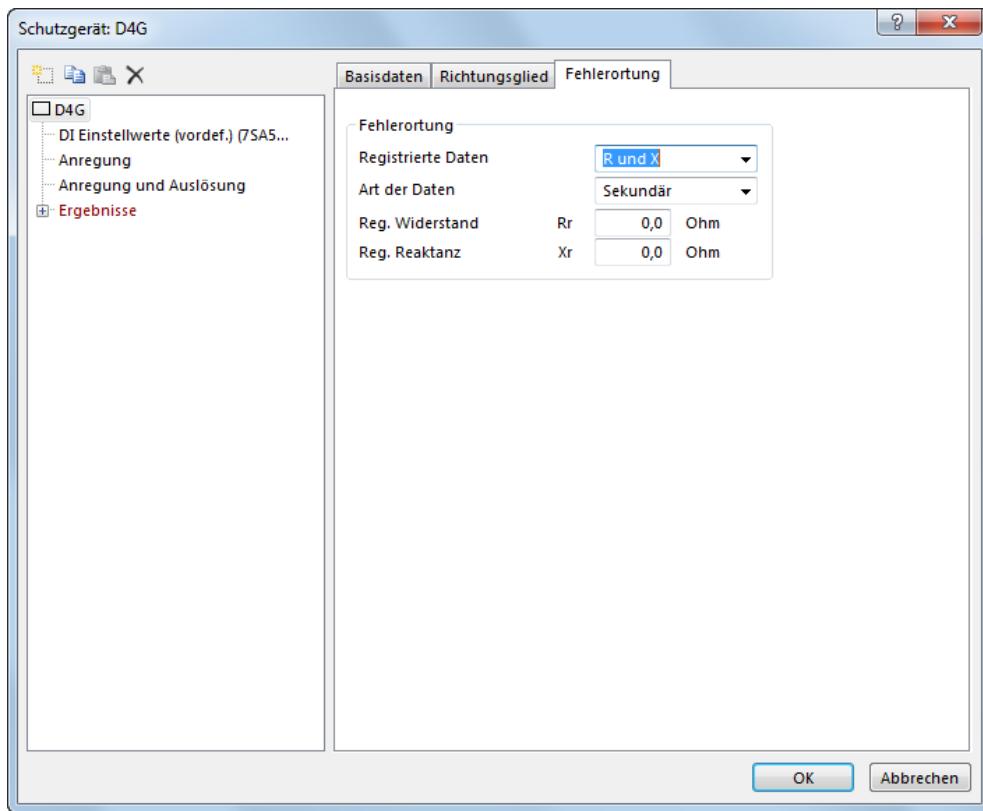


Bild: Datenmaske Einbauort des Schutzgerätes – Fehlerortung

Fehlerortung

Für die Fehlerortung können bei den jeweiligen Schutzgeräten folgende **registrierte Daten** eingegeben werden:

- Keine Daten registriert
- R und X
- Z
- Z und Phi
- X

Die **Art der Daten** kann primär oder sekundär sein.

Der registrierte Widerstand kann als **Wirkwiderstand**, **Reaktanz**, **Impedanz** bzw. **Winkel** für Fehlerortung eingegeben werden.

Die individuellen Einstellwerte der Schutzgeräte sind je nach Schutzgerätetyp unterschiedlich. Diese sind unter folgenden Punkten beschrieben:

- [Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät](#)
- [Einstellwerte für Distanzschutzgerät](#)

Eine detaillierte Beschreibung des Einbauortes von Schutzgeräten ist im Kapitel Fehlerortung des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

3.13.4 Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät

Mit diesen Daten werden die Einstellwerte für UMZ-Schutzgeräte beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Phase Einstellwerte für UMZ-Schutzgeräte

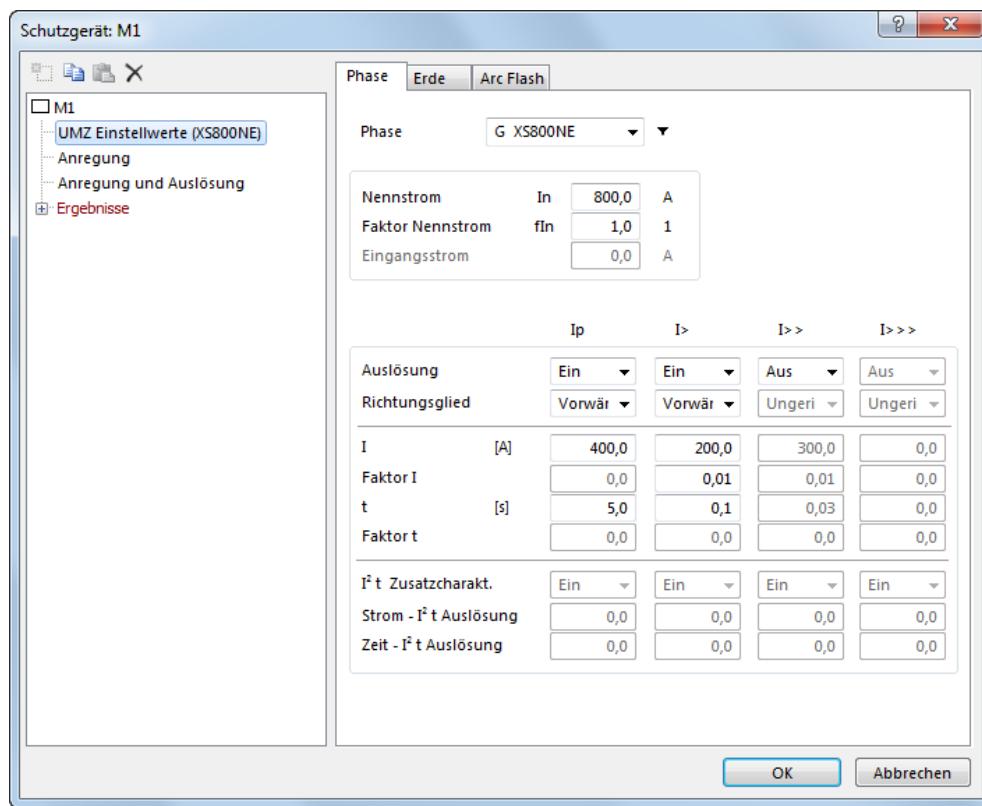


Bild: Datenmaske Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät – Phase

Alle Eingabefelder sind schutzgerätespezifisch und in der Schutzgerätebeschreibung der Hersteller detailliert aufgeführt.

Eine allgemeine Beschreibung der UMZ Schutzgeräte ist im Kapitel UMZ Schutzgeräte des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

Erde Einstellwerte für UMZ-Schutzgeräte

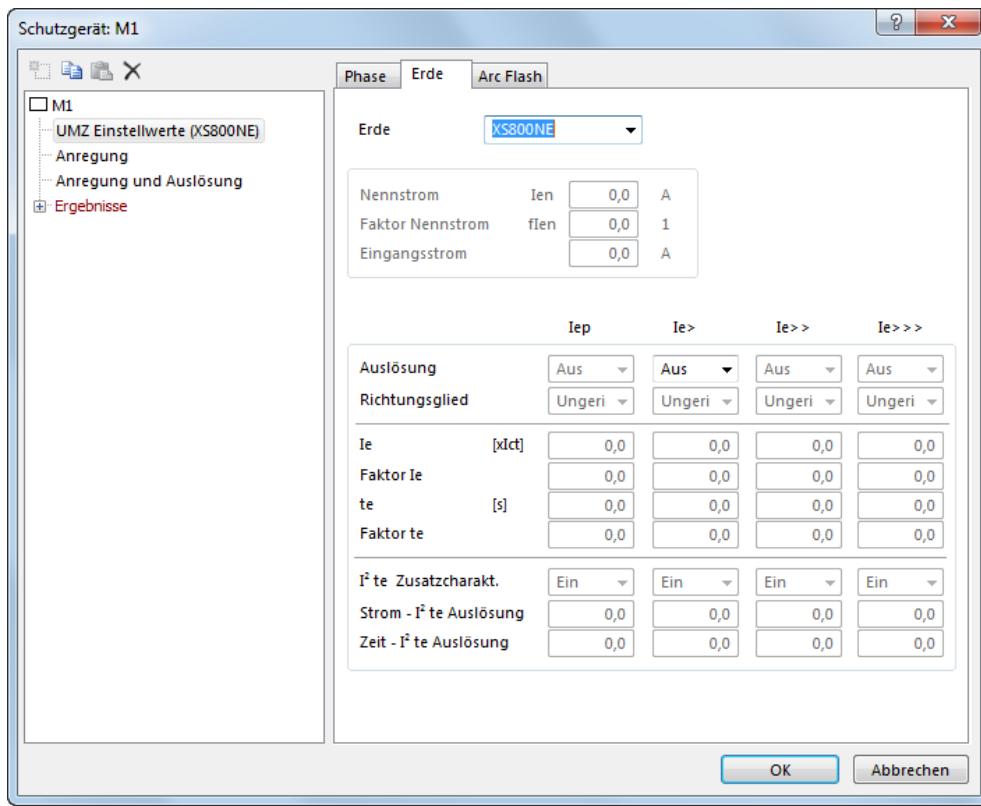


Bild: Datenmaske Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät – Erde

Alle Eingabefelder sind schutzgerätespezifisch und in der Schutzgerätesbeschreibung der Hersteller detailliert aufgeführt.

Eine allgemeine Beschreibung der UMZ Schutzgeräte ist im Kapitel UMZ Schutzgeräte des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

Arc Flash Einstellwerte für UMZ-Schutzgeräte

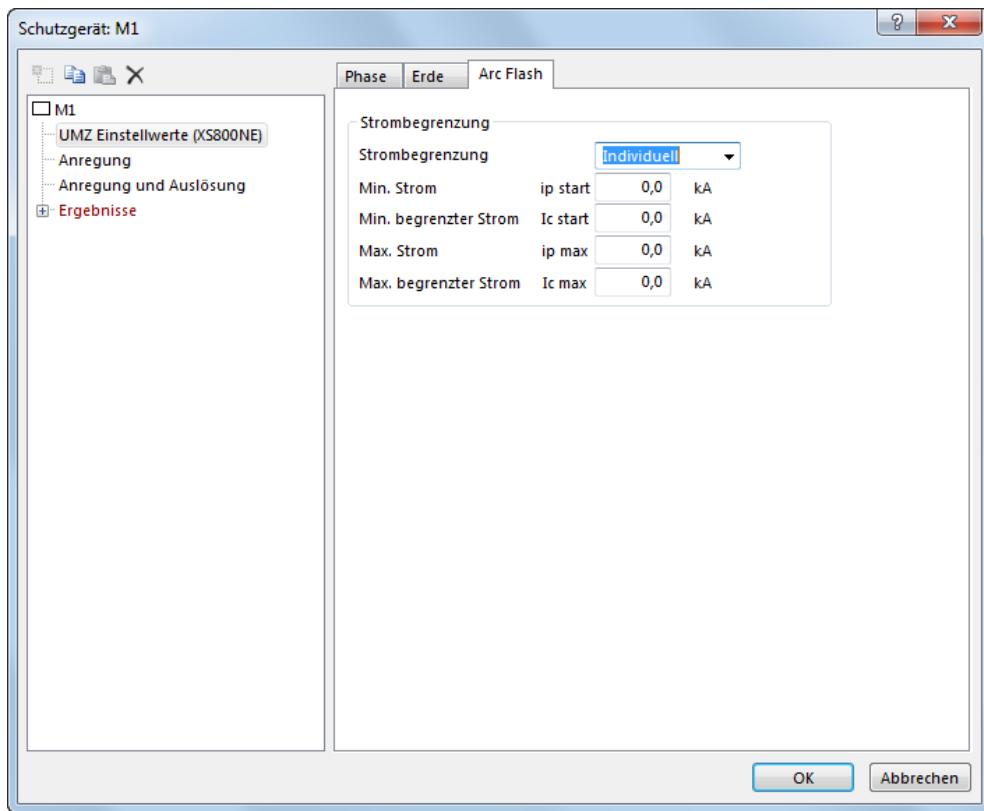


Bild: Datenmaske Einstellwerte für UMZ-Schutzgerät – Arc Flash

Strombegrenzung

Für die Bestimmung des Arc Flash kann eine **Strombegrenzung** für das Schutzgerät aktiviert werden.

- Keine:
Es gibt keine Strombegrenzung für dieses Schutzgerät.
- Individuell:
Die individuelle Strombegrenzung wird über die Felder **Min. Strom**, **Min. begrenzter Strom**, **Max. Strom** und **Max. begrenzter Strom** definiert.
- IEEE 1584:
Die Strombegrenzung nach IEEE 1584 wird über die Felder **Sicherungsklasse**, **Schaltertyp**, **Auslöseeinheit** und **Elektronische Charakteristik** definiert.

Eine detailliertere Beschreibung der Strombegrenzung ist im Handbuch Arc Flash, Abschnitt Strombegrenzung von Schutzgeräten beschrieben.

3.13.5 Einstellwerte für Distanzschutzgerät

Mit diesen Daten werden die Einstellwerte für Distanzschutzgeräte beschrieben. Hierbei wird zwischen zwei unterschiedlichen Typen unterschieden:

- [Vordefinierte Distanzschutzgeräte](#)
- [Benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte](#)

Bei **vordefinierten Distanzschutzgeräten** werden die Einstellwerte sowie die daraus resultierenden Impedanzflächen programmtechnisch über ein spezielles Modul nachgebildet. Hingegen werden **benutzerdefinierte Schutzgeräte** über allgemeine Impedanzflächen beschrieben.

Distanzschutzgeräten kann eine individuelle **Anrege- und Auslösecharakteristik** zugeordnet werden. Die Zuordnung erfolgt über den Browser in der Schutzgerätemaske. Hierzu wird das gewünschte Schutzgerät im Browser markiert und das Kontextmenü aufgeklappt. Über die Menüpunkte **Neue Einstellwerte Anregung** und **Neue Auslösedaten** wird die gewünschte Charakteristik zugeordnet.

Generell sind zwei verschiedene Anrege- bzw. Auslösecharakteristiken verfügbar:

- [Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgerät](#)
- [Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgerät](#)

Bei Distanzschutzgeräten ist zu beachten, dass eine Auslösung nur dann erfolgt, wenn eine der Anregebedingungen erfüllt ist. Dies kann eine Stromanregung, eine Anregung laut Impedanzfläche usw. sein.

3.13.6 Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte

Mit diesen Daten werden die Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte definiert. Die Funktionsweise der einzelnen Schutzgerätetypen ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Unterstützte Schutzgerätetypen detailliert beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte

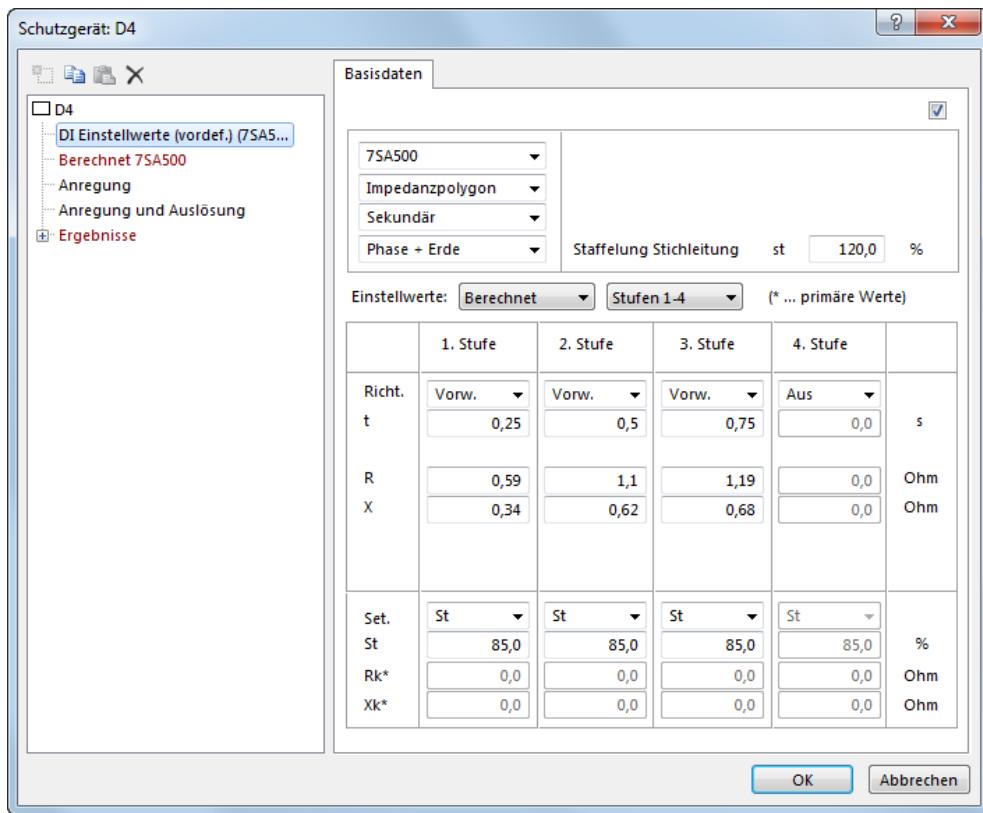


Bild: Datenmaske Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte

Wird das Feld **Status** auf den Wert **aus** gesetzt, dann werden die Einstellwerte von der Simulation nicht berücksichtigt.

Über das Feld **Gerätetyp** kann zwischen 51 verschiedenen Gerätearten gewählt werden.

Über die **Art der Messung** wird angegeben, wie aus den Einstellwerten die Netzempendanz ermittelt wird. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Messarten ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Messart verfügbar.

Über das Feld **Einstellwerte** kann gesteuert werden, ob die Dateneingabe primär (Netz) oder sekundär (Schutzgerätedaten mit Berücksichtigung der Messwandler) erfolgt.

Mit dem Einstellwert **Pfad** kann die Berücksichtigung der Impedanzschleifen gesteuert werden. Folgende Auswahlwerte sind verfügbar:

- **Phase:**
Bei dieser Einstellung gelten die in dieser Datenmaske eingegebenen Werte nur für Phase – Phase Impedanzschleifen.
- **Erde:**
Bei dieser Einstellung gelten die in dieser Datenmaske eingegebenen Werte nur für Phase – Erde Impedanzschleifen.
- **Phase + Erde:**
Bei dieser Einstellung werden die Eingabedaten in dieser Datenmaske für alle Impedanzschleifen verwendet.

Datenbeschreibung

Im Browser des Schutzgerätedialoges können über das Kontextmenü neue Einstellwerte angelegt oder erzeugt werden. Dies ermöglicht es, individuelle Einstellungen für Phase/Erde Impedanzschleifen anzugeben.

Bei polarisierter MHO Messung kann über den **Faktor Vorfehlerpolarisation** die Verschiebung des Auslösekreises parametert werden.

Über das **Verhältnis b/a** kann bei MHO Messung eine Fläche in Linsenform erzielt werden.

Mit **Winkel Alpha** kann das Impedanzpolygon der 1. Stufe abgeschrägt werden. Diese Einstellung wird von den Schutzgerätetypen 7SA522 und 7SA6* unterstützt.

Abhängig vom Typ des Schutzgerätes sind folgende Felder für das ganze Schutzgerät einstellbar:

- **Winkel phi:**

Mit diesem Winkel wird die Impedanzfläche gekippt. D.h. eine rechteckige Impedanzfläche wird damit zu einer rautenförmigen Impedanzfläche.

- **Faktor:**

Mit diesem Faktor kann der Messbereich des Schutzgerätes eingestellt werden. Eine Beschreibung ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Unterstützte Schutzgerätetypen zu finden.

Über das Feld **Staffelung Stichleitung** kann der Staffelfaktor für Stiche eingestellt werden. Typisch sind hier 120 %.

Im Feld **Status der Einstellwerte** wird angegeben, ob die Einstellwerte nicht vorhanden sind, ob die Werte von PSS SINCAL ermittelt werden oder ob sie manuell eingegeben worden sind.

In den Feldern **1. Stufe**, **2. Stufe**, **3. Stufe**, **Kurzunterbrechung** und **Vergleichsschutz** wird angegeben, ob für die jeweilige Auslösestufe Einstellwerte eingegeben sind bzw. ermittelt werden sollen. Für die Ermittlung kann der Staffelfaktor oder die primäre Kippunktsimpedanz vorgegeben werden.

Für die Stufe 1, Stufe 2 und Stufe 3 bzw. Kurzunterbrechung und Vergleichsschutz sind folgende Felder einstellbar:

- Staffelung St
- Widerstand Kippunkt Rk*
- Reaktanz Kippunkt Xk*
- Richtung
- Geräteinstellung R
- Geräteinstellung X
- Geräteinstellung R/X
- Geräteinstellung M
- Geräteinstellung N
- Geräteinstellung Z
- Geräteinstellung Faktor
- Geräteeinstellung Offset

Die Einstellwerte für den Offset sind nur in folgender Konfiguration anwendbar:

- Schutzgerätetyp: Allgemein
- Messart: MHO oder Impedanzpolygon
- Richtung: ungerichtet

Die **Staffelung St** steuert die Berechnung der primären Kippunktsimpedanz für die Ermittlung der Einstellwerte. Es stehen folgende Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung:

- Aus:
Keine Ermittlung von Einstellwerten
- St:
Ermittlung über Staffelfaktor
- ZK:
Direkte Vorgabe der Kippunktsimpedanz
- Gleich:
Identisch zur vorhergehenden Auslösestufe
- St Zmax:
Bezogen auf die maximale Impedanz der ersten Stufe
- St Ztg:
Bezogen auf die ermittelte Leitungsimpedanz der ersten Stufe

Weiters ist für die Stufe 1, Stufe 2 und Stufe 3 die **Staffelzeit t** einstellbar.

Für die Stufe 1, Stufe 2 und Stufe 3 bzw. Kurzunterbrechung und Vergleichsschutz kann die **Richtung** vorgegeben werden. Diese Eingabemöglichkeit ist nur bei elektronischen Schutzgeräten (mit Auslösefläche Impedanzpolygon) verfügbar.

Eine allgemeine Beschreibung der Distanzschutzgeräte ist im Kapitel Distanzschutzgeräte des Schutzhändbuchs zu finden.

Unterschiedliche Einstellungen für Phase und Erde

Sollen für Phase-Phase und Phase-Erde Impedanzschleifen unterschiedliche Einstellungen vorgenommen werden, so kann über das Kontextmenü der Einstellwerte ein weiterer Datensatz **Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte** angelegt werden. Hierzu wird der Menüpunkt **Neue Einstellwerte – Vordefiniert** gewählt.

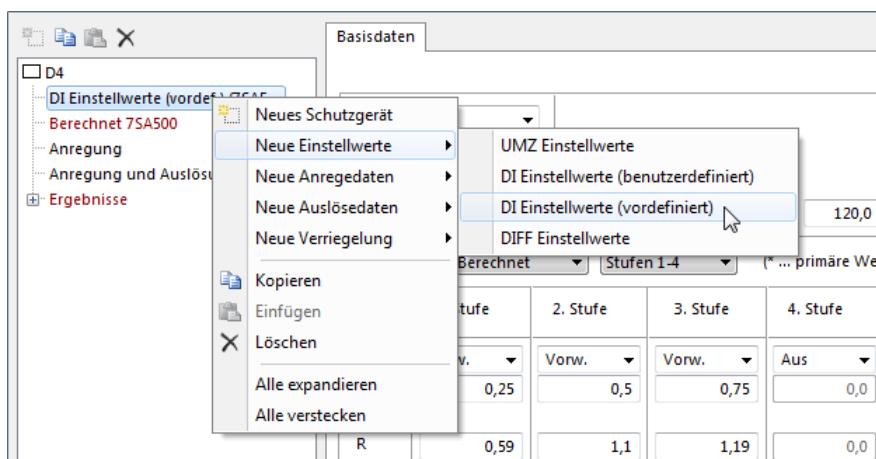


Bild: Anlegen eines neuen Datensatzes Einstellwerte für vordefinierte Distanzschutzgeräte

Anschließend kann in der Datenmaske das Auslöseverhalten getrennt angegeben werden.

Datenbeschreibung

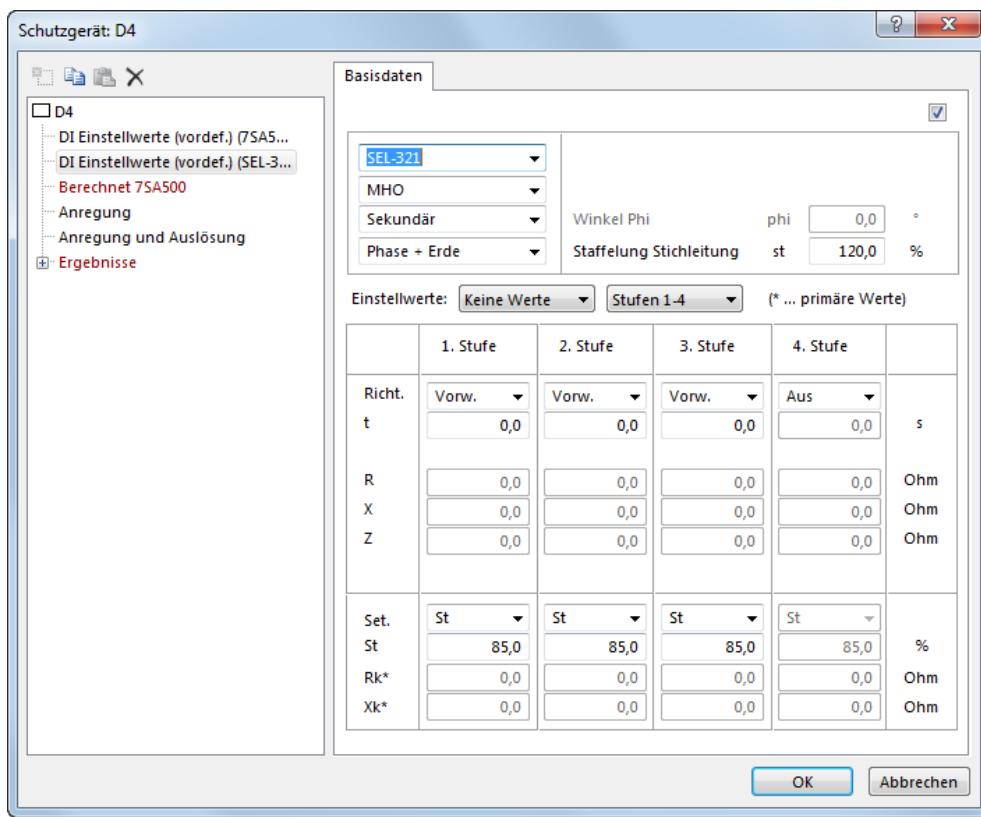


Bild: Vordefiniertes Distanzschutzgerät mit unterschiedlichem Auslöseverhalten Phase bzw. Erde

Kippunktimpedanz setzen

Mit dieser Funktion kann die Methode zur primären Netzimpedanzbestimmung bei Schutzgeräten im Netz bequem geändert werden. Hierfür wird im Kontextmenü eines Schutzgerätes der Punkt **Kippunktimpedanz setzen** aktiviert.

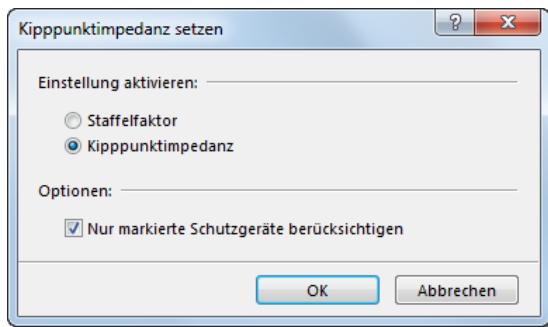


Bild: Dialog Kippunktimpedanz setzen

In diesem Dialog kann zwischen den folgenden Methoden gewählt werden:

- Staffelfaktor
- Kippunktimpedanz

Ist die Option **Nur markierte Schutzgeräte berücksichtigen** aktiviert, so werden alle in der Datenmaske gewählten Einstellungen nur auf die zuvor markierten Schutzgeräte angewandt. Andernfalls werden alle in der aktuellen Ansicht vorhandenen Schutzgeräte berücksichtigt.

3.13.7 Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte

Mit diesen Daten werden die Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte

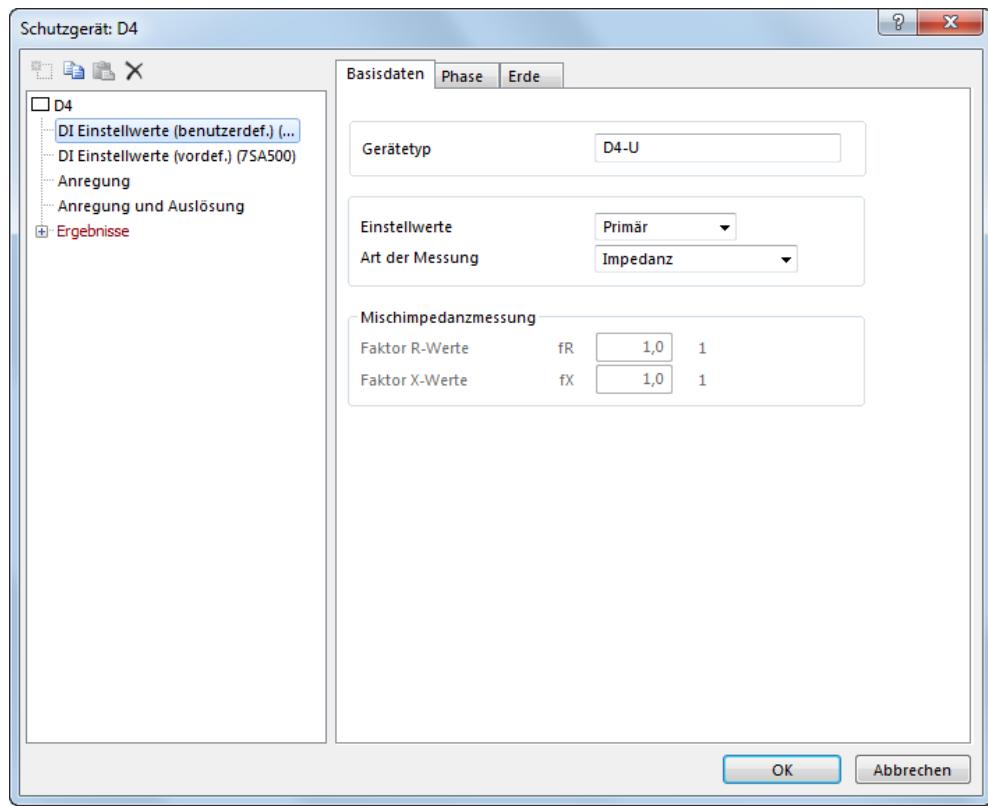


Bild: Datenmaske Einstellwerte für benutzerdefiniertes Distanzschutzgerät – Basisdaten

Über das Feld **Einstellwerte** kann gesteuert werden, ob die Dateneingabe primär (Netz) oder sekundär (Schutzgerätedaten mit Berücksichtigung der Messwandler) erfolgt.

Mischimpedanzmessung

Über die Art der Messung kann eine Verschiebung der Impedanzflächen mittels der Faktoren für R-Werte und der Faktoren für X-Werte erfolgen.

Phase Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte

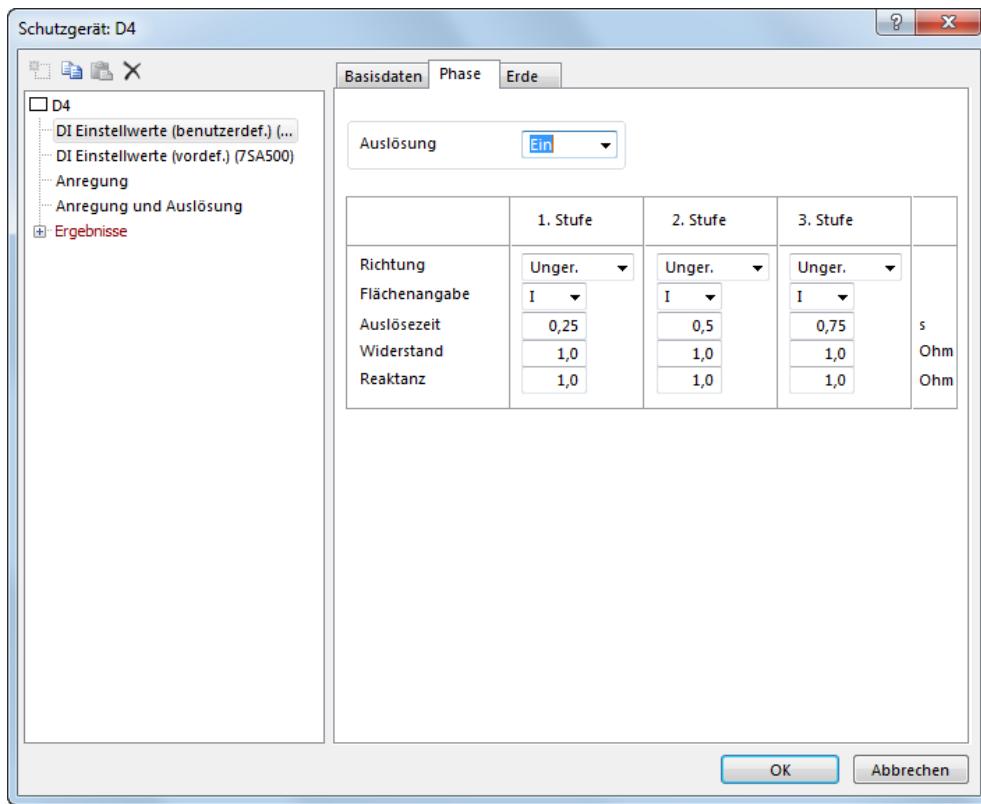


Bild: Datenmaske Einstellwerte für benutzerdefiniertes Distanzschutzgerät – Phase

Diese Einstellungen gelten nur für Phase – Phase Impedanzschleifen.

Das Feld **Auslösung** aktiviert oder deaktiviert alle Auslösungen für Phasenfehler.

Auslösefläche Stufen 1, 2 und 3 und Anregestufe

Über **Widerstand** und **Reaktanz** wird der Eckpunkt der rechteckigen Auslösefläche definiert.

Die Auslösung dieser Fläche erfolgt bei der eingestellten **Auslösezeit**.

Die Fläche kann über das Feld **Richtung** wie folgt begrenzt werden:

- Ungerichtet
- Vorwärts
- Rückwärts

Je nach **Flächenangabe** ist die Auslösefläche ein Rechteck im ersten Quadranten oder in allen Quadranten:

- I:
Die Auslösefläche ist nur im 1. Quadranten.
- A:
Die Auslösefläche ist in allen Quadranten.

Erde Einstellwerte für benutzerdefinierte Distanzschutzgeräte

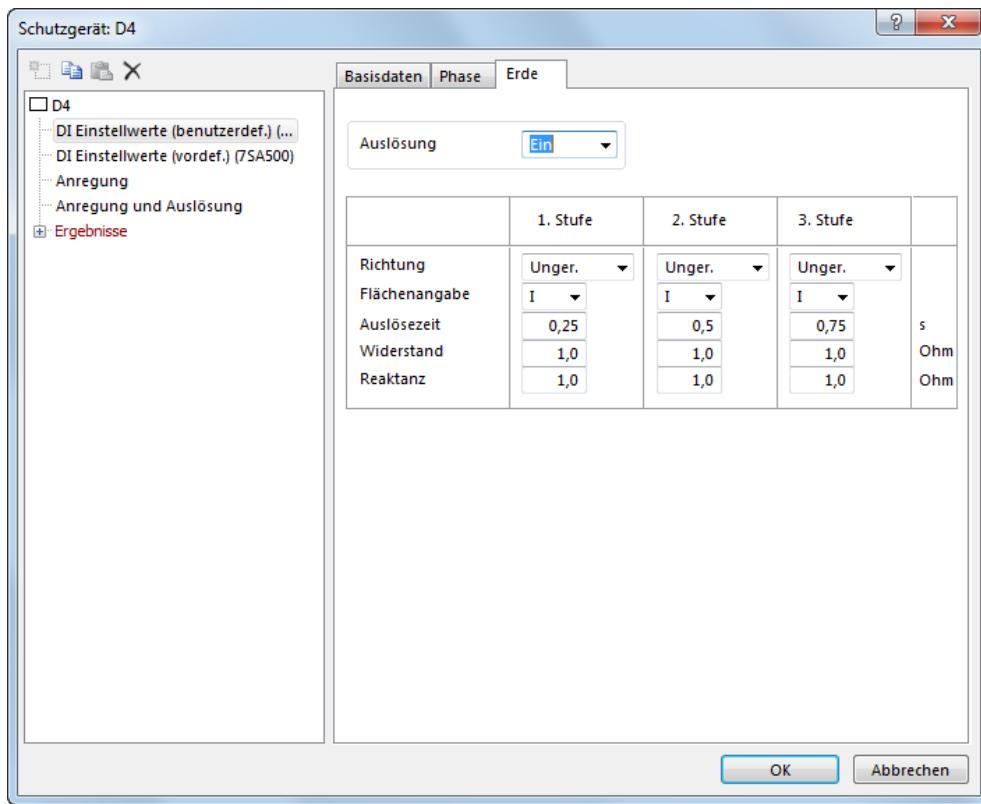


Bild: Datenmaske Einstellwerte für benutzerdefiniertes Distanzschutzgerät – Erde

Diese Einstellungen gelten nur für Phase – Erde Impedanzschleifen.

Die Einstellungen für die Erdauslösung erfolgen analog denen der Phasenauslösung.

Eine detaillierte Beschreibung der Distanzschutzgeräte ist im Kapitel Distanzschutzgeräte des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

3.13.8 Einstellwerte für Differentialschutzgerät

Mit diesen Daten werden die Einstellwerte für Differentialschutzgeräte beschrieben. Differentialschutzgeräte verfügen in PSS SINCAL nur über eine Auslösezeit und einen Differentialschutzbereich.

Eine Übersicht der Felder für die Einstellwerte für Differentialschutzgeräte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Einstellwerte für Differentialschutzgeräte

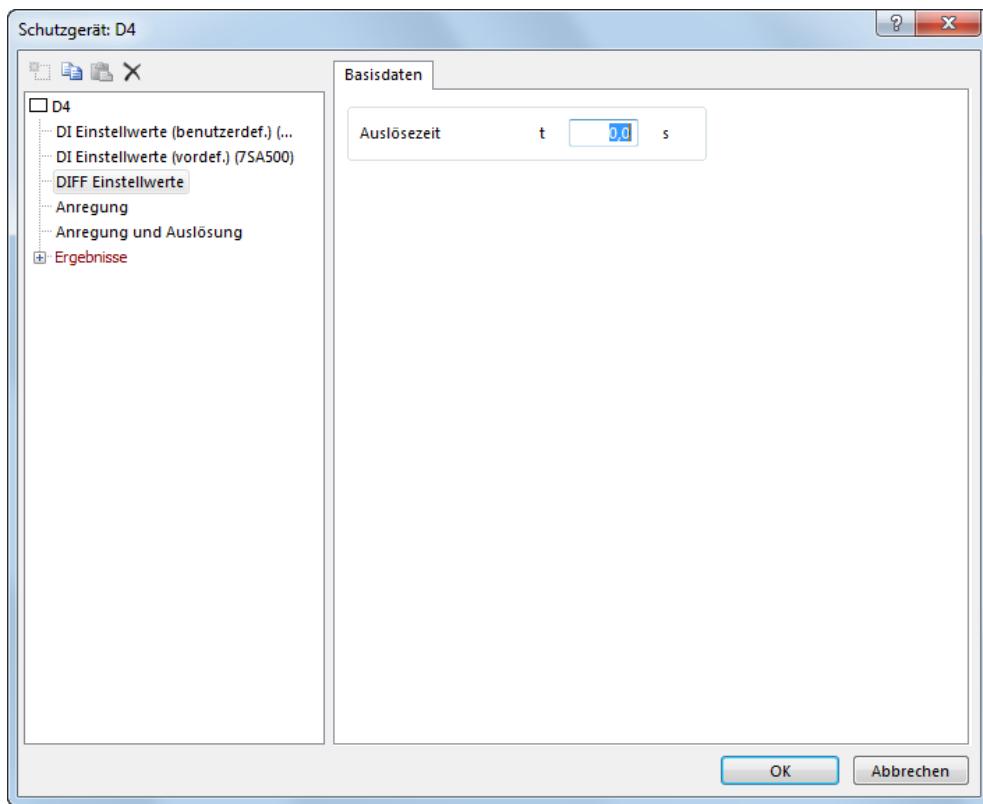


Bild: Datenmaske Einstellwerte für Differentialschutzgerät

Bei einem Fehler im Differentialschutzbereich erfolgt die Abschaltung nach Ablauf der **Auslösezeit**.

3.13.9 Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgerät

Mit diesen Daten wird das Anrege-/Auslöseverhalten eines allgemeinen Distanzschutzgerätes nachgebildet. Diese Nachbildung erfolgt über eine frei definierbare Impedanzfläche.

Eine Übersicht der Felder für die Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgerät ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgeräte

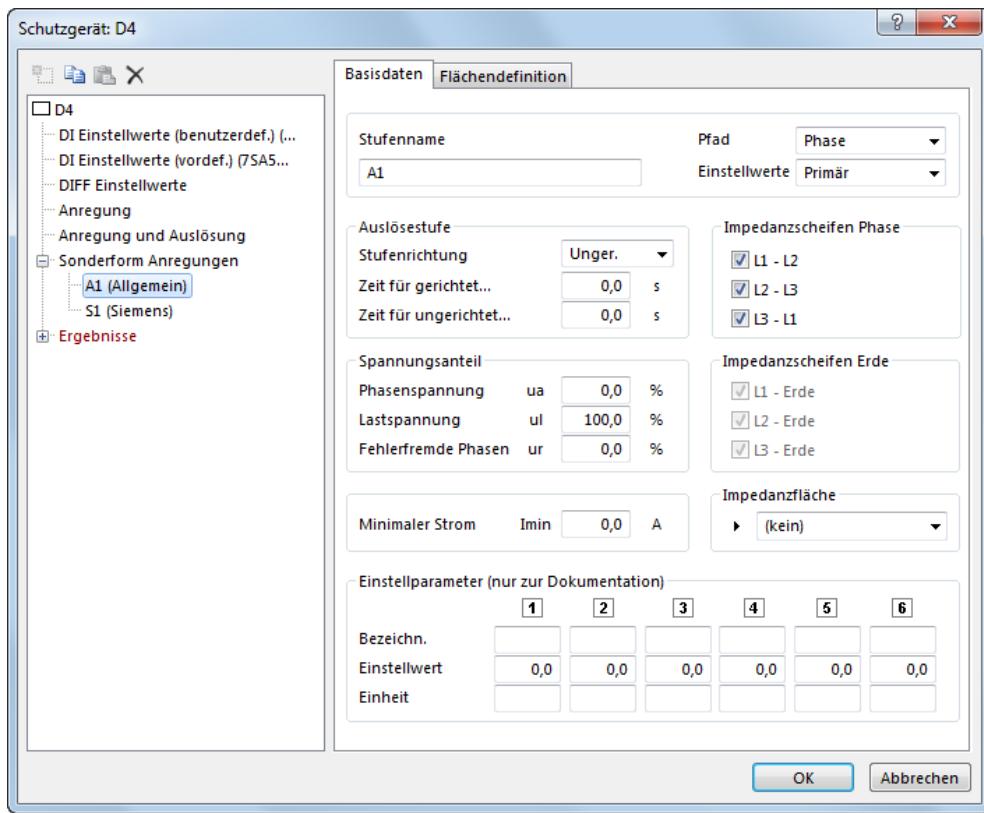


Bild: Datenmaske Anregung allgemein Distanzschutzgerät – Basisdaten

Über das Feld **Stufename** kann der allgemeinen Anrege-/Auslösefläche ein individueller Name zugeordnet werden.

Mit dem Einstellwert **Pfad** kann die Berücksichtigung der Impedanzschleifen gesteuert werden. Folgende Auswahlwerte sind verfügbar:

- **Phase:**
Bei dieser Einstellung gelten die in dieser Datenmaske eingegebenen Werte nur für Phase – Phase Impedanzschleifen.
- **Erde:**
Bei dieser Einstellung gelten die in dieser Datenmaske eingegebenen Werte nur für Phase – Erde Impedanzschleifen.
- **Phase + Erde:**
Bei dieser Einstellung werden die Eingabedaten in dieser Datenmaske für alle Impedanzschleifen verwendet.

Über das Feld **Einstellwerte** kann gesteuert werden, ob die Dateneingabe primär (Netz) oder sekundär (Schutzgerätedaten mit Berücksichtigung der Messwandler) erfolgt.

Auslösestufe

Im Abschnitt **Auslösestufe** kann das generelle Auslöseverhalten mit den Feldern **Stufenrichtung**, **Zeit für gerichtet** und **Zeit für ungerichtet** gesteuert werden.

Spannungsanteil

Im Abschnitt **Spannungsanteil** kann die Spannung für die Ermittlung der Schleifenimpedanz aus der Lastspannung, der aktuellen Spannung und der Spannung der fehlerfremden Phase zusammengesetzt werden.

Impedanzschleifen

In den Abschnitten **Impedanzschleifen Phase** und **Impedanzschleifen Erde** wird parametriert, welche Impedanzschleifen berücksichtigt werden.

Der **minimale Strom** definiert den unteren Grenzwert zur Anregung bzw. Auslösung. Wird dieser unterschritten, dann findet keine Anregung/Auslösung statt.

Impedanzfläche

Über die **Impedanzfläche** können anstatt der Flächendefinition die Umrisspunkte der Impedanzfläche direkt angegeben werden. Die Eingabe der einzelnen Werte erfolgt über die Maske **Impedanzfläche Schutz**.

Einstellparameter

Im Abschnitt **Einstellparameter** können die Einstellwerte für die allgemeine Auslösefläche dokumentiert werden. Diese hier eingetragenen Werte werden von der Berechnung nicht berücksichtigt. Sie werden nur zur Dokumentation jener Parameter, die tatsächlich am Schutzgerät eingestellt werden, benötigt.

Flächendefinition Anregung/Auslösung allgemeines Distanzschutzgeräte

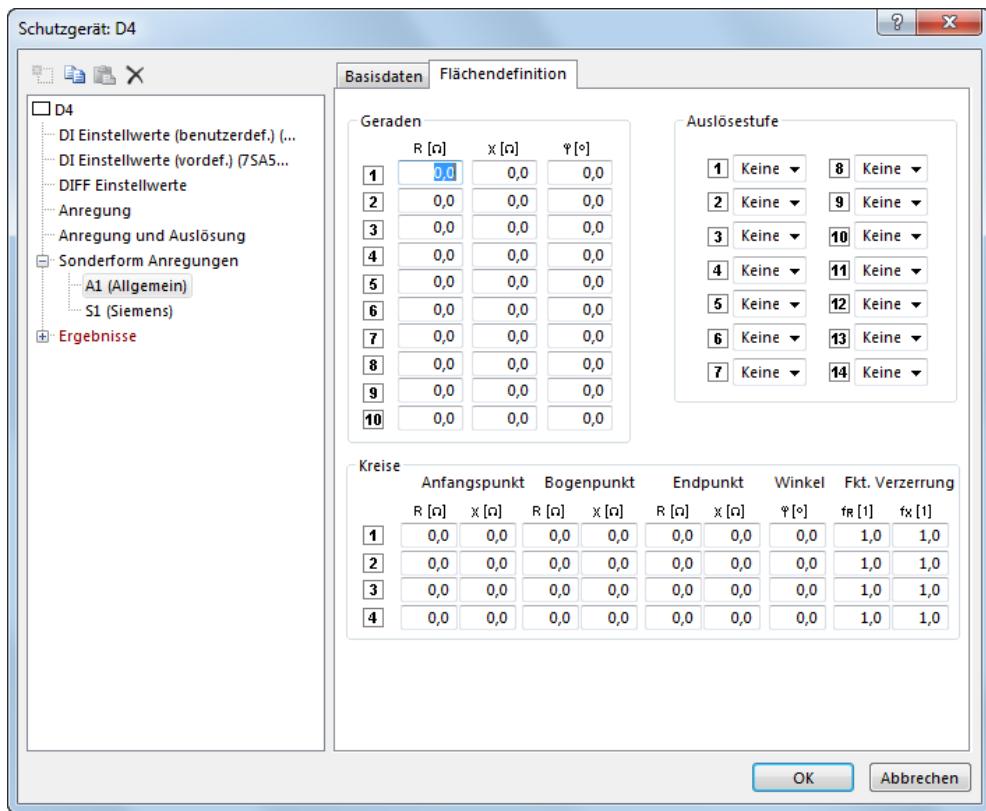


Bild: Datenmaske Anregung allgemein Distanzschutzgerät – Flächendefinition

Durch die Kombination von bis zu zehn Geraden und vier Kreisen wird die Anregefläche des Distanzschutzgerätes definiert.

Geraden

Eine Gerade wird durch ein Koordinatenpaar (Wirk- und Blindwiderstand) und den Winkel eindeutig beschrieben.

Kreise

Ein Kreis wird durch einen Anfangs-, Bogen- und Endpunkt bestimmt. Darüber hinaus kann der Kreis auch noch gedreht und gestaucht werden.

Eine ausführliche Beschreibung des Anregeverhaltens ist im Kapitel Distanzschutzgeräte, Abschnitt Frei definierbare Fläche des Schutzhandbuchs enthalten.

3.13.10 Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgerät

Mit diesen Daten wird das Anrege- bzw. Auslöseverhalten eines SIEMENS Distanzschutzgerätes nachgebildet.

Eine Übersicht der Felder für die Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgerät ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgeräte

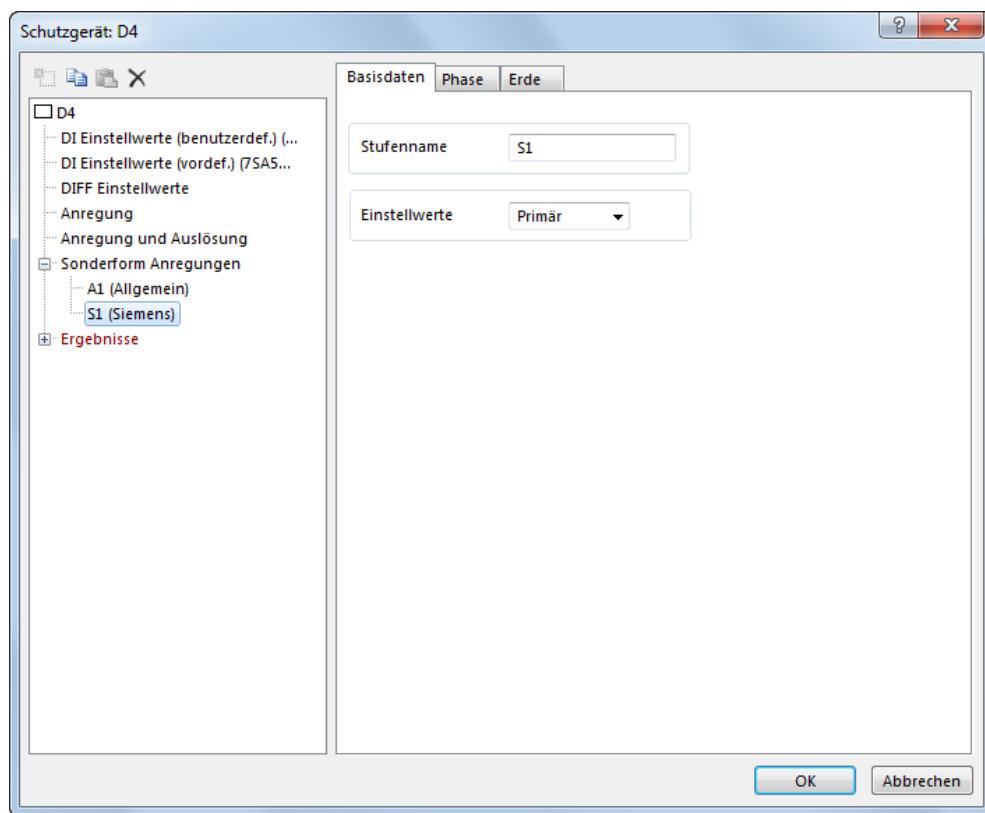


Bild: Datenmaske Anregung SIEMENS Distanzschutzgerät – Basisdaten

Über das Feld **Stufename** kann der SIEMENS Anrege-/Auslösefläche ein individueller Name zugeordnet werden.

Über das Feld **Einstellwerte** kann gesteuert werden, ob die Dateneingabe primär (Netz) oder sekundär (Schutzgerätedaten mit Berücksichtigung der Messwandler) erfolgt.

Phase Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgeräte

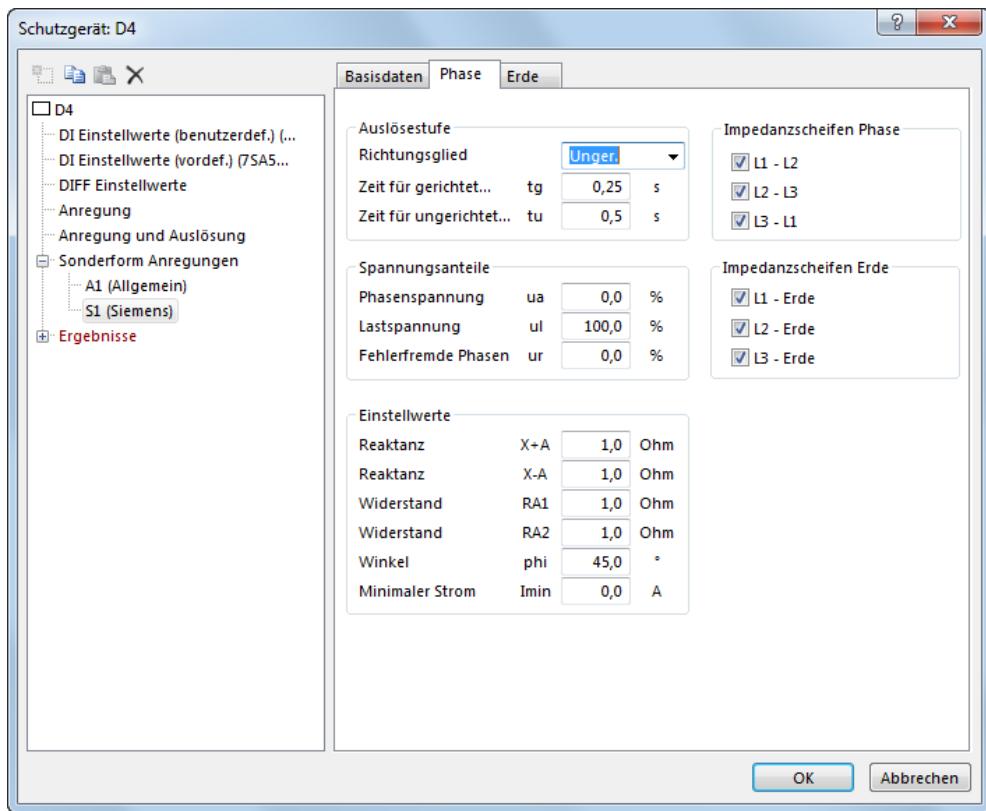


Bild: Datenmaske Anregung SIEMENS Distanzschutzgerät – Phase

Diese Einstellungen gelten nur für Phase – Phase Impedanzschleifen.

Auslösestufe

Im Abschnitt **Auslösestufe** kann das generelle Auslöseverhalten mit den Feldern **Richtungsglied**, **Zeit für gerichtet** und **Zeit für ungerichtet** gesteuert werden.

Impedanzschleifen

Im Abschnitt **Impedanzschleifen** wird parametriert, welche Impedanzschleifen berücksichtigt werden.

Spannungsanteile

Im Abschnitt **Spannungsanteile** kann die Spannung für die Ermittlung der Schleifenimpedanz aus der Lastspannung, der aktuellen Spannung und der Spannung der fehlerfremden Phase zusammengesetzt werden.

Einstellwerte

Im Abschnitt **Einstellwerte** wird die Impedanzfläche durch eine SIEMENS Fläche beschrieben.

Der **minimale Strom** definiert den unteren Grenzwert zur Anregung bzw. Auslösung. Wird dieser unterschritten, dann findet keine Anregung/Auslösung statt.

Erde Anregung/Auslösung SIEMENS Distanzschutzgeräte

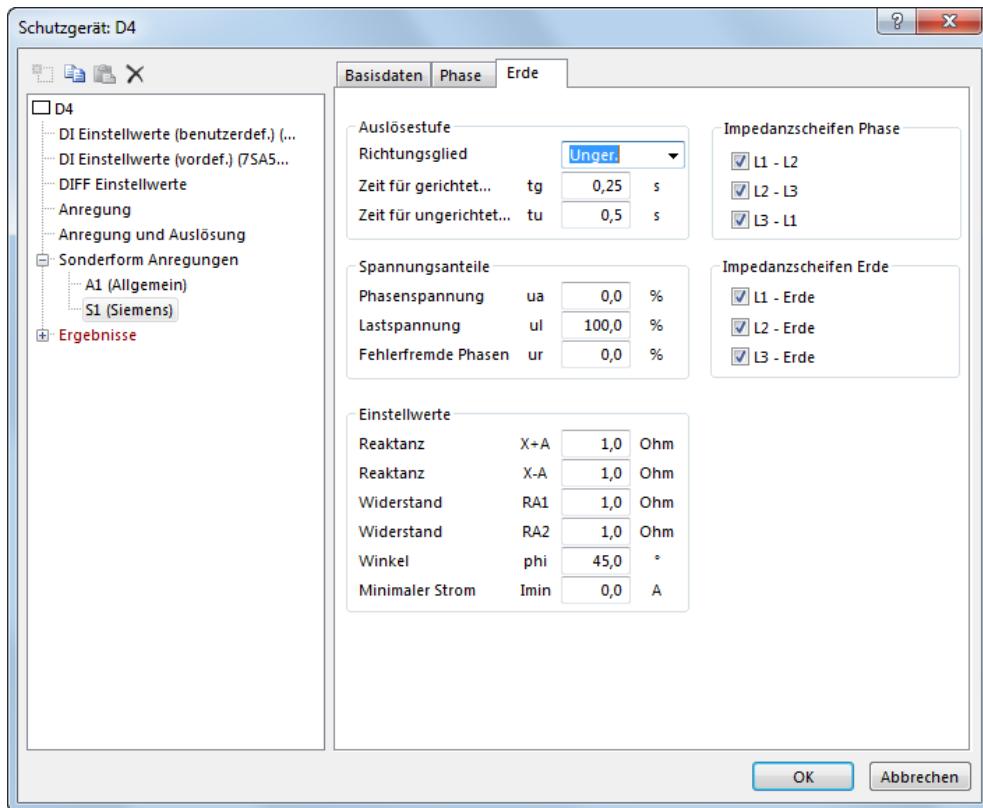


Bild: Datenmaske Anregung SIEMENS Distanzschutzgerät – Erde

Diese Einstellungen gelten nur für Phase – Erde Impedanzschleifen.

Die Einstellungen für die Erdauslösung erfolgen analog denen der Phasenauslösung.

Eine ausführliche Beschreibung des Anregeverhaltens ist im Kapitel Distanzschutzgeräte, Abschnitt Siemens Fläche des Schutzhandbuchs enthalten.

3.13.11 Auslösung Spannungsschutz

Der Spannungsschutz übernimmt die Aufgabe, Netzelemente sowohl vor einem Spannungseinbruch als auch vor einem Spannungsanstieg zu schützen. Beide Betriebszustände sind im elektrischen Netz nicht gewünscht und führen unter anderem zu höheren Strömen, Isolations- und Stabilitätsproblemen.

Eine Übersicht der Felder für die Auslösung Spannungsschutz ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Auslösung Spannungsschutz

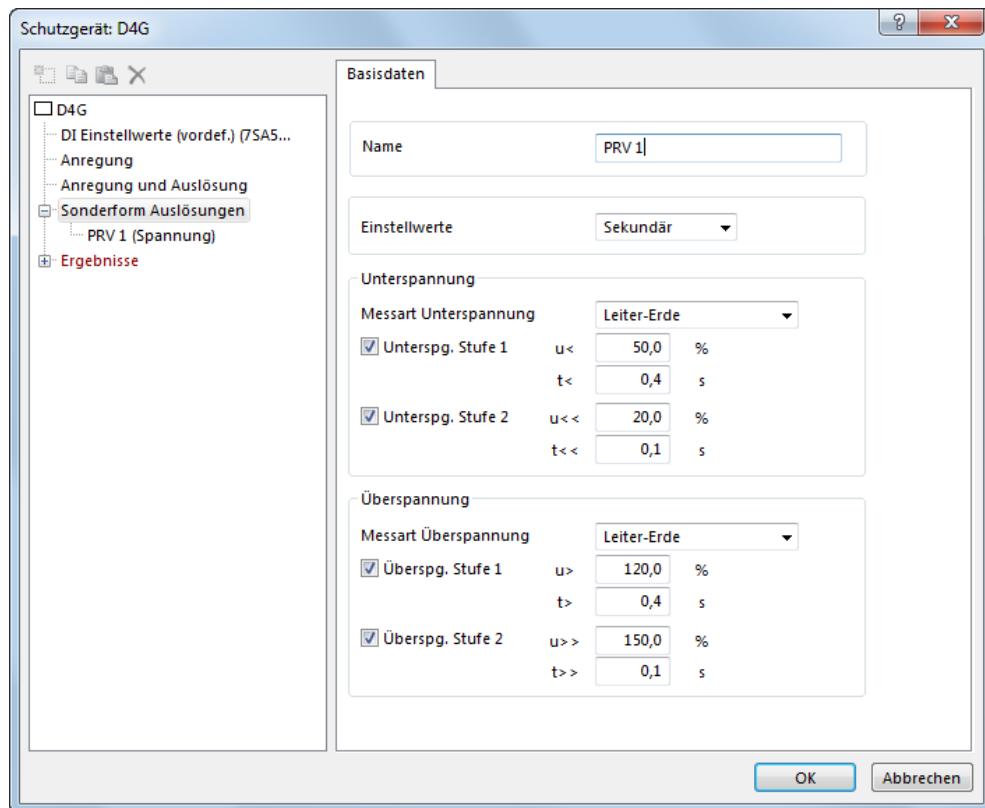


Bild: Datenmaske Spannungsschutz

Über das Feld **Name** kann dem Spannungsschutz ein individueller Name zugeordnet werden.

Über das Feld **Einstellwerte** kann gesteuert werden, ob die Dateneingabe primär (Netz) oder sekundär (Schutzgerätedaten mit Berücksichtigung der Messwandler) erfolgt.

Der Spannungsschutz ist unterteilt in Unterspannungs- und Überspannungsschutz.

Unterspannung

Für den Unterspannungsschutz muss zuerst die **Messart Unterspannung** festgelegt werden. Hier stehen folgende Werte zur Auswahl:

- Leiter-Leiter:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Leiter Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Leiter Spannung.
- Leiter-Erde:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Erde Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Erde Spannung.
- Mitsystem:
Die Mitsystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

- Gegensystem:
Die Gegensystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.
- Erde:
Die Erdespannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

Für den Unterspannungsschutz stehen die zwei Auslösestufen **Unterspannung Stufe 1** und **Unterspannung Stufe 2** zur Verfügung. Je Stufe sind die **Spannungsgrenze** ($u<$ und $u<<$) und die dazugehörige **Auslösezeit** ($t<$ und $t<<$) anzugeben.

Überspannung

Für den Überspannungsschutz muss zuerst die **Messart Überspannung** festgelegt werden. Hier stehen folgende Werte zur Auswahl:

- Leiter-Leiter:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Leiter Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Leiter Spannung.
- Leiter-Erde:
Die Überwachung der Spannung erfolgt für alle drei Leiter-Erde Spannungen. Für die Auslösung reicht die Verletzung der Spannungsgrenze einer Leiter-Erde Spannung.
- Mitsystem:
Die Mitsystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.
- Gegensystem:
Die Gegensystemspannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.
- Erde:
Die Erdespannung wird aus den drei Leiter-Erde Spannungen bestimmt.

Für den Überspannungsschutz stehen die zwei Auslösestufen **Überspannung Stufe 1** und **Überspannung Stufe 2** zur Verfügung. Je Stufe sind die **Spannungsgrenze** ($u>$ und $u>>$) und die dazugehörige **Auslösezeit** ($t>$ und $t>>$) anzugeben.

Eine genauere Beschreibung der Funktionsweise finden Sie im Kapitel Spannungsschutz des Handbuchs Schutzkoordination.

3.13.12 Spannungswandler

Mit diesem Element wird ein Spannungswandler für ein Schutzgerät definiert.

Die Bearbeitung der Spannungswandler erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Schutzkoordination – Spannungswandler**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Spannungswandler ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Spannungswandler

Knoten	Upri	1,0	kV
Betriebsmittel	Usek	1,0	kV
Sternpunkt	fUpri	1,0	1

Bild: Basisdaten des Spannungswandlers

Der **Knoten** oder der **Sternpunkt** bestimmen die Topologie im Netz.

Über das Feld **Betriebsmittel** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Über die Felder **Nennspannung primär**, **Nennspannung sekundär** und **Faktor Nennspannung primär** wird das Übersetzungsverhältnis des Wandlers festgelegt.

Eine detaillierte Beschreibung des Spannungswandlers ist im Kapitel Distanzschutzgeräte, Abschnitt Beeinflussung durch Wandler des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

3.13.13 Stromwandler

Mit diesem Element wird ein Stromwandler für ein Schutzgerät definiert.

Die Bearbeitung der Stromwandler erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Schutzkoordination – Stromwandler**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Brower. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Brower.

Eine Übersicht der Felder für den Stromwandler ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Stromwandler

Anschluss	K1/L2		
Betriebsmittel	(kein)		
Sternpunkt	(kein)		
Name			
Nennstrom primär	Ipri	1,0	A
Nennstrom sekundär	Isek	1,0	A
Faktor Nennstrom primär	fIpri	1,0	1

Bild: Basisdaten des Stromwandlers

Über den **Anschluss** oder den **Sternpunkt** wird der Einbauort des Wandlers im Netz bestimmt.

Über das Feld **Betriebsmittel** kann eine Zuordnung zum Stationsmodell erfolgen.

Die Felder **Nennstrom primär**, **Nennstrom sekundär** und **Faktor Nennstrom primär** dienen zur Bestimmung des Wandlerübersetzungsverhältnisses.

Eine detaillierte Beschreibung des Stromwandlers ist im Kapitel Distanzschutzgeräte, Abschnitt Beeinflussung durch Wandler des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

Dynamik Stromwandler

Sättigung	(kein)		
Widerstand primär	R pri	0,0	Ohm
Widerstand sekundär	R sek	0,0	Ohm
Hauptreaktanz	X h	0,0	kOhm
Remanenzfluss L1	phi1	0,0	p.u.
Remanenzfluss L2	phi2	0,0	p.u.
Remanenzfluss L3	phi3	0,0	p.u.

Bild: Dynamikdaten des Stromwandlers

Mithilfe des Feldes **Sättigung** kann eine Sättigungskennlinie zugeordnet werden. In der dynamischen Berechnung wird die Impedanz des Netzelementes je nach Kennlinie ermittelt.

Die Felder **Widerstand primär**, **Widerstand sekundär** und **Hauptreaktanz** dienen zur genauen Nachbildung der Wandlerschaltung.

Über die Felder **Remanenzfluss L1**, **Remanenzfluss L2** und **Remanenzfluss L3** kann der magnetische Remanenzfluss für die jeweilige Phase festgelegt werden.

3.13.14 Schutz-Impedanzfläche

Mit diesem Element kann die Auslösefläche eines Distanzschutzgerätes definiert werden.

Die Bearbeitung der Schutz-Impedanzflächen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Schutzkoordination – Impedanzfläche**.

Die Schutz-Impedanzfläche wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Impedanzflächenwerten definiert. Die Eingabe von Impedanzflächenwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Schutz-Impedanzfläche und die Schutz-Impedanzflächenwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Schutz-Impedanzfläche

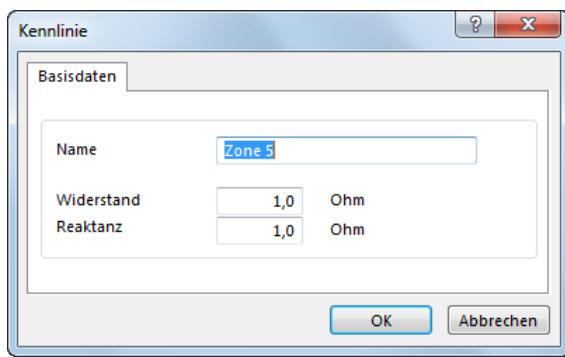


Bild: Basisdaten für Schutz-Impedanzfläche

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Impedanzflächenkennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Der **Widerstand** und die **Reaktanz** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der einzelnen Impedanzflächenwerte.

Schutz-Impedanzflächenwerte



Bild: Schutz-Impedanzflächenwerte

Die Impedanzflächenkennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaares), **R** (Widerstand) und **X** (Reaktanz) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben. Elektrisch bezogene Größen dürfen nicht angegeben werden!

3.13.15 Unbenutzte Wandler löschen

Durch Klicken des Menüpunktes **Daten – Schutzkoordination – Unbenutzte Wandler löschen** werden nach Bestätigen einer Sicherheitsabfrage alle nicht zugeordneten Spannungswandler und Stromwandler gelöscht.

3.13.16 Signalübertragung

Mit diesen Daten wird ein Signal zur Übertragung eines Schutzgerätes definiert.

Die Bearbeitung der Signalübertragungen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Schutzkoordination – Signalübertragung**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Signalübertragung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Signalübertragung

The screenshot shows a configuration dialog for 'Signalübertragung' (Signal Transmission) under the 'Basisdaten' tab. It includes fields for Status (set to 'Ein'), Type (set to 'Verriegelung'), Receiver (Schutzgerät: Pros88/1, Zone/Stufe: DI benannte Zone, Auslösung: Phase), Sender (Schutzgerät: Cleve88/1, Zone/Stufe: DI vordefiniert Zone 1, Auslösung: Phase, Signalart: Deaktiv), and Trigger Time (Auslösezeit: 0,005 s).

Bild: Basisdaten der Signalübertragung

Mit dem Feld **Status** kann die Signalübertragung aktiviert bzw. deaktiviert werden. Ist diese deaktiviert, so wird die Signalübertragung von der Berechnung nicht berücksichtigt.

Über das Feld **Typ** kann die Art der Signalübertragung gewählt werden. Es wird zwischen folgenden Typen unterschieden:

- **Verriegelung:**
Die Verriegelung verhindert das Auslösen einer Stufe eines anderen Schutzgerätes.
- **Mitnahme:**
Die Mitnahme bewirkt, dass ein anderes Schutzgerät ebenfalls auslöst.
- **Auslösung:**
Die Auslösung bewirkt, dass beide Schutzgeräte in der angegebenen Zeit auslösen.

Ist die eingegebene Bedingung erfüllt, so wird die angegebene Verriegelung/Mitnahme/Auslösung aktiviert. Zwischen den Schutzgeräten können beliebig viele Signale zur Verriegelung/Mitnahme/Auslösung gesetzt werden. Auch eine beliebige Verriegelung/Mitnahme/Auslösung von Distanzschutzgeräten und UMZ Schutzgeräten ist möglich.

Empfänger

In diesem Abschnitt werden die Parameter für das signalempfangende Schutzgerät eingestellt.

Über das Feld **Schutzgerät** wird das signalempfangende Schutzgerät bestimmt, also jenes Schutzgerät, welches zur Verriegelung bzw. Mitnahme vorgesehen ist.

Die Felder **Zone/Stufe** und **Auslösung** kennzeichnen die signalempfangende Auslösestufe. Das Feld **Auslösung** bestimmt den signalempfangenden Auslösepfad.

Sender

In diesem Abschnitt werden die Parameter für das signalgebende Schutzgerät eingestellt.

Über das Feld **Schutzgerät** wird das signalgebende Schutzgerät bestimmt.

Das Feld **Zone/Stufe** kennzeichnet die signalgebende Auslösestufe. Das Feld **Auslösung** bestimmt den signalgebenden Auslösepfad.

Über das Feld **Signalart** wird bestimmt, ob die Verriegelung im Zustand deaktiv (nicht angeregt) oder angeregt erfolgt.

Über das Feld **Auslösezeit** wird bei **Signaltyp** Auslösung die Zeit, in der beide Schutzgeräte auslösen, festgelegt.

Eine ausführliche Beschreibung der Signalübertragung ist im Kapitel Signalübertragung des Schutzhändbuchs enthalten.

3.13.17 Schutzbereich

Mit diesen Daten wird ein Netzbereich gekennzeichnet, der von mehreren Schutzgeräten gemeinsam geschützt wird.

Die Bearbeitung der Schutzbereiche erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Schutzkoordination – Schutzbereich**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Schutzbereich ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Schutzbereich

Name	Zone 1
Zone 1	

Bild: Basisdaten des Schutzbereichs

Im Feld **Name** wird die Bezeichnung des Schutzbereiches angegeben.

Eine detaillierte Beschreibung des Schutzbereiches ist im Kapitel Differentialschutzgeräte des Handbuchs Schutzkoordination zu finden.

3.13.18 Anregung

Über die Anregung wird das Anregeverhalten des Schutzgerätes für Phasen- und Erdfehler detailliert beschrieben. Es können gerichtete und ungerichtete Stromanregungen, Unterimpedanzanregungen, Anregeflächen, usw. definiert werden.

Eine allgemeine Beschreibung zur Anregung ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Schutzsimulation, Abschnitt Anregung zu finden.

Eine Übersicht der Felder für die Anregung ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Anregung

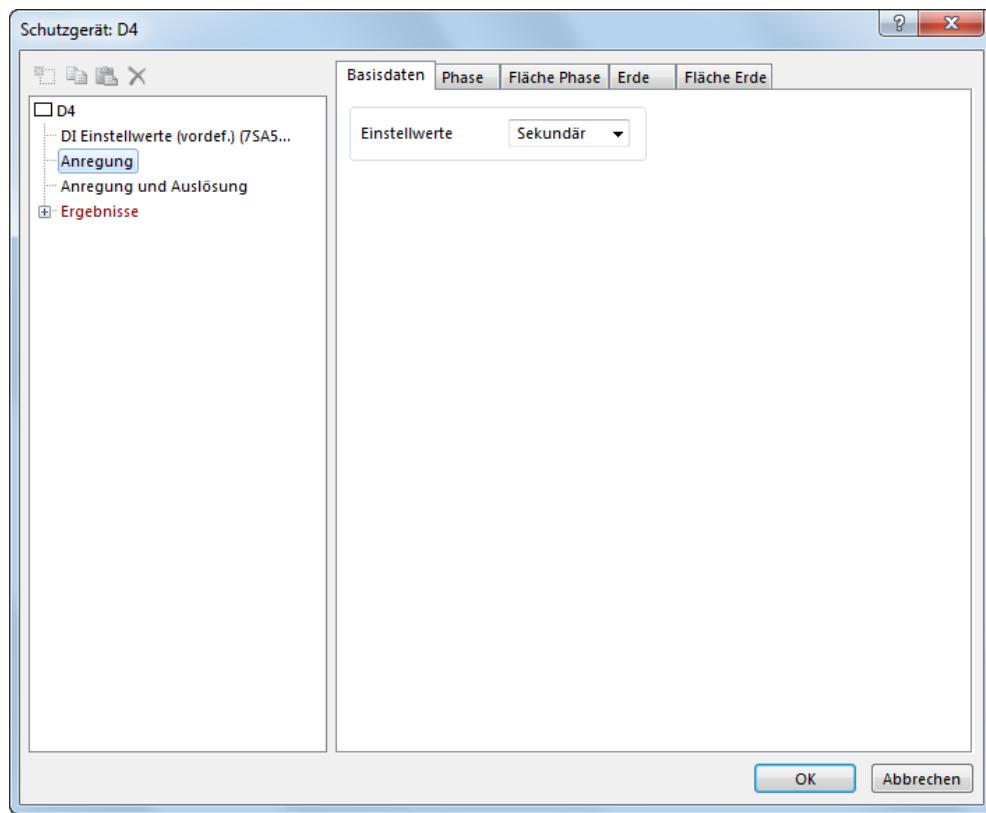


Bild: Datenmaske Anregung – Basisdaten

Über das Feld **Einstellwerte** kann gesteuert werden, ob die Dateneingabe primär (Netz) oder sekundär (Schutzgerätedaten mit Berücksichtigung der Messwandler) erfolgt.

Phase Anregung

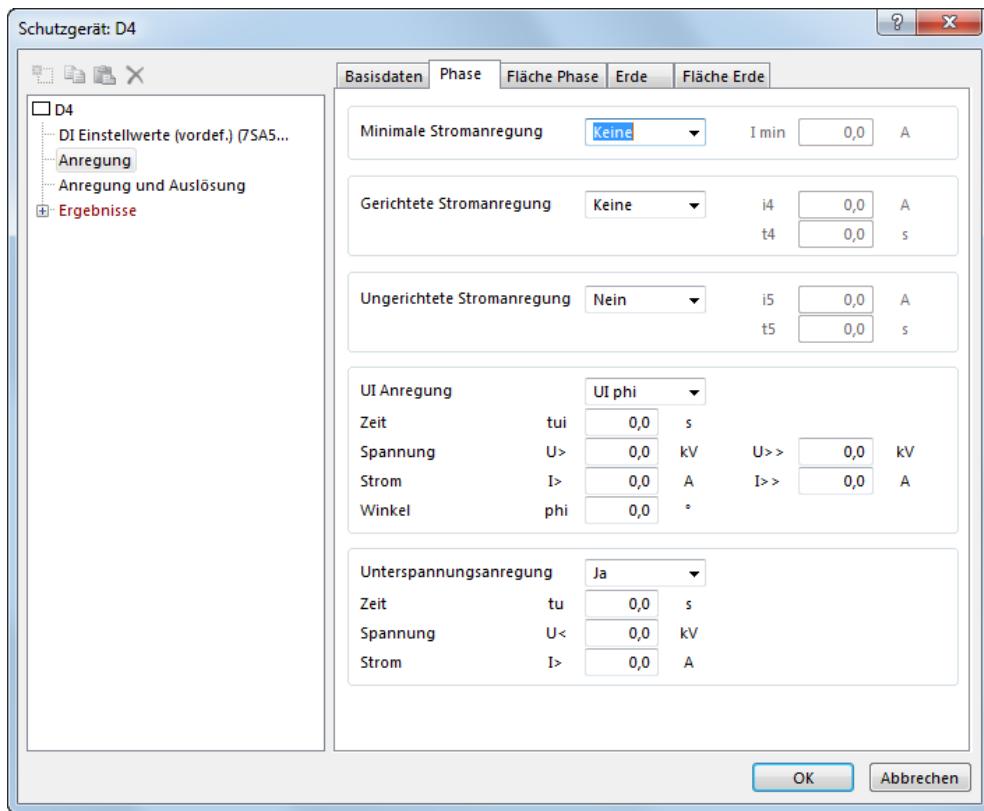


Bild: Datenmaske Anregung – Phase

Im Feld **Minimale Stromanregung** kann die Richtung der minimalen Stromanregung definiert werden. Im Feld **I min** wird der minimale Auslösestrom angegeben. Diese Anregung führt nicht automatisch (nach Überschreiten einer Endzeit) zu einer Auslösung.

Im Feld **Gerichtete Stromanregung** kann die Richtung der minimalen Stromanregung definiert werden. In den Feldern **i4** und **t4** werden der minimale Auslösestrom sowie die Zeit angegeben. Diese Anregung führt – sofern das Schutzgerät nicht innerhalb der vordefinierten Zeit auslöst – automatisch zu einer Auslösung.

Die Ungerichtete Stromanregung wird über das Feld **Ungerichtete Stromanregung** aktiviert. In den Feldern **i5** und **t5** werden der minimale Auslösestrom sowie die Zeit angegeben. Diese Anregung führt – sofern das Schutzgerät nicht innerhalb der vordefinierten Zeit auslöst – automatisch zu einer Auslösung.

Die Unterimpedanzanregung wird über das Feld **UI Anregung** aktiviert. Die Definition der Unterimpedanzanregung erfolgt über die Felder **Spannung U>**, **Spannung U>>**, **Strom I>**, **Strom I>>** und den **Winkel**. Über das Feld **Zeit** kann die Endzeit für die Unterimpedanzanregung eingestellt werden. Diese Anregung führt – sofern das Schutzgerät nicht innerhalb der Zeit **tui** auslöst – automatisch zu einer Auslösung.

Die Unterspannungsanregung wird über das Feld **Unterspannungsanregung** aktiviert. Über die Felder **Spannung** und **Strom** wird die Unterspannungsanregung parametriert. Über das Feld **Zeit** kann die Endzeit für die Unterspannungsanregung eingestellt werden. Diese Anregung führt – sofern das Schutzgerät nicht innerhalb der Zeit **tu** auslöst – automatisch zu einer Auslösung.

Fläche Phase Anregung

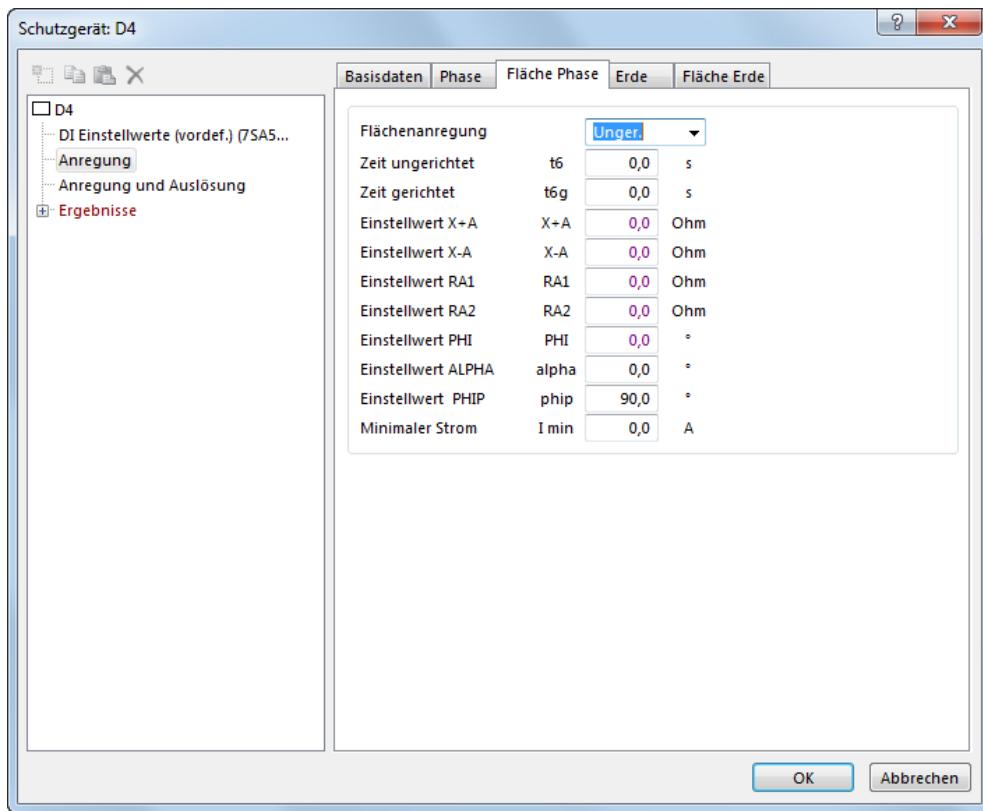
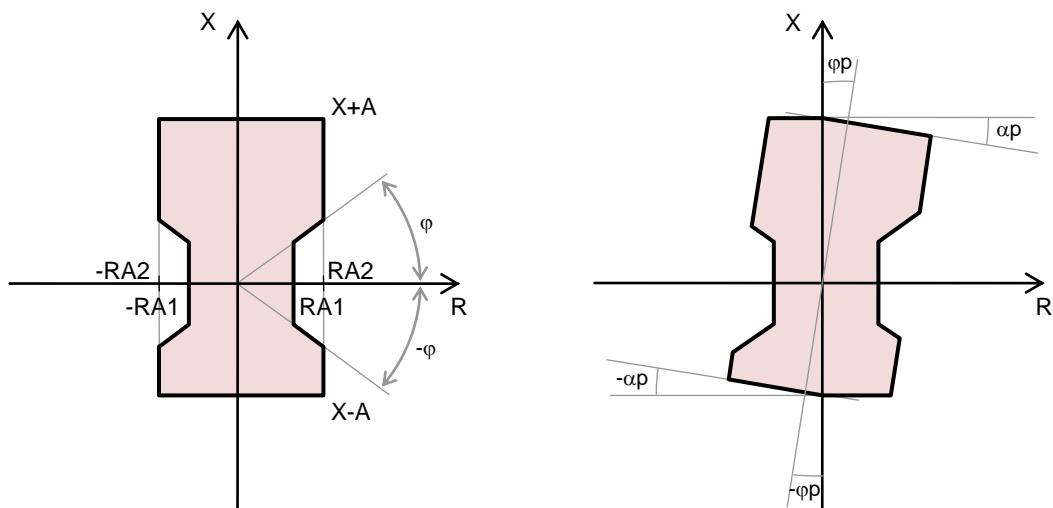
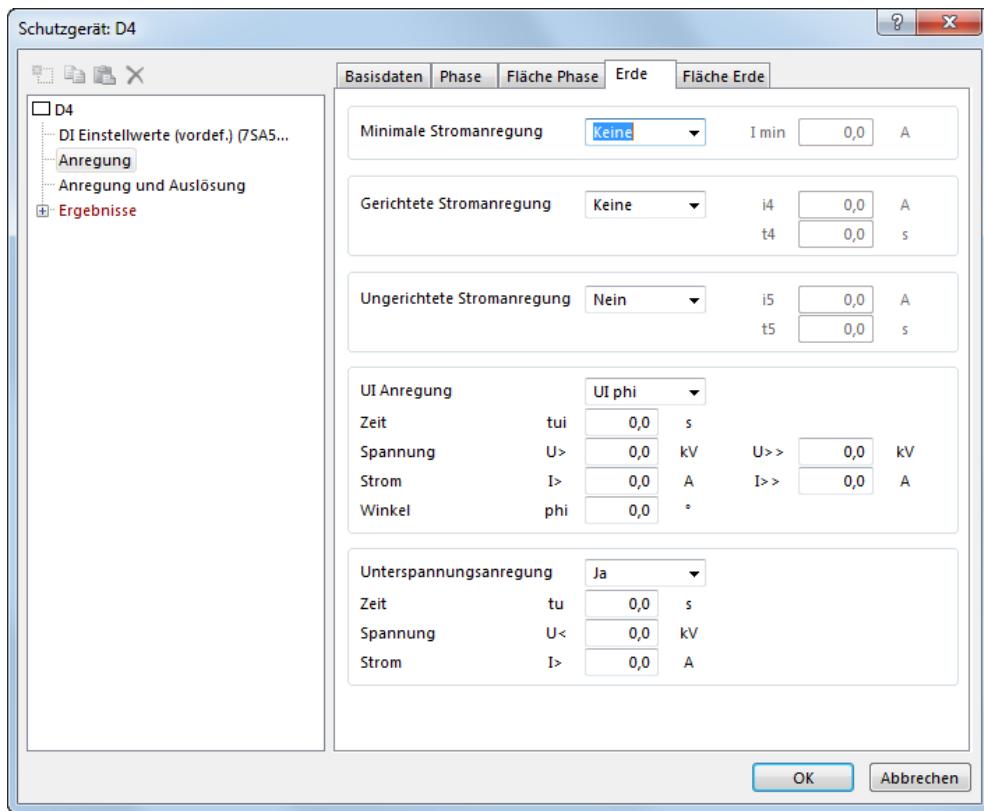


Bild: Datenmaske Anregung – Fläche Phase

Über das Feld **Flächenanregung** kann eine individuelle Impedanzfläche definiert werden, über die die Anregung gesteuert wird. Die Zeiten für gerichtete/ungerichtete Anregung werden über die Felder **Zeit ungerichtet** und **Zeit gerichtet** definiert. Der **minimale Strom** definiert den unteren Grenzwert zur Anregung. Wird dieser unterschritten, dann findet keine Anregung statt.

Die Impedanzfläche wird durch die folgende Fläche beschrieben (die Kurzbezeichnungen der jeweiligen Einstellwerte sind im Bild dargestellt).

Datenbeschreibung

**Bild: Definition der Anregefläche****Erde Anregung****Bild: Datenmaske Anregung – Erde**

Die Einstellungen für die Erdauslösung erfolgen analog denen der Phasenauslösung.

Fläche Erde Anregung

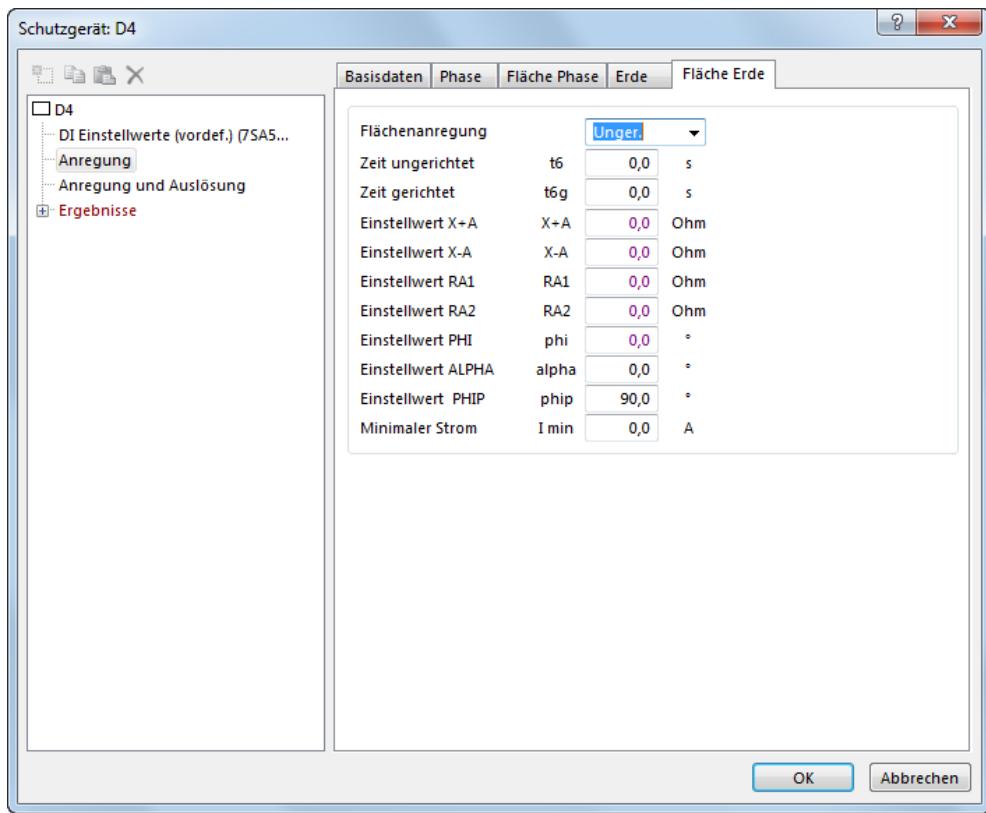


Bild: Datenmaske Anregung – Fläche Erde

Die Einstellungen für die Erdauslösung erfolgen analog denen der Phasenauslösung.

3.13.19 Anrege- und Auslösedaten für Schutzgeräte

Mit den Anrege- und Auslösedaten können die im Fehlerfall von den Schutzgeräten registrierten Minimal- und Maximalwerte überprüft werden. Die hier angegebenen Daten können auch zur Dokumentation im Diagramm **Auslösekennlinien** in Form von Strombändern angezeigt werden.

Hierbei wird von der Berechnungsmethode **Schutzsimulation** der Bereich **Berechnete Grenzwerte für Anregung und Auslösung** automatisch befüllt. Die Werte im Bereich **Benutzerdefinierte Daten zur Dokumentation im Diagramm** können manuell vorgegeben werden.

Eine Übersicht der Felder für die Anrege- und Auslösedaten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Anrege- und Auslösedata

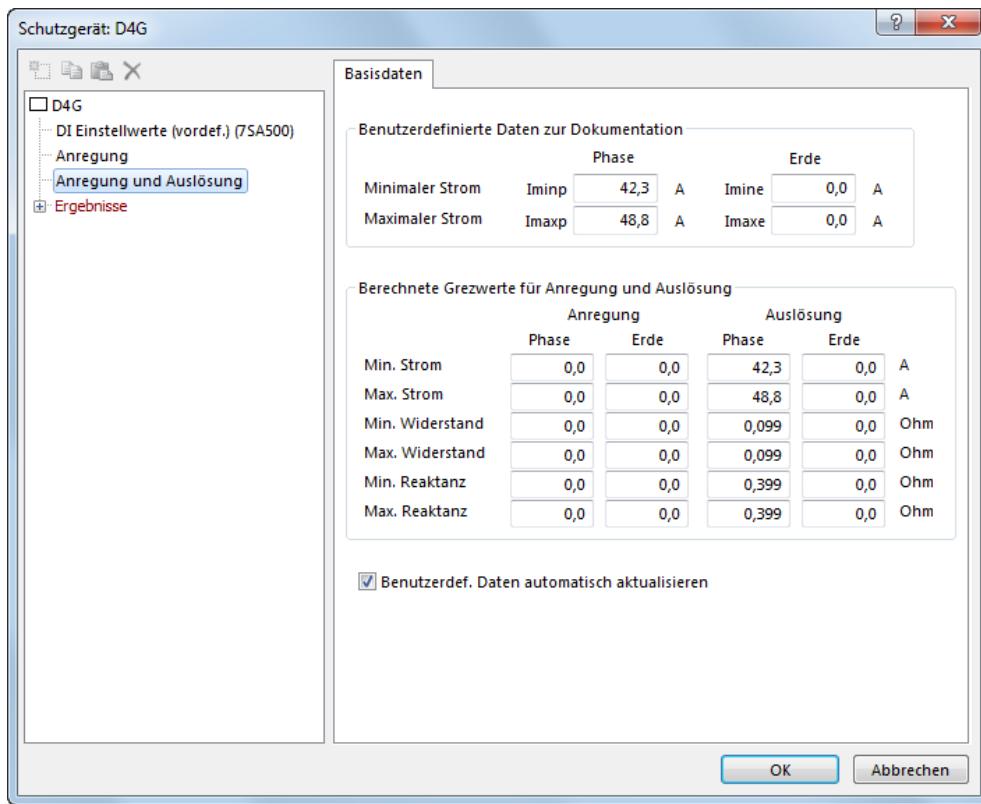


Bild: Datenmaske Anregung und Auslösung

Benutzerdefinierte Daten zur Dokumentation

Im Abschnitt **Benutzerdefinierte Daten zur Dokumentation** können manuell Stromwerte für Phase und Erde angegeben werden. Die hier eingetragenen Werte können im Diagramm **Auslösekennlinien** in Form von Strombändern angezeigt werden.

Berechnete Grenzwerte für Anregung und Auslösung

Die minimalen und maximalen **Ströme**, **Widerstände** und **Reaktanzen** werden aufgelistet, die im Zuge der Schutzsimulation aufgetreten sind. Hierbei werden die Werte kumuliert, d.h. es wird jeweils der größte bzw. kleinste aufgetretene Strom eingetragen. Für den minimalen Strom kann der zulässige minimale Ansprechwert in den [Schutzkoordination Berechnungsparametern](#) voreingestellt werden.

Ist die Option **Benutzerdefinierte Daten automatisch aktualisieren** aktiv, werden die benutzerdefinierten Daten automatisch von der Schutzkoordination befüllt. Andernfalls müssen die Daten manuell eingegeben bzw. mit Hilfe des Dialoges [Anrege- und Auslösedata setzen](#) zugeordnet werden.

Eine allgemeine Beschreibung zur Anregung ist im Handbuch Schutzkoordination, Kapitel Schutzsimulation, Abschnitt Anregung zu finden.

Anrege- und Auslösedaten setzen

Die Anrege- und Auslösedaten werden in Form von Strombändern im Diagramm **Auslösekennlinien** angezeigt.

Mit dieser Funktion können die Anrege- und Auslösedaten für UMZ und DI Schutzgeräte manuell zugewiesen werden. Hierfür wird im Kontextmenü eines Schutzgerätes der Punkt **Anrege- und Auslösedaten setzen** aktiviert.



Bild: Dialog Anrege- und Auslösedaten setzen

In diesem Dialog kann zwischen zwei grundlegenden Funktionen gewählt werden:

- Berechnete Werte übernehmen
- Daten zurücksetzen

Die Funktion **Berechnete Werte übernehmen** dient dazu, die von der Schutzkoordination berechneten minimalen und maximalen Anrege- und Auslöseströme in die benutzerdefinierten Daten zu übernehmen. Diese benutzerdefinierten Daten werden im Diagramm angezeigt. Mit den Optionen **Anregung** und **Auslösung** können die zu übernehmenden Daten ausgewählt werden.

Mit der Funktion **Daten zurücksetzen** können benutzerdefinierte Daten und/oder berechnete Daten zurückgesetzt werden.

Ist die Option **Nur markierte Schutzgeräte berücksichtigen** aktiviert, so werden alle im Dialog gewählten Einstellungen nur auf die zuvor markierten Schutzgeräte angewandt. Andernfalls werden alle in der aktuellen Ansicht vorhandenen Schutzgeräte berücksichtigt.

3.13.20 Transformator Inrush Kennlinie

Mit diesem Element kann der Inrush-Verlauf eines Transformatoren definiert werden.

Die Bearbeitung der Transformator Inrush Kennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – Transformator Inrush Kennlinie**.

Die Transformator Inrush Kennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Kennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Transformator Inrush Kennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Transformator Inrush Kennlinie und die Transformator Inrush Kennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Transformator Inrush Kennlinie

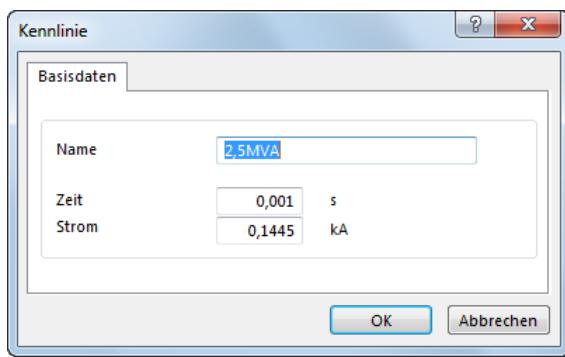


Bild: Basisdaten für Transformator Inrush Kennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Transformator Inrush Kennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die Felder **Zeit** und **Strom** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der einzelnen Inrush Kennlinienwerte. Der Strom ist für die bei den Schutzdaten des Transformatoren angegebene Inrush Spannung anzugeben.

Transformator Inrush Kennlinienwerte

The dialog box is titled 'Transformator Inrush Kennlinie'. It contains a dropdown menu set to '2,5MVA'. Below the menu is a toolbar with icons for saving, opening, and deleting. A table is displayed with columns 'No.', 't [pu]', and 'I [pu]'. The table has six rows, with row 5 being the last entry. The data is as follows:

No.	t [pu]	I [pu]
1	10,000	8,000
2	60,000	7,000
3	100,000	3,000
4	250,000	0,020
5	500,000	0,020
*		

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Transformator Inrush Kennlinienwerte

Die Transformator Inrush Kennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaars), **t** (Zeit) und **I** (Strom) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben.

3.13.21 Arc Flash Konfiguration

Mit diesem Datensatz wird die Anlagenkonfiguration für die Ermittlung des Arc Flash vorgegeben. Die Zuordnung erfolgt bei den Knoten/Sammelschienen.

Die Bearbeitung der Arc Flash Konfiguration erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Schutzkoordination – Arc Flash Konfiguration**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Arc Flash Konfiguration ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Arc Flash Konfiguration

Basisdaten	
Name	HS-Schalter
Nennspannung	Un 10,0 kV
Leiterabstand	L.Abst. 32,0 mm
Arbeitsabstand	A.abst. 455,0 mm
<input checked="" type="checkbox"/> IEEE Konfiguration	
Typ	Schaltgerät
Konfiguration	Gehäuse
<input checked="" type="checkbox"/> DGUV Konfiguration	
Anlagentyp	NS Anlage nach DGUV
Häufigkeit Strom	80 % (empfohlen)
Häufigkeit Leistung	50 % (empfohlen)
Transmissionsfaktor kt	1,0 1

Bild: Basisdaten der Arc Flash Konfiguration

Über das Feld **Nennspannung** wird die verkettete Spannung der Anlage angegeben.

Der **Leiterabstand** wird zur Bestimmung des Lichtbogenstromes benötigt.

Der **Arbeitsabstand** wird zur Bestimmung der Ereignisenergie benötigt.

Die Arc Flash Konfiguration wird verwendet, um sowohl Berechnungen nach IEEE als auch nach DGUV durchzuführen.

Über die Option **IEEE Konfiguration** wird die Eingabe der entsprechenden Anlagendaten ermöglicht. Das Aktivieren dieser Konfiguration bewirkt, dass Ergebnisse für die Arc Flash Berechnung nach IEEE bereitgestellt werden.

Über das Feld **Typ** wird der Aufbau der Anlage nach IEEE 1584 festgelegt. Die folgenden Anlagentypen sind verfügbar:

- Schaltgerät
- Kabel
- Freiluft
- MCC und Paneele

Über das Feld **Konfiguration** wird festgelegt, ob die Anlage offen oder in einem Gehäuse angeordnet ist.

Über die Option **DGUV Konfiguration** wird die Eingabe der entsprechenden Anlagendaten ermöglicht. Das Aktivieren dieser Konfiguration bewirkt, dass Ergebnisse für die Arc Flash Berechnung nach DGUV (Störlichtbogenberechnung) bereitgestellt werden.

Über das Feld **Anlagentyp** wird die Anlagenkonfiguration ausgewählt. Verfügbar sind:

- Niederspannungsanlage nach DGUV

- Unbekannte Anlage

Über das Feld **Häufigkeit Strom** wird die Häufigkeit der Lichtbogenspannung für die Ermittlung des Strombegrenzungsfaktors festgelegt.

Über das Feld **Häufigkeit Leistung** wird die Häufigkeit der Lichtbogenspannung für die Ermittlung des Lichtbogenleistung festgelegt.

Der **Transmissionsfaktor** berücksichtigt die Geometrie der Anlage und die Ausbreitung der Lichtbogenenergie.

3.14 Sicherungsüberprüfung

Die Daten der Sicherungsüberprüfung dienen zur Berechnung minimaler 1-poliger Kurzschlussströme im Niederspannungsnetz. Im Lastflussteil werden die Lastströme und im Kurzschlussteil die minimal auftretenden 1-poligen Kurzschlussströme ermittelt.

Dabei ist zu beachten, dass beim Einsatz von [Sicherungen](#) der Sicherungsnennstrom größer als der Laststrom und kleiner als der minimal zulässige 1-polige Kurzschlussstrom sein muss. Auf eventuell auftretende Diskrepanzen zu den in der VDE festgelegten Schutzbedingungen wird im Programm hingewiesen.

3.14.1 Sicherung

In PSS SINCAL werden Niederspannungssicherungen durch [UMZ Schutzgeräte](#) vom Typ Sicherung mit Auslösekennlinie nachgebildet.

3.15 Dynamik

Mit den folgenden Datenstrukturen und Funktionen können die erweiterten Eingabedaten, die zur dynamischen Berechnung erforderlich sind, verwaltet werden:

- [Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente](#)
- [Modellbrowser](#)
- [Verwalten von Modellen](#)
- [Modelle aktualisieren](#)
- [Unbenutzte Modelle löschen](#)
- [Globales Modell](#)
- [Modell Exportdefinition](#)
- [Variable für Dynamik](#)
- [Plottdefinition für Dynamik](#)
- [Event für Dynamik](#)
- [Sättigungskennlinie](#)
- [UI-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung](#)
- [et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung](#)

3.15.1 Allgemeine Dynamikdaten für Netzelemente

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die dynamische Berechnung angegeben.

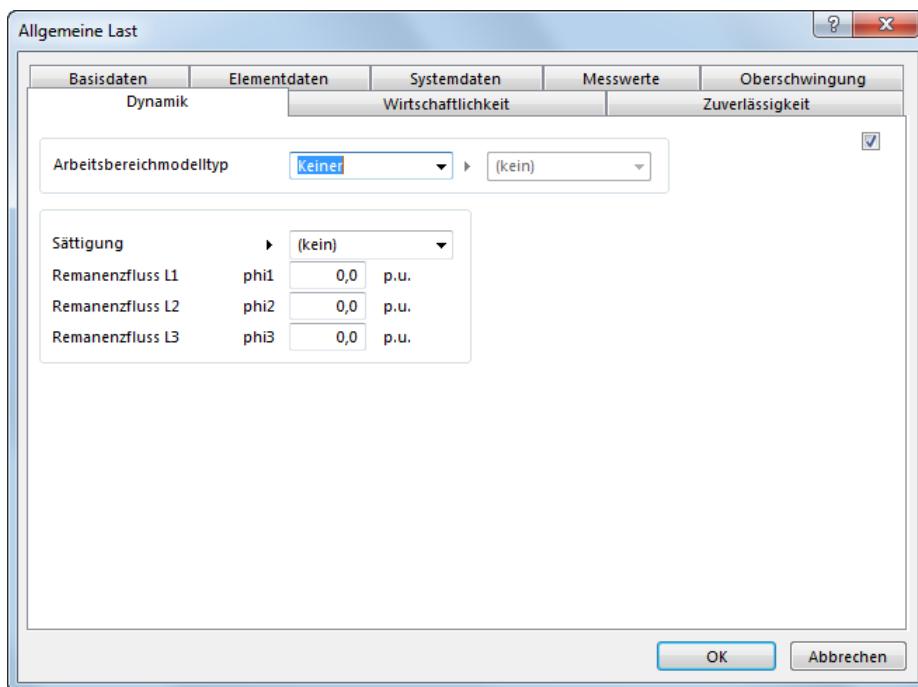


Bild: Allgemeine Last mit Dynamikdaten

Mithilfe des Feldes **Arbeitsbereichmodelltyp** kann eine spezielle Nachbildung in der dynamischen Berechnung erfolgen. Der ausgewählte Modelltyp legt fest, wie das angebundene Arbeitsbereichmodell aufgebaut sein muss.

- Keiner:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell wird ignoriert.
- Regler:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss einen Regler enthalten, der auf das aktuelle Netzelement wirkt.
- Ersatzschaltung:
Das angebundene Arbeitsbereichmodell muss Netzteile enthalten, die an den Originalknoten des Netzelementes angeschlossen werden. Das aktuelle Netzelement wird nicht an die Schnittstelle für die Berechnung übergeben – dafür gibt es ja die im Modell enthaltenen Netzteile. Zusätzlich kann das Modell auch Regler enthalten – notwendig ist dies jedoch nicht.
- BOSL Modell:
Das angegebene Arbeitsbereichmodell muss ein BOSL Modell enthalten. Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Der Arbeitsbereich des Netzelementes wird mit Hilfe der dynamischen Berechnung bestimmt. Empfohlen wird diese Art der Arbeitsbereichbestimmung nicht. Der bessere und genauere Weg für die Arbeitsbereichbestimmung ist, den Regler in ein BOSL Modell überzuführen und dieses Modell anzubinden.

Mithilfe des Feldes **Sättigung** kann eine Sättigungskennlinie zugeordnet werden. In der dynamischen Berechnung wird die Impedanz des Netzelementes je nach Kennlinie ermittelt.

Über die Felder **Remanenzfluss L1**, **Remanenzfluss L2** und **Remanenzfluss L3** kann der magnetische Remanenzfluss für die jeweilige Phase festgelegt werden.

Verhalten Variables PQ

Regler

Aus den Feldern **Wirkleistung**, **Blindleistung** und **Spannung** wird über die dynamische Berechnung und das angebundene Modell die aktuelle Leistung bestimmt.

$$P_{Nges} = P(\text{Model})$$

$$Q_{Nges} = Q(\text{Model})$$

Ersatzschaltung

Die aktuelle Leistung wird über die im Arbeitsbereichmodell enthaltenen Netzteile bestimmt.

$$P_{Nges} = P(\text{Model})$$

$$Q_{Nges} = f_Q(\text{Model})$$

BOSL Modell

Das BOSL Modell muss als ersten Ergebnisparameter einen Faktor für die Wirkleistung und als zweiten Ergebnisparameter einen Faktor für die Blindleistung liefern.

$$P_{Nges} = P_{If} * f_P(BOSL)$$

$$Q_{Nges} = Q_{If} * f_Q(BOSL)$$

Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Positive Werte für P_{Nges} bewirken eine Wirkleistungseinspeisung am Knoten. Negative Werte für P_{Nges} bewirken eine Wirkleistungsabnahme am Knoten.

Positive Werte für Q_{Nges} bewirken eine kapazitive Blindleistungseinspeisung am Knoten. Negative Werte für Q_{Nges} bewirken eine induktive Blindleistungsabnahme am Knoten.

Verhalten Variables Y

Regler

Aus den Eingabedaten des Netzelementes und des Reglers werden mit Hilfe der dynamischen Berechnung die Leistungen des Netzelementes an den Anschlussknoten bestimmt. Mit Hilfe der Spannungen der Anschlussknoten kann dann die Admittanz des Netzelementes bestimmt werden.

$$\underline{S}_{1/2} = S(\text{Model})$$

$$\underline{I}_1 = \text{conj} \left(\frac{\underline{S}_1}{\underline{U}_1} \right)$$

$$\underline{I}_2 = \text{conj} \left(\frac{\underline{S}_2}{\underline{U}_2} \right)$$

$$\underline{Y}_{If} = G_{If} + jB_{If} = \frac{\underline{I}_1 - \underline{I}_2}{\underline{U}_1 - \underline{U}_2}$$

Ersatzschaltung

Aus dem Arbeitsbereichmodell werden mit Hilfe der dynamischen Berechnung die Leistungen des Netzelementes an den Anschlussknoten bestimmt. Mit Hilfe der Spannungen der Anschlussknoten kann dann die Admittanz des Netzelementes bestimmt werden.

$$\underline{S}_{1/2} = S(\text{Model})$$

$$\underline{I}_1 = \text{conj} \left(\frac{\underline{S}_1}{\underline{U}_1} \right)$$

$$I_2 = \text{conj} \left(\frac{S_2}{U_2} \right)$$

$$Y_{lf} = G_{lf} + jB_{lf} = \frac{I_1 - I_2}{U_1 - U_2}$$

BOSL Modell

Das BOSL Modell muss als ersten Ergebnisparameter einen Faktor für den Wirkleitwert und als zweiten Ergebnisparameter einen Faktor für den Blindleitwert liefern.

$$Y_{lf} = G_{lf} * f_G(\text{BOSL}) + jB_{lf} * f_B(\text{BOSL})$$

Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Verhalten Variables I

Regler

Aus den Feldern **Wirkleistung**, **Blindleistung** und **Spannung** wird über die dynamische Berechnung und das angebundene Modell die aktuelle Leistung bestimmt.

$$P_{Nges} = P(\text{Model})$$

$$Q_{Nges} = Q(\text{Model})$$

Ersatzschaltung

Die aktuelle Leistung wird über die im Arbeitsbereichmodell enthaltenen Netzteile bestimmt.

$$P_{Nges} = P(\text{Model})$$

$$Q_{Nges} = f_Q(\text{Model})$$

BOSL Modell

Das BOSL Modell muss als ersten Ergebnisparameter den Realteil des Stromes und als zweiten Ergebnisparameter den Imaginärteil des Stromes liefern. Der Strom ist dabei bezogen auf 1 MVA anzugeben.

$$I_B = I * U_N * \sqrt{3}$$

Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt. Die Leistung im Lastfluss ergibt sich über die aktuelle Lastspannung in pu.

$$S_{Nges} = P_{Nges} + jQ_{Nges} = -U_{LF} * \text{conj}(I_B)$$

I ... Komplexer Strom in [kA]

Datenbeschreibung

- U_N ... Nennspannung in [kV]
 I_B ... Komplexer bezogener Strom in [MVA]
 U_{LF} ... Komplexe Lastspannung in [pu]

Positive Werte für P_{Nges} bewirken eine Wirkleistungseinspeisung am Knoten. Negative Werte für P_{Nges} bewirken eine Wirkleistungsabnahme am Knoten.

Positive Werte für Q_{Nges} bewirken eine kapazitive Blindleistungseinspeisung am Knoten. Negative Werte für Q_{Nges} bewirken eine induktive Blindleistungsabnahme am Knoten.

Verhalten Variables U**Regler**

Aus den Eingabedaten des Netzelementes und des Reglers wird mit Hilfe der dynamischen Berechnung die Spannung an dem Anschlussknoten bestimmt.

$$U = U_{real}(\text{Model}) + jU_{imag}(\text{Model})$$

Ersatzschaltung

Aus dem Arbeitsbereichsmodell wird mit Hilfe der dynamischen Berechnung die Spannung an dem Anschlussknoten bestimmt.

$$U = U_{real}(\text{Model}) + jU_{imag}(\text{Model})$$

BOSL Modell

Das BOSL Modell muss als ersten Ergebnisparameter den Realteil der Spannung und als zweiten den Imaginärteil der Spannung liefern.

$$U = U_{real}(\text{BOSL}) + jU_{imag}(\text{BOSL})$$

Dieses BOSL Modell wird auch im PSS SINCAL Lastfluss berücksichtigt.

Die Spannung wird in der dynamischen Berechnung über eine Impedanz aufgebaut. Für die dynamische Berechnung wird das zugeordnete Netzelement daher nicht in die Berechnung miteinbezogen. Das zugeordnete Netzelement wird nur zur Berechnung der Impedanz herangezogen.

3.15.2 Modelle

Mit den Modellen können spezielle Nachbildungen für das Verhalten von Netzelementen definiert werden. Dies ermöglicht sowohl die Nachbildung von Reglern für Maschinen und Betriebsmittel als auch die Definition eines speziellen Verhaltens von Netzelementen in der Dynamiksimulation und bei der Lastflussberechnung.

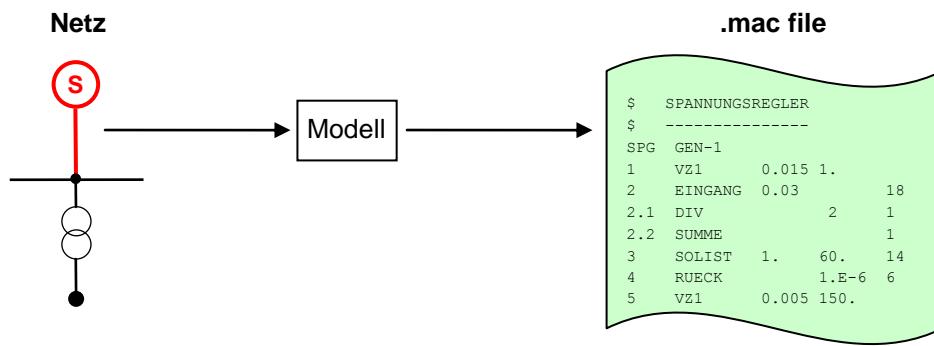


Bild: Dynamische Nachbildung durch ein Modell

Wie im obigen Bild dargestellt wird durch das Modell eine Verbindung zwischen dem Netzelement und einem externen Steuerprogramm hergestellt.

Das externe Steuerprogramm wird mit einer speziellen BOSL Sprache (Block Orientated Simulation Language) beschrieben. Diese Sprache wird von den Berechnungsmethoden direkt verarbeitet und ermöglicht es, beliebige Steuer- und Regelfunktionen durchzuführen. Eine Beschreibung des BOSL Sprachumfangs ist im Kapitel Regler, Abschnitt Blockorientierte Simulationssprache des Dynamikhandbuchs zu finden.

Mit Hilfe des in PSS SINCAL verfügbaren Modells kann das gewünschte Steuerprogramm (bzw. der Regler) ausgewählt werden. Dies erfolgt mit dem folgenden Dialog. Dieser kann wahlweise direkt in der Datenmaske der Netzelemente oder über den Netzbrowser (Modelldarstellung) geöffnet werden.

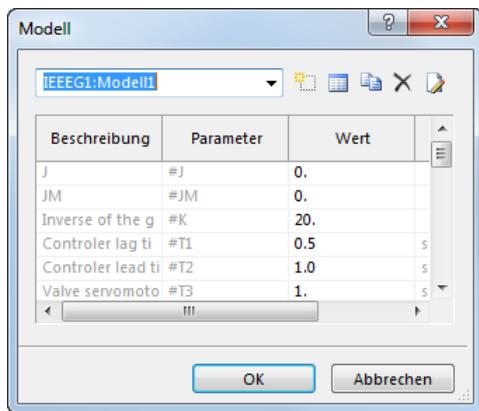


Bild: Modell

Das Modell besteht aus einem **allgemeinen Teil** sowie den zugeordneten **Modellwerten**.

Über die integrierte Symbolleiste können die verschiedenen Funktionen zur Bearbeitung der Modelle ausgewählt werden:



Neues Modell anlegen



Basisdaten bearbeiten

Datenbeschreibung

-  Modell kopieren
-  Modell löschen
-  Modell bearbeiten

Mit dem Knopf **Neues Modell anlegen** wird ein neues Modell erzeugt. Es wird hierzu eine Eingabemaske geöffnet, in der die Basisdaten des Modells eingegeben werden können.

Mit dem Knopf **Basisdaten bearbeiten** können die Basisdaten des Modells in einer Datenmaske geändert werden.

Der Knopf **Modell kopieren** ermöglicht das Kopieren bestehender Modelle. Es wird hierbei das aktuell gewählte Modell kopiert.

Der Knopf **Modell löschen** ermöglicht das Löschen von Modellen. Es wird hierbei das aktuell gewählte Modell gelöscht. Dabei ist zu beachten, dass nur unbefüllte (also keinem Netzelement zugeordnete) Modelle gelöscht werden können.

Mit dem Knopf **Modell bearbeiten** kann die ASCII Datei, welche den Modellprogrammcode enthält, in PSS NETOMAC oder in einem Texteditor zur Bearbeitung geöffnet werden (je nach Einstellung im Optionendialog).

Neues Modell anlegen

Mit diesem Dialog werden die Basisdaten des Modells bearbeitet. Hierbei können der Modelltyp und die Modelldatei (Steuerprogramm/Regler) ausgewählt werden.

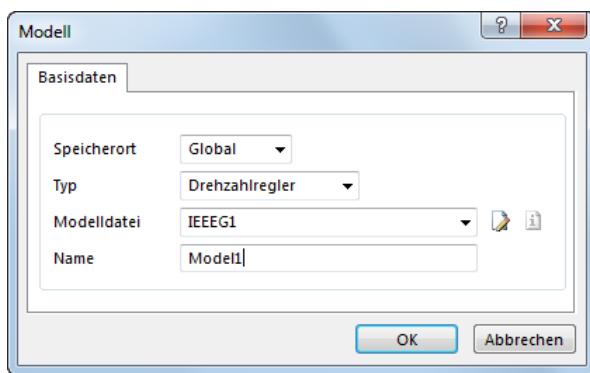


Bild: Datenmaske Modell

Mit der Auswahlliste **Speicherort** wird festgelegt, wo die Modelle hinterlegt sind:

- **Global:**
Die globalen Modelle werden im Zuge der PSS SINCAL Installation automatisch bereitgestellt.
- **Lokal:**
Die lokalen Modelle können individuell erstellt werden. Die Zuordnung von lokalen Modellen erfolgt über die Optionen für allgemeine Standarddatenbanken.
- **Pfad:**
Hier ist die Angabe einer Modelldatei an einem beliebigen Speicherort möglich.

- **Suche:**

Hier erfolgt die Angabe der Modelldatei durch den Modellnamen. Die dazugehörige Modelldatei wird anhand des Namens in den Suchpfaden ermittelt. Die Suchreihenfolge sowie die Suchpfade können im Dialog Optionen unter Suchpfade für Modelle definiert werden.

Die Auswahlliste **Typ** enthält die von PSS SINCAL unterstützten Modelltypen. Hierbei kann zwischen

- Drehzahlregler,
- Spannungsregler,
- Elementregler,
- Globalen Regler und
- Stabilisator

gewählt werden.

Bei den Speicherorten **Global** und **Lokal** kann mit dem Auswahlfeld **Modelldatei** das Steuerprogramm ausgewählt werden. Der Inhalt der Auswahlliste ist abhängig vom vorher gewählten Modelltyp. Beim Speicherort **Pfad** kann die Modelldatei explizit angegeben werden. Wird der Speicherort **Suche** ausgewählt, so wird nur der Modellname angegeben. PSS SINCAL verwendet zur Ermittlung der Modelldatei die Suchreihenfolge von NetCAD. Durch Drücken des Knopfes ... wird ein Dialog geöffnet, in dem alle verfügbaren Modelle angezeigt werden.

Hinter dem Eingabefeld sind folgende Knöpfe vorhanden: **Modell bearbeiten** und **Vorschau**.

Mit dem Knopf **Modell bearbeiten** kann das aktuell gewählte Modell im Editor geöffnet und modifiziert werden.

Über den Knopf **Vorschau** kann eine grafische Visualisierung des Modellschaltbildes abgerufen werden. Eine detaillierte Beschreibung aller Modelle ist in Form einer PDF Datei auf der PSS SINCAL Installations-DVD (Doc\German\Netomac\NETOMAC Macros.pdf) verfügbar.

Mit dem Feld **Name** kann eine individuelle Bezeichnung für das ausgewählte Modell zugeordnet werden. Diese Bezeichnung wird in der Auswahlliste hinter dem Modellnamen angezeigt (z.B. IEEEG1:Reg1).

Modellwerte

Die Felder **Beschreibung**, **Parameter** und **Einheit** werden automatisch beim Anlegen des Modells mit den passenden Werten befüllt. Diese Felder dienen nur zur Information und können nicht abgeändert werden.

Im Feld **Parameter** ist der gewünschte Parameterwert einzutragen.

Erweiterte Funktionen für Modelle

Lokale Variablen für Modellprogrammierung

PSS SINCAL stellt die folgenden lokalen Variablen für jeden Modellauftrag mit einer Netzelementverbindung zur Verfügung:

- **PHASE:**
Phasen des Elementes – es gelten jene Vereinbarungen, die bei den Netzelementen im Abschnitt "Unsymmetrische Nachbildung für die Berechnung" aufgeführt sind. Anstelle der Definition der Leitern L1, L2 und L3 verwenden die Modelle die Phasenbezeichnung R, S und T.
- **GROUND:**
Erdverbindung des Elementes (1 – Ja, 0 – Nein)
- **NAME:**
Eindeutiger Name für den Regler – identisch mit dem Namen des Netzelementes bei direkter Anbindung bzw. eigenständig bei globalen Modellen
- **LNAME1, LNAME2 und LNAME3:**
Eindeutige Namen für die Anbindung von Lastflussergebnissen
- **ELNAME:**
Eindeutiger Name des Netzelementes
- **KNO1, KNO2 und KNO3:**
Eindeutige Namen der Anschlussknoten des Netzelementes in Leiter L1 bzw. in Leitern L123 in symmetrischen Netzen.
- **KNO1S, KNO2S und KNO3S:**
Eindeutige Namen der Anschlussknoten des Netzelementes in Leiter L2.
- **KNO1T, KNO2T und KNO3T:**
Eindeutige Namen der Anschlussknoten des Netzelementes in Leiter L3.
- **KNO1N, KNO2N und KNO3N:**
Eindeutige Namen der Anschlussknoten des Netzelementes für Erdverbindung.
- **MN1, MN2, MN3, ...:**
Eindeutige Namen (Knotennamen) für den Aufbau von Netzteilen im Modell.
Zur Bestimmung der Anzahl der eindeutigen Knotennamen muss im Modell #MNCNT definiert werden (z.B.: @DEFAULT@ #MNCNT = 3).
- **ME1, ME2, ME3, ...:**
Eindeutige Namen (Elementnamen) für den Aufbau von Netzteilen im Modell.
Zur Bestimmung der Anzahl der eindeutigen Elementnamen muss im Modell #MECNT definiert werden (z.B.: @DEFAULT@ #MECNT = 3).
- **UNN:**
Netznennspannung
- **UNE:**
Elementnennspannung

Globale Variablen für Modellprogrammierung

PSS SINCAL stellt die folgenden globalen Variablen zur Verfügung:

- **FNET:**
Netzfrequenz

- **SIM:**
Rechenverfahren (LF – Lastfluss, EW – Eigenwerte, STAB – Stabilität, EMT – Elektromagnetische Transienten)
- **TSIM:**
Rechenzeit
- **DTSIM:**
Zeitschritt
- **SYMMET:**
Netzmodell (0 – unsymmetrisches Netz, 1 – symmetrisches Netz)
- **SBASE:**
Bezugsleistung laut Berechnungsparameter
- **ELMMOD:**
Modellbildung der Netzelemente (1 – 0 Hz bis 300 Hz, 2 – 50 Hz bis 20 kHz, 3 – 10 kHz bis 1 MHz, 4 – 500 kHz bis 50 MHz)
- **USRMOD:**
Benutzername für Modellbildung der Netzelemente
- **SCDATA:**
Kurzschlussdaten (USR, MIN oder MAX)

Eingangssignale für BOSL Modelle

Für jedes Netzelement können folgende Eingangssignale verwendete werden.

Signalname	Signalwert	Einheit
GNEVR1	Realteil Phase-Erde Spannung am Anschluss 1	pu
GNEVI1	Imaginärteil Phase-Erde Spannung am Anschluss 1	pu
GNEVM1	Absolutwert Phase-Erde Spannung am Anschluss 1	pu
GNEVO1	Nennspannung Phase-Phase am Anschluss 1	kV
GNEFQ1	Frequenzabweichung am Anschluss 1	mHz
GNEMW1	Wirkleistung am Anschluss 1	MW
GNEMV1	Blindleistung am Anschluss 1	Mvar
GNECR1	Realteil bezogener Strom am Anschluss 1	pu
GNECI1	Imaginärteil bezogener Strom am Anschluss 1	pu
GNECM1	Absolutwert bezogener Strom am Anschluss 1	pu
GNEVR2	Realteil Phase-Erde Spannung am Anschluss 2	pu
GNEVI2	Imaginärteil Phase-Erde Spannung am Anschluss 2	pu
GNEVM2	Absolutwert Phase-Erde Spannung am Anschluss 2	pu
GNEVO2	Nennspannung Phase-Phase am Anschluss 2	kV
GNEFQ2	Frequenzabweichung am Anschluss 2	mHz
GNEMW2	Wirkleistung am Anschluss 2	MW
GNEMV2	Blindleistung am Anschluss 2	Mvar
GNECR2	Realteil bezogener Strom am Anschluss 2	pu
GNECI2	Imaginärteil bezogener Strom am Anschluss 2	pu
GNECM2	Absolutwert bezogener Strom am Anschluss 2	pu
VOLMAG	Absolutwert Phase-Erde Spannung am Knoten	pu

Datenbeschreibung

VOLANG	Winkel Phase-Erde Spannung am Knoten	°
VOLBAS	Nennspannung am Knoten	kV
BUSFRQ	Frequenzabweichung am Knoten	Hz
DIFVOL	Spannungsdifferenz Phase-Erde Spannung am Knoten	pu
DIFANG	Winkeldifferenz Phase-Erde Spannung am Knoten	°
BRMW	Wirkleistung am Element	MW
BRMVAR	Blindleistung am Element	Mvar
BRCUR	Absolutwert Strom am Element	pu
CURANG	Winkel Strom am Element	°
SBASE	Bezugsleistung	Mvar
MBASE	Maschinenleistung oder Parameter #MBASE	Mvar
VOTHSG	Null oder Parameter #VOTHSG	1

Für die Ermittlung des bezogenen Stromes wird die bei den [Berechnungsparametern](#) angegebene Bezugsleistung verwendet. Ist diese mit 0.0 angegeben, so wird eine Bezugsleistung von 1 MVA verwendet.

Für Asynchronmaschinen kann zusätzlich noch folgendes Eingangssignal verwendet werden.

Signalname	Signalwert	Einheit
GNEASM	Auslastung des Motormomentes	pu

Eine Übersicht der Felder für das Modell und die Modellwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

3.15.3 Verwalten von Modellen

Die Verwaltung von Modellen erfolgt im Netzbrowser, welcher wahlweise über das Menü **Daten – Dynamik – Modelle** oder **Ansicht – Netzbrowser** aktiviert werden kann. Eine genaue Beschreibung des Netzbrowsers finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbrowser, Abschnitt Modelle.

3.15.4 Modelle aktualisieren

Durch Klicken des Menüpunktes **Daten – Dynamik – Modelle aktualisieren** werden alle im Netz verfügbaren Modelle aktualisiert. D.h. die verfügbaren Parameterwerte werden mit den Modell-Programmdateien (*.mac) synchronisiert.

3.15.5 Unbenutzte Modelle löschen

Durch Klicken des Menüpunktes **Daten – Dynamik – Unbenutzte Modelle löschen** werden nach Bestätigen einer Sicherheitsabfrage alle Modelle gelöscht, die keinem Netzelement zugeordnet sind.

3.15.6 Globales Modell

Globale Modelle ermöglichen die Zuordnung von netzelementunabhängigen Steuerfunktionen für die Dynamik.

Die Bearbeitung der globalen Modelle erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Dynamik – Globales Modell**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für das globale Modell ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

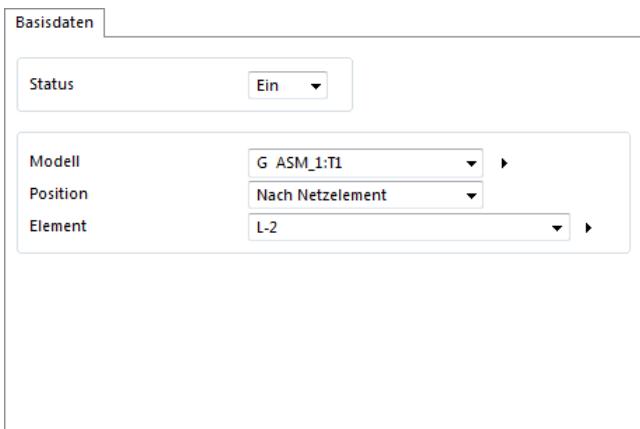


Bild: Basisdaten des globalen Modells

Mit dem Feld **Status** kann das globale Modell für die dynamische Berechnung aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Im Feld **Modell** wird das gewünschte Modell zur Steuerung der dynamischen Berechnung ausgewählt.

Über die Felder **Position** und **Element** kann das Modell an einer bestimmten Stelle im PSS NETOMAC Datensatz gespeichert werden. Dies ermöglicht es, im Modellprogramm spezielle auf das vorherige Netzelement abgestimmte Funktionen zu implementieren.

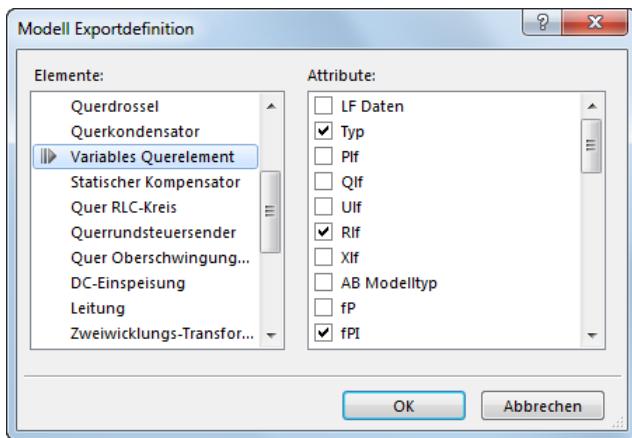
3.15.7 Modell Exportdefinition

Über die Modell Exportdefinition können Felder ausgewählt werden, welche für die PSS NETOMAC Anbindung verwendet werden sollen.

Die Definition der Modell Exportdefinition erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Dynamik – Modell Exportdefinition**.

Eine Übersicht der Felder für die Modell Exportdefinition ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

**Bild: Dialog Modell Exportdefinition**

In der Liste **Elemente** wird das gewünschte Element für den Modellexport angeklickt. Danach können im Bereich **Attribute** die Felder für das aktivierte Element ausgewählt werden.

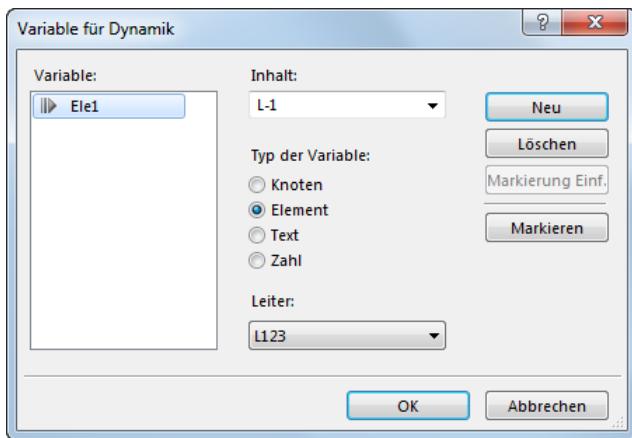
Im Zuge der dynamischen Berechnung werden vor jedem Modell bestimmte vordefinierte Parameter in den PSS NETOMAC Datensatz geschrieben. Die hier definierten Attribute werden vor diesen vordefinierten Parametern bereitgestellt. Die Bezeichnung der Parameter entspricht exakt den SQL Bezeichnungen der jeweiligen Felder aus der PSS SINCAL Datenbank.

3.15.8 Variablen für Dynamik



Die Modelle für die dynamische Berechnung erlauben das Verwenden von Variablen. Diese müssen in der Datenmaske **Variable für Dynamik** definiert werden, welche über den Menüpunkt **Daten – Dynamik – Variablen für Dynamik** geöffnet werden kann.

Eine Übersicht der Felder für die Variable für Dynamik ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

**Bild: Dialog Variable für Dynamik**

Eine Variable für die Dynamik wird über die Attribute **Variable** und **Inhalt** beschrieben. Je nach gewähltem Inhalt müssen die Felder **Element**, **Knoten**, **Zahl** und **Text** befüllt werden. Für unsymmetrische Netze muss beim Knoten auch der **Leiter** ausgewählt werden.

Im Dialog werden alle definierten Variablen für die dynamische Berechnung aufgelistet. Durch Auswählen einer Variable werden deren Attribute im rechten Teil des Dialoges angezeigt. Diese können beliebig geändert werden.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** wird die neue Variable für die Dynamik definiert. Hierbei muss ein eindeutiger Name vorgegeben werden.

Mit dem Knopf **Löschen** kann die in der Auswahlliste markierte Variable gelöscht werden.

Der Knopf **Markierung Einf.** ermöglicht das bequeme Definieren von Variablen für Knoten und Elemente. Hierbei wird das im Grafikeditor markierte Element automatisch in die Auswahlliste übernommen.

Mit dem Knopf **Markieren** können die der Variable zugeordneten Netzelemente im Grafikeditor markiert werden.

Bei den Optionen **Knoten** und **Element** erfolgt die Auswahl des Netzelementes über die Topologieauswahlmaske.

3.15.9 Plottdefinition für Dynamik

Im Zuge der dynamischen Berechnung werden Untersuchungen im Zeitbereich durchgeführt. Die sinnvolle Auswertung dieser Ergebnisse ist nur in Form von Diagrammen möglich. Mit der Plottdefinition für die dynamische Berechnung kann detailliert parametriert werden, welche Messsignale protokolliert werden. Die so protokollierten Signale können anschließend beliebig in Diagrammen zur Analyse und Dokumentation zusammengestellt werden.

Der Dialog wird über den Menüpunkt **Daten – Dynamik – Plottdefinition** geöffnet.

Eine Übersicht der Felder für die Plottdefinition für Dynamik ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Datenbeschreibung

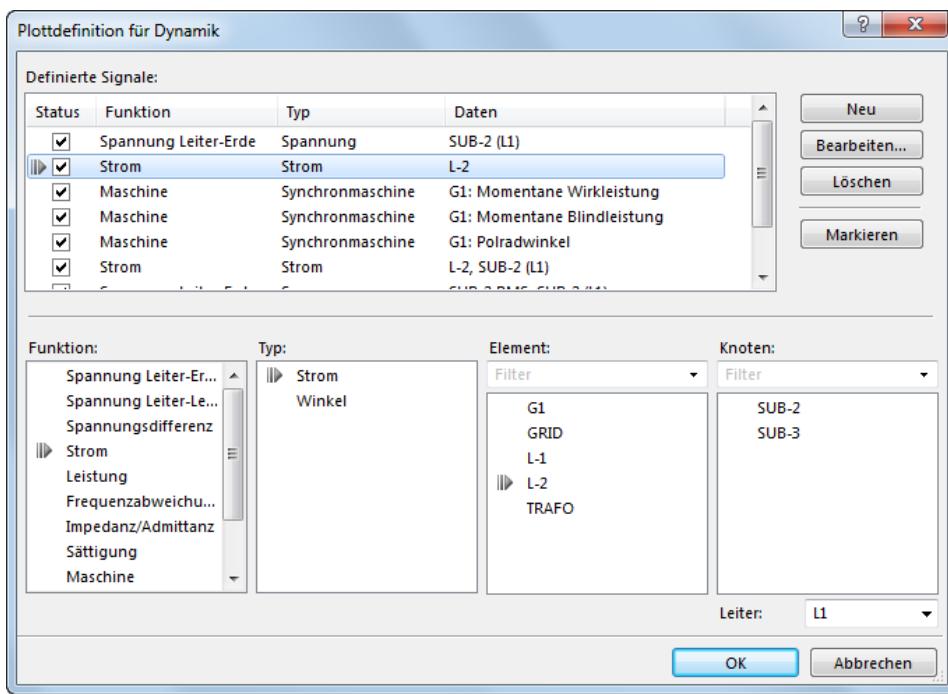


Bild: Dialog Plotdefinition für Dynamik

In der Auswahlliste **Definierte Signale** werden alle verfügbaren Signale aufgelistet. In der Spalte **Status** wird das aktuell gewählte Signal gekennzeichnet und auch der Status (aktiv oder inaktiv) des Signals visualisiert. Im Zuge der Berechnung werden nur jene Signale ausgegeben, die aktiviert sind. Die in der Auswahlliste dargestellten Signale können mittels **Filter** reduziert werden.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, über das Kontextmenü alle Listeneinträge zu markieren bzw. alle Markierungen zu entfernen oder alle Listeneinträge zu sperren. Das **Sperren** von Signalen bewirkt, dass die Auswahllisten im unteren Bereich des Dialoges für die weitere Bearbeitung nicht zur Verfügung stehen. Ebenfalls können Signale dann nicht mehr gelöscht werden. Das Sperren von Signalen wird durch ein Schloss in der Spalte **Status** angezeigt. Außerdem besteht die Möglichkeit, Signale einzeln zu sperren bzw. wieder frei zu schalten. Dies ist durch einfaches Klicken auf das Schloss-Symbol in die Spalte **Status** möglich.

Die in der Auswahlliste angezeigten Signale können nach eigenen Wünschen angeordnet werden. Hierzu wird ein Eintrag in der Liste markiert und bei gerückter Shift-Taste mit den Cursortasten nach oben oder nach unten verschoben.

Die vier Auswahllisten im unteren Teil des Dialoges werden zur detaillierten Beschreibung des Signals verwendet.

Die Auswahlliste **Funktion** bietet alle möglichen Signalfunktionen zur Vorauswahl. Nach Auswahl der gewünschten Funktion kann mit der Auswahlliste **Typ** das Signal genauer definiert werden.

Die letzten beiden Auswahllisten dienen zur endgültigen Festlegung des Signals. Die Inhalte dieser Auswahllisten ändern sich dynamisch je nach gewählter Funktion und gewähltem Typ. So werden beispielsweise bei der Funktion Spannung Leiter-Leiter in den letzten beiden Auswahllisten die Knoten des Netzes zur Auswahl angebunden.

In den beiden letzten Auswahllisten des Dialogs werden (je nach Funktion und Typ) Netzelemente aufgelistet. Da der Umfang dieser Listen sehr groß werden kann, besteht die Möglichkeit, den Inhalt anhand von Filtern zu reduzieren. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunter liegenden Liste. Eine Besonderheit bietet der Knopf im Filterfeld. Durch Drücken dieses Knopfes erscheint ein Menü mit folgenden Funktionen.

- **Filter deaktivieren:**
Der Filter wird in dieser Liste deaktiviert. Es werden wieder alle Einträge angezeigt.
- **Markierung von Netzgrafik verwenden:**
Das im Grafikeditor markierte Netzelement wird in der Auswahlliste ausgewählt.

Durch Drücken des Knopfes **Neu** kann ein neues Signal definiert werden. Mit dem Knopf **Löschen** kann das im Dialog markierte Signal gelöscht werden.

Der Knopf **Bearbeiten** ermöglicht es, die Attribute des gewählten Signals zu ändern.

Durch Drücken des Knopfes **Markieren** werden die Netzelemente des markierten Signals im Grafikeditor angezeigt. Somit kann einfach beurteilt werden, welchen Netzelementen das markierte Signal zugeordnet ist.

Beispiel für die Definition von Filtern

Das folgende Beispiel soll die Erstellung von Filtern im Dialog **Plottddefinition für Dynamik** veranschaulicht werden.

Filter können in der Liste der **definierten Signale** für jede Spalte einzeln (Funktion, Typ und Daten) und in den letzten beiden Auswahllisten (je nach Funktion und Typ) verwendet werden.

Im folgenden Beispiel soll nun ein Filter für die Spalte **Funktion** in den **definierten Signalen** angegeben werden.

Hierzu wird in der Spalte **Funktion** das Kontextmenü durch Klicken der rechten Maustaste geöffnet und der Menüpunkt **Filter** aktiviert.

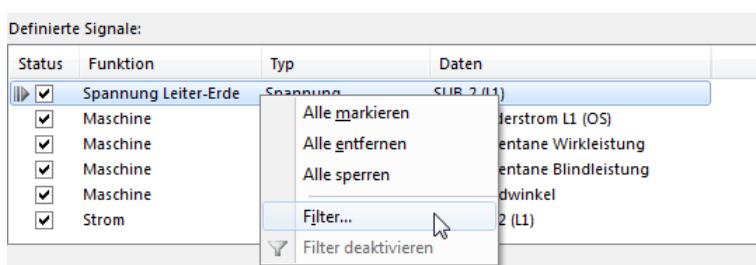
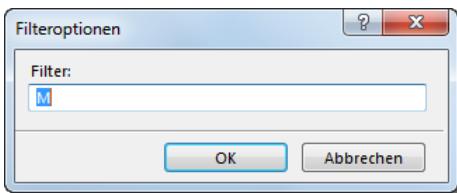


Bild: Aktivierung der Filterfunktion

Es erscheint eine Eingabemaske, in der ein Filter auf die jeweilige Spalte erzeugt wird.

Datenbeschreibung

**Bild: Eingabe einer Filteroption**

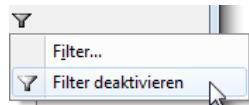
In unserem Beispiel wurde der Filter **M** für die Spalte **Funktion** definiert.

Definierte Signale:			
Status	Funktion	Typ	Daten
<input checked="" type="checkbox"/>	Maschine	Synchronmaschine	G1: Ständerstrom L1 (OS)
<input checked="" type="checkbox"/>	Maschine	Synchronmaschine	G1: Momentane Wirkleistung
<input checked="" type="checkbox"/>	Maschine	Synchronmaschine	G1: Momentane Blindleistung
<input checked="" type="checkbox"/>	Maschine	Synchronmaschine	G1: Polradwinkel

Bild: Auflistung der gefilterten Signale

In der Auswahlliste werden nur jene Funktionen angezeigt, welche mit einem **M** beginnen. Das Filtersymbol zeigt nun an, dass ein Filter aktiv ist.

Um einen Filter wieder zu entfernen, steht im Kontextmenü der Menüpunkt **Filter deaktivieren** zur Verfügung. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, den Filter ebenfalls über das aufzuklappende Menü beim Filtersymbol zu deaktivieren.

**Bild: Filtermenü**

Über diesen Punkt werden die Filter für alle Spalten der **definierten Signale** deaktiviert.

Signal bearbeiten

Dieser Dialog wird durch Drücken des Knopfes **Bearbeiten** oder durch Doppelklick auf das Signal geöffnet.

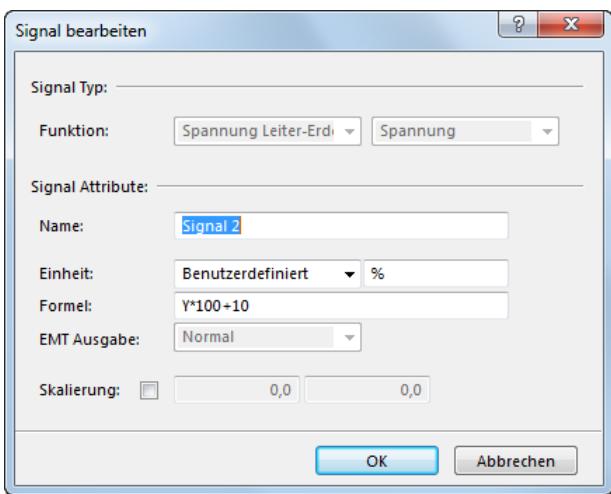


Bild: Dialog Signal bearbeiten

Im Abschnitt **Signal Typ** werden die Funktion des Signals und dessen Typ visualisiert.

Im Abschnitt **Signal Attribute** können die Eigenschaften des Signals bearbeitet werden.

Im Feld **Name** kann ein benutzerdefinierter Name für das Signal vorgegeben werden. Wird dieses Feld nicht befüllt, dann wird automatisch ein sinnvoller Name generiert. Der Name wird zur Beschriftung des Signals im Diagramm verwendet. Diese Beschriftung im Diagramm besteht aus zwei Teilen: dem eigentlichen Namen des Signals sowie dessen Art (G1: Strom L1). Um manuell beide Teile zu definieren, muss das Zeichen "|" verwendet werden (z.B. "G1|Strom L1").

Im Auswahlfeld **Einheit** kann die Signalart gewählt werden. Hierbei kann zwischen vordefinierten Einheiten und einer benutzerdefinierten Formel gewählt werden. Der so gewählte Typ bestimmt, in welcher Einheit die in der dynamischen Berechnung zumeist in pu vorliegenden Signalwerte protokolliert werden.

Bei Auswahl des Typs **Benutzerdefiniert** kann diese Umrechnung manuell vorgegeben werden. Hierzu müssen das **Einheiten**-Eingabefeld und das Feld **Formel** befüllt werden.

Beim Signaltyp Spannung oder Strom kann bei einer vordefinierten Einheit zusätzlich die Option **EMT Ausgabe** aktiviert werden:

- **Normal:**
Hierbei wird der Momentanwert des Signals ausgegeben.
- **RMS:**
Die Ausgabe erfolgt in Form des quadratischen Mittelwertes. Als Grundlage der Berechnung des quadratischen Mittelwertes wird die bei den **Berechnungsparametern** vorgegebene Frequenz verwendet. In Form von Diagrammen kann dieses Signal ausgegeben werden.
- **Raumzeiger:**
Hierbei erfolgt die Ausgabe des Signals direkt in Form des in der Simulation verfügbaren Raumzeigers.

Nach Aktivierung der Option **Skalierung** kann eine manuelle Skalierung für das Signal definiert werden. Hierzu wird in den beiden Eingabefeldern der Minimal- und Maximalwert eingegeben. Die Skalierung stellt sicher, dass das Diagramm auf die vorgegebenen Werte skaliert wird. Wenn keine manuelle Skalierung vorgegeben wird, dann erfolgt im Diagramm eine automatische Skalierung anhand der tatsächlichen Minimal- und Maximalwerte des Signals.

Syntax für Formelfeld

Die Formel wird im PSS NETOMAC Syntax angegeben. Dieser Syntax orientiert sich an den Konventionen von FORTRAN. Jeder Messwert des Signals wird mit dieser Formel umgerechnet.

Die Umrechnung des Signalmesswertes kann auf zwei Arten erfolgen:

- Multiplikation
- Erweiterte Umrechnung mit dem Messwert

Bei der **Multiplikation** wird jeder Messwert des Signals mit einer konstanten Formel multipliziert. Beispiel für Umrechnung eines Stromes von pu auf kA: $1./\text{SQRT}(3.)/150.000$

Bei der **erweiterten Umrechnung** wird jeder Messwert des Signals mit der angegebenen Formel umgerechnet. Die Besonderheit hierbei ist, dass der Messwert in der Formel ebenfalls enthalten ist. Der Messwert wird durch die Variable **Y** gekennzeichnet. Beispiel für Umrechnung einer Leistung in pu auf % mit Pegelanhebung: $Y*100+10$

Signal Typ Pegel

Mit Hilfe des Signaltyps **Pegel** kann ein konstanter Signalwert definiert werden. Das so definierte Signal wird im Diagramm durch eine horizontale Linie dargestellt.

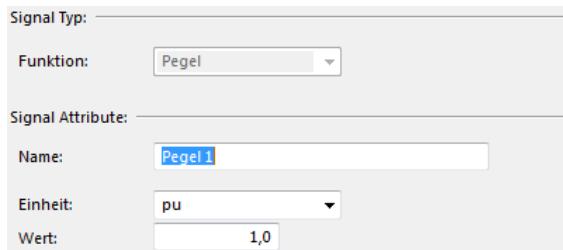


Bild: Signal Typ Pegel bearbeiten

Nach Auswahl des Typs **Pegel** im Dialog **Plotdefinition für Dynamik** erfolgt die Bearbeitung des Signals ausschließlich über den Dialog **Signal bearbeiten**.

Im Eingabefeld **Name** kann eine Bezeichnung für den Pegel vorgegeben werden. Die gewünschte **Einheit** für den Pegel kann ebenfalls ausgewählt werden.

Über das Eingabefeld **Wert** im Abschnitt **Signal Attribute** kann der Pegelwert angegeben werden.

Weitere Einstellungsmöglichkeiten können analog zu anderen Signal Typen definiert werden.

3.15.10 Event für Dynamik

Über den Event für Dynamik können erweiterte Ereignisse für die Dynamiksimulation definiert werden.

Die Bearbeitung des Events für Dynamik erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Dynamik – Event für Dynamik**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für das Event für Dynamik ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten	
Eventname	E1
Eventtyp	EMT zu Stabilität
Eventzeit	Zeit 2,0 s

Bild: Basisdaten für den Event für Dynamik

Mit dem Feld **Eventname** kann eine beliebige Bezeichnung für das Ereignis definiert werden.

Der **Eventtyp** definiert, welches Ereignis stattfindet. Zur Zeit werden folgende Typen unterstützt:

- **EMT zu Stabilität:**
Mit diesem Ereignis wird die Berechnungsmethode von EMT auf Stabilität umgestellt. Die Berechnung läuft dann in vereinfachter Form schneller ab.
- **Stabilität zu EMT:**
Mit diesem Ereignis wird von der vereinfachten Stabilitätsberechnung in die komplexere EMT Berechnung gewechselt. Die dynamische Simulation des Netzes erfolgt dann anhand des detaillierten EMT Modells.

Die **Eventzeit** definiert, zu welchem Zeitpunkt das Ereignis stattfindet.

3.15.11 Sättigungskennlinie

Mit diesem Element kann die magnetische Sättigung definiert werden.

Die Bearbeitung der Sättigungskennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – Sättigungskennlinie**.

Die Sättigungskennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Sättigungskennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Sättigungskennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Sättigungskennlinie und die Sättigungskennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Sättigungskennlinie

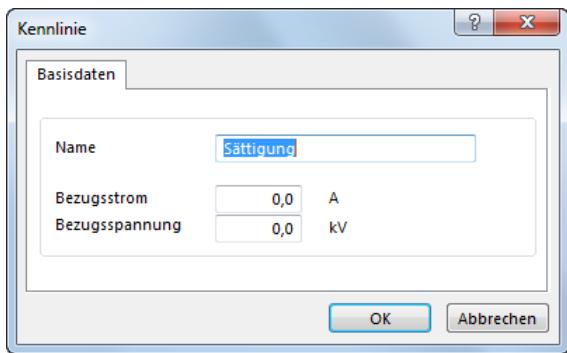


Bild: Basisdaten für Sättigungskennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese Sättigungskennlinie kann dann bei verschiedenen Netzelementen durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die Felder **Bezugsstrom** und **Bezugsspannung** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der einzelnen Sättigungskennlinienwerte.

Je nach Netzelement wird die Sättigungskennlinie intern mit folgenden Bezugsströmen und Bezugsspannungen benötigt:

Transformator: Nennspannung primär (Leiter-Leiter) und Leerlaufstrom.

$$U_B = U_{\text{Pri}}$$

$$I_B = I_0$$

Stromwandler: Nennspannung sekundär (Leiter-Erde) und Leerlaufstrom. Die sekundäre Nennspannung ergibt sich aus der primären Nennspannung (Leiter-Leiter) und der Wandlerübersetzung mit

$$U_B = \frac{U_{\text{Pri}} * I_{\text{Sek}}}{\sqrt{3} * I_{\text{Pri}}}$$

Der Leerlaufstrom des Stromwandlers ergibt sich aus der sekundären Nennspannung und der Hauptreaktanze mit

$$I_B = \frac{U_B}{X_h}$$

Bei Angabe von 0,0 für Bezugsstrom und Bezugsspannung bei den Basisdaten werden die obigen Bezugswerte aus den Eingabedaten automatisch ermittelt. Wird bei den Basisdaten nicht die intern benötigte Bezugsspannung bzw. der intern benötigte Bezugsstrom angegeben, so werden die Sättigungskennlinienwerte automatisch umgerechnet.

Sättigungskennlinienwerte

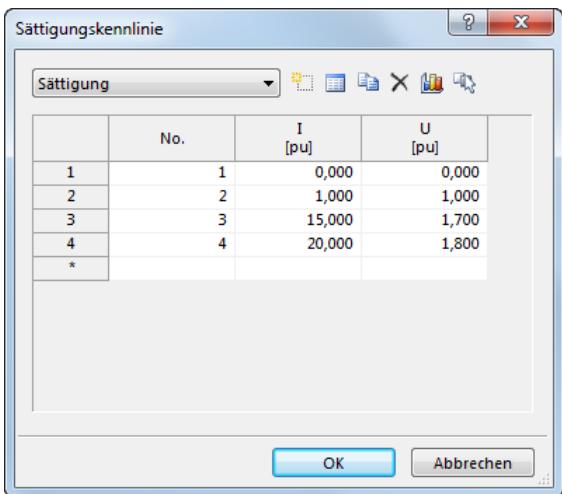


Bild: Sättigungskennlinienwerte

Die Sättigungskennlinie wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaars), **I** (Strom) und **phi** (Magnetischer Fluss) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben. Elektrisch bezogene Größen dürfen nicht angegeben werden!

Die Kennlinie muss mit Strom gleich 0,0 und Spannung gleich 0,0 beginnen. Bei den Betriebsmitteln tritt bis zum Nennbetrieb kein Sättigungseffekt auf. Der zweite Wert entspricht daher dem Bezugstrom und der Bezugsspannung. Als pu Werte ergeben sich daher Strom gleich 1,0 und Spannung gleich 1,0.

Hinweis zur Eingabe: Als Beispiel wird ein Transfomator mit einer primären Nennspannung von 30 kV, einem Leerlaufstrom von 10 A und einem Nennstrom von 500 A herangezogen. Der zweite Punkt der Kennlinie (Primäre Nennspannung und Leerlaufstrom) kann daher auf folgende Art und Weise angegeben werden:

- Basisdaten $U_B=0,0$ und $I_B=0,0$ mit Kennlinienwert 1,0/1,0 wird zu 30 kV/10 A
- Basisdaten $U_B=30,0$ und $I_B=10,0$ mit Kennlinienwert 1,0/1,0 wird zu $1.0 \cdot 30 / 1.0 \cdot 10$ bzw. 30 kV/10 A
- Basisdaten $U_B=30,0$ und $I_B=500,0$ mit Kennlinienwert 1,0/0,02 wird zu $1.0 \cdot 30 / 0.02 \cdot 500$ bzw. 30 kV/10 A

Hinweis zur internen Umrechnung: Alle obig angegebenen Kennlinienwerte für den zweiten Punkt ergeben intern wieder 30 kV/ U_B und 10 A/ I_B bzw. 1,0/1,0.

3.15.12 UI-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung

Mit diesem Element kann der Verlauf der Lichtbogengespannung in Abhängigkeit des Momentanwertes des Stromes definiert werden.

Die Bearbeitung der UI-Kennlinien für Lichtbogengespannung erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – UI-Kennlinie für Lichtbogengespannung**.

Datenbeschreibung

Die UI-Kennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten UI-Kennlinienwerten definiert. Die Eingabe von UI-Kennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die UI-Kennlinie und die UI-Kennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten UI-Kennlinie

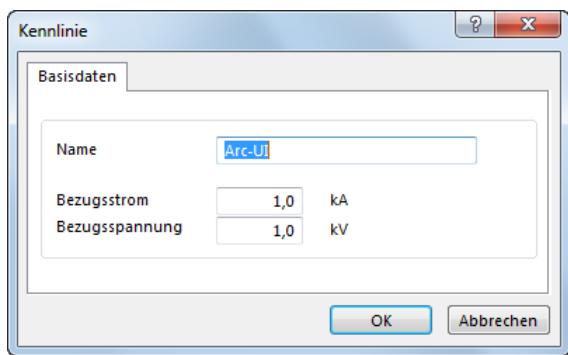


Bild: Basisdaten für UI-Kennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese UI-Kennlinie kann dann bei verschiedenen Elementschaltzeiten durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die Felder **Bezugsstrom** und **Bezugsspannung** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der einzelnen UI-Kennlinienwerte.

UI-Kennlinienwerte

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled 'UI-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung'. It has a dropdown menu showing 'Arc-UI'. Below it is a toolbar with icons for new, open, save, delete, and search. A table lists 9 entries of UI values. The columns are labeled 'No.' (Number), 'I [pu]' (Strom [pu]), and 'U [pu]' (Spannung [pu]). The data is as follows:

No.	I [pu]	U [pu]
1	0,000	11,730
2	0,240	10,750
3	1,200	8,000
4	2,400	6,330
5	6,000	4,820
6	12,000	3,900
7	24,000	2,710
8	120,000	0,138
*		

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: UI-Kennlinienwerte

Die UI-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaares), **I** (Strom) und **U** (Spannung) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben. Elektrisch bezogene Größen dürfen nicht angegeben werden!

3.15.13 et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung

Mit diesem Element kann der Verlauf der Bewertungsfunktion in Abhängigkeit der Zeit definiert werden.

Die Bearbeitung der et-Kennlinien für Lichtbogengegenspannung erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Kennlinien – et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung**.

Die et-Kennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten et-Kennlinienwerten definiert. Die Eingabe von et-Kennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die et-Kennlinie und die et-Kennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten et-Kennlinie

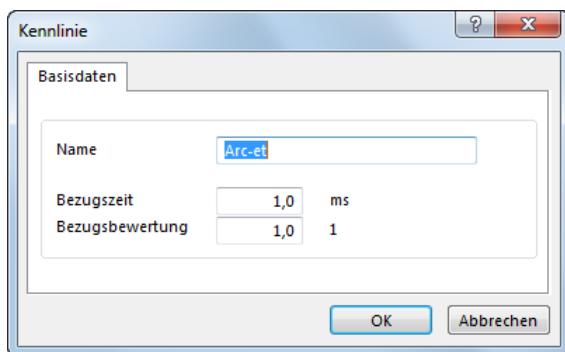


Bild: Basisdaten für et-Kennlinie

Über den **Namen** wird der Kennlinie ein beliebiger Name zugeordnet. Diese et-Kennlinie kann dann bei verschiedenen Elementschaltzeiten durch Auswahl des Namens verwendet werden.

Die Felder **Bezugszeit** und **Bezugsbewertung** dienen zur Multiplikation der Wertepaare der einzelnen et-Kennlinienwerte.

et-Kennlinienwerte

The screenshot shows a software dialog box titled 'et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung'. The tab 'Arc-et' is selected. The table contains the following data:

	No.	t [pu]	e [pu]
1	1	0,000	0,000
2	2	7,500	0,850
3	3	10,000	1,000
4	4	26,500	1,000
5	5	28,500	0,830
6	6	31,000	0,200
7	7	33,500	0,100
8	8	1000,000	0,100
*			

At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: et-Kennlinienwerte

Die et-Kennlinie für Lichtbogengegenspannung wird durch Definition von **No.** (Nummer des Wertepaars), **e** (Bewertung) und **t** (Zeit) beschrieben.

Hinweis: Die Werte sind bezogen auf die allgemeinen Daten anzugeben. Elektrisch bezogene Größen dürfen nicht angegeben werden!

3.16 Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit erfordert eine Vielzahl von weiteren Eingabedaten. Diese Daten haben grundsätzlich keinen Einfluss auf die elektrischen Eigenschaften des Netzes. Sie beinhalten Informationen, die die Betriebssicherheit des Netzes beschreiben.

Folgende Daten sind verfügbar:

- [Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Einspeisungen](#)
- [Allgemeine Zuverlässigkeitsdaten für Verbraucher](#)
- [Parameter Zuverlässigkeit](#)
- [Gruppierung von Elementen für die Zuverlässigkeit](#)
- [Schaltfeldtyp](#)
- [Sammelschienentyp](#)
- [Leitungstyp](#)
- [Transformatortyp](#)
- [Einspeisungstyp](#)
- [Überlastbarkeitstyp](#)
- [Bedingte Schaltmaßnahmen](#)
- [Jahresdauerlinie](#)

3.16.1 Allgemeine Zuverlässigkeitssdaten für Einspeisungen

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Zuverlässigkeitssberechnung bei Einspeisungen angegeben.

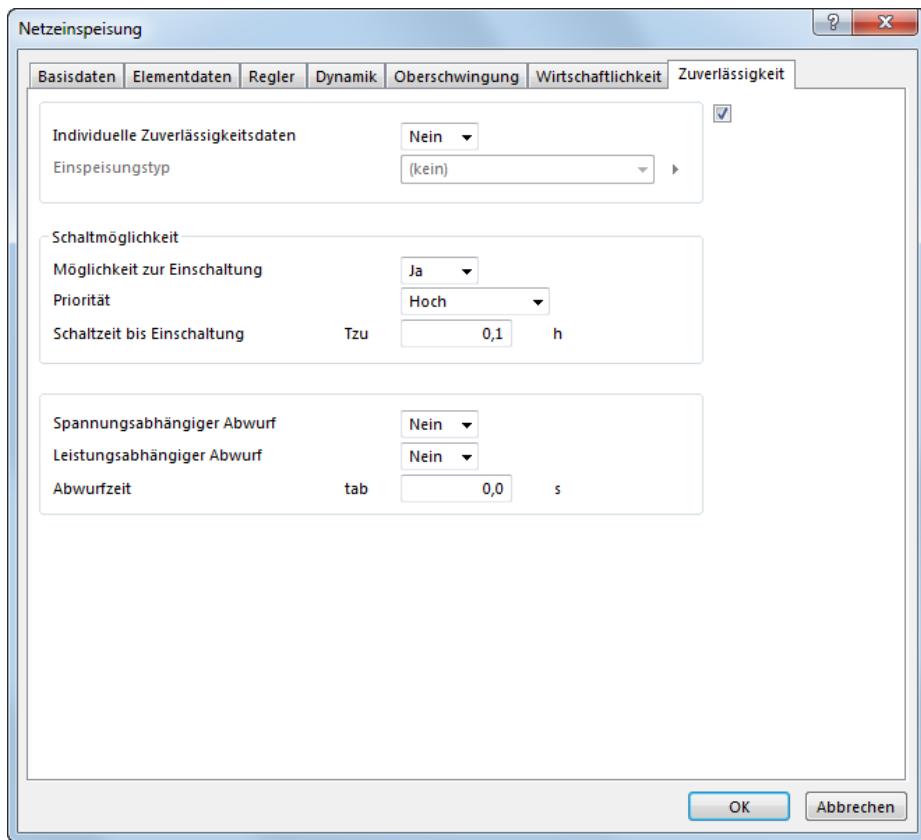


Bild: Netzeinspeisung mit Zuverlässigkeitssdaten

Mit dem Feld **Individuelle Zuverlässigkeitssdaten** wird festgelegt, ob die Einspeisung am Störungsgeschehen der Zuverlässigkeit teilnimmt.

Mit dem **Einspeisungstyp** wird Art und Umfang des Störungsgeschehens festgelegt.

Schaltmöglichkeit

Mit den Feldern **Möglichkeit zur Einschaltung**, **Priorität** und **Schaltzeit bis Einschaltung** wird eine Zuschaltung während des Störungsgeschehens festgelegt. Ist das Netzelement nicht abgeschaltet, werden diese Daten ignoriert.

Über die Felder **Spannungsabhängiger Abwurf**, **Leistungsabhängiger Abwurf** und **Abwurfzeit** kann ein Abwurf der Einspeisung in der Lastflussberechnung definiert werden. Der Abwurf erfolgt abhängig von der Netzsituation. Genauere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Abwurf.

3.16.2 Allgemeine Zuverlässigkeitssdaten für Verbraucher

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Zuverlässigkeitssberechnung bei Verbrauchern angegeben.

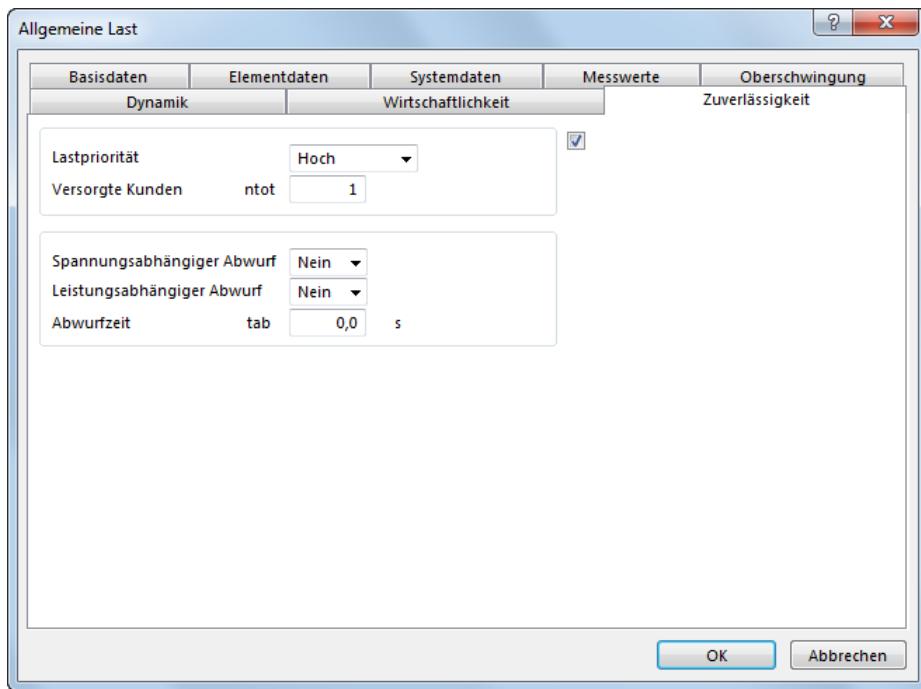


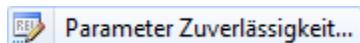
Bild: Allgemeine Last mit Zuverlässigkeitssdaten

Mit dem Feld **Lastpriorität** wird die Lastpriorität von der allgemeinen Last festgelegt.

Die Anzahl der **versorgten Kunden** wird für die Ermittlung der Zuverlässigkeitsskenngrößen nach IEEE 1366 benötigt.

Über die Felder **Spannungsabhängiger Abwurf**, **Leistungsabhängiger Abwurf** und **Abwurfzeit** kann ein Abwurf der Last in der Lastflussberechnung definiert werden. Der Abwurf erfolgt abhängig von der Netzsituation. Genaue Informationen hierzu finden Sie im Handbuch Lastfluss im Kapitel Abwurf.

3.16.3 Parameter Zuverlässigkeit



Die Parameter für die Zuverlässigkeit dienen zur Steuerung der Zuverlässigkeitssberechnung und der Zuverlässigkeitssauswertung.

Die Definition erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Parameter Zuverlässigkeit**.

Eine Übersicht der Felder für die Parameter Zuverlässigkeit ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Berechnung Parameter Zuverlässigkeit

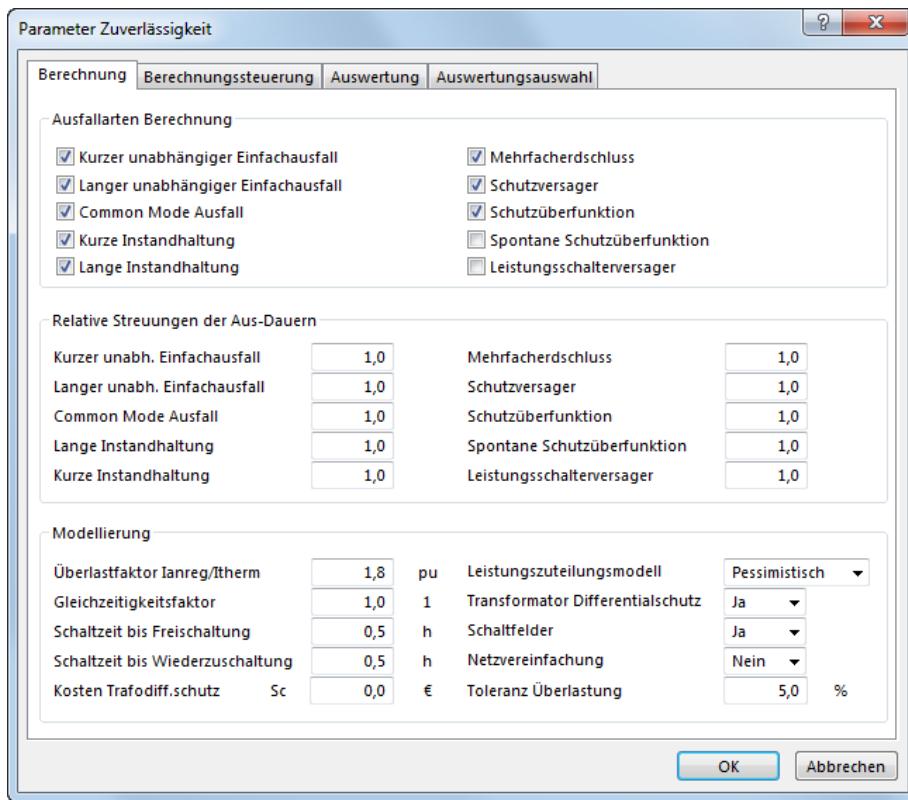


Bild: Datenmaske Parameter Zuverlässigkeit – Berechnung

Ausfallarten Berechnung

In diesem Abschnitt wird festgelegt, ob die jeweilige Störung im Netz bei der Zuverlässigungsberechnung berücksichtigt wird oder nicht. Folgende Ausfallarten können aktiviert werden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall
- Langer unabhängiger Einfachausfall
- Common Mode Ausfall
- Kurze Instandhaltung
- Lange Instandhaltung
- Mehrfacherdschluss
- Schutzversager
- Schutzüberfunktion
- Spontane Schutzüberfunktion
- Leistungsschalterversager

Relative Streuungen der Aus-Dauern

In diesem Abschnitt werden die Mittelwerte der Ausfalldauern für die einzelnen Ausfallsarten global voreingestellt. Folgende Ausfallarten können aktiviert werden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall
- Langer unabhängiger Einfachausfall
- Common Mode Ausfall
- Kurze Instandhaltung
- Lange Instandhaltung
- Mehrfacherdschluss
- Schutzversager
- Schutzüberfunktion
- Spontane Schutzüberfunktion
- Leistungsschalterversager

Modellierung

In diesem Abschnitt wird das globale Verhalten der Zuverlässigungsberechnung definiert.

Der **Überlastfaktor I_{anreg}/I_{therm}** eines Netzelementes kennzeichnet dessen zeitlich konstante Überlastbarkeit. Für die Zuverlässigkeit ist dies das Verhältnis von Anregestrom zu thermischen Grenzstrom.

Mit dem **Gleichzeitigkeitsfaktor** können die Lasten beeinflusst werden.

Die **Schaltzeit bis Freischaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Freischaltung eines fehlerbetroffenen Netzelementes.

Die **Schaltzeit bis Wiederzuschaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Wiederinbetriebnahme eines durch den Schutzeingriff ausgeschalteten, aber selbst nicht fehlerbetroffenen Netzelementes.

Die Attribute **Überlastfaktor I_{anreg}/I_{therm}** sowie die **Schaltzeiten zur Frei- und Wiederzuschaltung** werden im Normalfall direkt bei den Zuverlässigkeitstypdaten definiert. Falls diese Daten dort nicht aktiviert sind, werden die Werte aus dieser Datenmaske übernommen.

Das **Leistungszuteilungsmodell** kann pessimistisch und optimistisch gewählt werden. Optimistisch bedeutet, dass sich der Verbraucher an die lieferbare Leistung anpasst und mit weniger Leistung auskommt. Pessimistisch bedeutet, dass der Verbraucher bei Unterschreiten der benötigten Leistung komplett ausfällt.

Mit Hilfe des Feldes **Transformator Differentialschutz** können jeder Transformator und jedes variable Längselement automatisch mit Differential- und UMZ-Schutzeinrichtungen modelliert werden.

Der Transformator Differentialschutz wird ohne dazugehörigen Schalter oder Schutzgerät modelliert. Eine Zuordnung der Schaltkosten ist daher nicht möglich. Für diesen Schutz können im Feld **Kosten Trafodifferentialschutz** die Kosten anteilig je Schaltung angegeben werden. In der Zuverlässigungsberechnung werden die jährlich anfallenden Schaltkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

Mit dem Feld **Schaltfelder** wird festgelegt, ob Sammelschienenabgänge mit oder ohne Schaltfeld generiert werden.

Mit der Option **Netzvereinfachung** wird ein spezieller Algorithmus in der Zuverlässigkeitberechnung aktiviert, dessen Aufgabe es ist, die Netzgröße zu reduzieren, um eine schnellere Berechnung zu ermöglichen. Dabei werden hauptsächlich Leitungen mit identischen Zuverlässigkeitsskenndaten ohne Abzweige zu einer "übergeordneten" Leitung zusammengefasst.

Mit dem Feld **Toleranz Überlastung** kann festgelegt werden, wie viel Prozent die Netzelemente im Rahmen einer Wiederversorgungsmaßnahme überlastet sein dürfen. Falls diese Prozentgrenze überschritten wird, wird die Wiederversorgungsmaßnahme verworfen.

Berechnungssteuerung Parameter Zuverlässigkeit

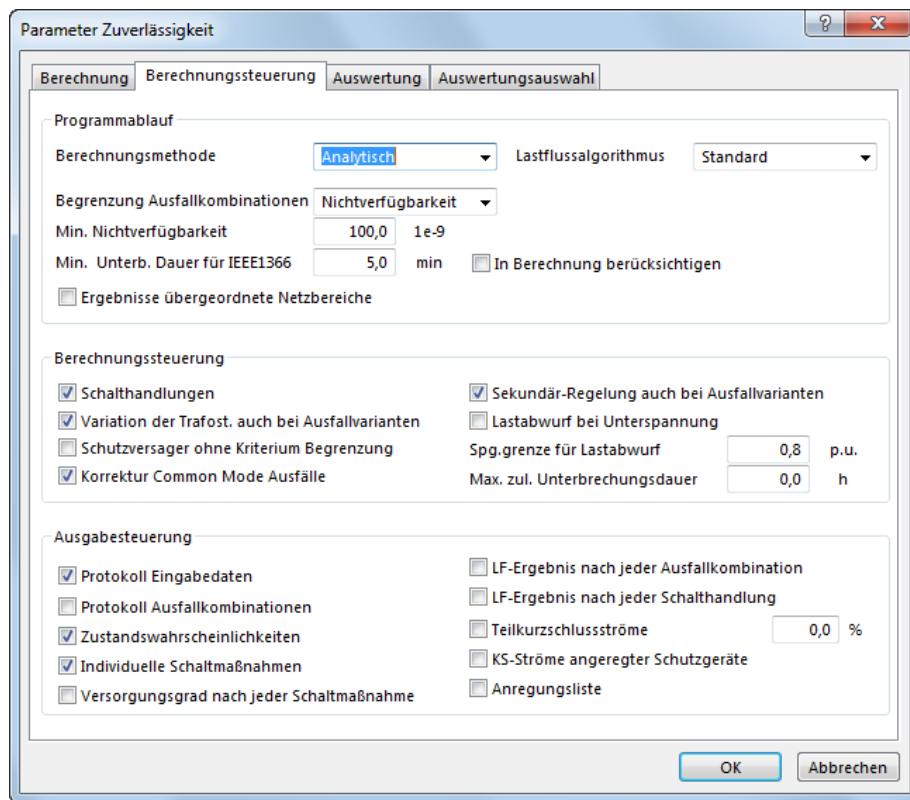


Bild: Datenmaske Parameter Zuverlässigkeit – Berechnungssteuerung

Programmablauf

In diesem Abschnitt kann der Algorithmus zur Zuverlässigkeitberechnung detailliert parametriert werden.

Im Auswahlfeld **Berechnungsmethode** kann das Verfahren für die Zuverlässigkeitberechnung gewählt werden. Dabei wird zwischen Analytischem Verfahren und Monte-Carlo-Verfahren unterschieden.

Datenbeschreibung

Im Auswahlfeld **Lastflussalgorithmus** kann das Lastflussverfahren voreingestellt werden. Hier wird zwischen

- Standard,
- Erweitert,
- Verbindungskontrolle,
- Maximalfluss und
- Netzzustandsanalyse

unterschieden.

Eine genauere Beschreibung der einzelnen Lastflussalgorithmen finden Sie im Handbuch Zuverlässigkeit, Kapitel Lastflussalgorithmen.

Mit den Feldern **Begrenzung der Ausfallkombinationen**, **minimale Nichtverfügbarkeit**, **minimale Ausfallordnung** und **maximale Ausfallordnung** wird für das Analytische Verfahren festgelegt, ob ein Störungsgeschehen betrachtet wird oder nicht. Ausfallkombinationen mit einer kleineren Nichtverfügbarkeit als die minimale Nichtverfügbarkeit werden nicht betrachtet. Ausfallkombinationen, die kleiner als die minimale oder größer als die maximale Ausfallordnung sind, werden ebenfalls nicht betrachtet.

Die Felder **Anzahl Betrachtungen** und **Identische Ausfälle erzeugen** dienen zur Parametrierung des Verhaltens des Monte-Carlo-Verfahrens.

Die **Min. Unterbrechungsdauer für IEEE 1366** wird zur Berechnung der Verfügbarkeitskenngrößen SAIDI und SAIFI sowie ASIDI und ASIFI verwendet. Nur jene Ausfälle von Verbrauchern, die länger als die minimale Ausfalldauer sind, werden zur Berechnung dieser Kenngrößen herangezogen.

Wenn die Option **In Berechnung berücksichtigen** aktiv ist, wird die Berechnung der Ergebnisse so angepasst, dass nur noch jene Ausfälle berücksichtigt werden, dessen Unterbrechungsdauer größer als der gewählte Minimalwert ist.

Die Zuverlässigkeitskenngrößen werden getrennt für die Netzbereich ermittelt. Ist die Option **Ergebnisse übergeordnete Netzbereiche** aktiviert, so werden die Kenngrößen hierarchisch über die Netzbereiche ermittelt.

Berechnungssteuerung

In diesem Abschnitt werden erweiterte Optionen für die Zuverlässigungsberechnung vorgegeben.

Das Feld **Schalthandlungen** erlaubt das Zuschalten von mindestens einseitig abgeschalteten Netzelementen während der Zuverlässigungsberechnung, um die Versorgungssicherheit zu verbessern.

Mit der Option **Variation der Trafostufenstellung auch bei Ausfallvarianten** wird die Regelung der Transformatoren auch in der Ausfallvariante aktiviert.

Das Feld **Schutzversager ohne Kriterium Begrenzung** dient zur Außerkraftsetzung des Kriteriums zur Begrenzung der Ausfallkombinationen für die Ausfallsart Schutzversager.

Das Feld **Korrektur Common Mode Ausfälle** dient zur Aktivierung der Addition der Häufigkeit des Common-Mode-Ausfalls und des unabhängigen Einfachausfalls.

Mit der Option **Sekundär-Regelung auch bei Ausfallvarianten** wird die Leistungsumverteilung der Einspeisungen anhand der primären Leistungszahl auch in der Ausfallvariante aktiviert.

Mit den Feldern **Lastabwurf bei Unterspannung** und **Spannungsgrenze für Lastabwurf** kann der Lastabwurf global parametriert werden.

Im Feld **Maximal zulässige Unterbrechungsdauer** kann eine Begrenzung für die Dauer von Unterbrechungen vorgegeben werden.

Ausgabesteuerung

Im Abschnitt **Ausgabesteuerung** kann der Ausgabeumfang der Zuverlässigkeitberechnung gesteuert werden. Über die verschiedenen Optionen können detaillierte Protokolle aktiviert bzw. deaktiviert werden.

- Protokoll Eingabedaten
- Protokoll Ausfallkombinationen
- Zustandswahrscheinlichkeiten
- Individuelle Schaltmaßnahmen
- Versorgungsgrad nach jeder Schaltmaßnahme
- Lastflussergebnis nach jeder Ausfallkombination
- Lastflussergebnis nach jeder Schalthandlung
- **Teilkurzschlussströme**
Es werden nur jene Werte ausgewiesen, die die **Prozentgrenze Teilkurzschlussströme** überschreiten.
- Kurzschlussströme angeregter Schutzgeräte
- Anregungsliste

Auswertung Parameter Zuverlässigkeit

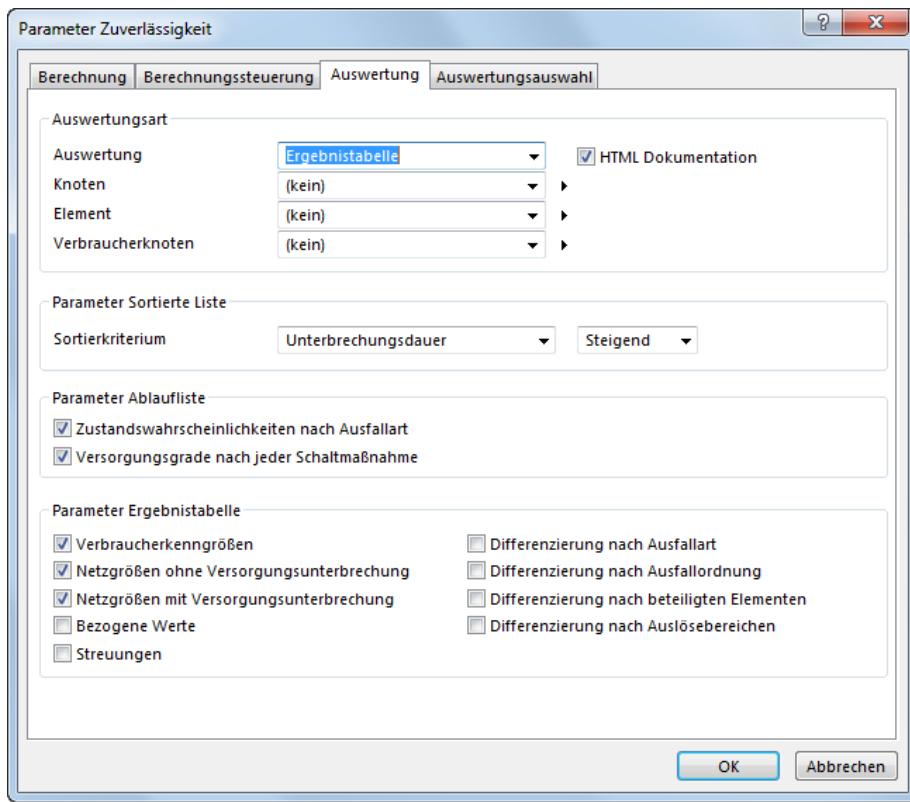


Bild: Datenmaske Parameter Zuverlässigkeit – Auswertung

Auswertungsart

In diesem Abschnitt können die globalen Einstellungen für die Auswertung, welche nach der Zuverlässigkeitberechnung durchgeführt wird, vorgenommen werden.

Mit dem Feld **Auswertung** wird parametriert, wie und mit welchem Umfang die Ergebnisse der Zuverlässigkeitberechnung visualisiert werden. Hierbei wird zwischen folgenden Optionen unterschieden:

- Ablaufliste
- Sortierte Liste
- Ergebnistabelle

Mit der Option **HTML Dokumentation** wird die Generierung einer erweiterten Auswertungsdatei aktiviert. Diese enthält genau die gleichen Auswertungsergebnisse wie die normale Auswertung, bietet aber eine übersichtlichere, auf HTML basierende Darstellung der Daten.

Mit den Feldern **Knoten**, **Element** und **Verbraucherknoten** kann der Ausgabeumfang reduziert werden. Im Normalfall erfolgt die Auswertung für das gesamte Netz, d.h. alle Knoten, Elemente und Verbraucherknoten werden berücksichtigt. Falls diese Felder gefüllt sind, wird die Auswertung nur für die entsprechenden Knoten, Elemente und Verbraucherknoten durchgeführt.

Parameter Sortierte Liste

In diesem Abschnitt kann die Darstellung der Daten als sortierte Liste innerhalb der Auswertung parametriert werden. Hierbei werden alle gefilterten Ausfallkombinationen nach einer bestimmten Zuverlässigkeitssumme sortiert ausgegeben.

Für die sortierte Liste kann mit den Feldern **Sortierkriterium** und **Sortierreihenfolge** eine Reihung durch den Benutzer vorgegeben werden.

Parameter Ablaufliste

In diesem Abschnitt kann die Darstellung der Daten als Ablaufliste innerhalb der Auswertung parametriert werden. Hierbei wird der Ablauf aller gefilterter Ausfallkombinationen ausgegeben. Die Ausgabe umfasst die anfänglichen Unterversorgungen sowie durchgeführte Schalthandlungen mit ihrer Auswirkung auf die Verbraucher bis zur vollständigen Wiederversorgung.

Das Feld **Zustandswahrscheinlichkeiten nach Ausfallart** dient zur Festlegung des Berichtsumfangs der Zuverlässigkeitssumme.

Das Feld **Versorgungsgrade nach jeder Schaltmaßnahme** dient zur Festlegung des Berichtsumfangs der Zuverlässigkeitssumme.

Parameter Ergebnistabelle

In diesem Abschnitt kann der Umfang der Auswertung für die Ergebnistabelle parametriert werden. Hier werden die Daten sämtlicher gefilterter Ausfallkombinationen nach verschiedenen Kriterien sortiert und akkumuliert und anschließend die Zuverlässigkeitssummen für das gesamte Netz oder einzelne Lastknoten berechnet und ausgegeben.

Das Feld **Verbraucherkenntnisse** aktiviert die Berechnung der Verbraucherkenntnisse bei der Auswertung.

Die Felder **Netz ohne Versorgungsunterbrechung** und **Netz mit Versorgungsunterbrechung** aktivieren für die Ergebnistabelle die Berechnung und Ausgabe der aufgetretenen Ausfälle ohne und mit Versorgungsunterbrechungen für das Gesamtnetz.

Das Feld **Bezogene Werte** legt fest, ob die berechneten Erwartungswerte der Verbraucher auf die entsprechenden Werte des Gesamtnetzes bezogen auszugeben sind.

Das Feld **Streuungen** aktiviert für die Ergebnistabelle die Berechnung und Ausgabe der Streuungen der Zuverlässigkeitssummen.

Die Felder **Differenzierung nach Ausfallsart**, **Differenzierung nach Ausfallsordnung**, **Differenzierung nach beteiligten Elementen** und **Differenzierung nach Auslösebereichen** steuern die Gliederung der Ergebnistabelle.

Auswertungsauswahl Parameter Zuverlässigkeit

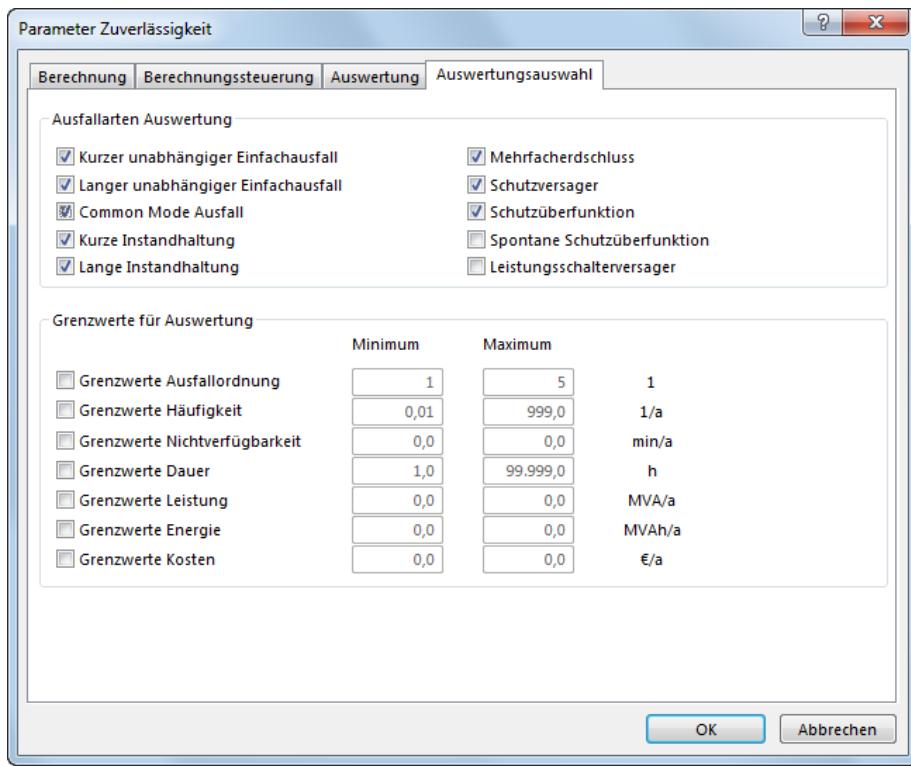


Bild: Datenmaske Parameter Zuverlässigkeit – Auswertungsauswahl

Ausfallarten Auswertung

In diesem Abschnitt wird festgelegt, ob die jeweilige Störung im Netz bei der Zuverlässigkeitsauswertung berücksichtigt wird oder nicht. Folgende Ausfallarten können aktiviert werden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall
- Langer unabhängiger Einfachausfall
- Common Mode Ausfall
- Kurze Instandhaltung
- Lange Instandhaltung
- Mehrfacherdschluss
- Schutzversager
- Schutzüberfunktion
- Spontane Schutzüberfunktion
- Leistungsschalterversager

Grenzwerte für Auswertung

In diesem Abschnitt können Minimal- und Maximalwerte für die wesentlichen Zuverlässigkeitsergebnisse definiert werden. In den Auswertungsprotokollen werden nur jene Daten angezeigt, deren Ergebnisse innerhalb des so definierten Wertebereiches liegen.

- Grenzwerte Ausfallordnung
- Grenzwerte Häufigkeit
- Grenzwerte Nichtverfügbarkeit
- Grenzwerte Dauer
- Grenzwerte Leistung
- Grenzwerte Energie
- Grenzwerte Kosten

3.16.4 Gruppierung von Elementen für die Zuverlässigkeit

Für bestimmte Zuverlässigkeitsbetrachtungen ist es erforderlich, Netzelemente zu gruppieren. Die so gruppierten Netzelemente werden in der Zuverlässigkeitsberechnung speziell verarbeitet. Folgende Gruppen sind für die Zuverlässigkeit verfügbar:

- Common Mode Gruppe
- Mehrfachleitungsgruppe
- Funktionsgruppe

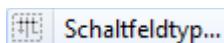
Eine **Common Mode Gruppe** beinhaltet Netzelemente, die gemeinsam ausfallen können. Die Häufigkeit des gemeinsamen Ausfalls und die Ausfallszeit müssen bei den Gruppendaten definiert werden. Besteht die Common Mode Gruppe ausschließlich aus Leitungen, so ist zusätzlich die Angabe der Länge des gemeinsamen Verlaufes notwendig.

Eine **Mehrfachleitungsgruppe** beinhaltet Leitungen, die gemeinsam ausfallen können. Die Häufigkeit des gemeinsamen Ausfalls und die Ausfallszeit müssen bei den Gruppendaten definiert werden.

Eine **Funktionsgruppe** beinhaltet Netzelemente, die gemeinsam ausfallen müssen. Die Ausfallszeit muss bei den Gruppendaten definiert werden.

Die eigentliche Gruppierung der Netzelemente erfolgt mit Hilfe der mit der Netzelementgruppe. Die Funktionsweise ist im Kapitel [Netzaufbau](#), Abschnitt [Netzelementgruppe](#) beschrieben.

3.16.5 Schaltfeldtyp



Die Schaltfeldtypdaten beinhalten Betriebssicherheitsdaten von sammelschienen- und abgangsseitigen Schaltfeldern. Die Schaltfeldtypdaten sind immer in Zusammenhang mit Sammelschienendaten zu betrachten.

Schaltfeldtypdaten sind grundsätzlich nur Typdaten, die auf Knoten und Sammelschienen weitergegeben werden.

Datenbeschreibung

Die Bearbeitung dieser Daten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Schaltfeldtyp**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Schaltfeldtyp ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Schaltfeldtyp

Kurzer unabh. Einfachausfall	Huk	0,0029	1/a	Tuk	18,5	h		
Langer unabh. Einfachausfall	Hul	0,0	1/a	Tul	0,0	h		
Kurze Instandhaltung	Hink	0,0	1/a	Tink	0,0	h	Twik	0,0 h
Lange Instandhaltung	Hinl	0,0	1/a	Tinl	0,0	h	Twil	0,0 h
Stehender Erdschluss	H1p	0,0	1/a	T1p	0,0	h		
Mehrfacherdschluss	pMe	0,0	1	TMe	0,0	h		

Bild: Basisdaten des Schaltfeldtyps

Mit den Feldern **Fehlerrate** wird für die verschiedenen Ausfallarten die Anzahl der Unterbrechungen bezogen auf den Betrachtungszeitraum in der Einheit 1/a angegeben. Die Fehlerrate wird verwendet, um folgende Störungsgeschehen nachzubilden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Huk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Hul
- Kurze Instandhaltung – Hink
- Lange Instandhaltung – Hinl
- Stehender Erdschluss – H1p
- Mehrfacherdschluss – pMe

Die **Aus-Dauer** ist der Erwartungswert der Zeitspanne vom Störungseintritt bis zum Störungsende in Stunden für die verschiedenen Ausfallarten:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Tuk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Tul
- Kurze Instandhaltung – Tink
- Lange Instandhaltung – Tinl
- Stehender Erdschluss – T1p
- Mehrfacherdschluss – TMe

Für die Instandhaltung kann zusätzlich die **Dauer für die vorzeitige Wiederinbetriebnahme** bei Wartungsabbruch angegeben werden. Dies erfolgt über die Felder:

- Kurze Instandhaltung – Twik
- Lange Instandhaltung – Twil

3.16.6 Sammelschienentyp

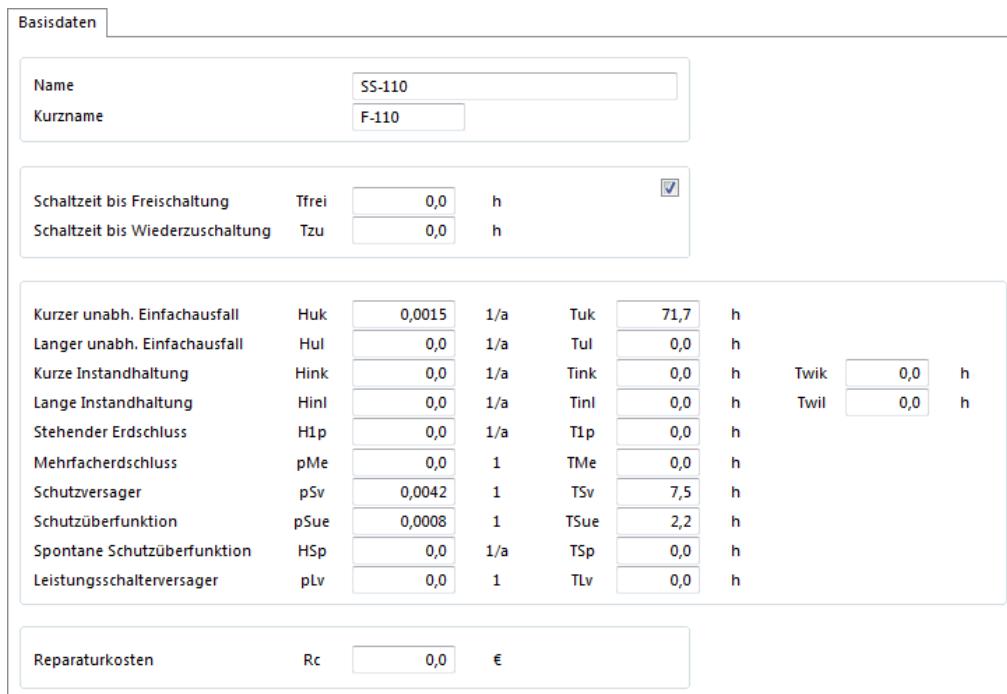
[Sammelschienentyp...](#)

Die Sammelschienentypdaten beinhalten Betriebssicherheitsdaten von Knoten und Sammelschienen. Die Sammelschienentypdaten sind immer in Zusammenhang mit Schaltfelddaten zu betrachten. Ergänzende Informationen zur Modellierung von Sammelschienen für die Zuverlässigkeitstabelle sind im Zuverlässigkeitshandbuch verfügbar.

Die Bearbeitung dieser Daten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Sammelschienentyp**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Sammelschienentyp ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Sammelschienentyp



Basisdaten																																																																												
Name	SS-110																																																																											
Kurzname	F-110																																																																											
Schaltzeit bis Freischaltung	Tfrei	0,0	h	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
Schaltzeit bis Wiederzuschaltung	Tzu	0,0	h																																																																									
<table border="1"> <tr> <td>Kurzer unabh. Einfachausfall</td> <td>Huk</td> <td>0,0015</td> <td>1/a</td> <td>Tuk</td> <td>71,7</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Langer unabh. Einfachausfall</td> <td>Hul</td> <td>0,0</td> <td>1/a</td> <td>Tul</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Kurze Instandhaltung</td> <td>Hink</td> <td>0,0</td> <td>1/a</td> <td>Tink</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Lange Instandhaltung</td> <td>Hinl</td> <td>0,0</td> <td>1/a</td> <td>Tinl</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Stehender Erdschluss</td> <td>H1p</td> <td>0,0</td> <td>1/a</td> <td>T1p</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Mehracherdschluss</td> <td>pMe</td> <td>0,0</td> <td>1</td> <td>TMe</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Schutzversager</td> <td>pSv</td> <td>0,0042</td> <td>1</td> <td>TSv</td> <td>7,5</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Schutzüberfunktion</td> <td>pSue</td> <td>0,0008</td> <td>1</td> <td>TSue</td> <td>2,2</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Spontane Schutzüberfunktion</td> <td>HSp</td> <td>0,0</td> <td>1/a</td> <td>TSp</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>Leistungsschalterversager</td> <td>pLv</td> <td>0,0</td> <td>1</td> <td>TLv</td> <td>0,0</td> <td>h</td> </tr> </table>							Kurzer unabh. Einfachausfall	Huk	0,0015	1/a	Tuk	71,7	h	Langer unabh. Einfachausfall	Hul	0,0	1/a	Tul	0,0	h	Kurze Instandhaltung	Hink	0,0	1/a	Tink	0,0	h	Lange Instandhaltung	Hinl	0,0	1/a	Tinl	0,0	h	Stehender Erdschluss	H1p	0,0	1/a	T1p	0,0	h	Mehracherdschluss	pMe	0,0	1	TMe	0,0	h	Schutzversager	pSv	0,0042	1	TSv	7,5	h	Schutzüberfunktion	pSue	0,0008	1	TSue	2,2	h	Spontane Schutzüberfunktion	HSp	0,0	1/a	TSp	0,0	h	Leistungsschalterversager	pLv	0,0	1	TLv	0,0	h
Kurzer unabh. Einfachausfall	Huk	0,0015	1/a	Tuk	71,7	h																																																																						
Langer unabh. Einfachausfall	Hul	0,0	1/a	Tul	0,0	h																																																																						
Kurze Instandhaltung	Hink	0,0	1/a	Tink	0,0	h																																																																						
Lange Instandhaltung	Hinl	0,0	1/a	Tinl	0,0	h																																																																						
Stehender Erdschluss	H1p	0,0	1/a	T1p	0,0	h																																																																						
Mehracherdschluss	pMe	0,0	1	TMe	0,0	h																																																																						
Schutzversager	pSv	0,0042	1	TSv	7,5	h																																																																						
Schutzüberfunktion	pSue	0,0008	1	TSue	2,2	h																																																																						
Spontane Schutzüberfunktion	HSp	0,0	1/a	TSp	0,0	h																																																																						
Leistungsschalterversager	pLv	0,0	1	TLv	0,0	h																																																																						
Reparaturkosten	Rc	0,0	€																																																																									

Bild: Basisdaten des Sammelschienentyps

Die **Schaltzeit bis Freischaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Freischaltung eines fehlerbetroffenen Netzelementes.

Die **Schaltzeit bis Wiederzuschaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Wiederinbetriebnahme eines durch den Schutzeingriff ausgeschalteten, aber selbst nicht fehlerbetroffenen Netzelementes.

Mit dem Optionsknopf wird die Eingabe der Schaltzeiten für Frei- und Wiederzuschaltung aktiviert. Falls diese Option deaktiviert ist, werden die Defaultwerte aus den [Zuverlässigkeitsparametern](#) verwendet.

Datenbeschreibung

Mit den Feldern **Fehlerrate** wird für die verschiedenen Ausfallarten die Anzahl der Unterbrechungen bezogen auf den Betrachtungszeitraum in der Einheit 1/a angegeben. Die Fehlerrate wird verwendet, um folgende Störungsgeschehen nachzubilden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Huk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Hul
- Kurze Instandhaltung – Hink
- Lange Instandhaltung – Hinl
- Stehender Erdschluss – H1p
- Mehrfacherdschluss – pMe
- Schutzversager – pSv
- Schutzüberfunktion – pSue
- Spontane Schutzüberfunktion – HSp
- Leistungsschalterversager – pLv

Die **Aus-Dauer** ist der Erwartungswert der Zeitspanne vom Störungseintritt bis zum Störungsende in Stunden für die verschiedenen Ausfallarten:

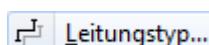
- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Tuk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Tul
- Kurze Instandhaltung – Tink
- Lange Instandhaltung – Tinl
- Stehender Erdschluss – T1p
- Mehrfacherdschluss – TMe
- Schutzversager – TSv
- Schutzüberfunktion – TSue
- Spontane Schutzüberfunktion – TSp
- Leistungsschalterversager – TLv

Für die Instandhaltung kann zusätzlich die **Dauer für die vorzeitige Wiederinbetriebnahme** bei Wartungsabbruch angegeben werden. Dies erfolgt über die Felder:

- Kurze Instandhaltung – Twik
- Lange Instandhaltung – Twil

Die **Reparaturkosten** sind jene Kosten, die bei einer Störung anfallen, um den Originalzustand wieder herzustellen. In der Zuverlässigkeitberechnung werden die jährlich anfallenden Reparaturkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

3.16.7 Leitungstyp



Die Betriebssicherheitsdaten von Leitungen werden in Form von Typdaten hinterlegt und durch Angabe des jeweiligen Typs auf die Leitungen weitergegeben. Ergänzende Informationen zur Modellierung von Leitungen für die Zuverlässigkeitberechnung sind im Zuverlässigkeitshandbuch verfügbar.

Die Bearbeitung dieser Daten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Leitungstyp**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Leitungstyp ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Leitungstyp

Name	F-110				
Kurzname	Fltg				
Überlastbarkeit Schutzfaktor Ianreg/Itherm Vs (kein) 0,0 1 Schaltzeit bis Freischaltung Tfrei 0,0 h Schaltzeit bis Wiederzuschaltung Tzu 0,0 h Schaltfelder Ja					
Kurzer unabh. Einfachausfall Huk 0,0031 1/a/km Tuk 9,5 h Langer unabh. Einfachausfall Hul 0,0 1/a/km Tul 0,0 h Common Mode Ausfall HCm 0,0021 1/a/km TCm 1,14 h Kurze Instandhaltung Hink 0,0 1/a Tink 0,0 h/km Twik 0,0 h Lange Instandhaltung Hinl 0,0 1/a Tinl 0,0 h/km Twil 0,0 h Stehender Erdschluss H1p 0,0013 1/a/km T1p 0,0 h Mehrfacherdenschluss pMe 0,0003 1/km TMe 4,4 h Schutzversager pSv 0,0042 1 TSv 7,5 h Schutzüberfunktion pSue 0,0008 1 TSue 2,2 h Spontane Schutzüberfunktion HSp 0,0 1/a TSp 0,0 h Leistungsschalterversager plv 0,0 1 TLv 0,0 h					
Reparaturkosten	Rc	0,0	€		

Bild: Basisdaten des Leitungstyps

Der **Schutzfaktor Ianreg/Itherm** eines Netzelementes kennzeichnet dessen zeitlich konstante Überlastbarkeit. Für die Zuverlässigkeit ist dies das Verhältnis von Anregestrom zu thermischen Grenzstrom. Über die **Überlastbarkeit** kann eine zeitlich variable Überlastbarkeit zugeordnet werden.

Die **Schaltzeit bis Freischaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Freischaltung eines fehlerbetroffenen Netzelementes.

Die **Schaltzeit bis Wiederzuschaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Wiederinbetriebnahme eines durch den Schutzeingriff ausgeschalteten, aber selbst nicht fehlerbetroffenen Netzelementes.

Mit dem Feld **Schaltfelder** legt man fest, ob Leitungen dieses Typs Schaltfelder an beiden Seiten besitzen.

Mit dem Optionsknopf wird die Eingabe der Schaltzeiten für Frei- und Wiederzuschaltung sowie der Schutzfaktor und die Schaltfelder aktiviert. Falls diese Option deaktiviert ist, werden die Defaultwerte aus den [Zuverlässigkeitsparametern](#) verwendet.

Datenbeschreibung

Mit den Feldern **Fehlerrate** wird für die verschiedenen Ausfallarten die Anzahl der Unterbrechungen bezogen auf den Betrachtungszeitraum in der Einheit 1/a angegeben. Die Fehlerrate wird verwendet, um folgende Störungsgeschehen nachzubilden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Huk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Hull
- Common Mode Ausfall – HCm
- Kurze Instandhaltung – Hink
- Lange Instandhaltung – Hinl
- Stehender Erdschluss – H1p
- Mehrfacherdschluss – pMe
- Schutzversager – pSv
- Schutzüberfunktion – pSue
- Spontane Schutzüberfunktion – HSp
- Leistungsschalterversager – pLv

Die **Aus-Dauer** ist der Erwartungswert der Zeitspanne vom Störungseintritt bis zum Störungsende in Stunden für die verschiedenen Ausfallarten:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Tuk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Tul
- Common Mode Ausfall – TCm
- Kurze Instandhaltung – Tink
- Lange Instandhaltung – Tinl
- Stehender Erdschluss – T1p
- Mehrfacherdschluss – TMe
- Schutzversager – TSv
- Schutzüberfunktion – TSue
- Spontane Schutzüberfunktion – TSp
- Leistungsschalterversager – TLv

Für die Instandhaltung kann zusätzlich die **Dauer für die vorzeitige Wiederinbetriebnahme** bei Wartungsabbruch angegeben werden. Dies erfolgt über die Felder:

- Kurze Instandhaltung – Twik
- Lange Instandhaltung – Twil

Die **Reparaturkosten** sind jene Kosten, die bei einer Störung anfallen, um den Originalzustand wieder herzustellen. In der Zuverlässigkeitberechnung werden die jährlich anfallenden Reparaturkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

3.16.8 Transformatortyp



Die Betriebssicherheitsdaten von Transformatoren werden in Form von Typdaten hinterlegt und durch Angabe des jeweiligen Typs auf die Transformatoren weitergegeben. Ergänzende Informationen zur Modellierung von Transformatoren für die Zuverlässigkeitberechnung sind im Zuverlässigkeitshandbuch verfügbar.

Die Bearbeitung dieser Daten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Transformatortyp**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Transformatortyp ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Transformatortyp

Name	T-110/MS		
Kurzname	T-110		
Überlastbarkeit Schutzfaktor Ianreg/Itherm Vs (kein) Schaltzeit bis Freischaltung Tfrei 0,0 h Schaltzeit bis Wiederzuschaltung Tzu 0,0 h Schaltfelder Ja			
Kurzer unabh. Einfachausfall Huk 0,01 1/a Tuk 54,4 h Langer unabh. Einfachausfall Hull 0,0 1/a Tul 0,0 h Kurze Instandhaltung Hink 0,0 1/a Tink 0,0 h Twik 0,0 h Lange Instandhaltung Hinl 0,0 1/a Tinl 0,0 h Twil 0,0 h Stehender Erdschluss H1p 0,0013 1/a T1p 0,0 h Mehrfacherdschluss pMe 0,0022 1 TMe 6,0 h Schutzversager pSv 0,0042 1 TSv 7,5 h Schutzüberfunktion pSue 0,0008 1 TSue 2,2 h Spontane Schutzüberfunktion pSp 0,0 1/a TSp 0,0 h Leistungsschalterversager pLv 0,0 1 TLv 0,0 h			
Reparaturkosten	Rc	0,0	€

Bild: Basisdaten des Transformatortyps

Der **Schutzfaktor Ianreg/Itherm** eines Netzelementes kennzeichnet dessen zeitlich konstante Überlastbarkeit. Für die Zuverlässigkeit ist dies das Verhältnis von Anregestrom zu thermischen Grenzstrom. Über die **Überlastbarkeit** kann eine zeitlich variable Überlastbarkeit zugeordnet werden.

Die **Schaltzeit bis Freischaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Freischaltung eines fehlerbetroffenen Netzelementes.

Die **Schaltzeit bis Wiederzuschaltung** ist die Zeitdauer vom Störungseintritt bis zur Wiederinbetriebnahme eines durch den Schutzeingriff ausgeschalteten, aber selbst nicht fehlerbetroffenen Netzelementes.

Mit dem Feld **Schaltfelder** legt man fest, ob Leitungen dieses Typs Schaltfelder an beiden Seiten besitzen.

Mit dem Optionsknopf wird die Eingabe der Schaltzeiten für Frei- und Wiederzuschaltung sowie der Schutzfaktor und die Schaltfelder aktiviert. Falls diese Option deaktiviert ist, werden die Defaultwerte aus den [Zuverlässigkeitsparametern](#) verwendet.

Datenbeschreibung

Mit den Feldern **Fehlerrate** wird für die verschiedenen Ausfallarten die Anzahl der Unterbrechungen bezogen auf den Betrachtungszeitraum in der Einheit 1/a angegeben. Die Fehlerrate wird verwendet, um folgende Störungsgeschehen nachzubilden:

- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Huk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Hul
- Kurze Instandhaltung – Hink
- Lange Instandhaltung – Hinl
- Stehender Erdschluss – H1p
- Mehrfacherdschluss – pMe
- Schutzversager – pSv
- Schutzüberfunktion – pSue
- Spontane Schutzüberfunktion – HSp
- Leistungsschalterversager – pLv

Die **Aus-Dauer** ist der Erwartungswert der Zeitspanne vom Störungseintritt bis zum Störungsende in Stunden für die verschiedenen Ausfallarten:

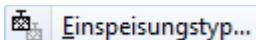
- Kurzer unabhängiger Einfachausfall – Tuk
- Langer unabhängiger Einfachausfall – Tul
- Kurze Instandhaltung – Tink
- Lange Instandhaltung – Tinl
- Stehender Erdschluss – T1p
- Mehrfacherdschluss – TMe
- Schutzversager – TSv
- Schutzüberfunktion – TSue
- Spontane Schutzüberfunktion – TSp
- Leistungsschalterversager – TLv

Für die Instandhaltung kann zusätzlich die **Dauer für die vorzeitige Wiederinbetriebnahme** bei Wartungsabbruch angegeben werden. Dies erfolgt über die Felder:

- Kurze Instandhaltung – Twik
- Lange Instandhaltung – Twil

Die **Reparaturkosten** sind jene Kosten, die bei einer Störung anfallen, um den Originalzustand wieder herzustellen. In der Zuverlässigkeitberechnung werden die jährlich anfallenden Reparaturkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

3.16.9 Einspeisungstyp



Die Betriebssicherheitsdaten von Einspeisungen werden in Form von Typdaten hinterlegt und durch Angabe des jeweiligen Typs auf die Einspeisungen weitergegeben. Diese Daten gelten für Netzeinspeisungen, Kraftwerksblöcke und Synchronmaschinen. Ergänzende Informationen zur Modellierung von Einspeisungen für die Zuverlässigkeitberechnung sind im Zuverlässigkeitshandbuch verfügbar.

Die Bearbeitung dieser Daten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Einspeisungstyp**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für den Einspeisungstyp ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Einspeisungstyp

Basisdaten					
Name	ESP-B				
Kurzname	EI				
Zustandsmodell	2-Zustandsmodell				
Unabh. Einfachausfall - Fehlerrate	Hu	0,004	1/a		
Unabh. Einfachausfall - Aus-Dauer	Tu	8,0	h		
1/Anforderungs. - Zust. Bedarf	Tbed	0,0	h		
1/Anforderungs. - Zust. kein Bedarf	Tkbed	0,0	h		
Ausfallsrate	VAf	0,0	1/h		
Instandsetzungsrate	VInst	0,0	1/h		
Abschaltrate im gestörten Betrieb	VAb	0,0	1/h		
Wahrscheinlichkeit Startversager	pVer	0,0	%		
Wahrscheinlichkeit Sofortabschalt.	pAb	0,0	%		
Anfahrzeit	Tz	0,0	h		
Reparaturkosten	Rc	0,0	€		

Bild: Basisdaten des Einspeisungstyps

Mit dem Feld **Zustandsmodell** wird die Nachbildung der Einspeisung für die Zuverlässigkeit definiert.

2-Zustandsmodell

Mit der Fehlerrate wird die Anzahl der Unterbrechungen bezogen auf den Betrachtungszeitraum in der Einheit 1/a angegeben. Die Fehlerrate wird verwendet, um folgende Störungsgeschehen nachzubilden:

- Unabhängiger Einfachausfall

Datenbeschreibung

Die **Aus-Dauer** ist der Erwartungswert der Zeitspanne vom Störungseintritt bis zum Störungsende in Stunden für die verschiedenen Ausfallarten:

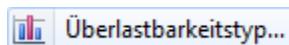
- Unabhängiger Einfachausfall

6-Zustandsmodell

Mit den Feldern **1/Anforderungsrate – Zustand Bedarf**, **1/Anforderungsrate – Zustand kein Bedarf**, **Ausfallsrate**, **Instandsetzungsrate**, **Abschaltrate im gestörten Betrieb**, **Wahrscheinlichkeit Startversager**, **Wahrscheinlichkeit Sofortabschaltung** und **Anfahrzeit** wird die Einspeisung im 6-Zustandsmodell nachgebildet. Damit können alle in der Praxis auftretende Zustände einer Einspeisung (Betrieb, Reparatur, Bedarf, Anfahren, Startversagen und Betrieb im gestörten Zustand) nachgebildet werden.

Die **Reparaturkosten** sind jene Kosten, die bei einer Störung anfallen, um den Originalzustand wieder herzustellen. In der Zuverlässigkeitberechnung werden die jährlich anfallenden Reparaturkosten in Abhängigkeit der Störungen ermittelt.

3.16.10 Überlastbarkeitstyp



Mit diesen Daten können zeitabhängige Überlastbarkeitstypen für Betriebsmittel vorgegeben werden.

Die Bearbeitung der Überlastbarkeitstypdaten erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Überlastbarkeitstyp**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für Überlastbarkeitstyp ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Überlastbarkeitstyp

Basisdaten			
Name	UE1		
Kurzname			
Faktor 1. Zeitstufe	f1	1,0	1
Dauer 1. Zeitstufe	T1	0,0	h
Faktor 2. Zeitstufe	f2	1,0	1
Dauer 2. Zeitstufe	T2	0,0	h
Faktor 3. Zeitstufe	f3	1,0	1
Dauer 3. Zeitstufe	T3	0,0	h
Faktor dauernd	fD	1,0	1

Bild: Basisdaten des Überlastbarkeitstyps

Mit den Feldern **Faktor** und **Dauer** für die **1. bis 3. Zeitstufe** und **Faktor dauernd** wird der zeitliche Verlauf der Belastbarkeit angegeben.

3.16.11 Bedingte Schaltmaßnahmen



Mit diesem Datensatz können bedingte Schalthandlungen zur Erlangung der Wiederversorgung definiert werden. Die Schalthandlung kann maximal mit 5 Bedingungen versehen werden. Die Berücksichtigung der Bedingungen ist unabhängig von der Eingabereihenfolge.

Die Bearbeitung der bedingten Schaltmaßnahmen erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Bedingte Schaltmaßnahmen**. Es erscheint eine Datenmaske mit einem Browser. Eine allgemeine Beschreibung dazu finden Sie im Kapitel Spezielle Maske mit Browser.

Eine Übersicht der Felder für die Schaltmaßnahmen ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Bedingte Schaltmaßnahmen

The screenshot shows the 'Bedingte Schaltmaßnahmen' data entry screen. At the top, there are tabs for 'Basisdaten' (selected), '1. Beding.', '2. Beding.', '3. Beding.', '4. Beding.', and '5. Beding.'. Below the tabs, there are two main sections:

- Name:** BZ
Kurzname der Bedingung:
- Art der Zuordnung:** Knoten
Knoten: (kein)
Knoten/Schiene: (kein)
Priorität: Normal
Dauer: t 0,0 h

Below these sections is a summary table:

Bedingung	Wert
1. Bedingung	(kein)
2. Bedingung	(kein)
3. Bedingung	(kein)
4. Bedingung	(kein)
5. Bedingung	(kein)

Bild: Basisdaten der bedingten Schaltmaßnahme

Über die Felder **Art der Zuordnung**, **Knoten**, **Knoten/Schiene** und **Element** wird zwischen bedingtem Sammelschienenwechsel und bedingter Schalthandlung bei einem Element unterschieden.

Mit den Feldern **Schaltart**, **Priorität** und **Dauer** wird die Schaltung während des Störungsgeschehens detailliert festgelegt.

1. Bedingung Bedingte Schaltmaßnahmen



Bild: 1. Bedingte Schaltmaßnahme

Mit dem Feld **Art Bedingung 1** wird zwischen einer Bedingung auf eine Sammelschiene oder auf ein Element unterschieden.

Das Feld **Knoten 1** legt den Knoten für die erste Bedingung fest.

Über **Gültigkeit Knoten 1** wird festgelegt, ob **Zustand Knoten 1** vor, nach oder vor und nach der Schalthandlung erfüllt sein muss.

Die Felder **Min. Versorgungsgrad 1** und **Max. Versorgungsgrad 1** legen zusätzliche Randwerte fest.

Das Feld **Element 1** legt das Element für die erste Bedingung fest.

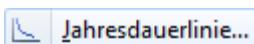
Über **Gültigkeit Element 1** wird festgelegt, ob **Zustand Element 1** vor, nach oder vor und nach der Schalthandlung erfüllt sein muss.

Die Felder **Min. Belastungsgrad 1** und **Max. Belastungsgrad 1** legen zusätzliche Randwerte fest.

2. bis 5. Bedingung Bedingte Schaltmaßnahmen

Die Bedingungen 2 bis 5 werden analog zur [1. Bedingung](#) definiert.

3.16.12 Jahresdauerlinie



Die Jahresdauerlinien beinhalten die normierten Lastdauern innerhalb eines Jahres und deren Kostenstruktur für Versorgungsunterbrechungen. Die Summe der Lastdauern muss daher immer 8.760 Stunden betragen.

Die Angabe der Kostenstruktur ist zur Ermittlung der Betriebssicherheit nicht notwendig. Bei Angabe der Kosten werden jedoch mit Hilfe der ermittelten Ausfallszeiten die dadurch entstehenden jährlichen Kosten von Versorgungsunterbrechungen berechnet.

Die Bearbeitung der Jahresdauerlinien erfolgt über den Menüpunkt **Daten – Zuverlässigkeit – Jahresdauerlinie**.

Die Jahresdauerlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Jahresdauerlinienwerten definiert. Die Eingabe von Jahresdauerlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Jahresdauerlinie und die Jahresdauerlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Jahresdauerlinie

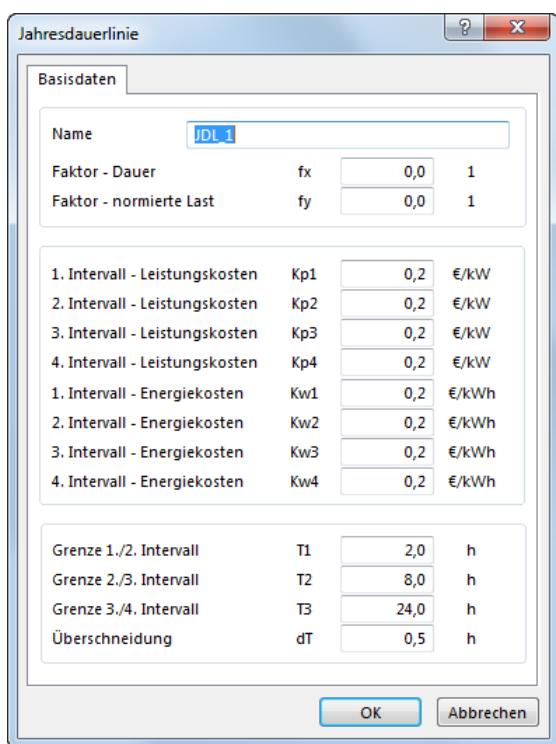


Bild: Basisdaten für Jahresdauerlinie

Mit den Feldern **Faktor – normierte Last** und **Faktor – Dauer** werden alle Punkte der Jahresdauerlinie multiplikativ beaufschlagt.

Die Zuordnung der aktuellen Unterbrechungskosten erfolgt über die von der Zuverlässigkeitsberechnung ermittelte Unterbrechungsdauer und den **Leistungs- und Energiekosten** für das jeweilige **Intervall**. Das 1. Intervall ist nach unten, das 4. Intervall ist nach oben hin offen.

Mit den Feldern **Dauer für 1 nach 2, für 2 nach 3, 3 nach 4** und **Überschneidung** werden die vier Intervalle festgelegt.

Jahresdauerlinienwerte

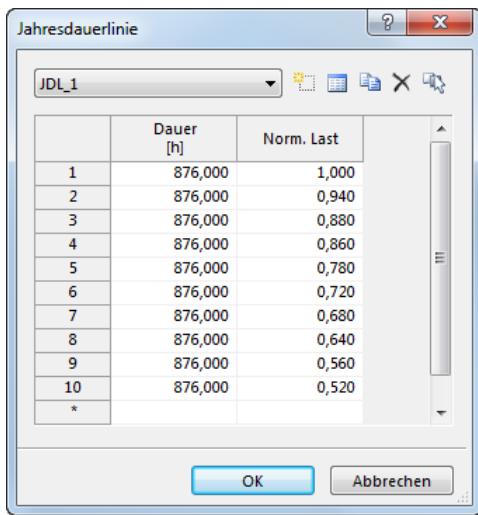


Bild: Jahresdauerlinienwerte

Mit den Feldern **Dauer** und **Normierte Last** wird ein Punkt der Jahresdauerlinie festgelegt.

Ergänzende Informationen zu den Jahresdauerlinien für die Zuverlässigkeitssberechnung sind im Zuverlässigkeitshandbuch verfügbar.

3.17 Stationen und Trassen

Mit Hilfe von Stationen und Trassen können Beziehungen und Strukturen im Netz dokumentiert werden. Diese Datenstrukturen sind optional und werden von den herkömmlichen Elektronetz-Berechnungsmethoden (z.B. Lastfluss, Kurzschluss usw.) nicht berücksichtigt.

Diese Datenstrukturen werden allerdings für die Wirtschaftlichkeitsberechnung benötigt, da hier die Bewertung und Auflistung von Kosten anhand der im Netz vorliegenden Strukturen erfolgt.

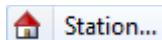
Folgende Daten sind verfügbar:

- [Station](#)
- [Feld](#)
- [Betriebsmittel](#)
- [Trasse](#)
- [Trassenknoten](#)

Diese Datenstrukturen sind hierarchisch strukturiert. D.h. einer Station können beliebige Felder zugeordnet werden. Einem Feld wiederum können Betriebsmittel zugeordnet werden. Zur Bearbeitung dieser komplexen Datenstrukturen steht in PSS SINCAL ein spezielles Hilfsmittel zur Verfügung – der Stationsbrowser.

Zur einfacheren Bedienung steht in PSS SINCAL die Symbolleiste Stationen und Trassen zur Verfügung.

3.17.1 Station



Eine Station ist ein aus Netzbetriebssicht geografischer Ort, an dem Netzbetriebsmittel zusammengefasst und verknüpft sind.

Die Bearbeitung von Stationen erfolgt im Stationsbrowser, welcher über den Menüpunkt **Einfügen – Station** geöffnet werden kann.

Eine Übersicht der Felder für die Station ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Station

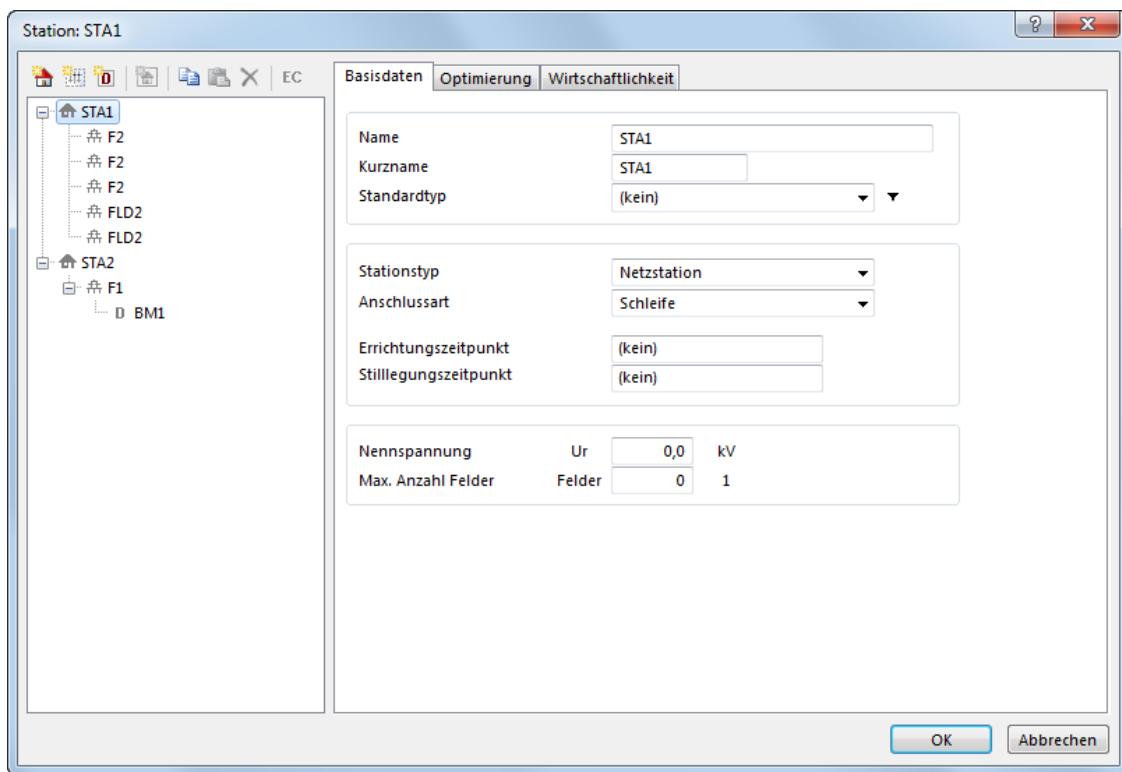


Bild: Datenmaske Station – Basisdaten

Über die Felder **Name** und **Kurzname** kann der Station ein beliebiger Name zugeordnet werden. Diese werden in den Bearbeitungsmasken, Ergebnisprotokollen und Berichten angezeigt.

Über den **Standardtyp** können die Daten der Station aus einer lokalen Standardtypdatenbank entnommen werden. Je nach Art der Funktion im Netzbetrieb unterscheidet man im Feld **Stationstyp** zwischen **Netzstation**, **Umspannstation**, **Schaltstation**, **Allgemeine Station** und **Verteilnetzstation**.

Im Feld **Anschlussart** wird festgelegt, ob die Station über eine einzelne Leitung (Stich) oder über zwei Leitungen (Schleife) angeschlossen wird.

Datenbeschreibung

Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen die Station in Betrieb geht bzw. stillgelegt wird.

Mit dem Feld **Nennspannung** kann der Station eine Spannung als Kriterium für weitere Berechnungsmethoden zugeordnet werden. So sind beispielsweise in einer Umspannstation mehrere verschiedene Spannungsebenen vorhanden, aus denen nicht automatisch ermittelt werden kann, welche für weitere Berechnungen herangezogen werden sollen.

Die **Maximale Anzahl der Felder** definiert, wie viele Felder physikalisch in der Station möglich sind. Dieses Feld wird derzeit nur zu Dokumentationszwecken verwendet.

Eine detaillierte Beschreibungen zur Station ist im Handbuch Wirtschaftlichkeit, Kapitel Verfahren Wirtschaftlichkeit zu finden.

Optimierung Station

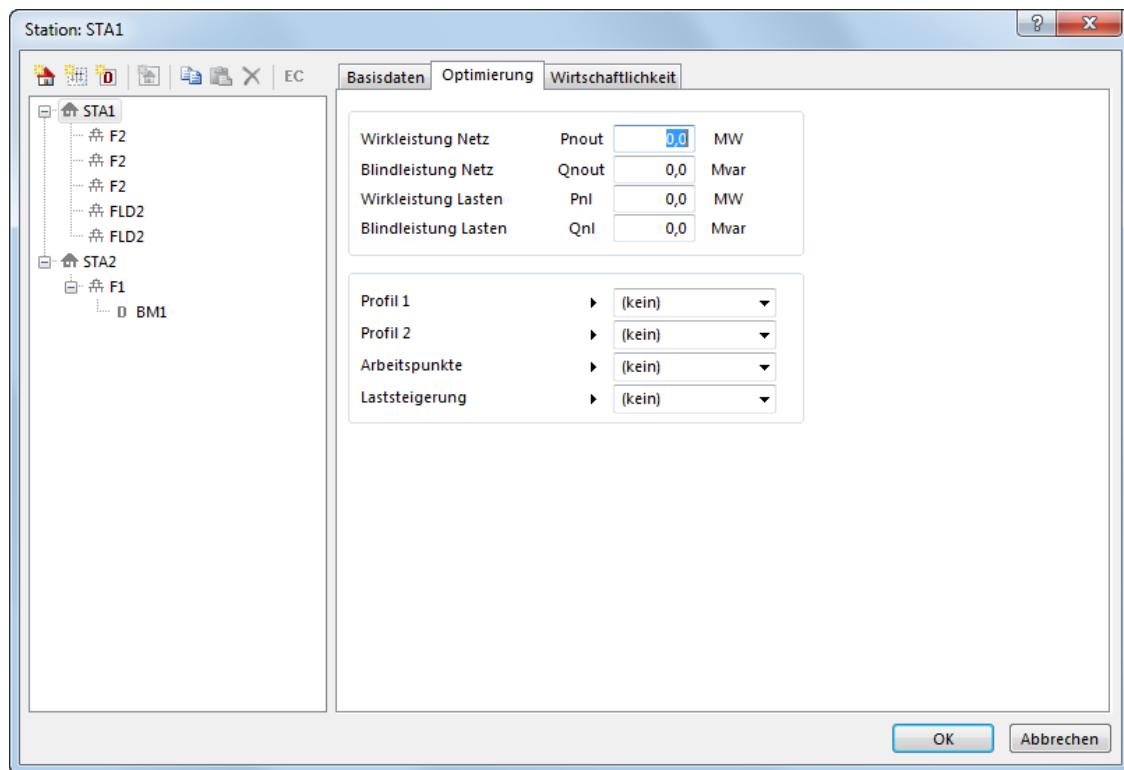


Bild: Datenmaske Station – Optimierung

Mit den Feldern **Wirkleistung Netz** und **Blindleistung Netz** wird jene Leistung festgelegt, die vom übergeordneten Netz bezogen werden kann.

Mit den Feldern **Wirkleistung Lasten** und **Blindleistung Lasten** wird die Summe der Leistung der angeschlossenen Lasten festgelegt.

Mit den Feldern **Profil 1** und **Profil 2** werden zeitliche Verläufe für die Lastprofilberechnung vorgegeben.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann eine Folge von Arbeitspunkten für die Lastprofilberechnung vorgegeben werden.

Mit dem Feld **Laststeigerung** werden zeitliche Leistungsdaten für die Lastentwicklungs berechnung vorgegeben.

Wirtschaftlichkeit Station

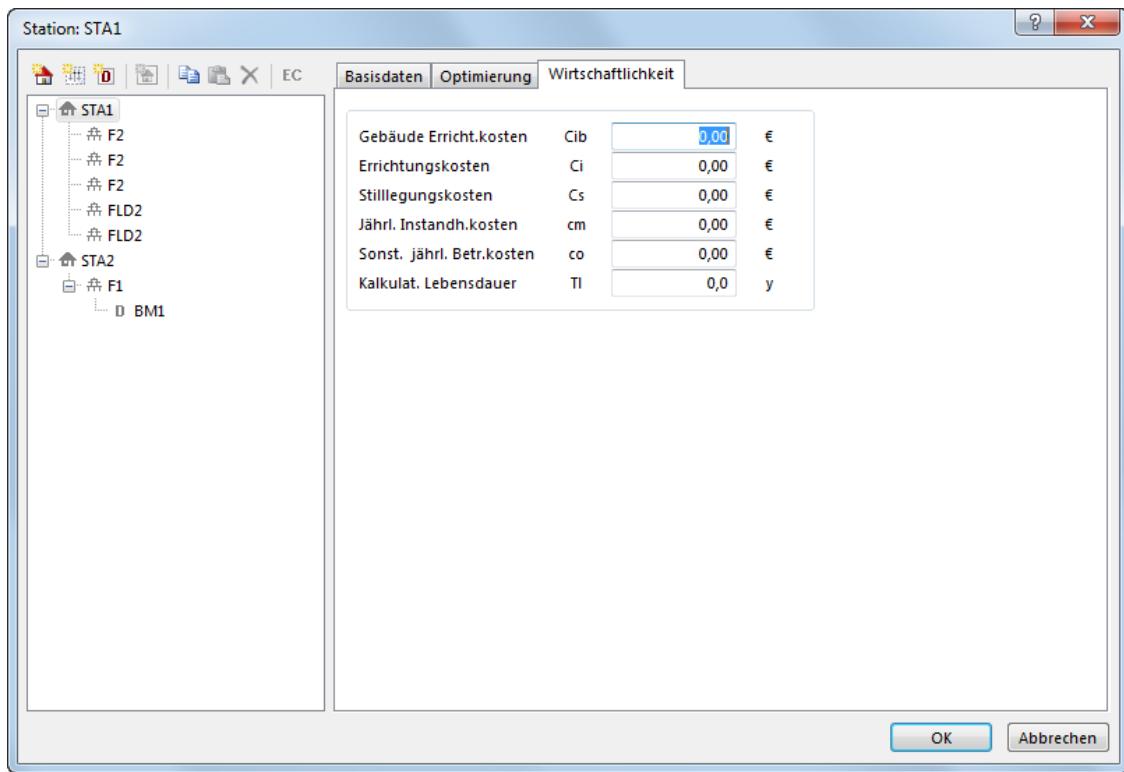


Bild: Datenmaske Station – Wirtschaftlichkeit

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung angegeben.

Das Feld **Gebäude Errichtungskosten** beinhaltet jene Kosten, die zur Errichtung des Stationsgebäudes notwendig sind.

Das Feld **Errichtungskosten** beinhaltet jene Kosten, die zur erstmaligen Errichtung des Netzelementes notwendig sind.

Das Feld **Stilllegungskosten** beinhaltet jene Kosten, die zur Stilllegung des gesamten Netzelementes aufgewendet werden.

In den Feldern **jährliche Instandhaltungskosten** und **sonstige jährliche Betriebskosten** werden die Kosten für die Aufrechterhaltung des Betriebes eingegeben.

Das Feld **Kalkulatorische Lebensdauer** dient zur Eingabe der voraussichtlichen Lebensdauer des Netzelementes.

3.17.2 Feld

Ein Feld dient der vereinfachten Eingabe von Betriebsmittel-Gruppierungen und deren Anschlüssen (wie z.B. Sammelschienenmodul oder Kabelanschlussraum).

Die Bearbeitung von Feldern erfolgt im Stationsbrowser, welcher über den Menüpunkt **Einfügen – Station** geöffnet werden kann.

Eine Übersicht der Felder für das Feld ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Feld

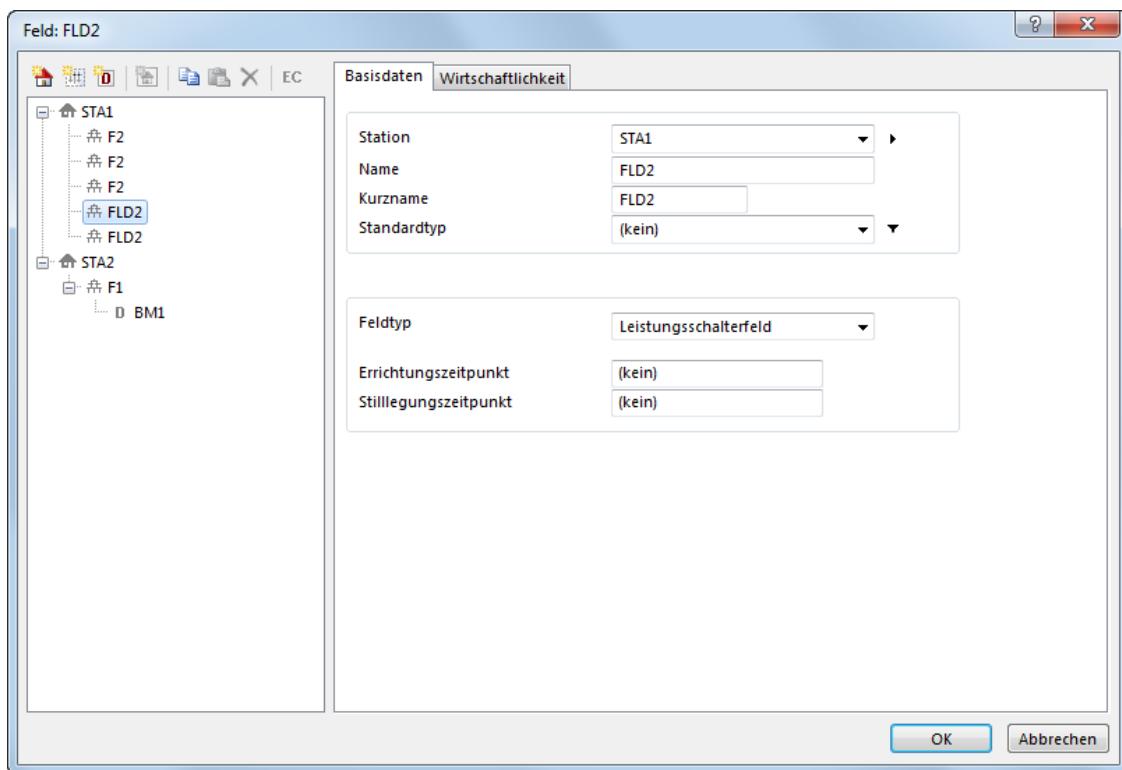


Bild: Datenmaske Feld – Basisdaten

Über das Eingabefeld **Station** wird die Zuordnung zur übergeordneten Station hergestellt.

Über die Felder **Name** und **Kurzname** kann dem Feld ein beliebiger Name zugeordnet werden. Diese werden in den Bearbeitungsmasken, Ergebnisprotokollen und Berichten angezeigt.

Über den **Standardtyp** können die Daten des Feldes aus einer lokalen Standardtypdatenbank entnommen werden.

Je nach Zuordnung unterscheidet man beim **Feldtyp** zwischen **Leistungsschalterfeld**, **Trennschalterfeld**, **Kuppelfeld** und **Messfeld**.

Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen das Schaltfeld fertig gestellt bzw. stillgelegt wird.

Eine detaillierte Beschreibungen zum Feld ist im Handbuch Wirtschaftlichkeit, Kapitel Verfahren Wirtschaftlichkeit zu finden.

Wirtschaftlichkeit Feld

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für das Feld sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.17.3 Betriebsmittel

Ein Betriebsmittel ist eine Funktionseinheit, die dem Aufrechterhalt des Netzbetriebes dient. Betriebsmittel stellen medienunspezifische Funktionseinheiten dar, die über keine elektrischen Eigenschaften verfügen (z.B. Liegenschaften, Einrichtungen).

Die Bearbeitung von Betriebsmitteln erfolgt im Stationsbrowser, welcher über den Menüpunkt **Einfügen – Station** geöffnet werden kann.

Eine Übersicht der Felder für die Betriebsmittel ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Betriebsmittel

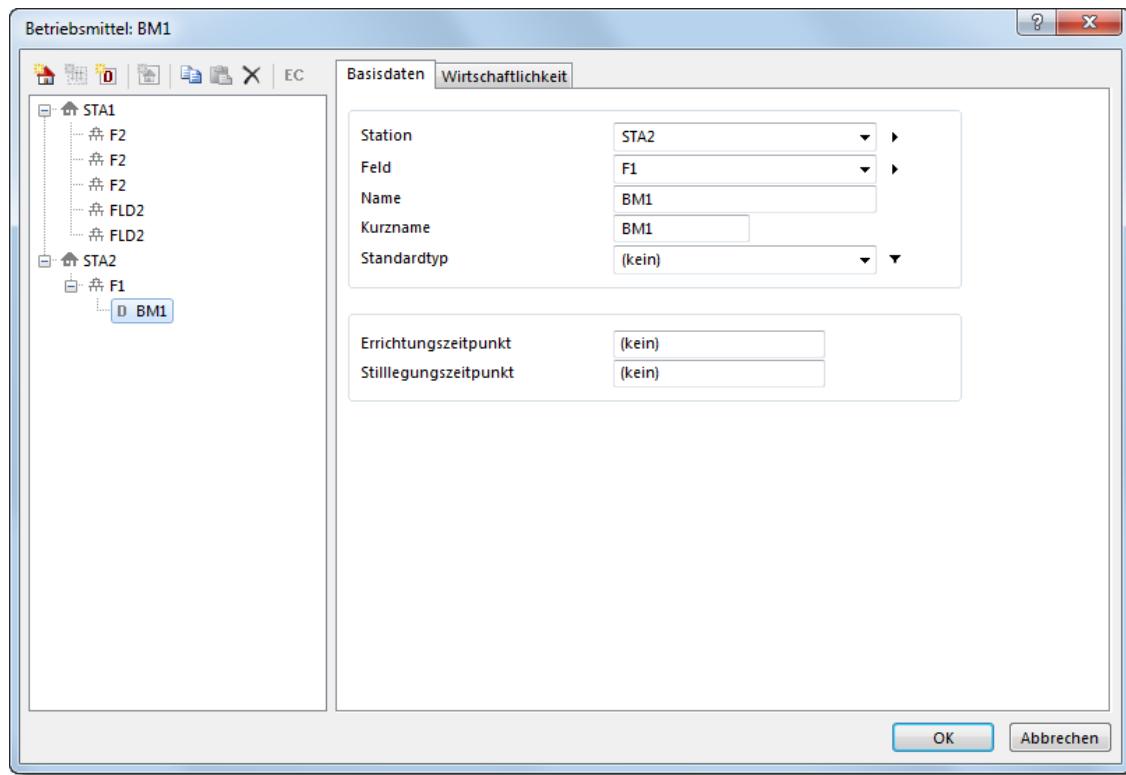


Bild: Datenmaske Betriebsmittel – Basisdaten

Über die Eingabefelder **Station** und **Feld** wird die Zuordnung zur übergeordneten Station/Feld hergestellt.

Datenbeschreibung

Über die Felder **Name** und **Kurzname** kann dem Betriebsmittel ein beliebiger Name zugeordnet werden. Diese werden in den Bearbeitungsmasken, Ergebnisprotokollen und Berichten angezeigt.

Über den **Standardtyp** können die Daten des Betriebsmittels aus einer lokalen Standardtypdatenbank entnommen werden.

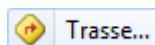
Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen das Betriebsmittel fertig gestellt bzw. stillgelegt wird.

Eine detaillierte Beschreibungen zum Betriebsmittel ist im Handbuch Wirtschaftlichkeit, Kapitel Verfahren Wirtschaftlichkeit zu finden.

Wirtschaftlichkeit Betriebsmittel

Die Wirtschaftlichkeitsdaten für die Betriebsmittel sind unter [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#) beschrieben.

3.17.4 Trasse



Eine Trasse bildet die Grundlage für die Verlegung von Leitungen.

Die Bearbeitung von Trassen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Trasse**.

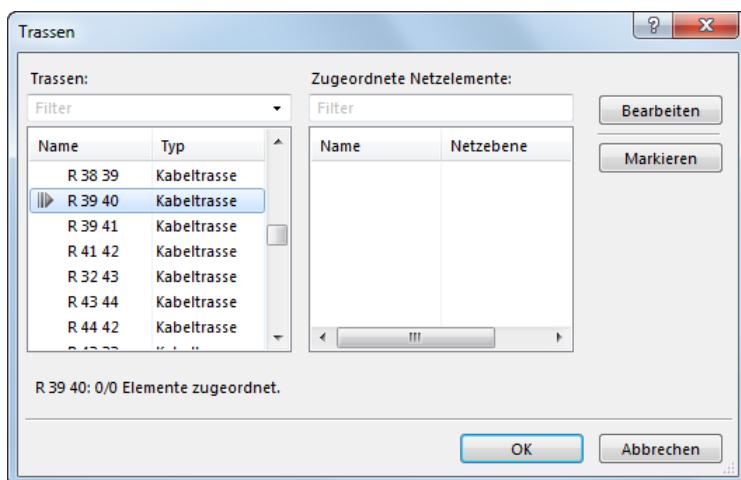


Bild: Dialog Trassen

Der Dialog enthält zwei Auswahllisten. In der Auswahlliste **Trassen** werden alle verfügbaren Trassen aufgelistet. Die Auswahliste **Zugeordnete Netzelemente** beinhaltet alle der gewählten Trasse zugeordneten Leitungen. Die Leitungen in dieser Auswahlliste werden gekennzeichnet, sofern diese im Grafikeditor markiert sind. Damit kann die Zuordnung von Leitungen überprüft werden.

Die Listeneinträge können bequem über das Eingabefeld **Filter** temporär reduziert werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunter liegenden Auswahlliste. Hierbei ist jedoch die Groß- und Kleinschreibung zu beachten. Eine Besonderheit bietet der Knopf im Eingabefeld. Durch Drücken dieses Knopfes erscheint ein Menü, mit dem das Filterkriterium gewählt werden kann.

Durch Klicken des Knopfes **Bearbeiten** kann die **Datenmaske Trasse** zur Bearbeitung geöffnet werden. Dies ist auch durch Doppelklick auf die gewünschte Trasse möglich.

Mit dem Knopf **Markieren** können die gewählte Trasse oder Leitungen, die einer Trasse zugeordnet sind, im Grafikeditor markiert werden.

Eine Übersicht der Felder für die Trasse ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Trasse

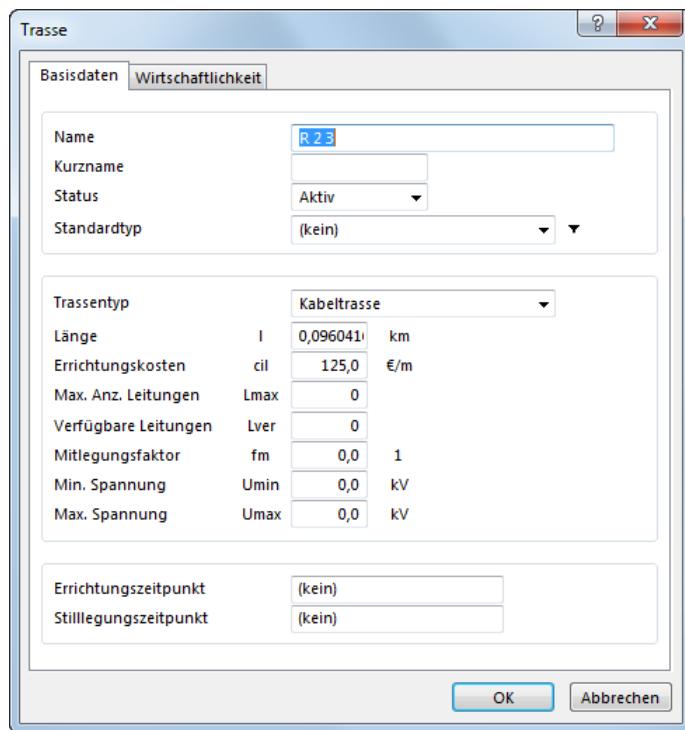


Bild: Datenmaske Trasse – Basisdaten

Über die Felder **Name** und **Kurzname** kann der Trasse ein beliebiger Name zugeordnet werden. Diese werden in den Bearbeitungsmasken, Ergebnisprotokollen und Berichten angezeigt.

Über das Feld **Status** kann definiert werden, ob die Trasse geschlossen oder aktiv ist. Geschlossene Trassen werden von den Berechnungsmethoden (automatisches Routing) nicht berücksichtigt.

Über den **Standardtyp** können die Daten der Trasse aus einer lokalen Standardtypdatenbank entnommen werden.

Über das Feld **Trassentyp** wird zwischen einer Kabeltrasse oder einer Leitungstrasse gewählt werden.

Datenbeschreibung

Die **Länge** der Trasse sowie deren **Errichtungskosten** können ebenfalls angegeben werden.

Mit dem Attribut **Max. Anzahl Leitungen** wird definiert, wie viele Leitungen maximal in der Trasse verlegt werden können.

Mit dem Feld **Verfügbare Leitungen** wird definiert, wie viele unbenutzte Leitungen in der Trasse verfügbar sind. Die verfügbaren unbenutzten Leitungen werden von den Optimier- und Routingberechnungen bevorzugt verwendet, da hier keine Verlegungskosten auftreten.

Über den **Mitlegungsfaktor** wird definiert, wie viele zusätzliche Leitungen bei Errichtung oder beim Öffnen der Trasse verlegt werden. Dieser Faktor wird nur für Optimierungsberechnungen herangezogen.

Die Felder **Min. Spannung** und **Max. Spannung** kennzeichnen den zulässigen Spannungsbereich der Trasse.

Mit den Feldern **Errichtungszeitpunkt** und **Stilllegungszeitpunkt** werden jene Zeitpunkte definiert, an denen die Trasse fertig gestellt bzw. stillgelegt wird.

Eine detaillierte Beschreibungen zur Trasse ist im Handbuch Wirtschaftlichkeit, Kapitel Verfahren Wirtschaftlichkeit zu finden.

Wirtschaftlichkeit Trasse

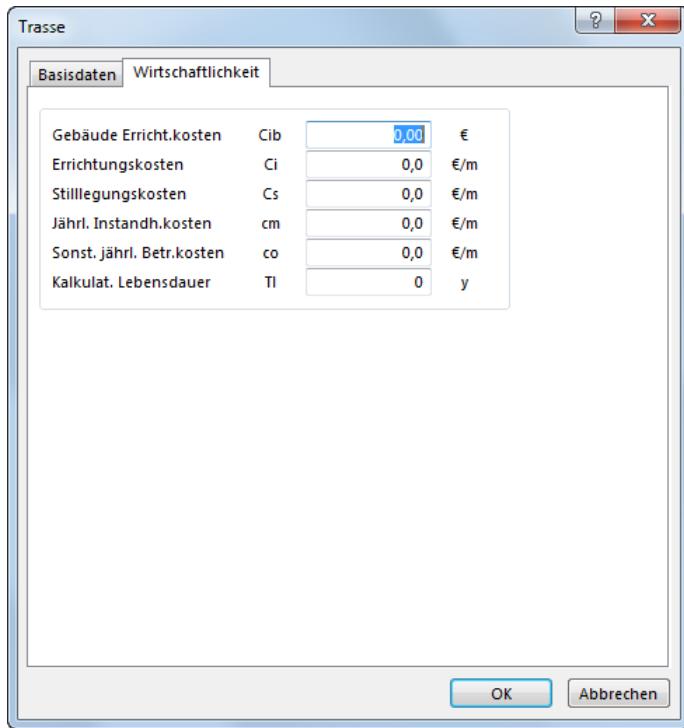


Bild: Datenmaske Trasse – Wirtschaftlichkeit

Die Felder **Errichtungskosten** und **Gebäude Errichtungskosten** beinhalten jene Kosten, die zur erstmaligen Errichtung des Netzelementes notwendig sind.

Das Feld **Stilllegungskosten** beinhaltet jene Kosten, die zur Stilllegung des gesamten Netzelementes aufgewendet werden.

In den Feldern **jährliche Instandhaltungskosten** und **sonstige jährliche Betriebskosten** werden die Kosten für die Aufrechterhaltung des Betriebes eingegeben.

Achtung: Die Kosten für die Felder **Errichtungskosten**, **Stilllegungskosten**, **Jährliche Instandhaltungskosten** und **Sonstige jährliche Betriebskosten** sind pro Länge anzugeben.

Das Feld **Kalkulatorische Lebensdauer** dient zur Eingabe der voraussichtlichen Lebensdauer des Netzelementes.

3.17.5 Trassenknoten

Der Trassenknoten wird benötigt, um eine Verbindung zur Station herzustellen.

Die Bearbeitung der Trassenknoten erfolgt über den Menüpunkt **Netzdaten (Trassenknoten)** im Kontextmenü des Knotens einer Trasse.

Eine Übersicht der Felder für den Trassenknoten ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Trassenknoten

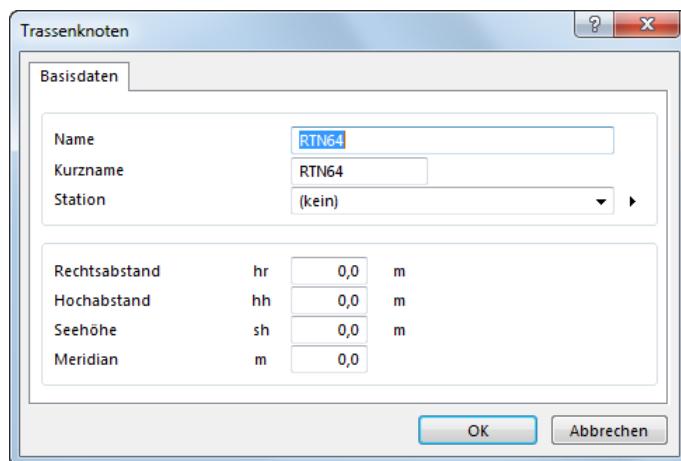


Bild: Datenmaske Trassenknoten

Über die Felder **Name** und **Kurzname** kann dem Trassenknoten ein beliebiger Name zugeordnet werden.

Die folgenden Felder dienen ausschließlich zur geografischen Lagebestimmung des Trassenknotens:

- **Rechtsabstand:**
Der Rechtsabstand ist der Abstand des Trassenknotens vom Meridian.
- **Hochabstand:**
Der Hochabstand wird vom Äquator gemessen.
- **Seehöhe:**
Die Seehöhe bestimmt die Höhe des Trassenknotens über den Meeresspiegel.

- Meridian

3.18 Wirtschaftlichkeit

Folgende Daten sind verfügbar:

- [Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente](#)

3.18.1 Allgemeine Wirtschaftlichkeitsdaten für Netzelemente

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung angegeben.

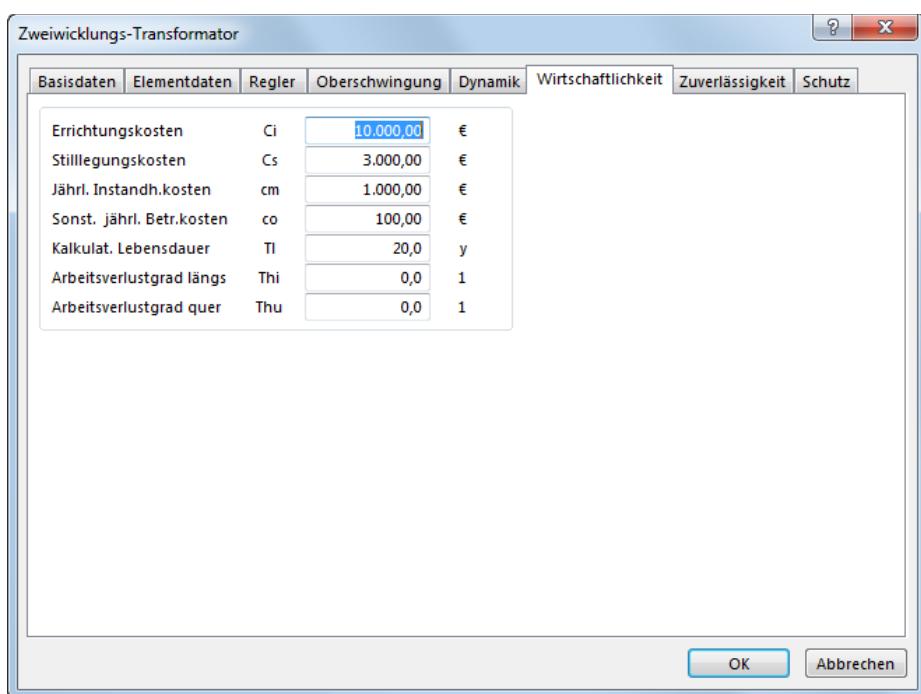


Bild: Zweiwicklungs-Transformator mit Wirtschaftlichkeitsdaten

Das Feld **Errichtungskosten** beinhaltet jene Kosten, die zur erstmaligen Errichtung des Netzelementes notwendig sind.

Das Feld **Stilllegungskosten** beinhaltet jene Kosten, die zur Stilllegung des gesamten Netzelementes aufgewendet werden.

In den Feldern **jährliche Instandhaltungskosten** und **sonstige jährliche Betriebskosten** werden die Kosten für die Aufrechterhaltung des Betriebes eingegeben.

Das Feld **Kalkulatorische Lebensdauer** dient zur Eingabe der voraussichtlichen Lebensdauer des Netzelementes.

Die Felder **Arbeitsverlustgrad längs** und **Arbeitsverlustgrad quer** sind Bewertungsfaktoren für die durch das Verteilungsnetz verursachten elektrischen Wirk- und Blindleistungsverluste.

Achtung: Die Kosten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden bei allen Netzelementen immer absolut eingegeben (unabhängig von der Länge des Netzelementes).