SIEMENS

PSS[®]SINCAL 10.5 Ausfallanalyse

Automatische Berechnung von Ausfällen und deren Auswirkungen in elektrischen Netzen

Herausgegeben von SIEMENS AG Freyeslebenstraße 1, 91058 Erlangen

Vorwor

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 Ausfallanalyse	1
2.	Verfahren Ausfallanalyse	2
2.1	Ausfallbehaftete Elemente	3
2.2	Ermittlung der Ausfälle	3
2.3	Bewertung der Ausfälle	6
2.3.1	Violation Performance Indices (VPI)	6
2.3.2	Voranalyse Spannungsbewertung	7
2.4	Erzielbare Vorteile für den Netzbetreiber	9
3.	Anwendungsbeispiel für Ausfallanalyse	10
3.1	Voreinstellen der Berechnungsparameter	10
3.2	Definieren von Ausfallsgruppen	13
3.3	Definieren von Funktionsgruppen	14
3.4	Durchführen der Ausfallanalyse	16
3.4.1	Ausfall	18
3.4.2	Überlastete Elemente	20
3.4.3	Maximalwerte der Elemente	21
3.4.4	Detailansicht	22
3.5	Darstellen und Auswerten der Ergebnisse	23
3.5.1	Ergebnisse im Ausfallanalyse-Dialog	23
3.5.2	Ergebnisse in der Ergebnisansicht	24
3.5.3	Ergebnisse in der Tabelle	26
3.5.4	Ergebnisse in der Netzgrafik	26
3.5.5	Einfärbung in der Netzgrafik	27

Inhalt

1. Einleitung 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.

Als Ergebnisse stehen sämtliche für den Ausfall relevanten Daten (Minima, Maxima, nicht versorgte Verbraucher, Überlastungen, usw.) zur Verfügung.

Dieses Handbuch enthält folgende Kapitel:

- Verfahren Ausfallanalyse
- Anwendungsbeispiel für Ausfallanalyse

Vorgehensweise Ausfallanalyse

Die Daten für die Ausfallanalyse können ohne spezielle Einstellungen immer eingegeben werden.

Es sind folgende Schritte notwendig:

- Festlegen des Umfangs der auszufallenden Netzelemente bei den Netzbereichen
- Festlegen der Spannungs- und Belastungsgrenzen bei den Lastfluss Berechnungsparametern

In der Ausfallanalyse wird auch die Prüfung der Laststromauslösung durchgeführt.

Verfahren Ausfallanalyse

2. Verfahren Ausfallanalyse

Das Ziel der Ausfallanalyse ist die Beurteilung des Lastflusses in Verteilnetzen bei Ausfall von folgenden Elementen:

- einzelne Elemente
- Elemente, die nur gemeinsam in Betrieb sein können (Funktionsgruppen) und
- überlastete Elemente

Die Basis für die Ausfallanalyse ist die Lastflussberechnung des vollständigen Netzes. Nur Elemente, die in diesem Basislastfluss versorgt sind, werden für die Beurteilung des Netzes bei Ausfall von einzelnen oder mehreren Elementen herangezogen.

Prinzipieller Rechnungsablauf Ausfallanalyse

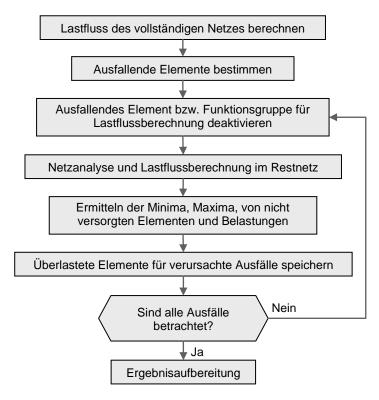


Bild: Ablaufdiagramm

2.1 Ausfallbehaftete Elemente

Die ausfallbehafteten Elemente sind über den Elementtyp festgelegt. Nur Elemente vom folgenden Typ können ausfallen:

- Leitung
- Längsdrossel
- Zweiwicklungstransformator
- Dreiwicklungstransformator
- Synchronmaschine
- Asynchronmaschine mit Lastflusstyp DFIG
- Kraftwerksblock
- Statischer Kompensator

2.2 Ermittlung der Ausfälle

PSS SINCAL kennt die folgenden Arten von Ausfällen:

- Basisausfälle
- verursachte Ausfälle

Die Ursache für den Ausfall ist dabei nicht von Bedeutung. Es wird immer der Ausfall eines einzelnen Elementes und dessen Auswirkung auf das Restnetz untersucht. Dieses Vorgehen entspricht exakt der Untersuchung des n – 1 Kriteriums für das Netz.

Die Ausfallanalyse kann individuell pro Netzbereich parametriert werden. Im Register Ausfallanalyse kann eingestellt werden, welche Netzelemente ausfallen und ob verursachte Ausfälle generiert werden.

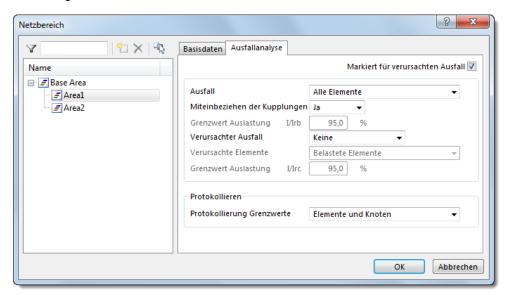


Bild: Datenmaske Netzbereich - Ausfallanalyse

Anhand des folgenden kleinen Netzbereiches soll die Funktion der Ausfallanalyse mit Basis- und Folgeausfällen gezeigt werden. Der Netzbereich enthält die Leitungen L1 bis L7.

Verfahren Ausfallanalyse

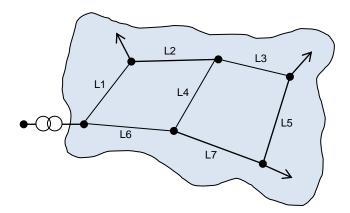


Bild: Netzbereich für Ausfallsimulation

Basisausfälle

Die Basisausfälle erfolgen je nach Einstellung im Register Ausfallanalyse wahlweise für

- alle Elemente
- belastete Elemente
- alle Leitungen
- belastete Leitungen
- alle Leitungen und Transformatoren
- belastete Leitungen und Transformatoren

Ohne Vorgabe einer Belastungsgrenze (z.B. bei Verwendung der Option **alle Elemente**) wird für jede Leitung je ein Ausfall gerechnet. Für den ersten Ausfall wird die Leitung L1 deaktiviert.

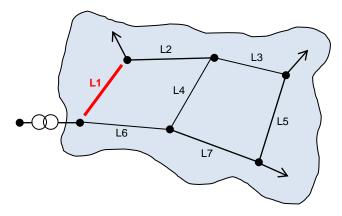


Bild: Ausfallende Netzelemente ohne Belastungsgrenze (Ausfall 1 – Leitung L1)

Für den nächsten Ausfall wird die Leitung L1 wieder aktiviert und die Leitung L2 deaktiviert. Danach wird die Leitung L2 wieder aktiviert und die Leitung L3 deaktiviert. Dies geschieht so lange, bis alle Leitungen ausgefallen sind.

Bei Vorgabe einer Belastungsgrenze wird nur für jene Netzelemente ein Ausfall gerechnet, deren Auslastung höher als die voreingestellte Belastungsgrenze ist. Im folgenden Bild wird hinter den Leitungsnamen die Basisauslastung angezeigt. Bei Voreinstellung einer Auslastung von 75 % würde nur die Leitung L3 ausfallen, da diese eine Auslastung von 79 % aufweist.

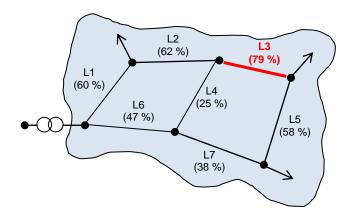


Bild: Ausfallende Netzelemente mit Belastungsgrenze von 75 % (1 Ausfall - eine Leitung)

Verursachte Ausfälle

Die verursachten Ausfälle erfolgen immer belastungsabhängig. Für die Ermittlung der verursachten Ausfälle ist eine Lastflussberechnung im verbleibenden Netz nach einem Basisausfall notwendig. Alle Elemente, die in diesem Lastfluss die vorgegebene Auslastungsgrenze überschreiten, verursachen dabei einen neuen Ausfall.

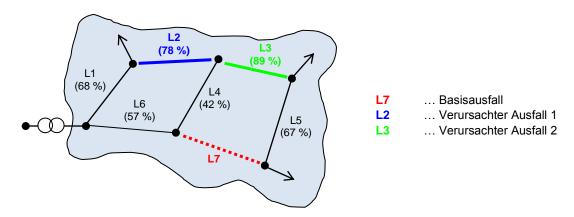


Bild: Verursachte Ausfälle bei Belastungsgrenze größer 75 %

Es erfolgen zwei verursachte Ausfälle, die folgende Elemente beinhalten:

Verursachter Ausfall 1:

Basisausfall von Leitung L7

Verursachter Ausfall von Leitung L2, da die Auslastung mit 78 % > 75 % ist

Verursachter Ausfall 2:

Basisausfall von Leitung L7

Verursachter Ausfall von Leitung L3, da die Auslastung mit 89 % > 75 % ist

Die Generierung der verursachten Ausfälle kann detailliert parametriert werden. Wahlweise können die verursachten Ausfälle nur im eigenen Netzbereich generiert werden oder in all jenen Netzbereichen, bei denen die Option **Markiert für verursachten Ausfall** aktiviert ist.

Verfahren Ausfallanalyse

Funktionsgruppen

Eine Funktionsgruppe wird verwendet, um beliebige Netzelemente miteinander zu gruppieren. Dabei gilt folgende Vereinbarung: alle Elemente einer Funktionsgruppe können immer nur gemeinsam in Betrieb sein. D.h. die so gruppierten Netzelemente fallen immer gemeinsam vollständig aus. Die Funktionsgruppe wird in PSS SINCAL durch die Netzelementgruppe gebildet.

Die Verwendung von Funktionsgruppen ist für die Ausfallsimulation optional. Alle eingegebenen Funktionsgruppen werden unabhängig davon berücksichtigt, ob es sich um einen Basisausfall oder einen verursachten Ausfall handelt.

2.3 Bewertung der Ausfälle

Anhand der Ergebnisse der Ausfallanalyse können die Folgen der verschiedenen Ausfälle bewertet werden. Für diese Bewertung stehen folgende Ergebnisse zur Verfügung.

- Anzahl der unversorgten Lasten
- Anzahl der Grenzwertverletzungen für Auslastung und Spannung
- Anzahl der auslösenden Schutzgeräte (Laststromauslösung)
- Violation Performance Indices
- Minimale und maximale Spannung im Netz
- Maximale Auslastung

Anhand dieser Kenndaten können die verschiedenen Ausfälle grundsätzlich beurteilt werden. Eine Detailanalyse für einen bestimmten Ausfall kann jederzeit durchgeführt werden. Hierbei wird dann ein vollständiges Lastflussergebnis für diesen Ausfall bereitgestellt.

2.3.1 Violation Performance Indices (VPI)

Ein Violation Performance Index ist ein Maß zur Bewertung einer Grenzwertverletzung. Für jeden überwachten Strom- und Spannungswert wird ein Violation Performance Index (VPI) errechnet.

Für jeden Lastfluss kann der einzelne VPI aller überwachten Zweigströme und Knotenspannungen zum Gesamt VPI(I) und Gesamt VPI(V) aufsummiert werden. Mit diesen Gesamt VPIs können verschiedene Lastflüsse verglichen werden. Sie sind ausgezeichnete Sortierkriterien für die Ergebnisse der Ausfallanalyse.

VPI Berechnung für Ströme

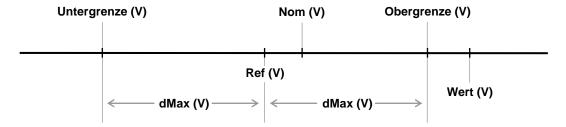
Der Grenzwert zur Bestimmung des VPI für Ströme wird aus den Eingabedaten der Netzelemente übernommen. Die Berechnung wird wie folgt durchgeführt:

$$VPI(I) = Gewicht(I) * \left(\frac{Wert(I)}{Grenze(I)}\right)^{2}$$

Gesamt VPI(I) = ∑ aller überwachten VPI(I)'s

VPI Berechnung für Spannungen

Die Grenzwerte zur Bestimmung des VPI für Spannungen werden aus den Lastfluss Berechnungsparametern entnommen. Die Berechnung wird wie folgt durchgeführt:



wobei

$$Ref(V) = 0.5 * (Obergrenze(V) + Untergrenze(V))$$

$$dMax(V) = 0.5 * (Obergrenze(V) - Untergrenze(V))$$

dann sind die erforderlichen Werte:

$$VPI(V) = Gewicht(V) * \left(\frac{Wert(V) - Ref(V)}{dMax(V)}\right)^{2}$$

Gesamt $VPI(V) = \sum$ aller überwachter VPI(V)'s

2.3.2 Voranalyse Spannungsbewertung

Mit der Spannungsbewertung im Rahmen der Voranalyse kann eine qualitative Aussage über die Spannungsänderungen aller berechneten Ausfälle getroffen werden. Die Spannungsbewertung liefert einen Ergebniswert, der sich zwischen folgenden Grenzen bewegt:

Beste Verbesserung der Spannung: 100 Keine Änderung: 0 Größte Spannungsverschlechterung: -100

Die Bewertung der Spannungen erfolgt in zwei Schritten. Zuerst wird geprüft, ob eine Spannungsverschlechterung auftritt. D.h. es wird bestimmt, ob die Spannung beim Ausfall kleiner ist als jene im ungestörten Betrieb.

Verfahren Ausfallanalyse

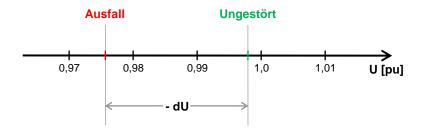


Bild: Bestimmung der Spannungsverschlechterung

Ist dies der Fall, dann wird das Quadrat der Abweichung (dU) verwendet, um die Spannungsbewertung zu ermitteln.

$$U_{SumNeg} = \sum_{1}^{n} dU_{n}^{2}$$

Wenn keine Spannungsverschlechterung im gesamten Netz auftritt, dann wird die Spannungsverbesserung im Netz ermittelt.

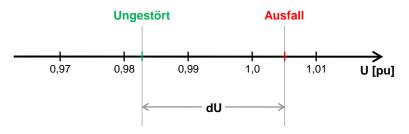


Bild: Bestimmung der Spannungsverbesserung

Die Spannungsverbesserung wird nach folgender Formel bestimmt.

$$U_{SumPos} = \sum_{1}^{n} dU_{n}^{2}$$

Aus den bestimmten Werten U_{SumNeg} und U_{SumPos} wird die eigentliche Spannungsbewertung Uw ermittelt. Hierzu wird das Ergebnis aus den bestimmten Bewertungen auf den Bereich -100 bis 100 skaliert. Mit einem negativen Vorzeichen wird eine Spannungsverschlechterung und mit einem positiven Vorzeichen eine Spannungsverbesserung gekennzeichnet.

Verfahren Ausfallanalyse

2.4 Erzielbare Vorteile für den Netzbetreiber

Die Ausfallsimulation gibt dem Netzbetreiber Aufschluss über die Betriebssicherheit und Schwachstellen des Netzes. Der Netzbetreiber erhält wichtige Informationen des Netzes in Bezug auf Folgendes:

- Überprüfung des n 1 Kriteriums für den Netzbetrieb
- Erkennen von Versorgungsunterbrechungen
- Erkennen von Überlastzuständen bei Netzelementausfällen
- Erkennen von nicht möglichen Netzzuständen bei Netzelementausfall
- Beurteilung der Vorrangigkeit von Netzausbaumaßnahmen
- Einflussnahmen auf vertragliche Abnahmevereinbarungen

3. Anwendungsbeispiel für Ausfallanalyse

Im Folgenden soll das Verfahren **Ausfallanalyse** anhand eines einfachen Anwendungsbeispieles dargestellt werden. In den Beschreibungen werden

- das Voreinstellen der Berechnungsparameter,
- das Definieren von Ausfallsgruppen,
- das Definieren von Funktionsgruppen,
- das Durchführen der Ausfallanalyse sowie
- das Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

dargestellt.

Grundlagen

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz.

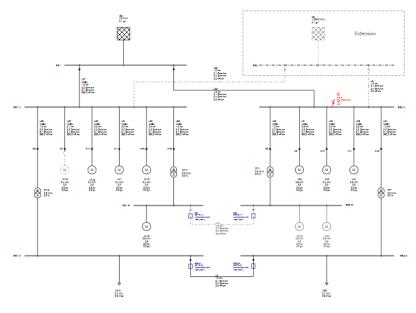


Bild: Beispielnetz für die Ausfallanalyse

Dieses Netz ("Example Ele1") wird bei der Installation von PSS SINCAL automatisch bereitgestellt und kann zum Testen des Simulationsverfahrens eingesetzt werden.

3.1 Voreinstellen der Berechnungsparameter

In PSS SINCAL ist jedes Netzelement genau einem Netzbereich zugeordnet. Die Ausfallanalyse kann für beliebige Netzbereiche durchgeführt werden. Die Voreinstellung erfolgt über die Datenmaske **Netzbereich**, welche über den Menüpunkt **Einfügen – Netzbereich** geöffnet wird.

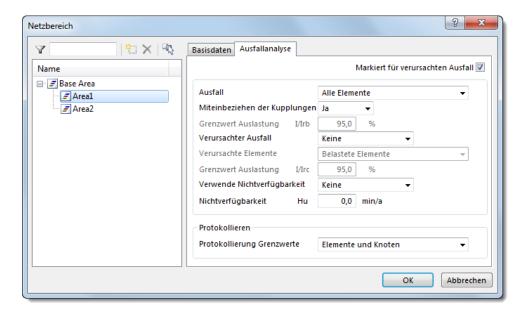


Bild: Datenmaske Netzbereich - Ausfallanalyse

Im Register Ausfallanalyse können die Steuerparameter voreingestellt werden.

Über die Option **Markiert für verursachten Ausfall** wird der Umfang der Folgeausfälle gesteuert. Bei aktivierter Option werden für diesen Netzbereich verursachte Ausfälle generiert, wenn im Feld **Verursachter Ausfall** die Option Markierte Netzbereiche ausgewählt ist. Ist diese Option nicht aktiviert, so werden für diesen Netzbereich keine verursachten Ausfälle generiert.

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.

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 Zuverlässigkeitsdaten 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.

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.

3.2 Definieren von Ausfallsgruppen

Sollen mehrere Elemente in der Ausfallanalyse in einem Ausfall gemeinsam berücksichtigt werden, so müssen diese einer Netzelementgruppe mit Gruppenart **Ausfallsgruppe** zugeordnet werden.

Am einfachsten ist es, diese Elemente in der Netzgrafik zu markieren und anschließend den Menüpunkt **Einfügen** – **Netzelementgruppe** zu aktivieren. Im Netzbrowser wird der Knopf **Neu** angeklickt.



Bild: Anlegen einer neuen Gruppe

In der Datenmaske werden der Name und die Gruppenart **Ausfallsgruppe** angegeben. Durch Drücken des Knopfes **OK** wird die neue Gruppe angelegt.

Über den Knopf **Markierung einfügen** werden die aktuell markierten Elemente der neuen Gruppe zugeordnet.

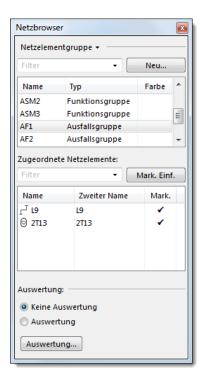


Bild: Neue Netzelementgruppe mit zugewiesenen Netzelementen

Alle Elemente einer Netzelementgruppe mit Gruppenart **Ausfallsgruppe** verursachen nun in der Ausfallanalyse einen eigenen Ausfall.

3.3 Definieren von Funktionsgruppen

Können Elemente nur gemeinsam in Betrieb sein, so müssen diese einer Netzelementgruppe mit Gruppenart **Funktionsgruppe** zugeordnet werden.

Am einfachsten ist es, diese Elemente in der Netzgrafik zu markieren und anschließend den Menüpunkt **Einfügen** – **Netzelementgruppe** zu aktivieren. Im Netzbrowser wird der Knopf **Neu** angeklickt.

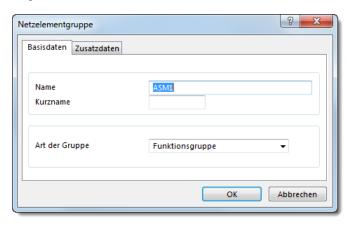


Bild: Anlegen einer neuen Gruppe

In der Datenmaske werden der Name und die Gruppenart **Funktionsgruppe** angegeben. Durch Drücken des Knopfes **OK** wird die neue Gruppe angelegt.

Über den Knopf **Markierung einfügen** werden die aktuell markierten Elemente der neuen Gruppe zugeordnet.

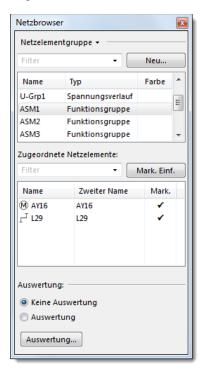


Bild: Neue Netzelementgruppe mit zugewiesenen Netzelementen

Fällt auf Grund der Definition des Ausfallumfanges bei den Netzbereichsdaten nur ein Netzelement einer Funktionsgruppe aus, so fallen die übrigen Netzelemente der Funktionsgruppe automatisch mit aus.

3.4 Durchführen der Ausfallanalyse

Die Ausfallanalyse wird über den Menüpunkt Berechnen – Lastfluss – Ausfallanalyse gestartet.

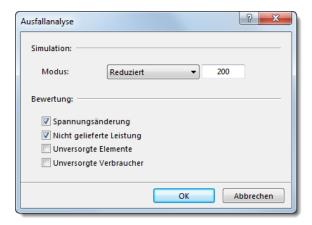


Bild: Start der Ausfallanalyse

Vor dem eigentlichen Start der Berechnungsmethode wird nochmals der Dialog zum Einstellen der Startparameter geöffnet.

Im Auswahlfeld **Modus** kann zwischen folgenden Optionen gewählt werden:

- Normal:
 - Hierbei wird die Ausfallanalyse ohne Voranalyse bzw. Reduzierung gerechnet.
- Reduziert:
 - Hierbei wird eine reduzierte Ausfallanalyse durchgeführt, d.h. die Analyse erfolgt für eine vordefinierte Anzahl an Ausfällen. Die Reihenfolge der Ausfälle ergibt sich durch eine Voranalyse.
- Voranalyse:
 - Hierbei wird Voranalyse durchgeführt, wobei alle Ausfälle laut Bewertungseinstellungen gewichtet werden.

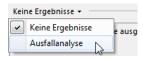
Im Abschnitt **Bewertung** wird festgelegt, welche Optionen zur Gewichtung der Ausfälle herangezogen werden.

- Spannungsänderung:
 - Die resultierenden Spannungsänderungen an den Knoten werden als Indikator für die Bewertung des Ausfalls herangezogen.
- Nicht gelieferte Leistung:
 - Die Leistungsänderung an den Lasten wird zur Bewertung herangezogen.
- Unversorgte Elemente:
 - Zur Bewertung werden unversorgte Elemente herangezogen.
- Unversorgte Verbraucher:
 - Zur Bewertung werden unversorgte Verbraucher herangezogen.

Durch Klicken von **OK** wird der Dialog geschlossen und die Simulationsmethode gestartet.

Wenn das Simulationsverfahren fehlerfrei durchgeführt werden kann und Netzbereiche zur Ausfallanalyse aktiviert waren, dann wird nach dem Abschluss der Berechnung automatisch das Ergebnisfenster für die **Ausfallanalyse** angezeigt.

Das Ergebnisfenster kann auch später über den Menüpunkt **Ansicht – Ergebnisbrowser** oder **Berechnen – Ergebnisse – Ausfallanalyse** geöffnet werden. Mit Hilfe des Auswahlfeldes wird die Ergebnisdarstellung für die **Ausfallanalyse** aktiviert.



Durch diese Auswahl werden die letzten Ergebnisse geladen und im Ergebnisfenster bereitgestellt.

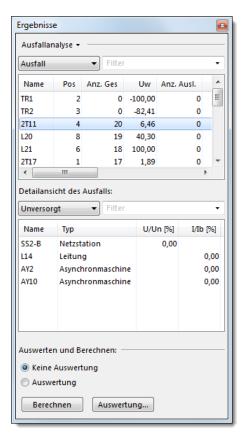


Bild: Ergebnisfenster für die Ausfallanalyse

Im Ergebnisfenster **Ausfallanalyse** sind drei Bereiche enthalten. Der obere Bereich bietet die Möglichkeit, zwischen folgenden Optionen zu wählen:

- Ausfall
- Überlastet
- Maximum

Der mittlere Bereich stellt die Detailinformationen zum markierten Ausfall zur Verfügung.

Im Bereich **Auswerten und Berechnen** kann eine Auswertung oder detaillierte Berechnung durchgeführt werden.

Durch Klicken von **Auswertung** wird der Ausfall sofort im Grafikeditor farbig dargestellt. Um die farbigen Markierungen im Grafikeditor wieder rückgängig zu machen, wird **Keine Auswertung** geklickt.

Durch Klicken des Knopfes **Berechnen** wird eine Lastflussberechnung aktiviert, bei der der gewählte Ausfall detailliert berechnet wird. Die Ergebnisse dieser Lastflussberechnung werden in der Netzgrafik angezeigt und können so zur exakten Untersuchung des Ausfalls verwendet werden.

Die Attribute für die Einfärbung können im Dialog **Auswertung** geändert werden. Dieser kann durch Klicken des Knopfes **Auswertung** geöffnet werden.

3.4.1 Ausfall

In der oberen Liste werden die Ergebnisse der Ausfallanalyse aufgelistet. Die Liste enthält das ausgefallene Netzelement sowie weitere Informationen zum Ausfall (Anzahl der unversorgten Lasten, usw.).

Im Eingabefeld **Filter** kann ein temporärer Filter für die Ausfälle angegeben werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunterliegenden Auswahlliste. Eine Besonderheit des Eingabefeldes bietet der Knopf im Eingabefeld. Durch Drücken dieses Knopfes erscheint ein Menü.

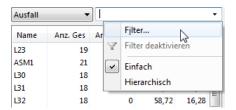


Bild: Menü zur Auswahl der Darstellung

Das Menü bietet folgende Funktionen, mit dessen Hilfe die Darstellung der Auswahlliste angepasst werden kann.

• Filter:

Ein weiterer Dialog wird geöffnet, in dem die im Dialog dargestellten Daten anhand von unterschiedlichsten Kriterien gefiltert und sortiert werden können. Eine genaue Beschreibung ist im Handbuch Bedienung, Kapitel Tabelle, Abschnitt Filterfunktionen in der Tabelle zu finden.

• Filter deaktivieren:

Ein definierter Filter wird temporär deaktiviert. Die Daten werden wieder in vollem Umfang dargestellt.

• Einfach:

Die Darstellung der Ausfälle erfolgt flach. D.h. Ausfälle und Folgeausfälle werden in einer Ebene angezeigt.

• Hierarchisch:

Die Darstellung der Ausfälle erfolgt strukturiert. D.h. Folgeausfälle werden dem vorangegangenen Ausfall untergeordnet.

Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf einen Ausfall in der Auswahlliste wird das Kontextmenü geöffnet. Dieses bietet die folgenden Funktionen:

Details:

Die Ergebnismaske für den Ausfall wird geöffnet.

Markieren:

Der gewählte Ausfall wird in der Netzgrafik markiert.

Lokalisieren:

Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.

• Berechnen:

Eine Lastflussberechnung wird für den gewählten Ausfall gestartet.

Ausfalldetails

Durch Klicken des Menüpunktes **Details** im Kontextmenü eines Listeneintrages wird die detaillierte Ergebnismaske für diesen Ausfall geöffnet.

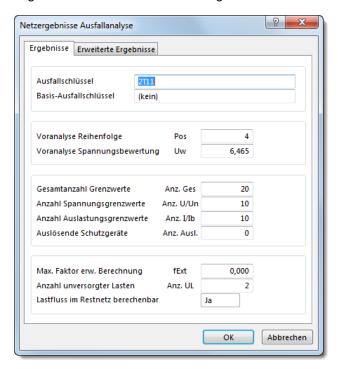


Bild: Datenmaske Ausfallanalyse - Netzergebnisse - Ergebnisse

Dieser Dialog enthält detaillierte Informationen zum Ausfall.

Die Felder **Ausfallschlüssel** und **Basis-Ausfallschlüssel** kennzeichnen das ausgefallene Element. Im Falle eines Folgeausfalls wird zusätzlich der verursachende Ausfall als Basis-Ausfallschlüssel angegeben.

Im Feld **Voranalyse Reihenfolge** wird die Position des Ausfalls hinterlegt. Diese ist aufsteigend gereiht und kennzeichnet so die Auswirkung des Ausfalls auf das gesamte Netz. Die niedrigste Nummer identifiziert jenen Ausfall, der die größten Auswirkungen erzielt.

Die **Voranalyse Spannungsbewertung** wird verwendet, um die Auswirkungen des Ausfalls in Bezug auf die Spannungsverteilung im Netz zu analysieren. Hierbei wird die Bewertung der Spannungsänderungen mit einer speziellen Funktion ermittelt. Genauere Informationen hierzu sind im Kapitel Voranalyse Spannungsbewertung verfügbar.

In den Feldern **Gesamtanzahl Grenzwerte**, **Anzahl Spannungsgrenzwerte** und **Anzahl Auslastungsgrenzwerte** wird die Anzahl der Grenzwertverletzungen für diesen Ausfall hinterlegt.

Das Feld **Auslösende Schutzgeräte** gibt an, wie viele Schutzgeräte bei diesem Ausfall aufgrund der auftretenden Lastströme auslösen.

Im Feld **Maximaler Faktor erw. Berechnung** wird der höchste aufgetretene Faktor aus der erweiterten Berechnung an einem Knoten ausgewiesen. Die **Anzahl unversorgter Lasten** gibt an, wie viele Verbraucher durch diesen Ausfall unversorgt sind. Über das Feld **Lastfluss im Restnetz berechenbar** wird gekennzeichnet, ob das Netz nach dem Ausfall noch berechnet werden konnte.

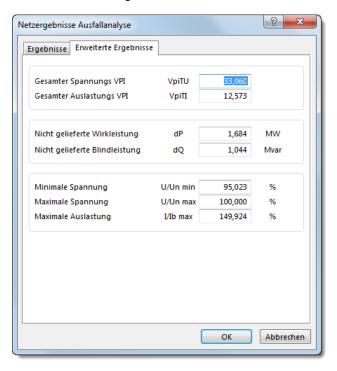


Bild: Datenmaske Ausfallanalyse - Netzergebnisse - Erweiterte Ergebnisse

Dieses Register enthält erweiterte Ergebnisinformationen zum Ausfall.

Mit den Feldern **Gesamter Spannungs VPI** und **Gesamter Auslastungs VPI** werden die Summenwerte der Violation Performance Indices (VPI) für Strom und Spannung ausgewiesen.

Die **Nicht gelieferte Wirk- bzw. Blindleistung** ist die Summe der Wirk- bzw. Blindleistungen aller nicht versorgten Abnehmer.

Die Felder **Minimale Spannung** und **Maximale Spannung** geben die für diesen Ausfall aufgetretenen minimalen und maximalen Spannungen im Netz an. Das Feld **Maximale Auslastung** beinhaltet die für diesen Ausfall aufgetretene höchste Auslastung eines Netzelementes.

3.4.2 Überlastete Elemente

In der oberen Liste werden jene Elemente aufgelistet, welche für den jeweiligen Ausfall am kritischsten sind. Die Liste enthält das überlastete Element, den verursachenden Ausfall sowie weitere Informationen zum Ausfall (Anzahl der unversorgten Lasten, usw.).

Im Eingabefeld **Filter** kann ein temporärer Filter für die Ausfälle angegeben werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunterliegenden Auswahlliste.

Die Auswahlliste unterscheidet zwischen einer Übersicht aller überlasteten Elemente und einer detaillierteren Ansicht für ein bestimmtes Element mit allen Ausfällen. Wird der Darstellungsumfang der Übersicht insofern reduziert, dass nur mehr ein überlastetes Element übrig bleibt, so wechselt die Auswahlliste in die detailliertere Ansicht. Durch Doppelklicken auf einen Eintrag kann dieser Wechsel für das ausgewählte Element erzwungen werden.

Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf einen Ausfall in der Auswahlliste wird das Kontextmenü geöffnet. Dieses bietet die folgenden Funktionen:

• Details:

Die Ergebnismaske für den Ausfall wird geöffnet.

Markieren:

Der gewählte Ausfall wird in der Netzgrafik markiert.

Lokalisieren:

Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.

• Berechnen:

Eine Lastflussberechnung wird für den gewählten Ausfall gestartet.

3.4.3 Maximalwerte der Elemente

In der oberen Liste werden die protokollierten Maximalwerte der Elemente über alle berechneten Ausfälle angezeigt. Damit kann festgestellt werden, bei welchem Ausfall die größte Auslastung eines Elementes auftritt.

Im Eingabefeld **Filter** kann ein temporärer Filter für die Ausfälle angegeben werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunterliegenden Auswahlliste.

Die Auswahlliste unterscheidet zwischen einer Übersicht aller überlasteten Elemente und einer detaillierteren Ansicht für ein bestimmtes Element mit allen Ausfällen. Wird der Darstellungsumfang der Übersicht insofern reduziert, dass nur mehr ein überlastetes Element übrig bleibt, so wechselt die Auswahlliste in die detailliertere Ansicht. Durch Doppelklicken auf einen Eintrag kann dieser Wechsel für das ausgewählte Element erzwungen werden.

Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf einen Ausfall in der Auswahlliste wird das Kontextmenü geöffnet. Dieses bietet die folgenden Funktionen:

• Details:

Die Ergebnismaske für den Ausfall wird geöffnet.

• Markieren:

Der gewählte Ausfall wird in der Netzgrafik markiert.

Lokalisieren:

Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.

• Berechnen:

Eine Lastflussberechnung wird für den gewählten Ausfall gestartet.

3.4.4 Detailansicht

Hier stehen detaillierte Informationen zum Ausfall zur Verfügung. In der Liste werden alle Knoten und Elemente des Ausfalls angezeigt. Es stehen folgende Darstellungsoptionen zur Verfügung:

Grenzwert:

Es werden jene Knoten angezeigt, an denen die Spannung den vordefinierten Grenzwert über-/unterschreitet. Außerdem werden jene Netzelemente aufgelistet, die die Grenzwerte verletzen (z.B.: solche, die überlastet sind).

Unversorgt:

Es werden jene Knoten und Netzelemente angezeigt, die aufgrund des Ausfalls unversorgt sind.

Ausfall:

Es werden alle Knoten und Netzelemente angezeigt, die ausgefallen sind (bei Verwendung von Funktionsgruppen können dies auch mehrere Knoten/Netzelemente sein).

Zuschaltung:

Es werden alle Netzelemente angezeigt, die zugeschaltet worden sind.

• Maximum:

Es werden jene Netzelemente angezeigt, die bei dem Ausfall den Maximalwert (Auslastung bzw. Leistung) aufweisen. Bei keinem anderen Ausfall tritt an den angezeigten Netzelementen eine höhere Belastung auf. Jedes Netzelement ist daher für das jeweilige Maximum auszulegen.

Im Eingabefeld **Filter** kann ein temporärer Filter für die Detailinformationen des gewählten Ausfalls angegeben werden. Die Eingabe des Filters bewirkt eine sofortige Reduzierung des Darstellungsumfanges in der darunterliegenden Auswahlliste. Eine Besonderheit des Eingabefeldes bietet der Knopf im Eingabefeld. Durch Drücken dieses Knopfes erscheint ein Menü.

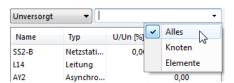


Bild: Menü zur Auswahl der Darstellung

Das Menü bietet folgende Funktionen, mit dessen Hilfe die Darstellung der Auswahlliste angepasst werden kann.

Alles:

Es werden sowohl Knoten als auch Netzelemente des Ausfalls in der Liste angezeigt.

Knoten:

Der Darstellungsumfang in der Liste wird auf die Knoten des Ausfalls beschränkt.

• Elemente:

Der Darstellungsumfang in der Liste wird auf die Netzelemente des Ausfalls beschränkt.

Durch Klicken mit der rechten Maustaste auf Elemente der Auswahlliste wird das Kontextmenü geöffnet. Dieses bietet die folgenden Funktionen:

• Bearbeiten:

Die Eingabemaske für die gewählten Elemente wird geöffnet.

Markieren:

Der gewählten Elemente werden in der Netzgrafik markiert.

• Lokalisieren:

Diese Funktion entspricht dem **Markieren**, allerdings wird hier der Bildausschnitt im Grafikeditor so angepasst, dass das markierte Element sichtbar ist.

3.5 Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ausfallanalyse werden in verschiedensten Formen bereitgestellt, um unterschiedlichste Analysen und Auswertungen zu ermöglichen:

- Ergebnisse im Ausfallanalyse-Dialog
- Ergebnisse in der Ergebnisansicht
- Ergebnisse in der Tabelle
- Ergebnisse in der Netzgrafik
- Einfärbung in der Netzgrafik

3.5.1 Ergebnisse im Ausfallanalyse-Dialog

Die Darstellung und Analyse der Ergebnisse ist im Kapitel Durchführen der Ausfallanalyse beschrieben.

3.5.2 Ergebnisse in der Ergebnisansicht

Die Ergebnisse der Ausfallanalyse können zur besseren Übersicht in der Ergebnisansicht dargestellt werden. Dazu ist der Menüpunkt **Ansicht** – **Ergebnisansicht** anzuwählen.

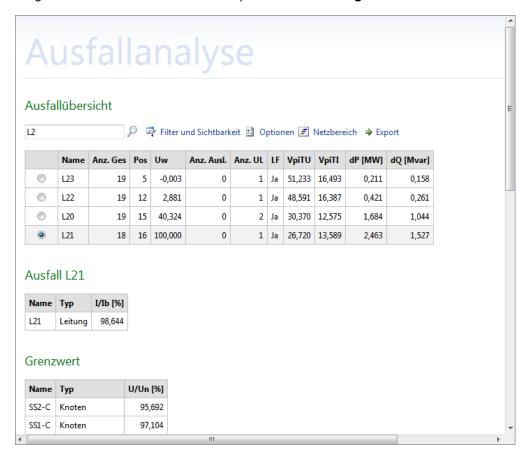
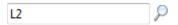


Bild: Ergebnisse in der Ergebnisansicht

Die Ergebnisseite beinhaltet verschiedene Abschnitte.

Ausfallübersicht

In diesem Abschnitt wird eine Übersicht der Ergebnisse angezeigt. Diese beinhaltet das ausgefallene Netzelement sowie weitere Informationen zum Ausfall (Anzahl der unversorgten Lasten, usw.).



Über das Suchfeld kann der Darstellungsumfang der Ergebnisse reduziert werden. Hierbei wird der eingegebene Text in allen Feldern gesucht.

Filter und Sichtbarkeit

Ein weiterer Dialog wird geöffnet, in dem die dargestellten Daten anhand von unterschiedlichsten Kriterien gefiltert und sortiert werden können. Eine genaue Beschreibung ist im Handbuch Bedienung, Kapitel Tabelle, Abschnitt Filterfunktionen in der Tabelle zu finden.

Optionen

Ein Dialog wird geöffnet, in dem die maximale Anzahl der anzuzeigenden Ausfälle gewählt werden kann. Zusätzlich kann definiert werden, ob beim Export der ausgewählte Ausfall, nur die sichtbaren oder alle Ausfälle verwendet werden.

Netzbereich

Die Datenmaske Netzbereich wird geöffnet. Hier können Ausfallanalyse-Einstellungen für jeden Netzbereich definiert werden.

Weiters stehen einzelne Funktionen im Kontextmenü jedes Eintrages zur Verfügung. Diese sind:

• Details:

Die detaillierte Ergebnismaske wird für diesen Ausfall geöffnet.

• Ergebnisbrowser:

Der gewählte Ausfall wird im Ergebnisbrowser markiert.

Export

PSS SINCAL bietet die Möglichkeit, die Ergebnisse der Ausfallanalyse als Bericht zu exportieren, um sie später in anderen Windows Applikationen verwenden zu können. Hierzu kann der Speicherort des exportierten Berichtes ausgewählt werden bzw. der Dateiname eingegeben werden. Der Ausgabeumfang wird mit Hilfe des Optionen-Dialoges gesteuert.

Details zum Ausfall

Hier stehen detaillierte Informationen zum Ausfall zur Verfügung. In diesem Abschnitt werden alle Knoten und Elemente des Ausfalls angezeigt. Es stehen folgende Darstellungsoptionen zur Verfügung:

Ausfall:

Es werden alle Knoten und Netzelemente angezeigt, die ausgefallen sind (bei Verwendung von Funktionsgruppen können dies auch mehrere Knoten/Netzelemente sein).

Grenzwert:

Es werden jene Knoten angezeigt, an denen die Spannung den vordefinierten Grenzwert über-/unterschreitet. Außerdem werden jene Netzelemente aufgelistet, die die Grenzwerte verletzen (z.B.: solche, die überlastet sind).

Unversorgt:

Es werden jene Knoten und Netzelemente angezeigt, die aufgrund des Ausfalls unversorgt sind.

Zuschaltung:

Es werden alle Netzelemente angezeigt, die zugeschaltet worden sind.

• Maximum:

Es werden jene Netzelemente angezeigt, die bei dem Ausfall den Maximalwert (Auslastung bzw. Leistung) aufweisen. Bei keinem anderen Ausfall tritt an den angezeigten Netzelementen eine höhere Belastung auf. Jedes Netzelement ist daher für das jeweilige Maximum auszulegen.

3.5.3 Ergebnisse in der Tabelle

Die Ergebnisse der Ausfallanalyse – also die Daten zum Ausfall sowie die Details – sind auch in der Tabelle verfügbar. Hierzu wird dieser über den Menüpunkt **Ansicht** – **Tabelle** geöffnet.

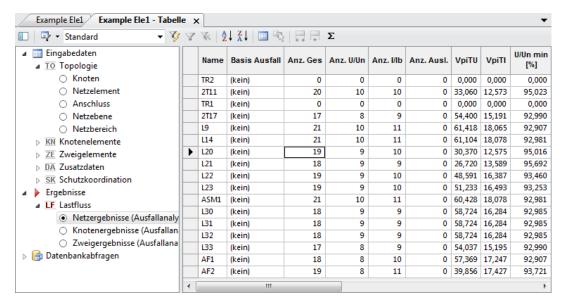


Bild: Tabelle mit Ergebnissen der Ausfallanalyse

Über den Browser in der Tabelle kann zwischen folgenden Ergebnissen gewählt werden:

- Netzergebnisse (Ausfallanalyse)
- Knotenergebnisse (Ausfallanalyse)
- Zweigergebnisse (Ausfallanalyse)

Bei den Zweigergebnissen ist auch die maximale Belastung des Zweigelementes ersichtlich. Für jedes Zweigelement wird die maximale Belastung über alle Ausfälle automatisch bestimmt und mit dem Status Maximum gespeichert.

3.5.4 Ergebnisse in der Netzgrafik

Nach der Ausfallanalyse werden die Berechnungsergebnisse auch in der Netzgrafik visualisiert. Dabei ist allerdings eine direkte Darstellung der verschiedenen Ergebnisse aller Ausfälle nicht möglich, denn jeder Ausfall wäre hierbei ein komplettes Lastflussergebnis. Daher werden bei den Netzelementen und Knoten jeweils die Maximalwerte visualisiert. An den Netzelementen werden die maximal auftretende Auslastung und der dafür verantwortliche Ausfall angezeigt. An den Knoten werden die minimale Spannung und der dafür verantwortliche Ausfall dargestellt.

Das folgende Bild zeigt auszugsweise die Ergebnisse der Ausfallanalyse in der Netzgrafik.

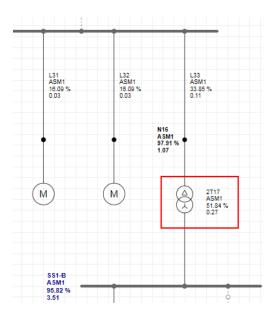


Bild: Ausfallanalyseergebnis in der Netzgrafik

Am Transformator 2T17 wird beispielsweise die größte Auslastung von 51,54 % beim Ausfall ASM1 erreicht.

3.5.5 Einfärbung in der Netzgrafik

Mit dieser Funktion können die vom Ausfall betroffenen Netzelemente in der Netzgrafik eingefärbt werden. Hierzu wird im Ergebnisfenster **Ausfallanalyse** der gewünschte Ausfall gewählt.

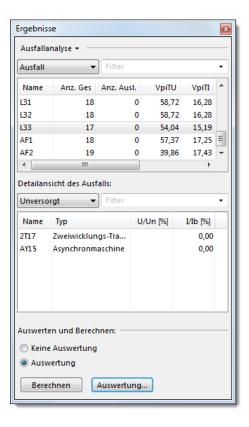


Bild: Ergebnisfenster für die Ausfallanalyse

Danach kann mit der Funktion **Auswertung** das Netz direkt eingefärbt werden. Die Attribute für die Einfärbung können im Dialog **Auswertung** geändert werden. Dieser kann durch Klicken des Knopfes **Auswertung** geöffnet werden.

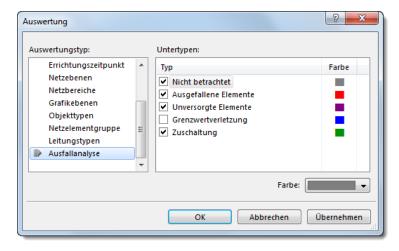


Bild: Dialog Auswertung

Eine genaue Beschreibung dieses Dialoges ist im Handbuch Bedienung, Kapitel Darstellung der Eingabedaten und Ergebnisse, Abschnitt Auswertungen zu finden.

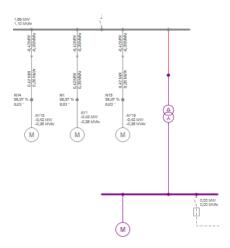


Bild: Darstellung der Ergebnisse durch Einfärbung

Im Bild ist deutlich ersichtlich, dass die Leitung L33 ausgefallen ist. Dies wird durch die Einfärbung in roter Farbe visualisiert. Die unmittelbar hinter dieser Leitung angeschlossenen Netzelemente sind unversorgt. In unserem Beispiel sind dies der Zweiwickler 2T17 und die Asynchronmaschine AY15. Die beiden unversorgten Elemente werden in violetter Farbe dargestellt.