

PSS[®] SINCAL 10.5

Wärme/Kälte

**Beschreibung der Wärme- bzw. Kälteberechnung in
Strömungsnetzen**

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, insbesondere 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 Wärme/Kälte	1
1.1	Grundlegendes der Netzberechnung	2
1.2	Zeitliche Betrachtung des Netzes	3
2.	Eingabedaten Wärme/Kälte	4
2.1	Netzaufbau	4
2.1.1	Knoten bzw. Sammelschiene	4
2.1.2	Anschluss	6
2.1.3	Netzebene	7
2.1.4	Netzbereich	9
2.1.5	Netzzone	11
2.1.6	Netzelementgruppe	12
2.1.7	Grafische Elementgruppe	13
2.2	Einspeisungen	13
2.2.1	Einspeisung Wärme/Kälte	13
2.2.2	Pumpeinspeisung	18
2.3	Knotenelemente	20
2.3.1	Verbraucher	20
2.3.2	Druckbuffer	23
2.3.3	Temperaturregler	24
2.3.4	Leck	26
2.4	Zweigelemente	27
2.4.1	Leitung	27
2.4.2	Schieber/Rückschlagventil	30
2.4.3	Konst. Druckabfall/Konst. Fluss	32
2.4.4	Druckregler	33
2.4.5	Druckverstärkerpumpe	35
2.4.6	Wärmetauscher	37
2.5	Allgemeine Steuer- und Eingabedaten	40
2.5.1	Berechnungsparameter	40
2.5.2	Allgemeine Daten für Netzelemente	43
2.5.3	Include Netz	44
2.5.4	Betriebszustand	44

Inhalt

2.5.5	Zusatzdaten Netzelement	45
2.5.6	Zusatzdaten Knoten	45
2.5.7	Master Ressource	46
2.5.8	Definition generischer Datenstrukturen	47
2.5.9	Generische Daten	47
2.5.10	Beschreibung	47
2.5.11	Pumpenkennlinie	49
2.5.12	Druckbufferkennlinie	51
2.5.13	Druckabfallkennlinie	53
2.5.14	Variante	55
2.6	Geostationäre Daten	55
2.6.1	Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente	56
2.6.2	Arbeitspunkt	57
2.6.3	Arbeitspunkte/Zeitreihen	57
2.6.4	Zuwachsreihen	59
2.7	Ausfallanalyse	59
2.7.1	Ausfallszenario	59
3.	Verfahren Wärme/Kälte Stationär	61
3.1	Knotenregel (1. Kirchhoff'sche Regel)	62
3.2	Maschenregel (2. Kirchhoff'sche Regel)	62
3.2.1	Tabelle der Formelzeichen	63
3.3	Inkompressible Medien	64
3.3.1	Leitungen	64
3.3.2	Verluste	65
3.4	Wärme-/Kälteverluste	67
3.5	Modell für mathematische Nachbildung	70
3.5.1	Tabelle der Formelzeichen	70
3.6	Berechnungsverfahren	71
3.7	Das Verfahren von Cross	73
3.8	Überwachung der Grenzwerte	74

4.	Verfahren Wärme/Kälte Geostationär	77
4.1	Berechnungsverfahren	79
4.1.1	Bestimmung des Faktors bei Arbeitspunkten	80
4.1.2	Bestimmung des Faktors bei einer Zeitreihe	81
4.1.3	Zyklische Behandlung von Zeitreihen	82
5.	Anwendungsbeispiele	85
5.1	Anwendungsbeispiel für die stationäre Berechnung	85
5.1.1	Voreinstellen der Berechnungsparameter	86
5.1.2	Erfassen von druckgebenden Netzelementen	86
5.1.3	Definieren der zeitlichen Betrachtung	87
5.1.4	Definieren von Längsschnitten durch das Netz	88
5.1.5	Starten der Berechnung	89
5.1.6	Darstellen und Auswerten der Ergebnisse	89
5.2	Anwendungsbeispiel für die stationäre Störungsberechnung	92
5.2.1	Voreinstellen der Berechnungsparameter	93
5.2.2	Starten der Berechnung	93
5.2.3	Darstellen und Auswerten der Ergebnisse	94
5.3	Anwendungsbeispiel für die geostationäre Zeitreihenberechnung	94
5.3.1	Voreinstellen der Berechnungsparameter	95
5.3.2	Definieren von Zeitreihen	96
5.3.3	Zuordnen von Zeitreihen	97
5.3.4	Definieren des Diagrammumfanges	99
5.3.5	Starten der Berechnung	100
5.3.6	Darstellen und Auswerten der Ergebnisse	100
5.4	Anwendungsbeispiel für die geostationäre Arbeitsreihenberechnung	102
5.4.1	Voreinstellen der Berechnungsparameter	103
5.4.2	Anlegen eines Arbeitspunktes	103
5.4.3	Definieren von Arbeitspunkten	104
5.4.4	Zuordnen von Arbeitspunkten	104
5.4.5	Definieren von Betriebsdiagrammen	106
5.4.6	Starten der Berechnung	107
5.4.7	Darstellen und Auswerten der Ergebnisse	108

1. Einleitung Wärme/Kälte

Das Programm PSS SINICAL Wärme/Kälte stellt ein wirkungsvolles Werkzeug bei der Planung großer Versorgungsnetze dar.

Damit können die stationären Strömungsverhältnisse in beliebig vermaschten Versorgungsnetzen rasch und bequem ermittelt werden und durch Simulation verschiedene technische und betriebswirtschaftliche Varianten ausgearbeitet werden.

Über Definitionen von Strecken bzw. Streckendaten werden automatisch Längsschnittdiagramme erzeugt.

Die Berechnung kann jeweils nur mit Wasser als Transportmedium durchgeführt werden. Eine Benutzung der Leitungen mit mehreren Medien gleichzeitig ist nicht möglich.

Dieses Handbuch enthält folgende Kapitel:

- [Eingabedaten Wärme/Kälte](#)
- [Verfahren Wärme/Kälte Stationär](#)
- [Verfahren Wärme/Kälte Geostationär](#)
- [Anwendungsbeispiele](#)

Vorgehensweise Wärme/Kälte

Die Berechnungsmethode Stationär ist immer aktiv. Die Daten für die stationäre Fernwärme-/Fernkältenetzberechnung können daher ohne spezielle Einstellungen immer eingegeben werden.

Stationäre Berechnung

Es sind folgende Schritte notwendig:

- Festlegen der physikalischen Daten bei den Berechnungsparametern
- Festlegen des Netztyps bei den Berechnungsparametern
- Eingeben der notwendigen Netzebenen
- Erfassen der Knoten und Netzelemente in den korrespondierenden Netzebenen
- Erfassen eines druckgebenden Netzelementes

Geostationäre Zeitreihenberechnung

Für die geostationäre Zeitreihenberechnung muss zuerst die Methode **Geostationär** bei den **Berechnungsmethoden** aktiviert werden.

Es sind folgende Schritte notwendig:

- Definieren von Zeitreihen
- Zuordnen von Zeitreihen

Geostationäre Arbeitsreihenberechnung

Für die geostationäre Arbeitsreihenberechnung muss zuerst die Methode **Geostationär** bei den **Berechnungsmethoden** aktiviert werden.

Es sind folgende Schritte notwendig:

- Anlegen eines Arbeitspunktes
- Definieren von Arbeitspunkten
- Zuordnen von Arbeitspunkten

1.1 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.

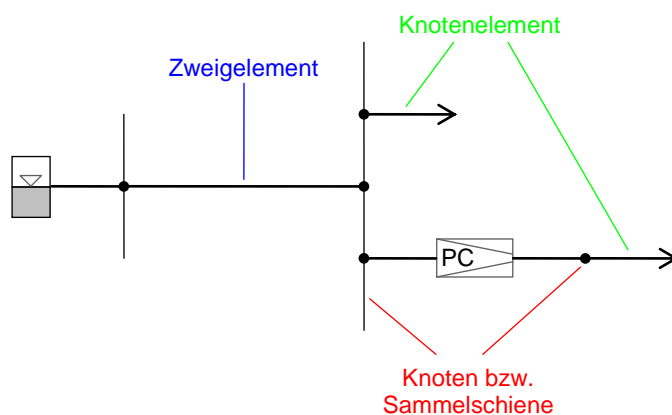


Bild: Zweige und Knoten zur Darstellung der Netzstruktur

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.

1.2 Zeitliche Betrachtung des Netzes

Da sich das Netz über die Zeit topologisch ändert, wird dies ebenfalls berücksichtigt. Der aktuelle Betrachtungszeitpunkt des Netzes ist bei den Berechnungsparametern anzugeben. Der Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt der Knoten und Netzelemente wird 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.

2. Eingabedaten Wärme/Kälte

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

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

2.1 Netzaufbau

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

Unabhängig von der Aufgabenstellung muss das Netz jedoch mit Hilfe von

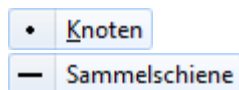
- allgemeinen Daten,
- Knoten,
- Einspeisungen und Verbrauchern bzw.
- Zweigelementen

für die Berechnung erfasst werden.

Die folgenden Elemente sind verfügbar:

- [Knoten](#)
- [Anschluss](#)
- [Netzebene](#)
- [Netzbereich](#)
- [Netzzone](#)
- [Netzelementgruppe](#)
- [Grafische Elementgruppe](#)

2.1.1 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

Knoten

Basisdaten

Name:

Kurzname:

Netzebene: ▾

Kreislauf: ▾

Netzbereich: ▾

Netzzone: ▾

Druckverlaufsdigramm: ▾

Gekennzeichnet: ▾

Min. Druckdifferenz pmin: bar

Längengrad lng: °

Breitengrad lat: °

Seehöhe sh: m

Errichtungszeitpunkt:

Stilllegungszeitpunkt:

Verknüpfungsname:

OK Abbrechen

Bild: Datenmaske Knoten

Über das Feld **Kreislauf** erfolgt die Zuordnung des Knotens zu Vor- und Rücklauf.

Mit dem Feld **Netzbereich** wird dem Knoten ein **Netzbereich** zugeordnet. Mit Hilfe des Netzbereiches können erweiterte Auswertungen durchgeführt werden.

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

Mit dem Feld **Druckverlaufsdigramm** werden jene Knoten gekennzeichnet, die bei der automatischen Generierung der Druckverlaufsdigramme herangezogen werden. Von Knoten, die mit **Start** markiert sind, wird der größte Durchmesser der angeschlossenen Leitungen, welche einen Abfluss aufweisen, ermittelt. Danach wird eine Netzverfolgung entlang aller Leitungen mit diesem Durchmesser durchgeführt und die dabei durchlaufenden Knoten werden in das Druckverlaufsdigramm aufgenommen. Ändert sich der Durchmesser, gibt es zwei Möglichkeiten: Die Netzverfolgung wird beendet, wenn der aktuelle Knoten nicht mit **Wechsel** markiert ist. Die Netzverfolgung wird mit dem für diesen Knoten größten Durchmesser der angeschlossenen Leitungen, welche einen Abfluss aufweisen, fortgesetzt. Durch Markierung mit **Name** oder **Kein Name** wird der Name des Knotens im Druckverlaufsdigramm ausgegeben oder unterdrückt. Für den Rücklauf können die Druckverlaufsdigramme analog definiert werden.

Über das Feld **Gekennzeichnet** kann der Knoten für die Diagrammausgabe bzw. für die Ergebnisspeicherung gekennzeichnet werden.

Über die **Min. Druckdifferenz** wird der minimal geforderte Druckunterschied zwischen Vor- und Rücklauf vorgegeben. Bei Unterschreitung des angegebenen Wertes wird dies in den Knotenergebnissen vermerkt.

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 ist für die Druckverhältnisse im Netz bedeutsam.

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

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

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

2.1.2 Anschluss

Die Anschlussdaten des Netzelementes werden automatisch mit dem jeweiligen Netzelement erzeugt. Sie beinhalten die topologische Verbindung von den Netzelementen zu den Knoten.

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

Basisdaten Anschluss

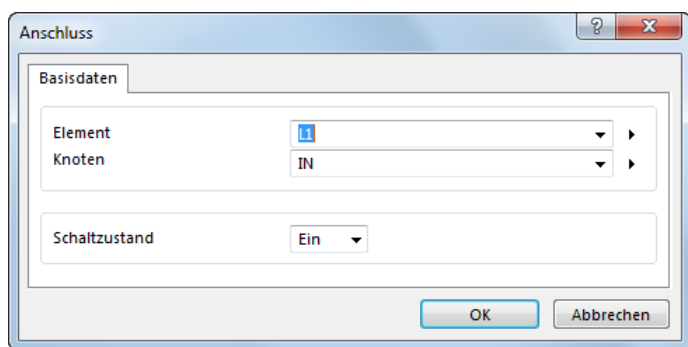


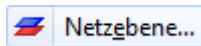
Bild: Datenmaske Anschluss

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

Mit den Feldern **Knoten** und **Anschlussnummer** wird die Verbindung des Netzelementes zu den Knoten festgelegt. Knotenelemente besitzen einen Anschluss und Zweigelemente besitzen zwei Anschlüsse.

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

2.1.3 Netzebene



In PSS SINICAL müssen alle Netzelemente einem Teilnetz zugeordnet werden. Das Teilnetz wird mit der Netzebene gebildet, die globale Daten für die zugeordneten Netzelemente definiert.

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

Basisdaten Geostationär			
Name	Primär		
Kurzname			
Nennndruck	pn	15,0	bar
Nenntemperatur	tn	145,0	°C
Lufttemperatur	tl	10,0	°C
Max. Fließgeschw.	vmax	1,0	m/s
Vorlauf			
Min. Betriebsdruck	pbmin	11,0	bar
Max. Betriebsdruck	pbmax	20,0	bar
Temperatur	tv	145,0	°C
Rücklauf			
Min. Betriebsdruck	pbrmin	5,0	bar
Max. Betriebsdruck	pbrmax	10,0	bar
Temperatur	tr	50,0	°C

Bild: Basisdaten der Netzebene

Die Netzebene ermöglicht die Eingabe von Vorgabedaten für Teilnetze.

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.

Der **Nennndruck** ist jener Druck, für den die Netzelemente dieser Netzebene ausgelegt sind.

Über das Feld **Nenntemperatur** wird die Nenntemperatur der Netzebene vorgegeben. Diese wird von der Simulation nicht direkt verwendet, sie dient lediglich zur Überprüfung, ob die dem Netzbereich zugeordneten Netzelemente eine korrekte Temperatur aufweisen.

Die **Lufttemperatur** dient zur Ermittlung des Temperaturverlustes/Temperaturanstiegs entlang von Rohrleitungen.

Die **Max. Fließgeschwindigkeit** bestimmt die maximal zulässige Strömungsgeschwindigkeit in der Netzebene. Wird diese überschritten, dann wird dies in den Ergebnissen vermerkt, und entsprechende Warnungsmeldungen werden generiert.

Über die Felder **Min. Betriebsdruck Vorlauf** und **Max. Betriebsdruck Vorlauf** bzw. **Min. Betriebsdruck Rücklauf** und **Max. Betriebsdruck Rücklauf** werden die in der Netzebene zulässigen Grenzwerte der Drücke für den Vorlauf und den Rücklauf bestimmt. Werden diese überschritten, dann wird dies in den Ergebnissen vermerkt, und entsprechende Warnungsmeldungen werden generiert.

Die **Temperaturen** dienen als Temperaturanfangswerte im Vor- bzw. Rücklauf beim Start der Simulation.

Geostationäre Daten Netzebene

Über die Netzebene können für die einzelnen Netzelemente Defaultdaten für die geostationäre Berechnung definiert werden.

	Zeitreihe	Arbeitspunkte	Zuwachsreihe
Verbraucher	Zeit	Belastung	(kein)
Pumpeinspeisung	(kein)	(kein)	(kein)
Druckverst. Pumpe	(kein)	(kein)	(kein)
Druckbuffer	(kein)	(kein)	(kein)
Konst. Fluss/Druck	(kein)	(kein)	(kein)
Druckregler	(kein)	(kein)	(kein)
Ventil	(kein)	(kein)	(kein)
Temperaturregler	(kein)	(kein)	(kein)
Leck	(kein)	(kein)	(kein)
Einspeisung Vorlauf	(kein)	(kein)	(kein)
Einspeisung Rücklauf	(kein)	(kein)	(kein)
Wärmetau. Vorlauf	(kein)	(kein)	(kein)
Wärmetau. Rücklauf	(kein)	(kein)	(kein)

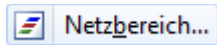
Bild: Geostationäre Daten der Netzebene

Über die Spalte **Zeitreihe** kann für jedes Netzelement ein zeitlicher Verlauf für die geostationäre Berechnung definiert werden.

Über die Spalte **Arbeitspunkte** kann für jedes Netzelement eine Folge von Arbeitspunkten für die geostationäre Berechnung vorgegeben werden.

Die Spalte **Zuwachsreihe** dient zur Festlegung von Steigerungsdaten für jedes Netzelement. Diese Funktion ist derzeit noch nicht verfügbar.

2.1.4 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.

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.

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

Basisdaten Netzbereich

A screenshot of a software dialog box titled 'Basisdaten' with a sub-tab 'Ausfallanalyse'. Inside the dialog, there are three input fields: 'Name' with the value 'Primär', 'Kurzname' which is empty, and 'Übergeordneter Netzbereich' with a dropdown menu showing '(kein)'. There is a right-pointing arrow next to the dropdown menu.

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.

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.
- Alle Leitungen:
Es fallen alle Leitungen aus.
- Alle Elemente mit Grenzwertverletzung:
Es fallen alle Elemente aus, bei denen die Fließgeschwindigkeit über dem eingestellten Grenzwert liegt.
- Alle Leitungen mit Grenzwertverletzung:
Es fallen alle Leitungen aus, bei denen die Fließgeschwindigkeit über dem eingestellten Grenzwert liegt.

Mit dem Feld **Fließgeschwindigkeit** kann der Grenzwert eingestellt werden, ab dem Netzelemente ausfallen.

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.

- Elemente mit Grenzwertverletzung:
Alle Elemente, bei denen die Fließgeschwindigkeit über den eingestellten Grenzwert liegt, verursachen einen Folgeausfall.

- Leitungen mit Grenzwertverletzung:
Alle Leitungen, bei denen die Fließgeschwindigkeit über den eingestellten Grenzwert liegt, verursachen einen Folgeausfall.

Mit dem Feld **Fließgeschwindigkeit Verursachter Ausfall** wird der Grenzwert für die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit eingestellt. Alle Elemente, die nach dem Basisausfall diesen Grenzwert überschreiten, verursachen einen Folgeausfall.

Der Umfang der Ergebnisse der Ausfallanalyse kann im Feld **Protokollierung Grenzwerte** parametrisiert werden. Hierbei kann eingestellt werden, welche Netzelemente bei Überschreitung von Grenzwerten protokolliert werden. Folgende Optionen sind verfügbar:

- Keine
- Elemente
- Knoten
- Elemente und Knoten
- Leitungen
- Leitungen und Knoten

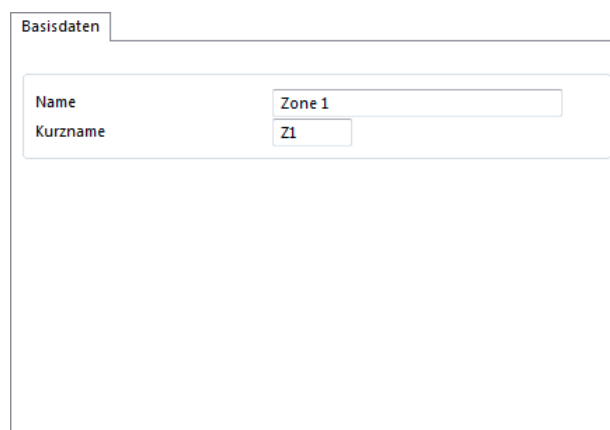
2.1.5 Netzzone

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

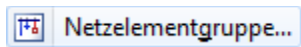


Basisdaten	
Name	Zone 1
Kurzname	Z1

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.

2.1.6 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 Längsschnitten.

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.

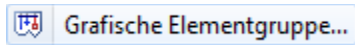
Basisdaten Netzelementgruppe

Bild: Datenmaske Netzelementgruppe

Mit dem Feld **Art der Gruppe** wird die Gruppenart festgelegt. Die folgenden Gruppen sind verfügbar:

- **Allgemeine Gruppe:**
Die Allgemeine Gruppe wird zur Gruppierung von Netzelementen verwendet. Diese wird von den Berechnungsmethoden nicht berücksichtigt.
- **Längsschnitt:**
Ein Längsschnitt ist eine Gruppe von Elementen, die eine Strecke im Netz repräsentieren. Für jede Längsschnitt-Gruppe wird ein Längsschnittdiagramm erzeugt.
- **Ausfallsgruppe:**
Eine Ausfallsgruppe ist eine Gruppe von Elementen, die in der Ausfallanalyse in einem separaten Ausfall behandelt werden.
- **Funktionsgruppe:**
Eine Funktionsgruppe beinhaltet Netzelemente, die nur gemeinsam in Betrieb sein können und daher auch gemeinsam ausfallen.
- **Betriebsgruppe:**
Eine Betriebsgruppe muss einen Knoten und ein Netzelement beinhalten. Für jede Betriebsgruppe wird ein Betriebsverhalten-Diagramm erzeugt.

2.1.7 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.

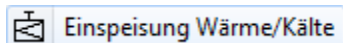
Die Bearbeitung von grafischen Elementgruppen erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Grafische Elementgruppe**. Es erscheint der Netzbrowser. Eine genaue Beschreibung der Funktionen zur Bearbeitung von grafischen Elementgruppen finden Sie im Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbrowser, Abschnitt Grafische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

2.2 Einspeisungen

Folgende Einspeisungen stehen zur Verfügung:

- [Einspeisung Wärme/Kälte](#)
- [Pumpeinspeisung](#)

2.2.1 Einspeisung Wärme/Kälte



Mit diesem Element werden Druckeinspeisungen, Leistungseinspeisungen und Einspeisungen mit Druckhaltung in der Netzberechnung nachgebildet.

Das Erzeugen einer Einspeisung Wärme/Kälte erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Einspeisung Wärme/Kälte**.

Eine Übersicht der Felder für die Einspeisung Wärme/Kälte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Einspeisung Wärme/Kälte

Einspeisung Wärme/Kälte

Basisdaten | Elementdaten | Geostationär

Knoten: K43

Name: E57

Netzebene: Primär (15,0 bar)

Kreislauf: Vor- und Rücklauf

☒ Führende Einspeisung
☐ Ersatz einspeisung
☐ Außer Betrieb

Einspeisungstyp: Druckhaltung * (kein)

Druckhaltungstyp: Pumpendaten, Drehzahl, Mitteldruck und Anteile

Pumpenkennlinie: (kein)

Grenzwerte: Fluss Qmin: -9.999,0 t/h Qmax: 9.999,0 t/h

Temperatur: t 100,0 °C

Mitteldruck: pm 1,0 bar fpm 1,0

Druckanteil Rücklauf: par 1,0 % fpar 1,0

Druckanteil Vorlauf: pav 1,0 % fpav 1,0

Pumpenkendrehzahl: n 1,0 1/min

Fördervolumen: Qv 0,0 l/s fQv 1,0

Max. Durchflussänd.: dQvmax 0,1 l/s

OK Abbrechen

Bild: Datenmaske Einspeisung Wärme/Kälte

In der Netzberechnung wird zwischen einer Druckeinspeisung, einer Leistungseinspeisung und einer Einspeisung mit Druckhaltung unterschieden. Der jeweilige Typ wird über das Feld **Einspeisungstyp** gewählt.

Druckeinspeisung

Bei dieser Einspeisung bleibt der Überdruck an der Einspeisestelle konstant, unabhängig von der Lastverteilung im Netz.

Der Unterschied zwischen der Summe aller Einspeisungen und der Summe aller Abgaben wird von der Druckeinspeisung ausgeglichen. Aus diesem Grund muss für die Berechnung zumindest eine Druckeinspeisung für Vor- und Rücklauf angegeben werden.

Über das Feld **Grenzwerte** kann die Eingabe von Fluss- oder Leistungsgrenzen aktiviert werden. Die Flussgrenzen werden über die Felder **Minimaler Fluss** und **Maximaler Fluss** eingegeben, die Leistungsgrenzen über die Felder **Minimale Leistung** und **Maximale Leistung**. Genauere Informationen finden sie im Kapitel [Überwachung der Grenzwerte](#).

Über das Feld **Einspeisedruck** wird der konstante Druck an der Einspeisestelle vorgegeben.

Im Feld **Temperatur** wird jene Temperatur angegeben, mit der das Medium von der Druckeinspeisung in den jeweiligen Kreislauf (Vorlauf bzw. Rücklauf) eintritt.

Über das Feld **Faktor Einspeisedruck** kann der Einspeisedruck mit dem angegebenen Faktor multipliziert werden.

Leistungseinspeisung

Bei dieser Einspeisung bleibt die Liefermenge in der Einspeisestelle konstant, unabhängig von der Lastverteilung im Netz.

Falls sowohl eine **konstante Einspeisemenge** als auch eine **konstante Einspeiseleistung** eingegeben wurden, werden diese Werte (nach Umrechnung) in der Berechnung addiert.

Mit dem Feld **Druckabhängige Einspeisereduktion** kann eine automatische Steuerung der Einspeisung aktiviert werden. Hierbei wird, wenn der Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf den vorgegebenen Wert im Feld **Mindestdruckdifferenz** unterschreitet, automatisch die Einspeisemenge reduziert.

Der Reduktionsfaktor zur Einspeisereduktion wird wie folgt berechnet:

$$f_{\text{RED}} = \left(\frac{P}{P_{\text{Min}}} \right)^2$$

Mit dem Feld **Mindestdruckdifferenz** wird die geforderte Differenz zwischen Vor- und Rücklauf vorgegeben. Bei Unterschreitung des angegebenen Wertes wird dies in den Zweigergebnissen vermerkt.

Über das Feld **Grenzwerte** kann die Eingabe von Fluss- oder Leistungsgrenzen aktiviert werden. Die Flussgrenzen werden über die Felder **Minimaler Fluss** und **Maximaler Fluss** eingegeben, die Leistungsgrenzen über die Felder **Minimale Leistung** und **Maximale Leistung**. Genauere Informationen finden sie im Kapitel [Überwachung der Grenzwerte](#).

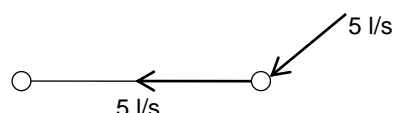
Anhand des gewählten **Temperaturtyps** kann die Temperatur der Leistungseinspeisung unterschiedlich angegeben werden:

- **Einspeisetemperatur:**
Im Feld **Temperatur** wird jene Temperatur angegeben, mit der die Leistungseinspeisung in den Vorlauf einspeist.
- **Temperaturdifferenz:**
Im Feld **Temperatur** wird der Temperaturunterschied zur Rücklauftemperatur angegeben, mit der die Leistungseinspeisung in den Vorlauf einspeist.

Über die Felder **Faktor konstante Einspeisemenge** und **Faktor konstante Einspeiseleistung** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Es ist zu beachten, dass eine Leistungseinspeisung immer und druckunabhängig einen Durchfluss in seinen Zuleitungen erzeugt.

Beispiel:



Einspeisung mit Druckhaltung

Mit dieser Einspeisung können Vor- und Rücklaufdaten gemeinsam eingegeben werden.

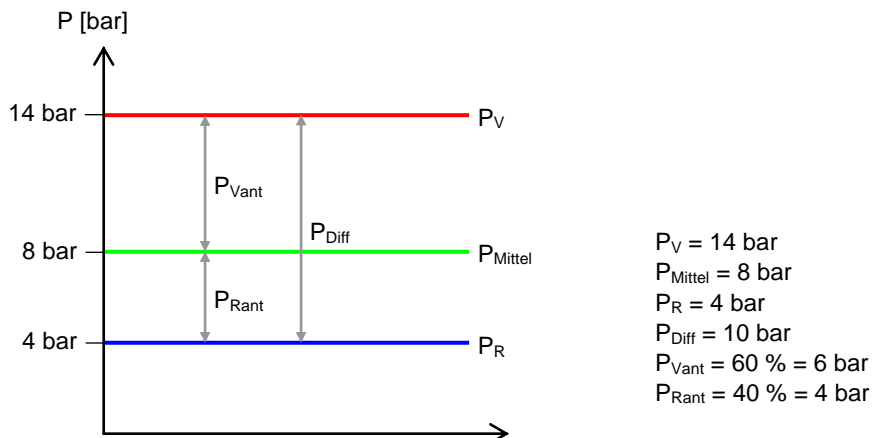
Über das Feld **Druckhaltungstyp** kann zwischen verschiedenen Typen der Einspeisung mit Druckhaltung ausgewählt werden:

- **Mitteldruck, Differenzdruck und Anteile:**
Dieser Typ wird über die Felder **Mitteldruck**, **Differenzdruck**, **Druckanteil Vorlauf** und **Druckanteil Rücklauf** bestimmt.
- **Vorlaufdruck und Differenzdruck:**
Dieser Typ wird über die Felder **Differenzdruck** und **Vorlaufdruck** bestimmt.
- **Rücklaufdruck und Differenzdruck:**
Dieser Typ wird über die Felder **Differenzdruck** und **Rücklaufdruck** bestimmt.
- **Pumpendaten, Drehzahl, Mitteldruck und Anteile:**
Dieser Typ wird über die Felder **Druckanteil Vorlauf**, **Druckanteil Rücklauf**, **Pumpenkennlinie**, **Fördervolumen**, **Pumpenkenndrehzahl** und **Max. Durchflussänderung** bestimmt.
- **Vorlaufdruck und Pumpendaten:**
Dieser Typ wird über die Felder **Pumpenkennlinie**, **Fördervolumen**, **Pumpenkenndrehzahl** und **Max. Durchflussänderung** bestimmt.
- **Rücklaufdruck und Pumpendaten:**
Dieser Typ wird über die Felder **Pumpenkennlinie**, **Fördervolumen**, **Pumpenkenndrehzahl** und **Max. Durchflussänderung** bestimmt.

Über das Feld **Mitteldruck** wird der Ausgangsdruck für die Druckermittlung mit **Druckanteil Vorlauf** und den **Druckanteil Rücklauf** vorgegeben.

Über das Feld **Differenzdruck** wird die Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf angegeben.

Mit den Feldern **Druckanteil Vorlauf** und **Druckanteil Rücklauf** wird der prozentuelle Anteil des Vor- und Rücklaufdruckes am Differenzdruck angegeben. In Verbindung mit dem Mitteldruck kann daraus dann der tatsächliche Vor- bzw. Rücklaufdruck errechnet werden.



Beispiel: Mitteldruck, Differenzdruck und Anteile

Mit den Feldern **Vorlaufdruck** und **Rücklaufdruck** wird der Druck im jeweiligen Kreislauf vorgegeben.

Über das Feld **Pumpenkennlinie** kann ein von der aktuellen Einspeisemenge abhängiger Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf angegeben werden. Der jeweilige Druck wird über die Pumpenkennlinie ermittelt.

Das **Fördervolumen** der Pumpe dient als Anfangswert für die Simulation.

Die **Pumpenkenndrehzahl** wird benötigt, um die entsprechende Pumpenkennlinie auszuwählen.

Über das Feld **Grenzwerte** kann die Eingabe von Fluss- oder Leistungsgrenzen aktiviert werden. Die Flussgrenzen werden über die Felder **Minimaler Fluss** und **Maximaler Fluss** eingegeben, die Leistungsgrenzen über die Felder **Minimale Leistung** und **Maximale Leistung**. Genauere Informationen finden sie im Kapitel [Überwachung der Grenzwerte](#).

Mit dem Feld **Max. Durchflussänderung** wird das Verhalten der Simulation gesteuert. Der in diesem Feld vorgegebene Wert stellt das Maximum der Änderung des Durchflusses zwischen zwei Berechnungsiterationen dar. Durch Abändern dieses Wertes kann das Konvergenzverhalten der Simulation beeinflusst werden.

Das Feld **Führende Einspeisung** bestimmt, ob die Einspeisung mit Druckhaltung die Führung übernimmt. In einem geschlossenen Netzteil sollte nur eine führende Einspeisung vorhanden sein, um Konvergenzprobleme zu vermeiden.

Über die Felder **Faktor Mitteldruck**, **Faktor Differenzdruck**, **Faktor Vorlaufdruck**, **Faktor Rücklaufdruck**, **Faktor Druckanteil Vorlauf**, **Faktor Druckanteil Rücklauf** und **Faktor Fördervolumen** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Elementdaten Einspeisung Wärme/Kälte

Die Elementdaten für die Einspeisung Wärme/Kälte sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Einspeisung Wärme/Kälte

Über das Register **Geostationär** können Daten für die geostationäre Berechnung vorgegeben werden. Sind keine speziellen Vorgaben für die geostationäre Berechnung angegeben, so werden die Daten aus der Netzebene verwendet.

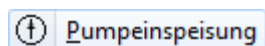
Bild: Datenmaske Einspeisung Wärme/Kälte – Geostationär

Über die Felder **Zeitreihe Vorlauf** und **Zeitreihe Rücklauf** kann für jedes Netzelement ein zeitlicher Verlauf für die geostationäre Berechnung definiert werden.

Über die Felder **Arbeitspunkte Vorlauf** und **Arbeitspunkte Rücklauf** kann für jedes Netzelement eine Folge von Arbeitspunkten für die geostationäre Berechnung vorgegeben werden.

Die Felder **Zuwachsdaten Vorlauf** und **Zuwachsdaten Rücklauf** dienen zur Festlegung von Steigerungsdaten für jedes Netzelement. Diese Funktion ist derzeit noch nicht verfügbar.

2.2.2 Pumpeinspeisung



Mit diesem Element werden Kreislumpen nachgebildet.

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

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

Basisdaten Pumpeinspeisung

Pumpeinspeisung			
Basisdaten Elementdaten Geostationär			
Knoten	K43		
Name	P57		
Netzebene	Primär (15,0 bar)		
Kreislauf	Vor- und Rücklauf		<input type="checkbox"/> Außer Betrieb
Pumpentyp	Kreislumpumpe		
Fördervolumen	Q	0,0	l/s
Max. Volumensänd.	dQmax	0,1	l/s
Pumpenkenndrehzahl	n	1,0	1/min
Pumpenkennlinie	(kein)		
Einspeisetemperatur	T	100,0	°C
Grenzwerte	Volumen		
Min. Fördervolumen	Qmin	-9.999,0	l/s
Max. Fördervolumen	Qmax	9.999,0	l/s
Manipulation			
Fkt. Fördervolumen	fQ	1,0	
Manipulationsname	(kein)		

Bild: Datenmaske Pumpeinspeisung

Mit der Kreislumpumpe als Knotenelement wird aus einem als unbegrenzt angenommenen Wasserreservoir oder aus einem übergeordneten Versorgungsnetz nach einer bestimmten Pumpenkennlinie eingespeist.

Das **Fördervolumen** dient als Anfangswert für die Simulation.

Mit dem Feld **Max. Volumensänderung** wird das Verhalten der Simulation gesteuert. Der in diesem Feld vorgegebene Wert stellt das Maximum der Änderung des Durchflusses zwischen zwei Berechnungsiterationen dar. Durch Abändern dieses Wertes kann das Konvergenzverhalten der Simulation beeinflusst werden.

Die **Pumpenkenndrehzahl** wird benötigt, um die entsprechende Pumpenkennlinie auszuwählen.

Die Charakteristik der Pumpe wird über die **Pumpenkennlinie** festgelegt. Diese wird über das Feld **Pumpenkennlinie** zugeordnet.

Die **Einspeisetemperatur** ist jene Temperatur, mit der in den jeweiligen Kreislauf eingespeist wird.

Über das Feld **Grenzwerte** kann die Eingabe von Grenzen für das Fördervolumen aktiviert und über die Felder **Minimales Fördervolumen** und **Maximales Fördervolumen** eingegeben werden. Genauere Informationen finden sie im Kapitel [Überwachung der Grenzwerte](#).

Über das Feld **Faktor Fördervolumen** kann die Fördermenge mit dem angegebenen Faktor multipliziert werden.

Elementdaten Pumpeinspeisung

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

Geostationäre Daten Pumpeinspeisung

Die geostationären Daten für die Pumpeinspeisung sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

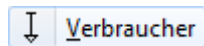
2.3 Knotenelemente

Diese Elemente ermöglichen die Nachbildung von Regelementen und Verbrauchern in den Strömungsnetzen.

Die folgenden Knotenelemente sind verfügbar:

- [Verbraucher](#)
- [Druckbuffer](#)
- [Temperaturregler](#)
- [Leck](#)

2.3.1 Verbraucher



Ein Verbraucher erzeugt in den Zuleitungen einen seiner Abnahmemenge entsprechenden Fluss, unabhängig von dem zur Verfügung stehenden Druck.

Das Erzeugen eines Verbrauchers erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Verbraucher**.

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

Basisdaten Verbraucher

Bild: Datenmaske Verbraucher

Die Abnahmeleistung (Wärme oder Kälte) des Verbrauchers ist vom Druck am Entnahmeknoten unabhängig. Da bei der Berechnung an den Knoten nur die momentane Abnahmeleistung bzw. Abnahmemenge betrachtet wird, spricht man von einem konstanten Verbrauchsverhalten.

Über das Feld **Abnahmetyp** wird festgelegt, wie die Daten des Verbrauchers angegeben werden:

- Konstante Abnahmemenge:
Im Feld **Konst. Abnahmemenge** wird die Abnahmemenge des Verbrauchers angegeben.
- Konstante Abnahmeleistung:
Im Feld **Konst. Abnahmeleistung** wird die Abnahmeleistung des Verbrauchers angegeben.
- Summe aus Menge und Leistung:
Der Verbraucher wird über die Felder **Konst. Abnahmemenge** und **Konst. Abnahmeleistung** bestimmt.

Mit dem Feld **Druckabhängige Abnahmereduktion** kann eine automatische Steuerung des Verbrauchers aktiviert werden. Hierbei wird automatisch die Abnahme reduziert, wenn der Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf dem vorgegebenen Wert im Feld **Mindestdruckdifferenz** unterschreitet.

Der Reduktionsfaktor zur Einspeisereduktion wird wie folgt berechnet:

$$f_{\text{RED}} = \left(\frac{P}{P_{\text{Diff Min}}} \right)^2$$

Mit dem Feld **Mindestdruckdifferenz** wird die geforderte Differenz zwischen Vor- und Rücklauf vorgegeben. Bei Unterschreitung des angegebenen Wertes wird dies in den Zweigergebnissen vermerkt.

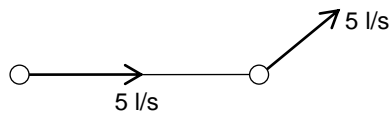
Anhand des gewählten **Temperaturtyps** kann die Temperatur des Verbrauchers unterschiedlich angegeben werden:

- **Rückspeisetemperatur:**
Im Feld **Temperatur** wird jene Temperatur angegeben, mit welcher der Verbraucher vom Vorlauf in den Rücklauf einspeist.
- **Temperaturdifferenz:**
Im Feld **Temperatur** wird der Temperaturunterschied zur Vorlauftemperatur angegeben, mit welcher der Verbraucher vom Vorlauf in den Rücklauf einspeist.

Über die Felder **Faktor konst. Abnahmemenge**, **Faktor konst. Abnahmeleistung** und **Faktor Temperatur** können die jeweiligen Eingabewerte multipliziert werden.

Es ist zu beachten, dass ein Verbraucher immer und druckunabhängig einen Durchfluss in seinen Zuleitungen erzeugt.

Beispiel:



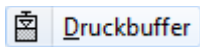
Elementdaten Verbraucher

Die Elementdaten für den Verbraucher sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Verbraucher

Die geostationären Daten für den Verbraucher sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.3.2 Druckbuffer



Dieses Element dient zur Nachbildung eines Wasserreservoirs mit Überlaufverhalten.

Das Erzeugen eines Druckbuffers erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Druckbuffer**.

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

Basisdaten Druckbuffer

Bild: Datenmaske Druckbuffer

Die Größe des Flusses wird über die [Druckbufferkennlinie](#) festgelegt. Diese wird über das Feld **Druckbufferkennlinie** zugeordnet.

Der **Max. Druck** ist jener Druck, ab dem ein Überlaufverhalten in der Berechnung nachgebildet wird. Ist der maximale Druck größer als der größte angegebene Druck der Kennlinie, so wird dieser als maximaler Druck verwendet.

Die Entnahmemenge des Druckbuffers ist wie folgt definiert:

- $P < P_{\text{Max}}$:
keine Entnahme
- $P = P_{\text{Max}}$:
Entnahmemenge wird so groß gewählt, damit die Beziehung $P = P_{\text{Max}}$ erfüllt bleibt

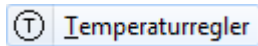
Elementdaten Druckbuffer

Die Elementdaten für den Druckbuffer sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Druckbuffer

Die geostationären Daten für den Druckbuffer sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.3.3 Temperaturregler



Dieses Element ermöglicht die Nachbildung temperaturgeregelter Knoten im Netz.

Das Erzeugen eines Temperaturreglers erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Temperaturregler**.

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

Basisdaten Temperaturregler

Bild: Datenmaske Temperaturregler

Der **Geregelte Knoten** identifiziert jenen Knoten im Netz, an dem eine bestimmte Temperatur im Vorlauf eingehalten werden soll. Dieser Knoten muss im Vorlauf vorhanden sein.

Die **Min. Temperatur** gibt die geringste zulässige Temperatur am geregelten Knoten vor.

Die **Max. Temperatur** gibt die höchste zulässige Temperatur am geregelten Knoten vor.

Die Überprüfung der **Temperaturgenauigkeit** erfolgt bei jedem stationären Iterationsschritt.

Mit dem Feld **Max. Durchflussänderung** wird das Verhalten der Simulation gesteuert. Der in diesem Feld vorgegebene Wert stellt das Maximum der Änderung des Durchflusses zwischen zwei Berechnungsiterationen dar. Durch Abändern dieses Wertes kann das Konvergenzverhalten der Simulation beeinflusst werden.

Der Fluss im Temperaturregler zwischen Vorlauf und Rücklauf ist in Wärmenetzen wie folgt festgelegt:

- $T_{\text{Min}} < T < T_{\text{Max}}$:
kein Fluss im Temperaturregler
- $T > T_{\text{Max}}$:
Fluss vom Rücklauf in den Vorlauf (Mischung mit kaltem Wasser)
- $T < T_{\text{Min}}$:
Fluss vom Vorlauf in den Rücklauf (Geschwindigkeit wird erhöht – Temperaturabfall entlang der Leitungen geringer)

Der Fluss im Temperaturregler zwischen Vorlauf und Rücklauf ist in Kältenetzen wie folgt festgelegt:

- $T_{\text{Min}} < T < T_{\text{Max}}$:
kein Fluss im Temperaturregler
- $T > T_{\text{Max}}$:
Fluss vom Vorlauf in den Rücklauf (Geschwindigkeit wird erhöht – Temperaturanstieg entlang der Leitungen geringer)
- $T < T_{\text{Min}}$:
Fluss vom Rücklauf in den Vorlauf (Mischung mit warmen Wasser)

wobei

- T_{Max} :
maximale Temperatur am geregelten Knoten
- T_{Min} :
minimale Temperatur am geregelten Knoten
- T :
aktuelle Temperatur am geregelten Knoten

Achtung:

Es erfolgt keine Überprüfung der Beeinflussbarkeit der Temperatur am geregelten Knoten in Abhängigkeit vom Fluss durch den Temperaturregler.

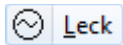
Elementdaten Temperaturregler

Die Elementdaten für den Temperaturregler sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Temperaturregler

Die geostationären Daten für den Temperaturregler sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.3.4 Leck



Dieses Element wird zur Nachbildung eines Lecks im Netz verwendet.

Das Erzeugen eines Lecks erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Knotenelemente – Leck**.

Eine Übersicht der Felder für das Leck ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Leck

Bild: Datenmaske Leck

Die **Austrittsfläche** spiegelt die Größe der Öffnung wieder. Die Form der Öffnung wird in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Die **Flusszahl** ist ein Multiplikator für die widerstandslos berechnete Ausflussmenge am Leck. Sie hat einen Wert zwischen null und eins, wobei

- 1 = widerstandsloser Ausfluss
- 0 = kein Ausfluss möglich (Widerstand unendlich)

bedeutet.

Mit dem Feld **Max. Durchflussänderung** wird das Verhalten der Simulation gesteuert. Der in diesem Feld vorgegebene Wert stellt das Maximum der Änderung des Durchflusses zwischen zwei Berechnungsiterationen dar. Durch Abändern dieses Wertes kann das Konvergenzverhalten der Simulation beeinflusst werden.

Elementdaten Leck

Die Elementdaten für das Leck sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Leck

Die geostationären Daten für das Leck sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

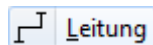
2.4 Zweigelemente

Mit diesen Elementen können Verbindungen zwischen zwei Knoten definiert werden.

Die folgenden Zweigelemente sind verfügbar:

- [Leitung](#)
- [Schieber/Rückschlagventil](#)
- [Konst. Druckabfall/Konst. Fluss](#)
- [Druckregler](#)
- [Druckverstärkerpumpe](#)
- [Wärmetauscher](#)

2.4.1 Leitung



Die Leitungsdaten ermöglichen es, jedes beliebige Rohr bzw. Rohrstrecken nachzubilden. Der Druckabfall auf diesem Zweigelement ergibt sich aufgrund des Durchflusses, der sich je nach Belastung ändern kann.

Das Erzeugen einer Leitung erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Leitung**.

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

Basisdaten Leitung

Bild: Datenmaske Leitung

Über das Feld **Kreislauf** erfolgt die Zuordnung der Leitung zu Vor- und Rücklauf.

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

Über das Feld **Länge** wird die Länge der Leitung bzw. der Rohrstrecke angegeben.

Bei nicht kreisrunden Querschnitten ist als **Innendurchmesser** der äquivalente Durchmesser

$$d_i = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

und als **Profilfaktor** der Quotient aus

$$\frac{d_i \pi}{U}$$

anzugeben.

A ... tatsächlicher Querschnitt des Rohres in [mm]

U ... tatsächlicher Umfang in [mm]

Die **Sandrohrrauigkeit** beeinflusst den Druckabfall und wird zur Ermittlung der Rohrreibungszahl Lambda benötigt.

Der **Längenzuschlagsfaktor** wird benötigt, um den Widerstand von Krümmungen usw. in Leitungen berücksichtigen zu können.

Der **Verlustfaktor Zetawert** dient zur Berücksichtigung des Staudruckes bei der Berechnung des Leitungswiderstandes.

Die **Leckrate** ist der Wasserverlust in l/s pro m Rohrleitung.

Der üblicherweise verwendete Wert für die Wärmedurchgangszahl bei Rohren k_r (W/mK)

$$k_r = \frac{\pi}{\frac{2}{2\lambda} * \ln * \frac{d_0}{d_i} + \frac{1}{\alpha_0 * d_0}}$$

ist durch 2π zu dividieren und dann im Feld **Wärmeleitfähigkeit** einzugeben.

Berechnung des Leitungswiderstandes

Zum Berechnen des Druckabfalls in Leitungen wird der Leitungswiderstand benötigt.

$$c = \rho * \lambda * l * \frac{1}{d_i^5} * K_1 * K_3$$

c ... Leitungswiderstand in $[\text{kg/m}^7]$

ρ ... Dichte in $[\text{t/m}^3]$

λ ... Rohrreibungszahl

l ... Leitungslänge in $[\text{m}]$

d_i ... Innendurchmesser in $[\text{mm}]$

K_1 ... $\frac{8}{g * \pi^2} * 10^9$ in $[\text{s}^2/\text{m}]$

K_3 ... $g * \frac{1}{100}$ in $[\text{m/s}^2]$

g ... Erdbeschleunigung in $[\text{m/s}^2]$

Berechnung der Rohrreibungszahl Lambda

Zur Berechnung des Leitungswiderstandes benötigt man, wie aus der vorangegangenen Formel ersichtlich, die Rohrreibungszahl Lambda.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log \left(\frac{k_s}{3,71 * d_i} + \frac{2,51}{\text{Re}} * \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \right) \text{ für } \text{Re} > 4000$$

$$\lambda = 0,03$$

für

$$Re = 0$$

und

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

für

$$0 < Re \leq 2320$$

Zwischen 2320 und 4000 kommt es zur linearen Interpolation, um Unstetigkeiten zu vermeiden.

λ	...	Rohrreibungszahl
Re	...	Reynoldszahl
d_i	...	Innendurchmesser in [mm]
k_s	...	Sandrohrrauigkeit in [mm]

Berechnung der Reynoldszahl

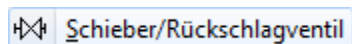
$$Re = K_2 * |Q_F| * \frac{1}{d_i * \nu}$$

Re	...	Reynoldszahl
K_2	...	$\frac{4}{\pi} * 10^6$
Q_F	...	Durchflussmenge in [l/s]
d_i	...	Innendurchmesser in [mm]
ν	...	kinematische Zähigkeit in [mm ² /s]

Elementdaten Leitung

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

2.4.2 Schieber/Rückschlagventil



Mit diesem Element können Schieber und Rückschlagventile nachgebildet werden.

Das Erzeugen eines Schiebers oder Rückschlagventils erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweielemente – Schieber/Rückschlagventil**.

Eine Übersicht der Felder für Schieber und Rückschlagventil ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Schieber/Rückschlagventil

The screenshot shows a software window titled 'Schieber/Rückschlagventil'. It has three tabs: 'Basisdaten', 'Elementdaten', and 'Geostationär'. The 'Basisdaten' tab is selected. Inside, there are several input fields and a checkbox. 'Startknoten' is 'K50', 'Endknoten' is 'K51', 'Name' is 'V63', 'Netzebene' is 'Primär (15,0 bar)', and 'Kreislauf' is 'Vor- und Rücklauf'. There is a checkbox labeled 'Außer Betrieb'. Below these, 'Ventiltyp' is 'Schieber', 'Schieberstellung' is 'Offen', 'Öffnungsgrad' is '100,0 %', and 'Ventildurchmesser' is '50,0 mm'. At the bottom right are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Datenmaske Schieber/Rückschlagventil

Es wird zwischen einem Schieber und einem Rückschlagventil unterschieden. Der jeweilige Typ wird über das Feld **Ventiltyp** gewählt.

Schieber

Ein Schieber kann stufenlos geschlossen und geöffnet werden.

Der Zustand des Schiebers wird über die **Schieberstellung** bestimmt.

Der **Öffnungsgrad** ist das Verhältnis der aktuellen Durchlassfläche zur Durchlassfläche bei voller Öffnung. D.h. dass bei einem Öffnungsgrad von 100 % der Schieber vollständig geöffnet ist.

Der **Ventildurchmesser** ist der Durchmesser eines Kreises mit gleicher Fläche wie die Durchlassfläche des voll geöffneten Ventils.

Rückschlagventil

Mit dem Rückschlagventil kann der Durchfluss in eine Richtung gesperrt werden. Der Durchfluss kann nur vom Knoten am Leitungsbeginn zum Knoten am Leitungsende erfolgen.

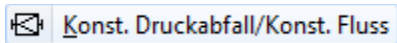
Elementdaten Schieber/Rückschlagventil

Die Elementdaten für Schieber/Rückschlagventil sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Schieber/Rückschlagventil

Die geostationären Daten für Schieber/Rückschlagventil sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.4.3 Konst. Druckabfall/Konst. Fluss



Mit diesem Zweigelement kann eine Leitung mit konstantem Druckabfall oder konstantem Fluss definiert werden.

Das Erzeugen eines konstanten Druckabfalls oder konstanten Flusses erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Konst. Druckabfall/Konst. Fluss**.

Eine Übersicht der Felder für konstantem Druckabfall/konstantem Fluss ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Konst. Druckabfall/Konst. Fluss

Bild: Datenmaske Konst. Druckabfall/Konst. Fluss

Es wird zwischen einer Leitung mit konstantem Druckabfall und einer Leitung mit konstantem Durchfluss unterschieden. Der jeweilige Typ wird über das Feld **Leitungstyp** gewählt.

Konstanter Druckabfall

Im Feld **Druckabfall** wird der konstante Druckabfall des Zweigelementes eingetragen. Dieser ist unabhängig vom Durchfluss und vom Druck am Eintrittsknoten.

Über das Feld **Faktor Druckabfall** kann der Druckabfall mit dem angegebenen Faktor multipliziert werden.

Konstanter Durchfluss

Im Feld **Durchflussmenge** wird der konstante Fluss des Zweigelementes eingetragen. Dieser ist unabhängig von den Drücken am Ein- bzw. Austrittsknoten.

Über das Feld **Faktor Massenstrom** kann der Fluss mit dem angegebenen Faktor multipliziert werden.

Achtung: Eine Leitung mit konstantem Fluss darf nur im Vorlauf oder nur im Rücklauf eingebaut werden. Ein Einbau in Vor- und Rücklauf ist nicht zulässig und führt zu einem Abbruch des Simulationsvorganges mit einer Fehlermeldung.

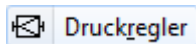
Elementdaten Konst. Druckabfall/Konst. Fluss

Die Elementdaten für konstantem Druckabfall/konstantem Fluss sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Konst. Druckabfall/Konst. Fluss

Die geostationären Daten für konstantem Druckabfall/konstantem Fluss sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.4.4 Druckregler



Druckregler verbinden die verschiedenen Druckbereiche und ermöglichen bei schwankendem Anfangsdruck einen konstanten Enddruck.

Das Erzeugen eines Druckreglers erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Druckregler**.

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

Basisdaten Druckregler

Bild: Datenmaske Druckregler

Der **Geregelte Knoten** ist ein beliebiger Knoten im Netz, für den der Druck vorgegeben wird.

Über das Feld **Arbeitsweise** kann das Verhalten des Druckreglers gesteuert werden:

- Druckerhöhung:
Der Druckregler kann nur eine Erhöhung des Druckes vornehmen.
- Druckreduktion:
Der Druckregler kann nur eine Reduktion des Druckes vornehmen.
- Druckerhöhung und Reduktion:
Der Druckregler kann sowohl den Druck erhöhen als auch reduzieren.

Der **Innere Druckabfall** kann über eine [Druckabfallkennlinie](#) vorgegeben werden.

Der **Druck am Eintrittsknoten** ist der geschätzte Druck am Anfangsknoten.

Der **Druck am Austrittsknoten** ist der konstant geregelte Druck am geregelten Knoten.

Die **Max. Druckabweichung** gibt die maximal zulässige Abweichung des aktuellen Druckes vom vorgegebenen an.

Mit dem Feld **Differenzdruckregelung** kann der Druckregler so konfiguriert werden, dass eine eingestellte Druckdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf eingehalten wird.

Das Feld **Differenzdruck** beschreibt die geforderte Differenz zwischen Vor- und Rücklaufdruck. Es wird nur bei aktivierter Differenzdruckregelung berücksichtigt.

Achtung:

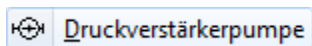
- Der Druckregler darf nur im Vorlauf oder nur im Rücklauf eingebaut werden. Ein Einbau in Vor- und Rücklauf ist nicht zulässig und führt zu einem Abbruch des Simulationsvorganges mit einer Fehlermeldung.
- Bei Differenzdruckregelung muss der geregelte Knoten sowohl im Vorlauf als auch im Rücklauf vorhanden sein.

Elementdaten Druckregler

Die Elementdaten für den Druckregler sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Druckregler

Die geostationären Daten für den Druckregler sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.4.5 Druckverstärkerpumpe

Mit diesem Element werden Kreispumpen nachgebildet.

Das Erzeugen einer Druckverstärkerpumpe erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Druckverstärkerpumpe**.

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

Basisdaten Druckverstärkerpumpe

Bild: Datenmaske Druckverstärkerpumpe

Die Kreislumpumpe als Zweigelement erhöht den Druck zwischen Ein- und Austrittsknoten. Sie wird zur Druckerhöhung verwendet und verbessert dadurch die Versorgungssicherheit im Netz.

Das **Fördervolumen** dient als Anfangswert für die Simulation.

Mit dem Feld **Max. Durchflussänderung** wird das Verhalten der Simulation gesteuert. Der in diesem Feld vorgegebene Wert stellt das Maximum der Änderung des Durchflusses zwischen zwei Berechnungsiterationen dar. Durch Abändern dieses Wertes kann das Konvergenzverhalten der Simulation beeinflusst werden.

Die **Pumpenkenndrehzahl** wird benötigt, um die entsprechende Pumpenkennlinie auszuwählen.

Die Charakteristik der Pumpe wird über die **Pumpenkennlinie** festgelegt. Diese wird über das Feld **Pumpenkennlinie** zugeordnet.

Über das Feld **Faktor Fördervolumen** kann die Fördermenge mit dem angegebenen Faktor multipliziert werden.

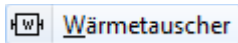
Elementdaten Druckverstärkerpumpe

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

Geostationäre Daten Druckverstärkerpumpe

Die geostationären Daten für die Druckverstärkerpumpe sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.4.6 Wärmetauscher



Mit dem hydraulisch entkoppelten Wärmetauscher kann der Leistungsaustausch zwischen getrennten Netzteilen nachgebildet werden. Der Wärmetauscher mit Leistungszuführung ermöglicht es, eine konstante Leistung in den Vor- oder Rücklauf einzuspeisen oder zu entnehmen.

Das Erzeugen eines Wärmetauschers erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Zweigelemente – Wärmetauscher**.

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

Basisdaten Wärmetauscher

Bild: Datenmaske Wärmetauscher

Es wird zwischen einem Wärmetauscher mit hydraulischer Entkopplung und einem Wärmetauscher mit Leistungszuführung unterschieden. Der jeweilige Typ wird über das Feld **Wärmetauschertyp** gewählt.

Wärmetauscher mit hydraulischer Entkopplung

Mit diesem Wärmetauschertyp können zwei hydraulisch entkoppelte Netzteile durch den Austausch von Leistung verbunden werden.

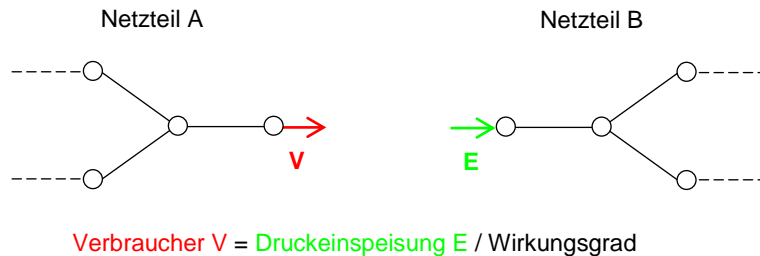


Bild: Nachbildung der hydraulischen Entkopplung

Dieser Wärmetauscher wird in der Simulation eigentlich durch zwei Elemente beschrieben: Einen **Verbraucher** im Netzteil A und eine **Einspeisung mit Druckhaltung** im Netzteil B.

Der angegebene **Wirkungsgrad** wird beim Leistungsaustausch der entkoppelten Netzteile berücksichtigt. Ein Wirkungsgrad von 100 % würde einen verlustlosen Leistungsaustausch beschreiben.

Mit dem Feld **Prim. druckabhängige Abnahmereduktion** kann eine automatische Steuerung des Verbrauchers aktiviert werden. Hierbei wird automatisch die Abnahme reduziert, wenn der Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf den vorgegebenen Wert im Feld **Prim. Mindestdruckdifferenz** unterschreitet.

Der Reduktionsfaktor zur Einspeisereduktion wie folgt berechnet:

$$f_{RED} = \left(\frac{P}{P_{Diff Min}} \right)^2$$

Mit dem Feld **Prim. Mindestdruckdifferenz** wird die geforderte Differenz zwischen Vor- und Rücklauf vorgegeben. Bei Unterschreitung des angegebenen Wertes wird dies in den Zweigergebnissen vermerkt.

Über das Feld **Primäre Temperatur** wird die Temperatur für den Verbraucher vorgegeben. In Abhängigkeit vom Feld **Primärer Temperaturtyp** kann entweder die Rückspeisetemperatur oder die Temperaturdifferenz angegeben werden.

Mit dem Feld **Sek. Einspeisetemperatur** wird die Einspeisetemperatur der Einspeisung mit Druckhaltung bestimmt.

Die folgenden Felder beschreiben das Verhalten der Einspeisung mit Druckhaltung (eine detaillierte Beschreibung ist im Abschnitt [Einspeisung mit Druckhaltung](#) zu finden):

- Führende Einspeisung
- Druckhaltungstyp
- Mitteldruck
- Differenzdruck
- Vorlaufdruck
- Rücklaufdruck

- Druckanteil Vorlauf
- Druckanteil Rücklauf
- Pumpenkenndrehzahl
- Fördervolumen
- Max. Durchflussänderung
- Pumpenkennlinie
- Faktor Leistung
- Faktor Mitteldruck
- Faktor Differenzdruck
- Faktor Vorlaufdruck
- Faktor Rücklaufdruck
- Faktor Druckanteil Vorlauf
- Faktor Druckanteil Rücklauf
- Faktor Fördervolumen

Achtung: Wenn bei einem Wärmetauscher mit hydraulischer Entkopplung die druckabhängige Abnahmereduktion aktiviert wird, dann kann die abgenommene Leistung von der eingespeisten Leistung abweichen. Allerdings wird dadurch das Konvergenzverhalten während der Simulation verbessert.

Wärmetauscher mit Leistungszuführung

Bei diesem Wärmetauschertyp kann eine konstante Leistung in den jeweiligen Kreislauf hinzugefügt oder weggenommen werden. Die Flussrichtung ist dabei nicht von Bedeutung. Die Temperatur im jeweiligen Kreislauf wird dadurch erhöht oder gesenkt.

Die **Leistung** bewirkt unabhängig von der Flussrichtung eine Temperaturerhöhung oder -senkung im jeweiligen Kreislauf.

Der Wärmetauscher verursacht keinen Druckabfall zwischen Anfangs- und Endknoten.

Über das Feld **Faktor Leistung** kann die Leistung mit dem angegebenen Faktor multipliziert werden.

Achtung: Der Wärmetauscher mit Leistungszuführung darf nur im Vorlauf oder nur im Rücklauf eingebaut werden. Ein Einbau in Vor- und Rücklauf ist nicht zulässig und führt zu einem Abbruch des Simulationsvorganges mit einer Fehlermeldung.

Elementdaten Wärmetauscher

Die Elementdaten für den Wärmetauscher sind unter [Allgemeine Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

Geostationäre Daten Wärmetauscher

Die geostationären Daten für den Wärmetauscher sind unter [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#) beschrieben.

2.5 Allgemeine Steuer- und Eingabedaten

Mit diesen Daten werden sowohl allgemeine Parameter für die Berechnung vorgegeben als auch ergänzende Informationen für das Netz festgelegt.

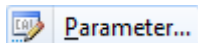
Die folgenden Steuerdaten sind verfügbar:

- [Berechnungsparameter](#)

Die folgenden Eingabedaten sind verfügbar:

- [Allgemeine Daten für Netzelemente](#)
- [Include Netz](#)
- [Betriebszustand](#)
- [Zusatzdaten Netzelement](#)
- [Zusatzdaten Knoten](#)
- [Master Ressource](#)
- Definition generischer Datenstrukturen
- Generische Daten
- [Beschreibung](#)
- [Pumpenkennlinie](#)
- [Druckbufferkennlinie](#)
- [Druckabfallkennlinie](#)
- [Variante](#)

2.5.1 Berechnungsparameter



Mit diesen Daten können ergänzende Parameter für die Strömungsnetzberechnung vorgegeben werden.

Die Berechnungsparameter werden über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** definiert.

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

Stationäre Berechnungsparameter

The image shows a software window titled 'Berechnungsparameter'. It has two tabs: 'Stationär' (selected) and 'Geostationär'. The 'Stationär' tab contains several input fields and dropdown menus. At the top, there's a date field 'Betrachtungsdatum' set to '01.01.2000' and a dropdown 'Netzart' set to 'Wärme'. Below these are several rows of parameters: 'Max. Iterationsanzahl 1' (200), 'Max. Iterationsanzahl 2' (200), 'Maschengenauigkeit' (0,05 bar), 'Knotengenauigkeit' (0,5 l/s), 'Temperaturgenauigkeit' (1,0 °C), 'Max. Durchflussänd.' (1,0 l/s), 'Prüfung Arbeitsbereich' (Warnung), and 'Knoten verbinden' (Include Netze). At the bottom of the main area, there's 'Spez. Wärmekapazität' (4.182,0 J/kgK) and 'Kreislauf für Ausfall' (Vor- und Rücklauf). At the very bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Datenmaske Stationäre Berechnungsparameter

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 Hilfe des Feldes **Netzart** wird zwischen Fernwärme und Fernkälte unterschieden.

Die **Max. Iterationszahl 1** bestimmt die Anzahl der Iteration, die zur Lösung des Berechnungsproblems aufgewendet werden darf. Die **Max. Iterationsanzahl 2** bestimmt die Anzahl der Iterationen, die zur Lösung der Maschen aufgewendet werden darf.

Während der Berechnung wird laufend geprüft, ob die **Maschengenauigkeit** (welche die geforderte Genauigkeit des Druckes in den Knoten angibt) eingehalten wurde. Die **Knotengenauigkeit** der Flüsse wird nach erreichter Maschengenauigkeit geprüft.

Eine Überschreitung dieser Grenzen kann durch Überlastung des Netzes oder bei Überschreiten der vorgegebenen **Max. Iterationsanzahl** auftreten.

Die **Temperaturgenauigkeit** gibt an, wie genau die Knotentemperatur von der Berechnung einzuhalten ist.

Mit dem Feld **Max. Durchflussänderung** wird das Verhalten der Simulation gesteuert. Der in diesem Feld vorgegebene Wert stellt das Maximum der Änderung des Durchflusses zwischen zwei Berechnungsiterationen dar. Durch Abändern dieses Wertes kann das Konvergenzverhalten der Simulation beeinflusst werden.

Im Anschluss an die Berechnung werden die Arbeitspunkte der einzelnen Netzelemente mit den Vorgaben verglichen. Liegt der berechnete Arbeitspunkt außerhalb der Vorgaben, so wird je nach Auswahl im Feld **Prüfung Arbeitsbereich** eine Warnung oder eine Fehlermeldung ausgegeben.

Mit dem Feld **Knoten verbinden** kann festgelegt werden, in welchen Netzen die Verknüpfungsamen der Knoten zur Berechnung herangezogen werden.

- **Include Netze:**
Die Verknüpfungsamen der Knoten werden nur in den Include Netzen berücksichtigt.
- **Alle:**
Die Verknüpfungsamen der Knoten werden sowohl in den Include Netzen als auch im eigenen Netz berücksichtigt.

Die **Spez. Wärmekapazität** ist jene Energiemenge, die benötigt wird, um ein Medium pro Masseneinheit um 1 Kelvin zu erwärmen.

Über das Feld **Kreislauf für Ausfall** wird der Kreislauf (Vorlauf, Rücklauf, Vor- und Rücklauf) für die Ausfallanalyse ausgewählt.

Geostationäre Berechnungsparameter

The screenshot shows a software window titled 'Berechnungsparameter' with a 'Geostationär' tab selected. Inside, there are two dropdown menus: 'Ergebnisse speichern' set to 'Vollständig' and 'Diagramme erzeugen' set to 'Vollständig'. Below these are three input fields for time parameters: 'Startzeit' with 't start' set to '0,0 s', 'Dauer' with 'd' set to '7.200,0 s', and 'Zeitschritt' with 'dt geo' set to '900,0 s'. At the bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Datenmaske Geostationäre Berechnungsparameter

Mit dem Feld **Ergebnisse speichern** kann der Ergebnisumfang in der Datenbank eingeschränkt werden.

Je nach Berechnungsmethode werden Diagramme bereitgestellt. Über das Feld **Diagramme erzeugen** wird der Umfang der Einzeldiagramme für die Zeitreihenberechnung 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.

Der Zeithorizont der Zeitreihenberechnung wird durch **Startzeit**, **Dauer** und **Zeitschritt** festgelegt.

2.5.2 Allgemeine Daten für Netzelemente

Jedes Netzelement besteht aus den Basisdaten und den dazugehörigen Sachdaten.

The screenshot shows a software window titled 'Verbraucher'. It has three tabs: 'Basisdaten', 'Elementdaten', and 'Geostationär'. The 'Elementdaten' tab is selected. Inside this tab, there are several input fields: 'Kurzname' (text box with 'Netz II'), 'Beschreibung' (empty text box), 'Netzbereich' (dropdown menu with 'Primär'), 'Netzzone' (dropdown menu with '(kein)'), 'Gekennzeichnet' (dropdown menu with 'Nein'), 'Errichtungszeitpunkt' (date field with 'Sa 01.01.2005' and a calendar icon), and 'Stilllegungszeitpunkt' (date field with 'Do 01.01.2015' and a calendar icon). At the bottom of the window are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Verbraucher 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.

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

Über das Feld **Gekennzeichnet** kann der Knoten für die Diagrammausgabe bzw. für die Ergebnisspeicherung gekennzeichnet werden.

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.

2.5.3 Include Netz

Eine genaue Beschreibung ist im Kapitel Include Netz des Handbuches PSS SINICAL Bedienung zu finden.

2.5.4 Betriebszustand

Diese Daten werden über den Menüpunkt **Zusatzdaten – Betriebszustand** im Kontextmenü eines Netzelementes 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

Datum	Name	Status
01.07.2014	Revision	Außer Betrieb
01.08.2014	Betrieb	In Betrieb

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.

2.5.5 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.

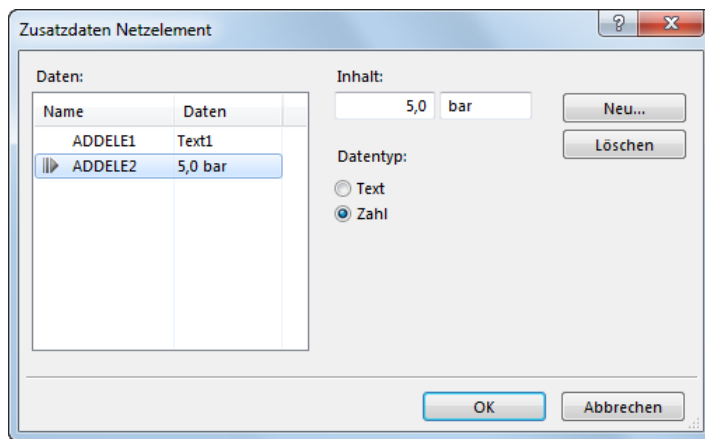


Bild: Dialog Zusatzdaten Netzelement

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.

2.5.6 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.

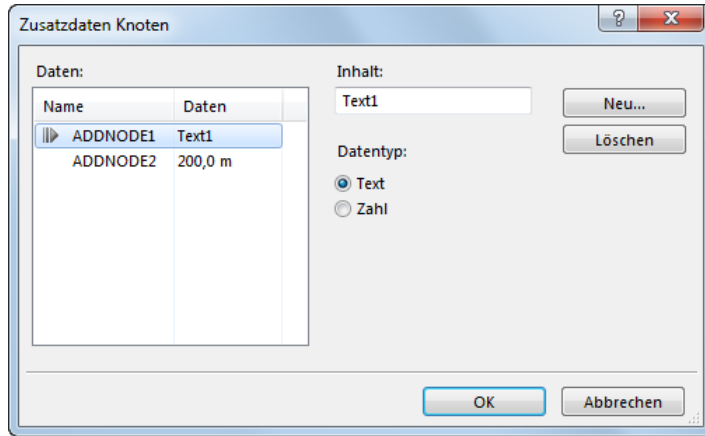


Bild: Dialog Zusatzdaten Knoten

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.

2.5.7 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.

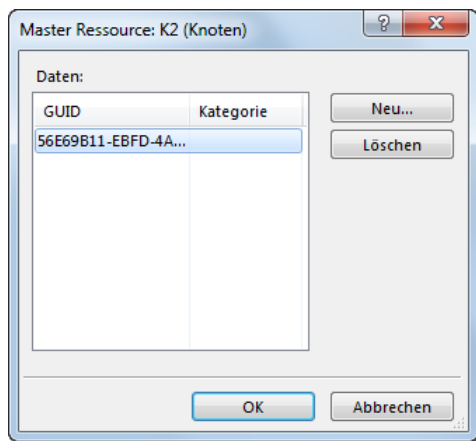


Bild: Dialog Master Ressource

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.

2.5.8 Definition generischer Datenstrukturen

Die Definition von generischen Datenstrukturen ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Definition generischer Datenstrukturen beschrieben.

2.5.9 Generische Daten

Die Verwendung von generischen Daten ist im Handbuch Eingabedaten, Kapitel Generische Daten beschrieben.

2.5.10 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.

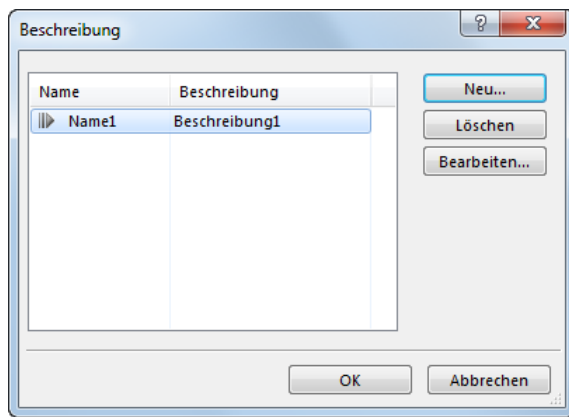


Bild: Dialog Beschreibung

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

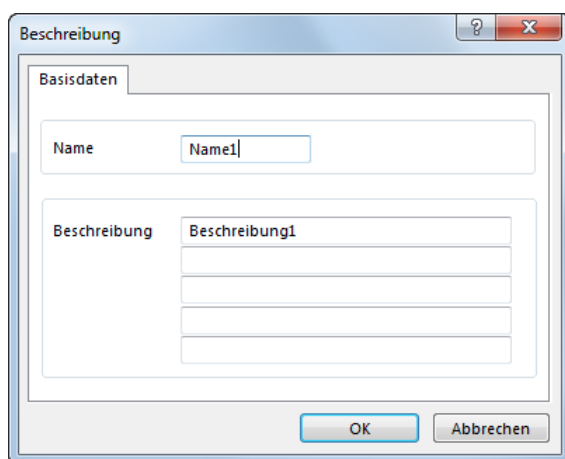


Bild: Datenmaske Beschreibung

Der **Name** kann eine beliebige Bezeichnung enthalten, welche der genaueren Identifikation dient.

Die Felder für die **Beschreibung** dienen zur Eingabe des Beschreibungstextes.

2.5.11 Pumpenkennlinie

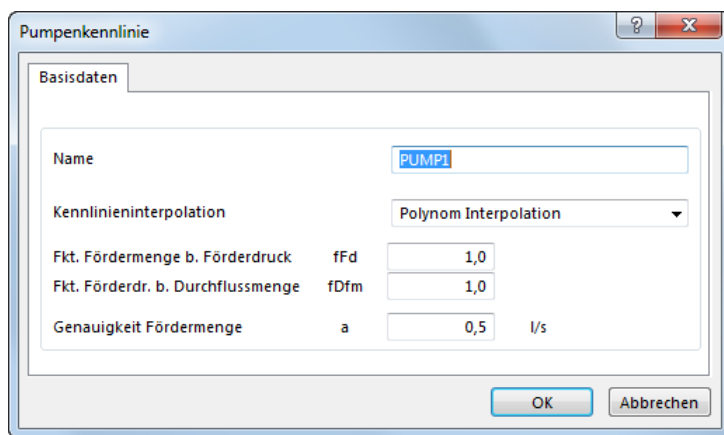
Die Pumpenkennlinie beschreibt das Verhalten einer Pumpe durch eine Kennlinie von Fördermenge und Förderdruck.

Die Bearbeitung der Pumpenkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Kennlinien – Pumpe**.

Die Pumpenkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Pumpenkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Pumpenkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennliniengabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Pumpenkennlinie und die Pumpenkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Pumpenkennlinie



The screenshot shows a software window titled 'Pumpenkennlinie' with a 'Basisdaten' tab. Inside the tab, there are several input fields and a dropdown menu. The 'Name' field contains 'PUMP1'. The 'Kennlinieninterpolation' dropdown is set to 'Polynom Interpolation'. There are three rows of factor inputs: 'Fkt. Fördermenge b. Förderdruck' with value '1,0' (labeled fFd), 'Fkt. Förderdr. b. Durchflussmenge' with value '1,0' (labeled fDfm), and 'Genauigkeit Fördermenge' with value '0,5' and unit 'l/s' (labeled a). At the bottom right are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Basisdaten für Pumpenkennlinie

Mit dem Feld **Kennlinieninterpolation** wird die interne Nachbildung der Kennlinie aus den Kennlinienwerten gesteuert. Es kann zwischen linearer Interpolation (benötigt mehr Punkte zur Beschreibung der Kennlinie) und Polynom Interpolation gewählt werden.

Über den **Faktor Fördermenge bei Förderdruck** können alle Fördermengen-Werte der Pumpenkennlinie multipliziert werden.

Über den **Faktor Förderdruck bei Durchflussmenge** können alle Förderdruck-Werte der Pumpenkennlinie multipliziert werden.

Die geforderte **Genauigkeit Fördermenge** muss für die Simulation angegeben werden.

Pumpenkennlinienwerte

Pumpenkennlinie

PUMP1

	Qp [l/s]	pQ [bar]	n [1/min]
1	12,0	12,000	1000
2	150,0	11,000	1000
3	300,0	9,000	1000
4	500,0	3,000	1000
*			

OK Abbrechen

Bild: Pumpenkennlinienwerte

Bei jedem Iterationsschritt der Simulation ist der Druck in Abhängigkeit von der Fördermenge gesucht.

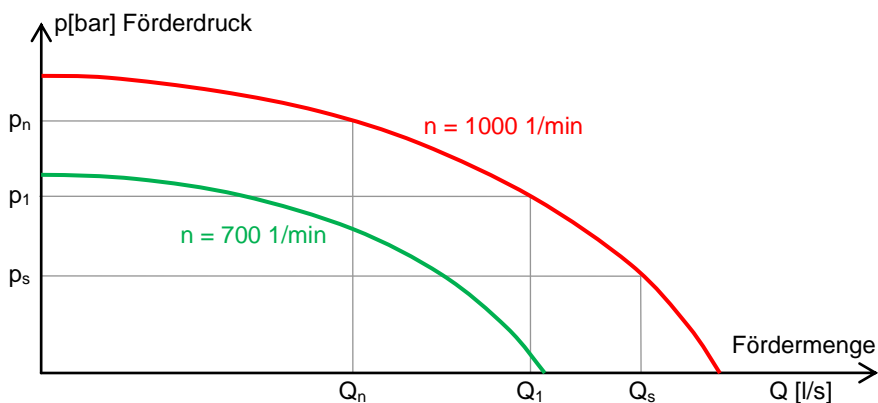


Bild: Pumpenkennlinie

Ausgangswert für die Berechnung ist die vom Benutzer eingegebene voraussichtliche Fördermenge Q_s und der Pumpentyp mit der Drehzahl, sodass eindeutig eine Pumpenkennlinie festgelegt ist. Aus der Pumpenkennlinie ergibt sich aufgrund von Q_s der Druck der Pumpe p_s für die 1. Iteration.

Ergebnis der 1. Iteration sei Q_1 . Daraus ergibt sich über die Pumpenkennlinie der Druck p_1 .

Dieser Ablauf wiederholt sich so lange, bis

$$|p_n - p_{n-1}| \leq \Delta p$$

und

$$|Q_n - Q_{n-1}| \leq \Delta Q$$

wobei Δp und ΔQ die bei den **Berechnungsparametern** eingegebene Maschengenauigkeit und Knotengenauigkeit sind.

Es können auch mehrere Kennlinien mit verschiedenen Drehzahlen eingegeben werden. Ist bei einer Pumpe eine Drehzahl zwischen der kleinsten und größten Drehzahl der Kennlinie angegeben, wird automatisch eine "Zwischenkennlinie" berechnet.

Die Pumpenkennlinie wird aus Wertepaaren von **Qp** (Fördermenge bei Förderdruck) und **pQ** (Förderdruck bei Durchflussmenge) eindeutig beschrieben.

Für unterschiedliche Drehzahlen können verschiedene Kennlinien angegeben werden. Daher wird jedem Punkt der Kennlinie auch eine **n** (Kennliniendrehzahl) zugeordnet.

2.5.12 Druckbufferkennlinie

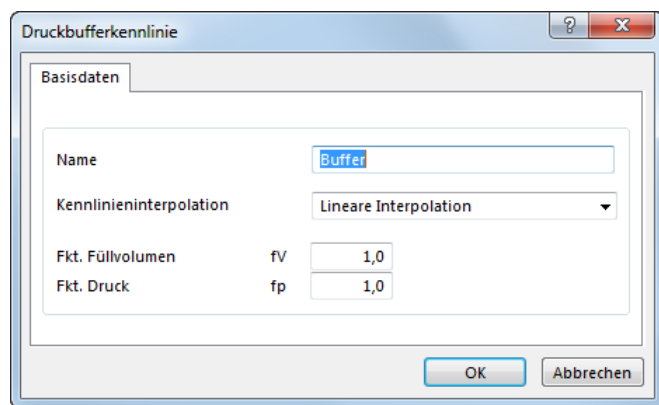
Die Druckbufferkennlinie beschreibt das Verhalten eines Druckbuffers durch eine Kennlinie von Füllvolumen und Druck.

Die Bearbeitung der Druckbufferkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Kennlinien – Druckbuffer**.

Die Druckbufferkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Druckbufferkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Druckbufferkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennlinieneingabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Druckbufferkennlinie und die Druckbufferkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Druckbufferkennlinie



The screenshot shows a software window titled "Druckbufferkennlinie" with a "Basisdaten" tab. Inside the tab, there is a form with the following fields and values:

- Name: Buffer
- Kennlinieninterpolation: Lineare Interpolation (dropdown menu)
- Fkt. Füllvolumen (fV): 1,0
- Fkt. Druck (fp): 1,0

At the bottom of the window are two buttons: "OK" and "Abbrechen".

Bild: Basisdaten für Druckbufferkennlinie

Mit dem Feld **Kennlinieninterpolation** wird die interne Nachbildung der Kennlinie aus den Kennlinienwerten gesteuert. Es kann zwischen linearer Interpolation (benötigt mehr Punkte zur Beschreibung der Kennlinie) und Polynom Interpolation gewählt werden.

Über den **Faktor Füllvolumen** können alle Füllvolumen-Werte der Druckbufferkennlinie multipliziert werden.

Über den **Faktor Druck** können alle Druck-Werte der Druckbufferkennlinie multipliziert werden.

Druckbufferkennlinienwerte

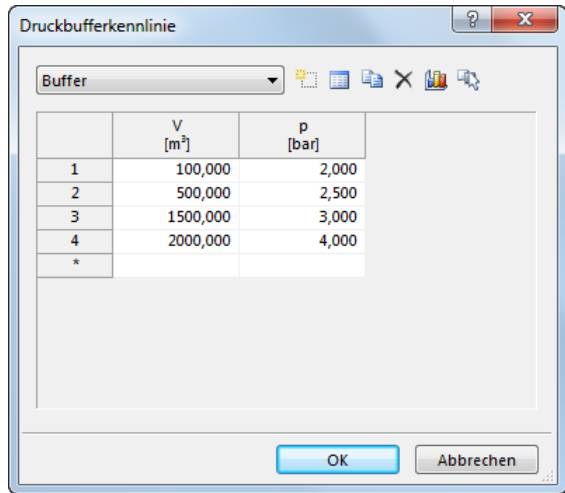


Bild: Druckbufferkennlinienwerte

Die Eingabe der Bufferkennwerte einer Kennlinie für einen konkreten Buffertyp erfolgt durch Festlegung von mindestens vier Kennlinienpunkten. Der Verlauf der Kennlinie ergibt sich aus der Behälterform.

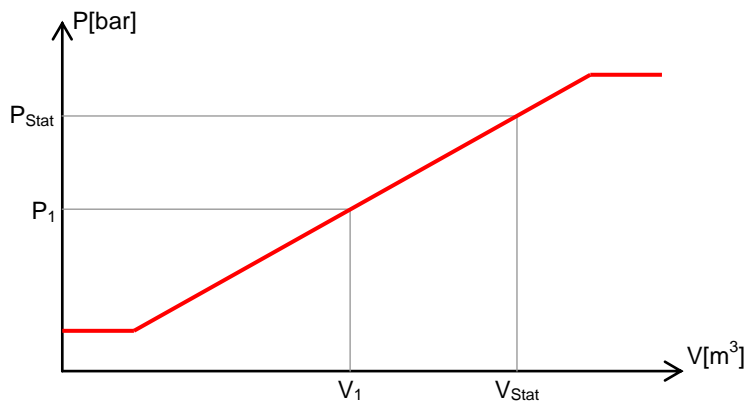


Bild: Druckbufferkennlinie

Der Ausgangswert der geostationären Simulation ist der von der stationären Simulation ermittelte Druck P_{Stat} .

Ergebnis der 1. Iteration der Hochbehälterfüllung ist ein Fluss Q .

Daraus ergibt sich über die Bufferkennlinie ein Füllvolumen V_1

$$V_1 = V_{Stat} - \Delta t * Q$$

und aus der Kennlinie ein neuer zugehöriger Druck P_1 für die nächste Iteration.

Die Druckbufferkennlinie wird aus Wertepaaren von **V** (Füllvolumen) und **P** (Druck) eindeutig beschrieben.

2.5.13 Druckabfallkennlinie

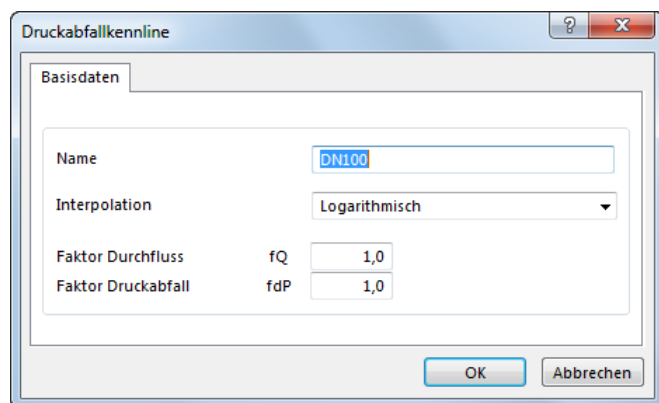
Die Druckabfallkennlinie beschreibt den auftretenden inneren Druckabfall eines Druckreglers durch eine Kennlinie von Durchfluss und Druckabfall.

Die Bearbeitung der Druckabfallkennlinien erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Kennlinien – Druckabfall**.

Die Druckabfallkennlinie wird über einen Datensatz mit den Basisdaten und den zugeordneten Druckabfallkennlinienwerten definiert. Die Eingabe von Druckabfallkennlinienwerten erfolgt wie im Kapitel Maske zur Kennliniengabe beschrieben.

Eine Übersicht der Felder für die Druckabfallkennlinie und die Druckabfallkennlinienwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Druckabfallkennlinie



The screenshot shows a software window titled "Druckabfallkennlinie" with a "Basisdaten" tab. Inside the tab, there are four input fields: "Name" with the value "DN100", "Interpolation" with a dropdown menu set to "Logarithmisch", "Faktor Durchfluss" with a sub-label "fQ" and a value of "1,0", and "Faktor Druckabfall" with a sub-label "fdP" and a value of "1,0". At the bottom right of the window are two buttons: "OK" and "Abbrechen".

Bild: Basisdaten für Druckabfallkennlinie

Mit dem Feld **Interpolation** wird eine logarithmische Interpolation zwischen den Kennlinienpunkten festgelegt. Dies erleichtert die Eingabe, da der Druckabfall quadratisch mit der Durchflussmenge steigt und dies üblicherweise einer Geraden im doppel-logarithmischen Diagramm entspricht.

Über den **Faktor Durchfluss** können alle Durchfluss-Werte der Druckabfallkennlinie multipliziert werden.

Über den **Faktor Druckabfall** können alle Druckabfall-Werte der Druckabfallkennlinie multipliziert werden.

Druckabfallkennlinienwerte

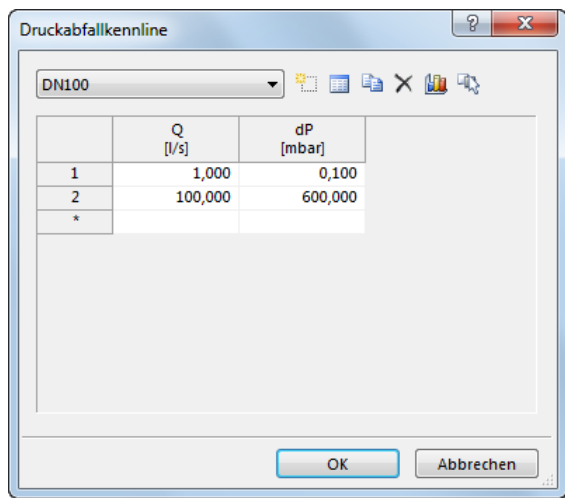


Bild: Druckabfallkennlinienwerte

Die Eingabe der Kennwerte einer Kennlinie für einen konkreten Druckregler erfolgt durch Festlegung von mindestens zwei Kennlinienpunkten. Der Verlauf der Kennlinie ergibt sich aus dem inneren Aufbau des Druckreglers und ist vom Hersteller zu erfragen.

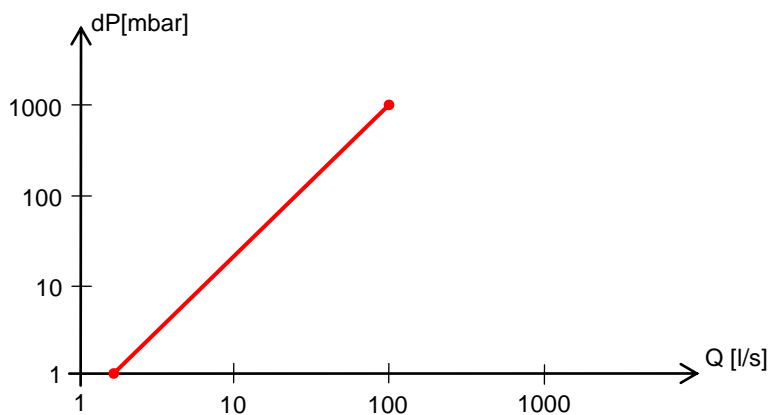


Bild: Druckabfallkennlinie

Der Ausgangswert für die Ermittlung des inneren Druckabfalls ist der von der stationären Simulation ermittelte Durchfluss Q .

Daraus ergibt sich über die Druckabfallkennlinie ein innerer Druckabfall dP . Der Druck am Austrittsknoten eines Druckreglers kann den Druck am Eintrittsknoten vermindert um den inneren Druckabfall nicht überschreiten. Je nach Druck am Eintrittsknoten kann es dadurch zu einem Druckeinbruch kommen und der vorgegebene Druck am Austrittsknoten kann nicht mehr eingehalten werden.

Die Druckabfallkennlinie wird aus Wertepaaren von Q (Durchfluss) und dP (Druckabfall) eindeutig beschrieben.

2.5.14 Variante

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

Basisdaten	
Name der Variante	Variant 2
Revisionskennzeichen	F7
Kommentar 1	Step 1
Kommentar 2	

Erstellung und Bearbeitung	
Autor	Franz Muster
Erstelldatum	Fr 12.01.2007
Geändert von	FM
Modifikationsdatum	Mo 10.01.2011

OK Abbrechen

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.

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 **Erstelldatum** und **Modifikationsdatum** angegeben werden.

2.6 Geostationäre Daten

Um geostationäre Daten eingeben zu können, muss zuerst die Berechnungsmethode **Geostationär** aktiviert werden.

Die Eingabedaten der geostationären Berechnung sind netzunabhängig aufgebaut. Sie liegen in einer eigenen Schicht über den Eingabedaten der stationären Berechnung. Die Eingabedaten beschränken sich auf die Definition von Modifikationen von Betriebsfällen.

Mit diesen Daten werden sowohl zeitliche Abläufe als auch unterschiedliche Arbeitspunkte (Betriebsfälle) festgelegt.

Die folgenden Daten sind verfügbar:

- [Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente](#)
- [Arbeitspunkt](#)
- [Arbeitspunkte/Zeitreihen](#)
- [Zuwachsreihen](#)

2.6.1 Allgemeine geostationäre Daten für Netzelemente

Über diese Eingabedaten werden ergänzende Informationen für die geostationäre Berechnung vorgegeben werden. Sind keine speziellen Vorgaben für die geostationäre Berechnung angegeben, so werden die Daten aus der Netzebene verwendet.

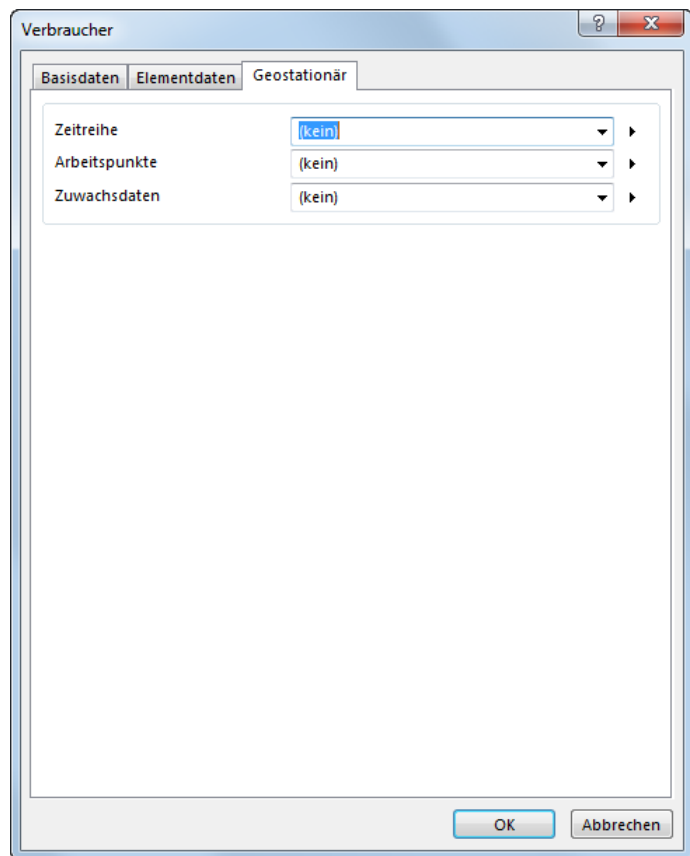


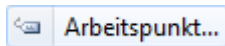
Bild: Verbraucher mit geostationären Daten

Über das Feld **Zeitreihe** kann für jedes Netzelement ein zeitlicher Verlauf für die geostationäre Berechnung definiert werden.

Über das Feld **Arbeitspunkte** kann für jedes Netzelement eine Folge von Arbeitspunkten für die geostationäre Berechnung vorgegeben werden.

Das Feld **Zuwachsdaten** dient zur Festlegung von Steigerungsdaten für jedes Netzelement. Diese Funktion ist derzeit noch nicht verfügbar.

2.6.2 Arbeitspunkt



Mit dem Arbeitspunkt kann ein bestimmter Betriebsfall im Netz benannt werden.

Die Bearbeitung der Arbeitspunkte erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Erweiterte Daten – 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.

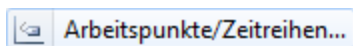
Basisdaten Arbeitspunkt

Basisdaten	
Name	50 Prozent
Kurzname	
Status	Ein

Bild: Basisdaten des Arbeitspunktes

Mit dem Feld **Status** wird die Berücksichtigung des Arbeitspunktes in der Arbeitsreihenberechnung aktiviert bzw. deaktiviert.

2.6.3 Arbeitspunkte/Zeitreihen



Mit diesen Daten können sowohl Arbeitspunkte für verschiedene Betriebszustände als auch zeitliche Profile definiert werden.

Die Bearbeitung erfolgt über den Menüpunkt **Einfügen – Erweiterte Daten – Arbeitspunkte/Zeitreihen**.

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/Zeitreihen und die Arbeitspunkt-/Zeitreihenwerte ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Bei den **Geostationären Daten** werden die Arbeitspunkte zugeordnet.

Basisdaten Arbeitspunkte/Zeitreihen

The screenshot shows a dialog box titled 'Arbeitspunkte/Zeitreihen' with a 'Basisdaten' tab. Inside, there are three input fields: 'Name' with the value 'Belastung', 'Kurzname' which is empty, and 'Typ' which is a dropdown menu set to 'Arbeitspunkte'. At the bottom right are 'OK' and 'Abbrechen' buttons.

Bild: Basisdaten für Arbeitspunkte/Zeitreihen

Das Feld **Typ** dient zur Unterscheidung zwischen Zeitreihen und Arbeitspunkten.

Arbeitspunkt-/Zeitreihenwerte

The image contains two side-by-side screenshots of the 'Arbeitspunkte/Zeitreihen' dialog box. The left screenshot shows the 'Belastung' tab with a table of work points. The right screenshot shows the 'Zeit' tab with a table of time series data.

	AP	f [pu]
1	Leerlauf	0,000
2	50 Prozent	0,500
3	100 Prozent	1,000
*		

	t [s]	Verlauf	f [pu]
1	0,000	Kontinuierlich	1,000
2	3600,000	Kontinuierlich	1,250
3	7200,000	Kontinuierlich	1,000
*			

Bild: Arbeitspunktwerte und Zeitreihenwerte

Mit den Feldern **Arbeitspunkt** und **f** (Faktor) wird die Abfolge für die Arbeitsreihenberechnung festgelegt.

Mit den Feldern **t** (Zeit), **Verlauf** und **f** (Faktor) wird die zeitlichen Abfolge für die Zeitreihenberechnung festgelegt.

2.6.4 Zuwachsreihen

Diese Funktion ist derzeit noch nicht verfügbar.

2.7 Ausfallanalyse

Folgende Daten sind verfügbar:

- [Ausfallszenario](#)

2.7.1 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 **Einfügen – 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.

Eine Übersicht der Felder für das Ausfallszenario ist in der Datenbankbeschreibung zu finden.

Basisdaten Ausfallszenario

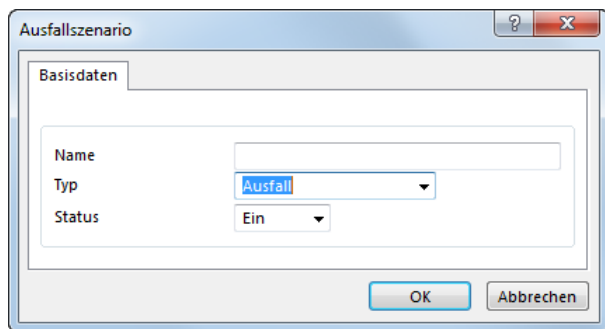


Bild: Datenmaske Ausfallszenario

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 auf- 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. Verfahren Wärme/Kälte Stationär

Die stationäre Berechnung ermittelt aus den Vorgaben der Arbeitspunkte der einzelnen Netzelemente die Druck- und Flussverteilung im Netz. Im Anschluss wird mit Hilfe der Fließgeschwindigkeit des Mediums in den Leitungen die Laufzeit und Mischung des Mediums für alle Knoten ermittelt.

Weiters werden auch noch globale Informationen wie

- Rohrlänge,
- Rohrvolumen,
- Summe der Einspeisungen und Abnahmen,
- Minimal- und Maximalwerte bzw.
- Austritte aus Lecks

für das gesamte Netz ermittelt.

Die stationäre Simulation arbeitet nach dem folgenden Ablaufdiagramm.

Prinzipieller Rechnungsablauf stationäre Wärme-/Kältenetzsimulation

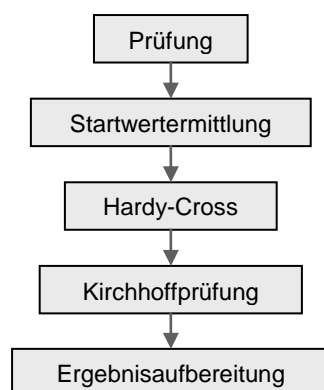


Bild: Ablaufdiagramm

3.1 Knotenregel (1. Kirchhoff'sche Regel)

Betrachtet man einen Knoten k mit n Zuleitungen, so kann im Knoten selbst kein Mengenverlust auftreten. Aus diesem Grund muss in jedem Knoten die Mengenbilanz ausgeglichen sein. Bezeichnet man die Durchflussmenge der i -ten Leitung zum Knoten k mit Q_{ik} , so gilt:

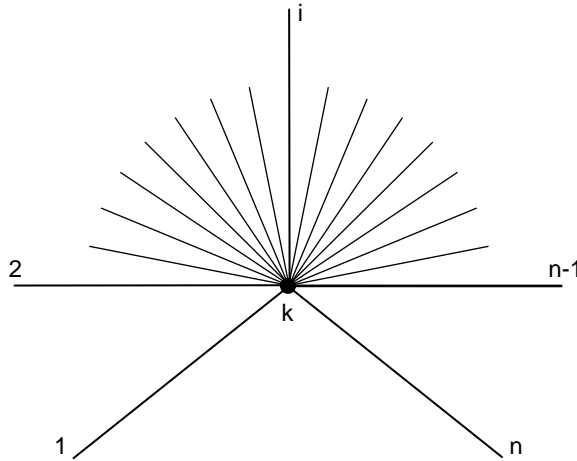


Bild: Netzknoten

$$\sum_{i=1}^n Q_{ik} = 0$$

Dies bedeutet, dass ein Verteilerknoten keine Quelle oder Senke für das betrachtete Netz darstellt. Die Summe der zufließenden Mengen muss gleich der Summe der abfließenden Mengen sein.

3.2 Maschenregel (2. Kirchhoff'sche Regel)

Betrachtet man einen geschlossenen Leitungszug mit n Teilleitungen, so müssen die Summe der Druckanstiege und die Summe der Druckabfälle einander aufheben. Wenn man von einem beliebigen Punkt auf diesem Leitungszug ausgeht, so ist der Druck nach einem Umlauf entlang dieses Leitungszuges gleich dem Anfangsdruck. Die Druckdifferenzen setzen sich aus den statischen Druckdifferenzen aufgrund der Höhendifferenz und der dynamischen Druckdifferenz aufgrund der Strömung zusammen. Daraus ergibt sich folgendes für einen geschlossenen Leitungszug (Masche):

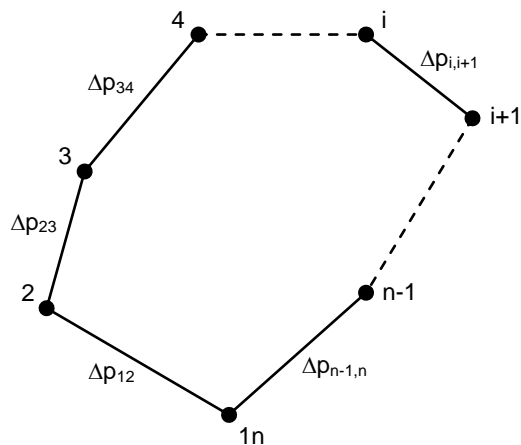


Bild: Netzmasche

$$\sum_{i=1}^{n-1} \Delta p_{i,i+1} = 0$$

3.2.1 Tabelle der Formelzeichen

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
A	Querschnittsfläche	m ²
p	Druck	N/m ²
λ	Rohrreibungszahl	1
d	Innendurchmesser	m
ρ	Dichte	kg/m ³
g	Erdbeschleunigung	m/sec ²
Q	Massenfluss	kg/sec
Q ₀	Fluss	m ³ /sec
T	Temperatur	K
T ₀	Normtemperatur	K
ρ ₀	Normdichte	kg/m ³
p ₀	Normdruck = 101325 N/m ²	N/m ²
w	Geschwindigkeit	m/sec
w ₀	Normierte Geschwindigkeit	m/sec
η	Dynamische Zähigkeit	Pa*sec
h _a	Höhe des Anfangsknotens	m
h _e	Höhe des Endknotens	m
p _a	Druck am Anfangsknoten	N/m ²
p _e	Druck am Endknoten	N/m ²
Re	Reynoldszahl	1
k _s	Sandrohrrauigkeit	m

η_0	Dynamische Zähigkeit bei Normalbedingungen	Pa*sec
c_s	Sutherlandkonstante	K
U	Umfang	m

3.3 Inkompressible Medien

PSS SINCAL behandelt das Transportmedium als ideale inkompressible Flüssigkeit.

3.3.1 Leitungen

Leitungen sind Rohrverbindungen zweier Knoten.

In einer ersten Näherung wird eine verlustfreie Leitung betrachtet, in der weder Energieverlust noch Mengenverlust auftritt. Daher muss die Summe aller Energieformen der Leitung am Anfangspunkt W_i und am Endpunkt W_j gleich sein.

Es gilt folgende Gleichung

$$\sum W_i = \sum W_j = \text{const.}$$

Nimmt man zunächst an, dass die thermische Energie nur durch Wärmeflüsse durch die Rohrwand verändert wird und dass eine Temperaturänderung keine Änderung der potentiellen Energie W_{pot} , der kinetischen Energie W_{kin} und der Druckenergie W_{dru} zur Folge hat, so gilt in jedem Knoten, dass die Summe dieser drei Energieformen immer konstant ist.

$$W_{\text{pot}} + W_{\text{kin}} + W_{\text{dru}} = \text{const.}$$

Durch Einsetzen der Definitionen für die unterschiedlichen Energieformen erhält man:

$$m \cdot g \cdot h + \frac{mv^2}{2} + V \cdot p = \text{const.}$$

Diese Gleichung wird durch die Masse m und die Erdbeschleunigung g dividiert. Man erhält dadurch die so genannte **Bernoulli-Gleichung**, die für weitere Berechnungen als Grundlage dient:

$$h + \frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{p}{\rho \cdot g} = \text{const.}$$

h ist die wirksame Höhe des betrachteten Punktes, bezogen auf eine gewählte Null-Linie. v ist die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums. p ist der Druck in der Leitung, bezogen auf den Umgebungsdruck.

Fasst man die Konstanten zusammen, so lautet die Gleichung:

$$h + c_1 \cdot v^2 + c_2 \cdot p = \text{const.}$$

Daraus ist ersichtlich, dass die Höhe und der Druck linear voneinander abhängen. Um für die Berechnung einen Zusammenhang zweier Variablen herzustellen, wird der Druck mit dem Faktor c_2 in eine Druckhöhe umgerechnet. Die Druckhöhe h_p wird mit der geografischen Höhe h zu der gesamt wirksamen Höhe h_{ges} summiert.

$$h_{\text{ges}} + c_1 \cdot v^2 = \text{const.}$$

Diese Gleichung kann durch Multiplikatoren in folgende Form umgewandelt werden.

$$p_{\text{ges}} + c \cdot Q^2 = \text{const.}$$

Mit dieser Gleichung kann die Netzberechnung durchgeführt werden. Die Ermittlung der Knotendrucke erfolgt nach abgeschlossener Berechnung aus der Gesamthöhe h_{ges} . Nach dem Abzug der geografischen Höhe h werden die Druckhöhe h_p und damit der Knotendruck p errechnet.

$$h_p = h_{\text{ges}} - h$$

$$p = \frac{h_p}{c_2} = (h_{\text{ges}} - h) \cdot \rho \cdot g$$

Es ist zu beachten, dass in diesem Fall die Einheit von p Pascal ist.

Für den Ansatz der zuvor beschriebenen Gleichungen wurden folgende Vereinfachungen und Vernachlässigungen getroffen.

- Der Höhenunterschied zwischen Rohroberkante und Rohrunterkante ist vernachlässigbar gegenüber den anderen Höhendifferenzen.
- Die Flüssigkeit ist völlig inkompressibel, d.h. der Beschleunigungsterm ist vernachlässigbar (vergleiche **Rohrleitungsgleichungen**).
- Energieänderungen durch Temperaturänderung sowie Längenausdehnung werden vernachlässigt.

Diese Vernachlässigungen stellen für den Berechnungsalgorithmus eine wesentliche Vereinfachung dar, haben jedoch auf die praxisgerechte Verwendung keinen Einfluss.

3.3.2 Verluste

Verluste stören das Energiegleichgewicht, wie es laut Bernoulli angesetzt wurde. Daher ergibt die zufließende Energie W_i abzüglich der Verluste die abfließende Energie W_j .

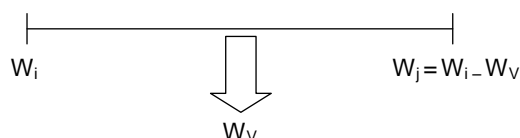


Bild: Energiebilanz

Die Ursachen für Verluste können verschiedenartig sein. Die Palette reicht von Reibungsverlusten an der Rohrwand über innere Reibungsverluste bis zu Stromwirbelverlusten bei Rohrbögen und Ventilen.

Berücksichtigt werden Verluste mit der so genannten Verlusthöhe h_v , wobei der erste Teil die Verluste aufgrund der Sandrohrrauigkeit beschreibt, der zweite Teil die Verluste aller Einbauten wie Ventile und Rohrbögen.

$$h_v = \frac{\lambda * l}{d} * \frac{v * |v|}{2g} + \zeta_{\text{ges}} * \frac{v * |v|}{2g}$$

Die Verluste der Einbauten werden explizit ermittelt oder durch einen Zuschlagsfaktor z_e in die Berechnung aufgenommen.

$$h_v = \left(z_e * \frac{\lambda * l}{d} + \zeta_{\text{ges}} \right) * \frac{v * |v|}{2g} = R_{ij} * v * |v|$$

Die Verlusthöhe h_v wird von der Gesamthöhe h_{ges} unter Beachtung des Vorzeichens der Strömungsgeschwindigkeit abgerechnet. Werden nicht die Höhen, sondern die Drücke betrachtet, so lautet die Gleichung:

$$p_v = R_{ij} * Q * |Q|$$

Die tatsächliche Druckdifferenz zwischen dem Anfangsknoten und dem Endknoten ergibt sich aus dem Druckverlust p_v und aus der Druckdifferenz aufgrund der Höhendifferenz p_{ij} .

$$p_2 - p_1 = p_v - p_{ij}$$

Die Rohrreibungszahl λ ist abhängig von der absoluten Sandrohrrauigkeit k . Weiters hängt die Rohrreibungszahl λ von der kinematischen Zähigkeit ν , der Strömungsgeschwindigkeit v und dem Durchmesser d ab. Für die Berechnung der Rohrreibungszahl λ wird im ersten Schritt die Reynoldszahl Re ermittelt.

$$Re = \frac{v * d}{\nu} = \frac{4 * Q}{\pi * d * \nu}$$

Danach werden 3 Fälle unterschieden

- Laminare Fließen ($Re < 2320$)
- Lineare Interpolation ($2320 < Re < 4000$)
- Turbulentes Fließen ($Re > 4000$)

Für laminares Fließen gilt:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Für turbulentes Fließen gilt:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left[\frac{k}{3,71 \cdot d} + \frac{2,51}{\text{Re}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \right]$$

Der Widerstandsbeiwert ζ bzw. der Zuschlagsfaktor z_e ist von der Bauform der Einbauten abhängig. Die erforderlichen Zahlenwerte sind den entsprechenden Tabellen zu entnehmen.

3.4 Wärme-/Kälteverluste

Für die Berechnung der Drücke und Flüsse in einem Rohr wird die Temperatur nur im Reibungswiderstand der Leitung berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die thermische Energie nur aufgrund des Wärmeflusses durch die Rohrwand verändert wird, d.h. es werden die Temperaturveränderungen durch die Reibung und Expansion bzw. Kompression nicht berücksichtigt, da sie in den betrachteten technischen Bereichen gegenüber dem Wärmefluss vernachlässigbar sind.

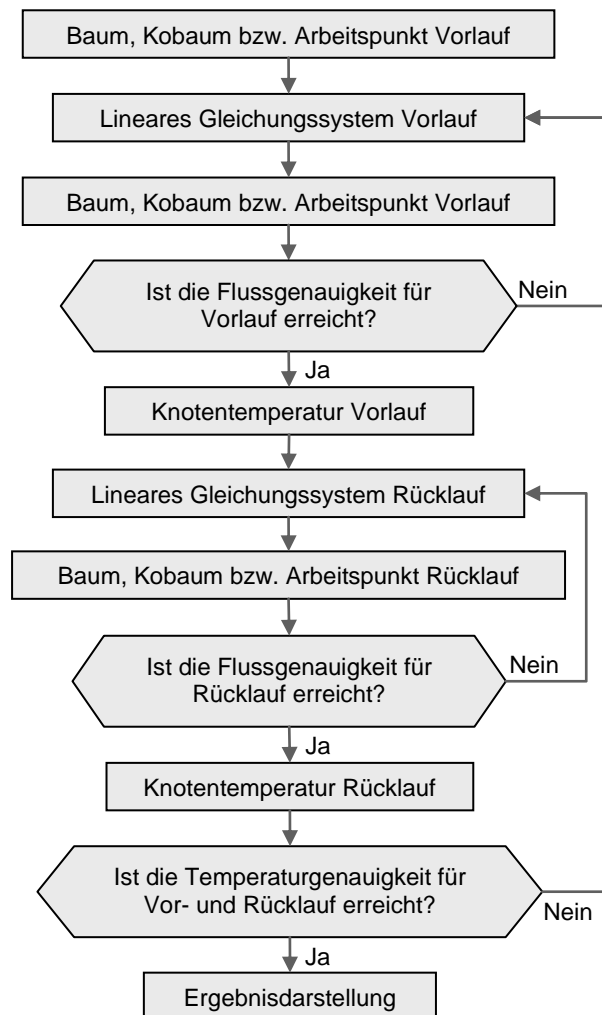


Bild: Ablaufdiagramm Hardy Cross – Wärme-/Kälteverluste

Bei der Berechnung des Temperaturabfalls in einem Rohr geht man von den folgenden beiden Gleichungen für Wärmefluss und Energieverlust aus.

Der Wärmefluss P durch eine Rohrwand berechnet sich aus der Gesamtwärmeleitfähigkeit ϕ , der Rohrlänge l_0 und der Temperaturdifferenz zwischen Wasser T_1 und Außenwand T_A .

$$P = 2\pi * \Phi * l_0 (T_1 - T_A)$$

Die Energie W bei Erniedrigung der Anfangstemperatur T_a auf die Endtemperatur T_e ist von der spezifischen Wärmekapazität c_m und der Masse m abhängig.

$$W = c_m * m * (T_a - T_e)$$

Aus diesen beiden Beziehungen kann man die folgende lineare Differentialgleichung ableiten:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{-2\pi * l_0 * \Phi * (T_1 - T_A)}{1000 * c_m * m}$$

Diese Differentialgleichung gilt für die mittlere Temperatur des Wassers zum Zeitpunkt t in einem Rohrstück der Länge l_0 .

Die Lösung dieser Differentialgleichung lautet:

$$T(t) = (T_0 - T_A) * \exp\left[\frac{-2\pi * l_0 * \Phi * t}{1000 * c_m * m}\right] + T_A$$

Nimmt man an, dass ein Wasserzylinder der Länge l durch ein Rohr fließt und dass das Rohr die Länge l hat, so erhält man durch Einsetzen der Verweildauer des Wassers im Rohr die Temperaturabfallsformel:

$$T_{ek} = (T_{ak} - T_A) * \exp\left[\frac{-7,2 * \pi * \Phi * l}{Q_0 * \rho_0 * c_m}\right] + T_A$$

Dabei wurde bei dieser Ableitung angenommen, dass die Dichte des Wassers im Rohr gleich bleibt und dass im Wert ϕ alle Wärmeflussphänomene subsummiert sind, d.h. dass ϕ die Wärmeleitfähigkeit der gesamten Rohrwand, Wärmestrahlungen, Wärmeflüsse innerhalb der Flüssigkeit und Wärmeübergangskoeffizienten enthält.

Weiters wird an einem Knoten, an dem mehrere Zweige münden bzw. Einspeisungen gegeben sind, die Temperatur am Knoten als Mischtemperatur der zufließenden Mengen berechnet, wobei angenommen wird, dass am Knoten vollständige Vermischung stattfindet und dass der Effekt der Mischtemperatur sich nicht in Rohren, an denen Wasser zufließt, bemerkbar macht.

Seien also Q_1, \dots, Q_n die zufließenden Mengen mit Temperaturen T_{z1}, \dots, T_{zn} , so errechnet sich die Mischtemperatur zu:

$$T_{\text{mix}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot T_{zi}}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

Um die Zähigkeit und Dichte des Wassers zu berechnen, wird für ein Rohr die mittlere Temperatur als

$$T_m = \frac{1}{l} \int_0^l T(x) dx$$

angenommen, mit dem Ergebnis

$$T_m = (T_{ak} - T_{ek}) \cdot \frac{Q_0 \cdot \rho_0 \cdot c_m}{7,2 \cdot \pi \cdot \Phi \cdot l} + T_A$$

Rechnet man diese mittlere Temperatur von K und °C um ($T_c = T_m - 273,15$), so berechnet man die Dichte und die kinematische Zähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur T_c durch ein Interpolationspolynom 5. Grades aus bekannten Werten.

$$\rho = a_0 + a_1 T_c + a_2 T_c^2 + a_3 T_c^3 + a_4 T_c^4 + a_5 T_c^5$$

$$\nu = b_0 + b_1 T_c + b_2 T_c^2 + b_3 T_c^3 + b_4 T_c^4 + b_5 T_c^5$$

Dabei sind:

$$a_0 = 0,95712631277565 \cdot 10^3$$

$$a_1 = 0,27682046613911 \cdot 10^1$$

$$a_2 = -0,65137729813526 \cdot 10^{-1}$$

$$a_3 = 0,58855037228033 \cdot 10^{-3}$$

$$a_4 = -0,25547571876186 \cdot 10^{-5}$$

$$a_5 = 0,41837613185725 \cdot 10^{-8}$$

und

$$b_0 = 0,15008503855398 \cdot 10^7$$

$$b_1 = -0,32759574025302 \cdot 10^5$$

$$b_2 = 0,37937870014482 \cdot 10^3$$

$$b_3 = -0,24006073783762 \cdot 10^1$$

$$b_4 = 0,78096499293983 \cdot 10^{-2}$$

$$b_5 = -0,10171713211451 \cdot 10^{-4}$$

Es wird angenommen, dass in Längszweigen, außer Leitungen, keine Änderung der Temperatur stattfindet.

Bei Einspeisungen muss die Einspeisetemperatur bekannt sein, ebenso muss bei Verbrauchern die Rücklauftemperatur bekannt sein.

Der Verbrauch Q in kg/sec bei einem Verbraucher wird sodann aus der errechneten Vorlauftemperatur T_V , dem Leistungsverbrauch P und der fixen Rücklauftemperatur T_R als

$$Q = \frac{1000 \cdot P}{c_m (T_V - T_R)}$$

berechnet.

3.5 Modell für mathematische Nachbildung

Für die mathematische Nachbildung der Netzelemente ist ein Ersatzschaltbild zu wählen, das in der Lage ist, alle auftretenden Netzelemente genau nachzubilden.

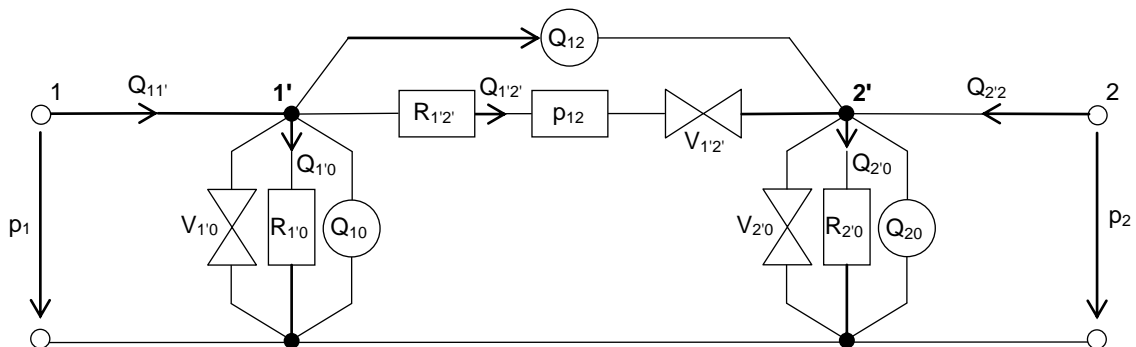


Bild: Mathematisches Modell

3.5.1 Tabelle der Formelzeichen

Formelzeichen	Bezeichnung
p_1	Druck am Eingang
p_2	Druck am Ausgang
p_{12}	Druckquelle zwischen Eingang und Ausgang
Q_{10}	Strömungsquelle am Eingang
Q_{20}	Strömungsquelle am Ausgang
Q_{12}	Strömungsquelle in Längsrichtung
$Q_{11'}$	Strömung am Eingang
$Q_{2'2}$	Strömung am Ausgang

$Q_{1'2'}$	Strömung in Längsrichtung
$Q_{1'0}$	Ableitungsströmung am Eingang
$Q_{2'0}$	Ableitungsströmung am Ausgang
$R_{1'0}$	Ableitungswiderstand am Eingang
$R_{2'0}$	Ableitungswiderstand am Ausgang
$R_{1'2'}$	Strömungswiderstand in Längsrichtung
$V_{1'0}$	Ventil am Eingang
$V_{2'0}$	Ventil am Ausgang
$V_{1'2'}$	Ventil in Längsrichtung

3.6 Berechnungsverfahren

Man nennt einen Baum, der alle Knoten eines Netzes enthält, **Spannenden Baum**. Diejenigen Kanten eines Netzes, die nicht zum spannenden Baum gehören, bilden den **Kobaum** des Netzes bezüglich dieses Baumes. Sowohl der spannende Baum als auch sein Kobaum sind nicht eindeutig bestimmt. Insbesondere kann der Kobaum keine Kante enthalten, wenn das Netz selbst bereits ein Baum ist.

Jeder Kante wird eine Zahl als Widerstand zugeordnet und die Kanten werden nach Widerständen aufsteigend geordnet verarbeitet.

Für eine exakte Formulierung der Kirchhoff'schen Sätze und des Iterationsverfahrens ist es notwendig, den Kanten eines Netzes eine **Richtung** zuzuordnen. Dies geschieht auf die Weise, dass man eine Kante (a, b) durch ihren **Anfangsknoten** a und **Endknoten** b beschreibt und weiters festsetzt, dass die Kante (a, b) von der Kante (b, a) wohl zu unterscheiden ist. Ein Fluss soll unter diesen Voraussetzungen genau dann positiv sein, wenn er vom Anfangs- zum Endknoten fließt.

Wir betrachten ein Netz mit n Knoten und m Kanten. Die Kanten des Netzes, die einen Knoten i als Anfangs- oder Endknoten haben, werden nun in zwei Mengen eingeteilt.

- 1) ω_i^+ ist die Menge aller Kanten, die i als Endknoten besitzen und
- 2) ω_i^- ist die Menge aller Kanten, die i als Anfangsknoten besitzen.

Bezeichnen wir mit q_j den Fluss in einer Kante j, so erhält die erste Kirchhoff'sche Regel einfache Gestalt:

$$\sum_{j \in \omega_i^+} q_j - \sum_{j \in \omega_i^-} q_j = 0$$

für alle Knoten i

Zu summieren ist jeweils über alle Kanten aus einer Menge. Eine dieser n Gleichungen ist stets eine Folgerung aus den restlichen n – 1, sodass also stets nur n – 1 Gleichungen zu betrachten sind.

Für jede Masche wird eine Umlaufrichtung festgelegt, z.B. in Richtung der sie schließenden Kobaumkante. Die Kanten einer Masche, welche durch eine Kante k des Kobaums gebildet werden, werden nun in zwei Mengen eingeteilt:

- 1) μ_k^+ ist die Menge aller Kanten, die in Umlaufrichtung orientiert sind und
- 2) μ_k^- ist die Menge aller Kanten, die entgegen der Umlaufrichtung orientiert sind.

Bezeichnen wir mit Δp_j den Druckabfall in einer Kante j , so erhalten wir für die zweite Kirchhoff'sche Regel wie vorhin.

$$\sum_{j \in \mu_k^+} \Delta p_j - \sum_{j \in \mu_k^-} \Delta p_j = 0$$

für alle Kanten k des Kobaums

Dies sind $m - n + 1$ Maschengleichungen, da der Kobaum aus $m - n + 1$ Kanten besteht. Zusammen mit den $n - 1$ Knotengleichungen liegen also genauso viele Gleichungen wie Kanten vor. Da pro Kante der Fluss und der Druckabfall errechnet werden sollen – das sind $2m$ Unbekannte – fehlen noch m Gleichungen. Diese werden durch die funktionale Abhängigkeit von Fluss, Widerstand und Druckabfall geliefert.

In Rohrleitungsnetzen gilt etwas vereinfacht für den Druckabfall Δp_j in einer Leitung j das quadratische Gesetz:

$$\Delta p_j = r_j \cdot q_j |q_j| - p_j$$

p_j ist der Druck einer eventuell vorhandenen Pumpe.

In diesem Abschnitt wird erklärt, wie sich die Flüsse in den Baumkanten als Überlagerung gewisser Flüsse der Kobaumkanten darstellen lassen.

Fügt man jede Kante des Kobaums einzeln zum Baum hinzu, so muss der Fluss der Kobaumkante in der ganzen Masche zirkulieren, da andernfalls die Knotenbedingung nicht erfüllt wäre.

Durch Zusammenfassung von Baum und Kobaum erhält man wieder das ursprüngliche Netz, allerdings sind die Flüsse in den Baumkanten durch Überlagerung der Flüsse in den Kobaumkanten entstanden.

Die linken Seiten der Maschengleichungen sind Funktionen der Flüsse in allen Kanten. Wir nehmen im Folgenden ohne Beschränkung der Allgemeinheit an, dass die Flüsse der Kobaumkante von 1 bis $l = m - n + 1$ durchnummeriert sind. Setzt man für alle Flüsse in den Baumkanten die Überlagerungsflüsse ein, so erhält man Funktionen U_k , die nur mehr von den l Flüssen der Kobaumkanten abhängen.

$$U_1(q_1, q_2, \dots, q_l)$$

$$U_2(q_1, q_2, \dots, q_l)$$

bis

$$U_l(q_1, q_2, \dots, q_l)$$

Für ein vorgegebenes Netz werden also Flüsse in den Kobaumkanten gesucht, die den Gleichungen

$$U_1(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

$$U_2(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

bis

$$U_l(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

genügen.

3.7 Das Verfahren von Cross

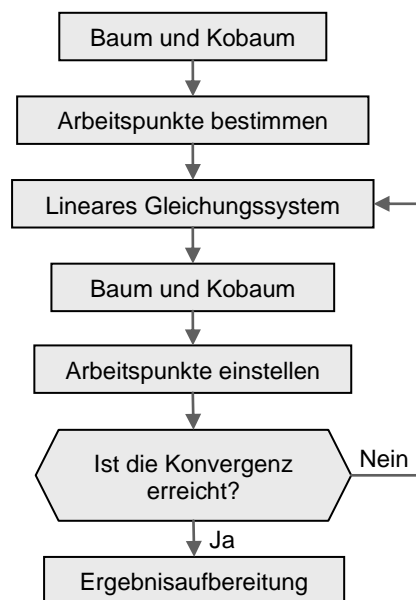


Bild: Ablaufdiagramm Hardy Cross

Soll von einer reellen Funktion $f(x)$ eine Nullstelle gefunden werden

$$f(x) = 0$$

so bedient man sich oft mit Erfolg des Newton'schen Iterationsverfahrens

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x)}{f'(x)}$$

Wir betrachten nun die l Maschengleichungen

$$U_k(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

$$k = 1, 2, \dots, l$$

einzelnen und denken uns alle Flüsse außer q_k fest. Dann können wir für jede Gleichung das Newton'sche Iterationsverfahren anwenden und erhalten für den i -ten Iterationsschritt

$$q_k^{i+1} = q_k^i - \frac{U_k(q_1^i, q_2^i, \dots, q_l^i)}{\frac{\partial}{\partial q_k} U_k(q_1^i, q_2^i, \dots, q_l^i)}$$

$$k = 1, 2, \dots, l$$

Dies ist das Cross'sche Verfahren, angewandt auf die Maschengleichungen.

Widerstände und Quellen eines Netzes sind im Allgemeinen nicht konstant. Sie sind Funktionen der Flüsse und Drücke.

Jedem Widerstand und jeder Quelle kann also eine Kennlinie zugeordnet werden, die zumeist von mehreren Parametern abhängen wird. Einen beliebigen Punkt auf einer Kennlinie bezeichnet man als Arbeitspunkt.

Betrachtet man die Rechenvorschrift für das Cross'sche Verfahren, so erkennt man, dass für jeden Iterationsschritt und in jeder Masche eine große Anzahl von Funktionen und deren erste partielle Ableitungen zu berechnen wären. Durch eine derartige Vorgangsweise wäre eine Netzberechnung für größere Netze von vornherein aus zeitlichen Gründen zum Scheitern verurteilt. Abgesehen davon ist man in vielen Fällen gar nicht in der Lage, die partiellen Ableitungen der Funktionen zu bilden.

Man schlägt daher zweckmäßigerweise den folgenden Weg ein: Ausgehend von Näherungswerten berechnet man für alle Netzglieder Arbeitspunkte und hält sie fest. Für diese festen Werte von Widerständen und Quellen wird das Netz mit dem Cross'schen Verfahren bis zu einer vorgegebenen Genauigkeit berechnet. Mit den neuen Flüssen und Drücken werden neue Arbeitspunkte errechnet und wieder während der Iteration festgehalten. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Änderung der Arbeitspunkte klein genug ist.

Durch diese Methode wird die Rechenzeit für Netze mit variablen Widerständen oder Quellen wesentlich verkürzt. Mitunter kommt es vor, dass sich die Arbeitspunkte der Widerstände während der Berechnung so stark verschieben, dass ein einmal als minimal erkannter Baum diese Eigenschaft wieder verliert. In diesem Fall wird ein neuer spannender Baum mit der Minimaleigenschaft aufgebaut. Bei schlecht konditionierten Netzen kann dies öfter vorkommen.

Sobald die Maschengleichungen mit hinreichender Genauigkeit für feste Arbeitspunkte aufgelöst sind, stehen die Flüsse in den Kobaumkanten und damit auch in allen Baumkanten zur Verfügung. Aus Fluss, Widerstand und Druckquellen lässt sich für jede Kante der Druckabfall berechnen. Um daraus die Drücke an den Knoten zu berechnen, bedient man sich des mit einer Wurzel versehenen spannenden Baumes. Als Wurzel wählt man den Bezugsknoten aus.

3.8 Überwachung der Grenzwerte

Bei Einspeisungen können Grenzwerte für die minimale und maximale Menge vorgegeben werden. Sobald Grenzwerte angegeben sind, werden diese im Vorlauf überwacht und nach Möglichkeit durch Umverteilung der Menge zwischen den Einspeisungen auch eingehalten. Im Rücklauf ergeben sich die entsprechenden Werte mit anderen Vorzeichen.

Für druckgebende Einspeisungen (Einspeisung mit Druckhaltung) ergibt sich die Menge über die Situation im Netz. Eine druckgebende Einspeisung kann daher keine Menge übernehmen. Die Menge kann nur überwacht und wenn notwendig auf Mengeneinspeisungen aufgeteilt werden.

Für Mengeneinspeisungen (Leistungseinspeisung) wird die Menge vorgegeben und der Druck ergibt sich über die Situation im Netz. Über eine Mengeneinspeisung kann daher durch Variation der Menge innerhalb der vorgegebenen Grenzen eine druckgebende Einspeisung entlastet oder belastet werden.

Sobald in einem Netz eine druckgebende Einspeisung mit Grenzwerten und eine Mengeneinspeisung mit Grenzwerten angegeben sind, wird die Überwachung und Verteilung der Menge automatisch aktiviert.

Das Verhalten der Leistungsumverteilung soll im Folgenden anhand eines einfachen Netzes erklärt werden.

Im folgenden Bild entspricht die Netzsituation den angegebenen Arbeitspunkten der Einspeisungen. Es erfolgt daher keine Aufteilung der Menge.

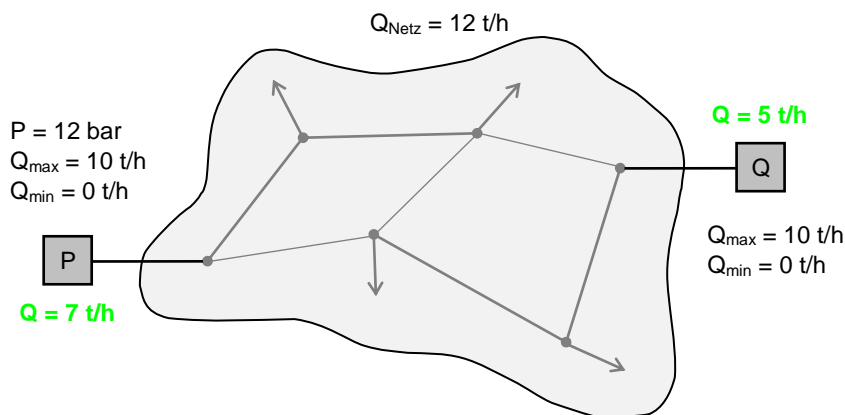


Bild: Netz im Normalbetrieb – keine Grenzwertverletzung – Beibehaltung der Arbeitspunkte

Wenn die Netzsituation nicht den angegebenen Arbeitspunkten entspricht, wird die Verteilung aktiviert. Im Beispiel kann die druckgebende Einspeisung die Menge nicht mehr bereitstellen. Die Menge an der Mengeneinspeisung wird daher erhöht und die in grün dargestellte Menge wird als Ergebnis ausgewiesen.

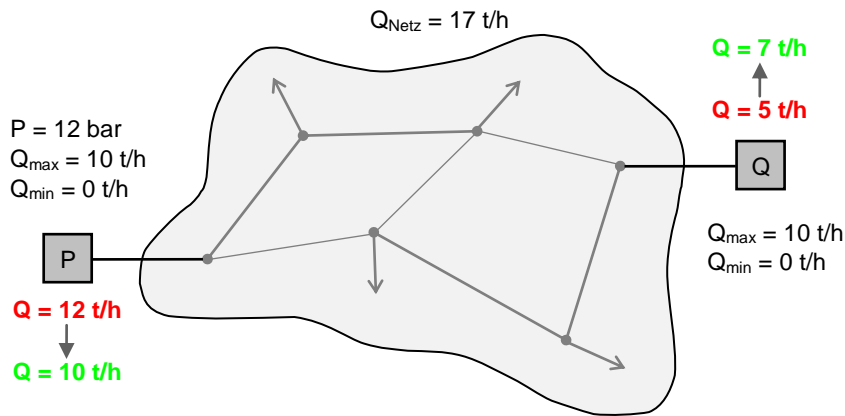


Bild: Netz bei Hochlast – Grenzwertverletzung an druckgebender Einspeisung – Erhöhung der Menge

Im folgenden Beispiel kann die druckgebende Einspeisung die überschüssige eingespeiste Menge nicht aufnehmen. Die Menge an der Mengeneinspeisung wird daher reduziert und die in grün dargestellte Menge wird als Ergebnis ausgewiesen.

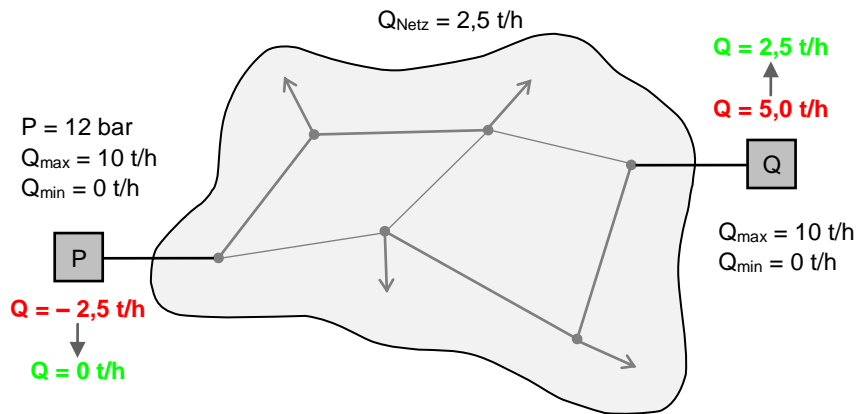


Bild: Netz bei Schwachlast – Grenzwertverletzung an druckgebender Einspeisung – Reduktion der Menge

Sollte die Mengeneinspeisung nicht in der Lage sein, die Mengenverletzung an der druckgebenden Einspeisung auszugleichen, so verbleibt sie auf der minimalen oder maximalen Menge.

4. Verfahren Wärme/Kälte Geostationär

Um eine geostationäre Berechnung durchführen zu können, muss zuerst die Berechnungsmethode **Geostationär** aktiviert werden.

Die geostationäre Berechnung ist durch eine Aneinanderreihung von stationären Berechnungen realisiert. Die Änderungen zwischen den einzelnen stationären Berechnungen werden in Form von Faktoren über

- Zeitreihen oder
- Arbeitspunkte

vorgegeben. Während den einzelnen stationären Berechnungen werden die stationären Arbeitspunkte der Betriebsmittel zusätzlich mit dem jeweiligen Faktor aus der Reihe beaufschlagt.

Mit der geostationären Berechnung lassen sich verschiedene stationäre Betriebsfälle gleichzeitig berechnen und anschließend vergleichen.

Durch die zeitunabhängige (Arbeitspunkte) und zeitabhängige (Zeitreihe) Definition von Reihen ist Folgendes möglich:

- Unterschiedliche Betriebsfälle nachzubilden und zu vergleichen
- Kurzfristige zeitliche Abläufe nachzubilden
- Langfristige zeitliche Zuwächse nachzubilden

Die Ergebnisse werden dabei in Form von

- stationären Einzelergebnissen,
- Diagrammen und
- Berichten

zur Verfügung gestellt.

Prinzipieller Rechnungsablauf geostationäre Simulation

Es wird zwischen Zeitreihenberechnung und Arbeitsreihenberechnung unterschieden.

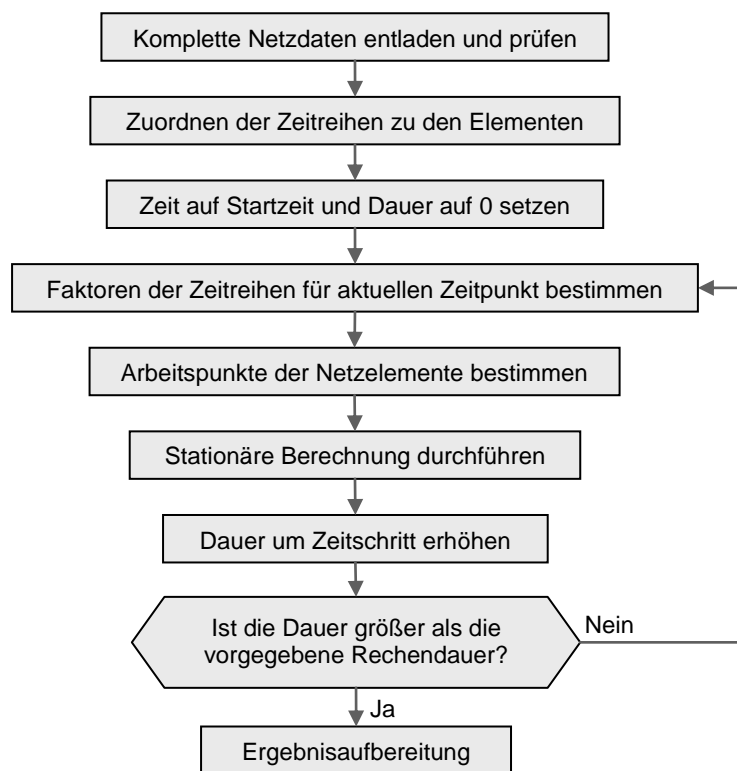


Bild: Ablaufdiagramm Zeitreihenberechnung

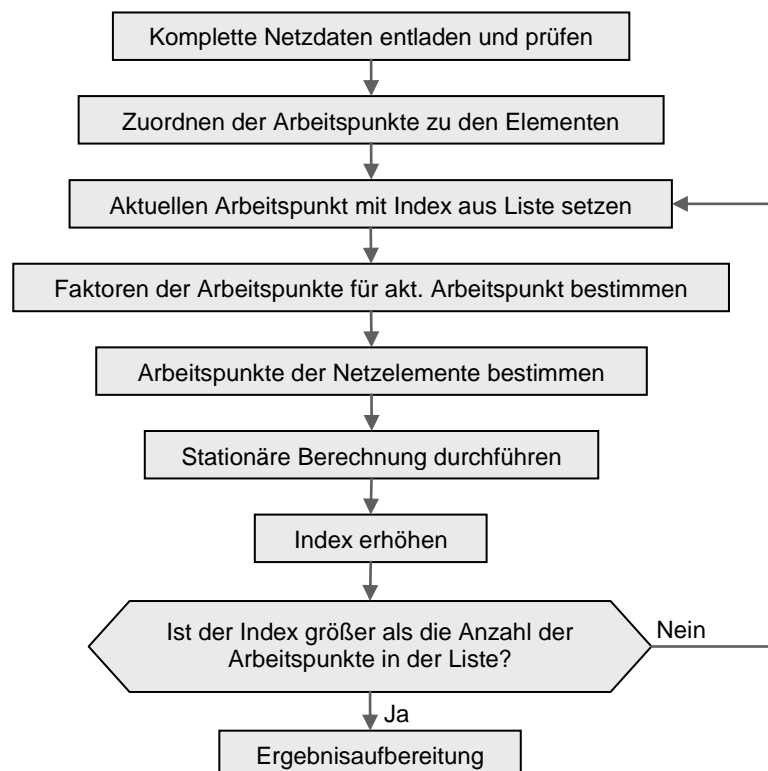


Bild: Ablaufdiagramm Arbeitsreihenberechnung

4.1 Berechnungsverfahren

Dieses Berechnungsverfahren ist nur für die Bestimmung des aktuell gültigen Faktors einer Reihe zuständig.

Ist einem Betriebsmittel eine Reihe zugeordnet, so wird der ermittelte Faktor dann für die stationäre Berechnung an die einzelnen Netzelemente weitergegeben. Die Faktoren wirken je nach Betriebsmittel auf die folgenden Eingabefelder:

- **Einspeisung mit Druckhaltung Mitteldruck, Differenzdruck und Anteile:**
Faktor Vorlauf für Druckanteil Vorlauf, Faktor Rücklauf für Druckanteil Rücklauf
- **Einspeisung mit Druckhaltung Vorlaufdruck und Differenzdruck:**
Faktor für Vorlaufdruck
- **Einspeisung mit Druckhaltung Rücklaufdruck und Differenzdruck:**
Faktor für Rücklaufdruck
- **Einspeisung mit Druckhaltung Pumpendaten, Drehzahl, Mitteldruck, Differenzdruck und Anteile:**
Drehzahl
- **Einspeisung mit Druckhaltung Vorlaufdruck und Pumpendaten:**
Vorlaufdruck
- **Einspeisung mit Druckhaltung Rücklaufdruck und Pumpendaten:**
Rücklaufdruck
- **Einspeisung Leistung:**
konstante Abnahmemenge und konstante Abnahmeleistung
- **Verbraucher:**
konstante Abnahmemenge und konstante Abnahmeleistung
- **Druckbuffer:**
maximaler Druck
- **Leck:**
Austrittsfläche
- **Temperaturregler:**
minimale Temperatur
- **Druckverstärkerpumpe:**
Drehzahl
- **Konst. Druckabfall/Konst. Fluss:**
Druckabfall – Durchflussmenge
- **Druckregler:**
Druck am Austrittsknoten oder Differenzdruck
- **Wärmetauscher – Leistungszuführung:**
Leistung
- **Wärmetauscher – hydraulische Entkopplung:**
wie Druckhaltung
- **Schieber/Rückschlagventil:**
Öffnungsgrad

Im Ausgangszustand geöffnete Ventile können nicht geschlossen werden. Der Faktor für den Öffnungsgrad muss größer als 5 Prozent sein.

4.1.1 Bestimmung des Faktors bei Arbeitspunkten

Der Faktor ergibt sich aus dem aktuell betrachteten Arbeitspunkt. Ist der betrachtete Arbeitspunkt in der Reihe enthalten, so kann der Faktor direkt aus den Reihendaten genommen werden.

Beispiel

Arbeitspunkt	Faktor
A	1,10
B	1,25
C	1,75

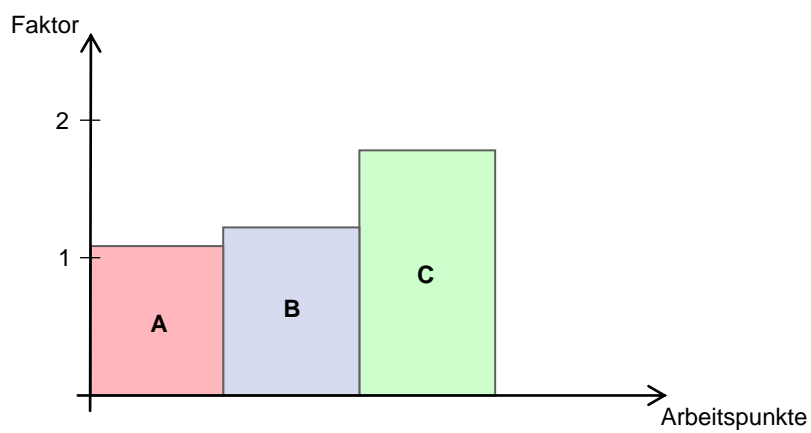


Bild: Verlauf Arbeitspunkte

Für Arbeitspunkt **B** ergibt sich ein Faktor von **1,25**.

Ist der betrachtete Arbeitspunkt nicht in den Reihendaten enthalten, wird er auf 1,0 gesetzt.

4.1.2 Bestimmung des Faktors bei einer Zeitreihe

Der Faktor ergibt sich über den aktuell betrachteten Zeitpunkt durch Interpolation über die Zeitachse.

Beispiel kontinuierlicher Verlauf

Zeitpunkt	Faktor	Verlauf
6:00	1,25	kontinuierlich
7:00	1,50	kontinuierlich
8:00	1,90	kontinuierlich
9:00	1,65	kontinuierlich

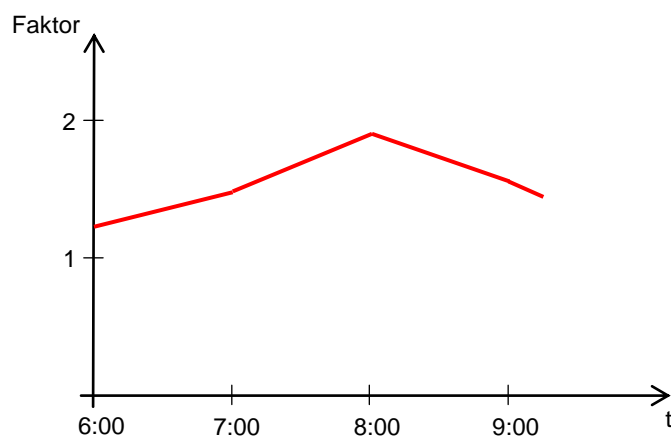


Bild: Zeitlicher Verlauf

Für den Zeitpunkt **7:30 Uhr** ergibt sich durch Interpolation im kontinuierlichen Verlauf ein Faktor von **1,7**.

Beispiel diskreter Verlauf

Zeitpunkt	Faktor	Verlauf
6:00	1,25	diskret
7:00	1,50	diskret
8:00	1,90	diskret
9:00	1,65	diskret

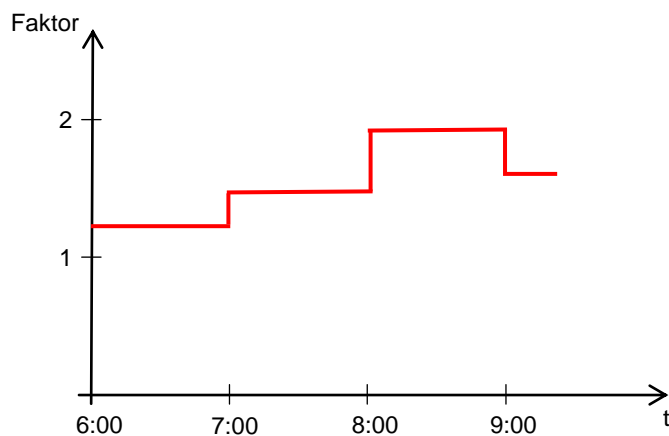


Bild: Zeitlicher Verlauf

Für den Zeitpunkt **7:30 Uhr** ergibt sich durch Interpolation im diskreten Verlauf ein Faktor von **1,5**.

4.1.3 Zyklische Behandlung von Zeitreihen

Der Startzeitpunkt und die Zeitdauer der geostationären Berechnung müssen nicht mit den vorgegebenen Zeiten der Zeitreihen übereinstimmen. Zeitreihen werden zyklisch wiederholt und können dadurch korrekt über alle Rechenzeitpunkte abgebildet werden.

Beispiel

Als einfaches Beispiel ist ein 8 Stunden Zyklus innerhalb eines Tages nachgebildet. Der Zyklus beginnt mit Schichtbeginn um 06:00 Uhr und endet mit Schichtende um 14:00 Uhr.

Zeitpunkt	Faktor	Verlauf
06:00	0,25	kontinuierlich
07:00	1,00	kontinuierlich
13:00	1,25	kontinuierlich
14:00	0,25	kontinuierlich

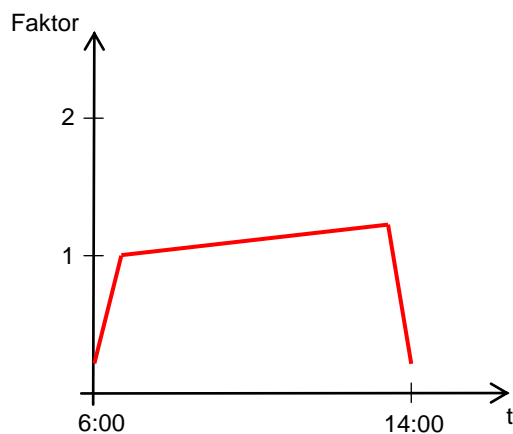


Bild: Einzelintervall

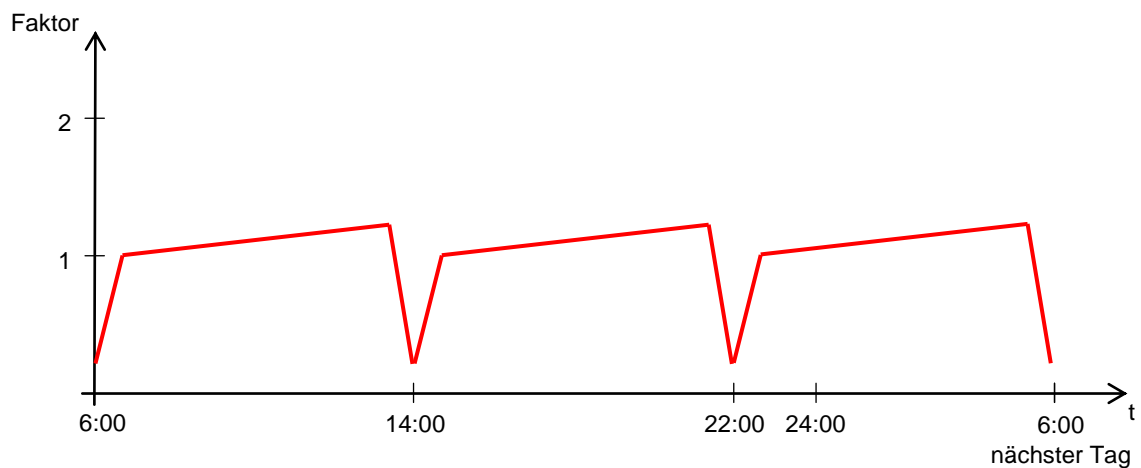


Bild: Einzelintervall im Tagesablauf

Wie aus den Bildern ersichtlich ist, kann für jede Startzeit und jeden Rechenzeitpunkt der Faktor eindeutig bestimmt werden.

Der Zyklus ist dabei nicht an einen Tag gebunden. Das Einzelintervall wird in Richtung frühere Zeitpunkte und in Richtung spätere Zeitpunkte zyklisch wiederholt. Die Anzahl der Wiederholungen ergibt sich aus Startzeitpunkt, Rechendauer und den Zeitpunkten des Einzelintervalls.

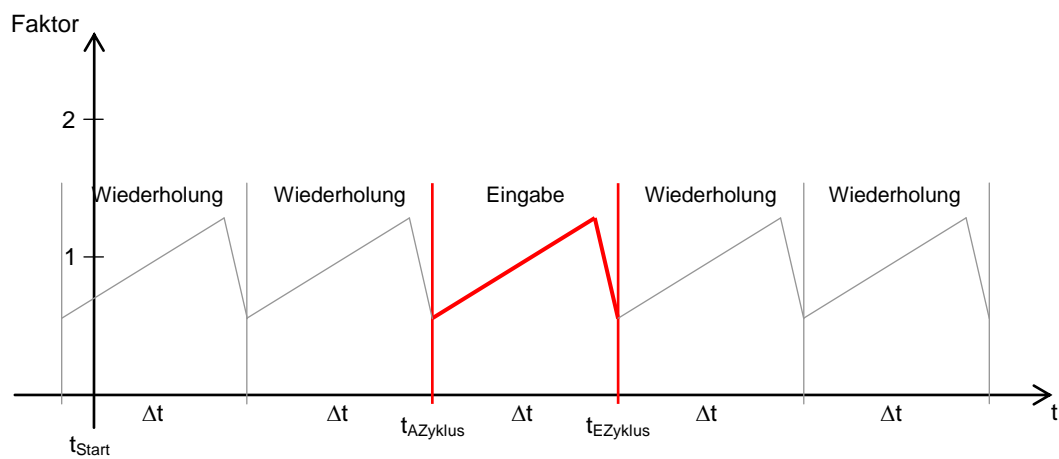


Bild: Wiederholungszyklus

5. Anwendungsbeispiele

In diesem Kapitel stehen Anwendungsbeispiele für die folgenden Verfahren zur Verfügung:

- [Wärme stationäre Berechnung](#)
- [Wärme stationäre Störungsberechnung](#)
- [Wärme geostationäre Zeitreihenberechnung](#)
- [Wärme geostationäre Arbeitsreihenberechnung](#)

5.1 Anwendungsbeispiel für die stationäre Berechnung

Im Folgenden soll das Verfahren **Wärme stationär** in PSS SINCAL anhand einfacher Anwendungsbeispiele dargestellt werden. In den Beschreibungen werden

- das [Voreinstellen der Berechnungsparameter](#),
- das [Erfassen von druckgebenden Netzelementen](#),
- das [Definieren der zeitlichen Betrachtung](#),
- das [Definieren von Längsschnitten durch das Netz](#),
- das [Starten der Berechnung](#) sowie
- das [Darstellen und Auswerten der Ergebnisse](#)

dargestellt.

Grundlagen

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz.

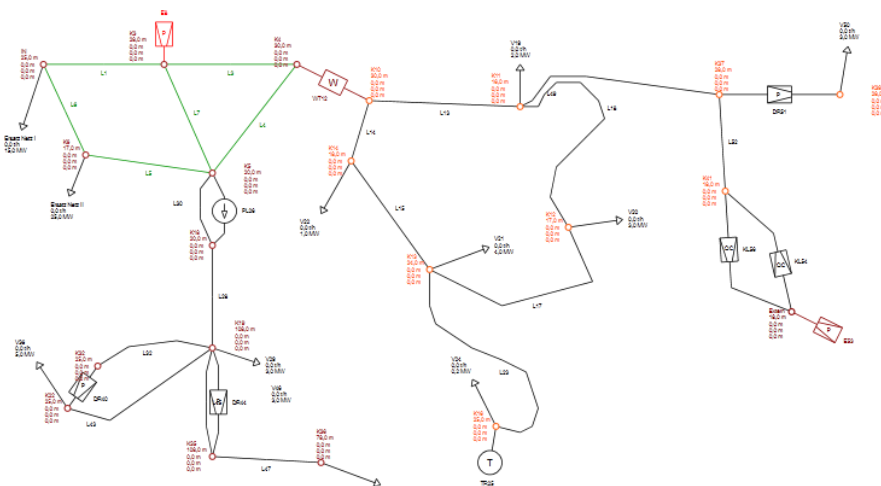


Bild: Musternetz Wärme

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

5.1.1 Voreinstellen der Berechnungsparameter

Die Maske zum Einstellen der Berechnungsparameter wird über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** geöffnet.

The screenshot shows the 'Berechnungsparameter' (Calculation Parameters) dialog box. It has two tabs: 'Stationär' (Stationary) and 'Geostationär' (Geostationary). The 'Stationär' tab is active. The 'Betrachtungsdatum' (Calculation Date) is set to 'Sa 01.01.2000' and 'Netzart' (Network Type) is 'Wärme' (Heat). Below these, there are several parameters with input fields: 'Max. Iterationsanzahl 1' (200), 'Max. Iterationsanzahl 2' (200), 'Maschengenauigkeit' (0,05 bar), 'Knotengenauigkeit' (0,5 l/s), 'Temperaturgenauigkeit' (1,0 °C), 'Max. Durchflussänd.' (1,0 l/s), 'Prüfung Arbeitsbereich' (Warnung), and 'Knoten verbinden' (Include Netze). At the bottom, 'Spez. Wärmekapazität' (4.182,0 J/kgK) and 'Kreislauf für Ausfall' (Vor- und Rücklauf) are shown. The 'OK' and 'Abbrechen' buttons are at the bottom right.

Bild: Berechnungsparameter Stationär

Vor der stationären Berechnung müssen das Betrachtungsdatum, die Parameter für die Berechnung und die physikalischen Daten des Wärmeträgers festgelegt werden.

5.1.2 Erfassen von druckgebenden Netzelementen

Das Erfassen des eigentlichen Netzes ist in der Bedienungsanleitung beschrieben (siehe Handbuch Bedienung, Kapitel Netzbearbeitung anhand eines Beispiels).

Um eine stationäre Berechnung durchführen zu können, muss mit Hilfe eines druckgebenden Elementes der Druck an einem Knoten im Netz im Vorlauf und im Rücklauf vorgegeben werden. Hierzu wird im Netz mindestens eine Einspeisung Wärme/Kälte mit Einspeisungstyp Druckhaltung an einem Knoten erfasst.

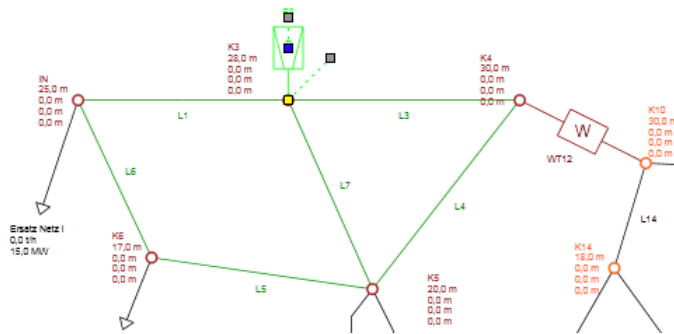


Bild: Netz mit einer erfassten Einspeisung

Alle übrigen Elemente, die mit diesen druckgebenden Elementen verbunden sind, nehmen an der stationären Berechnung teil.

5.1.3 Definieren der zeitlichen Betrachtung

In der Datenmaske von jedem Netzelement können im Register **Elementdaten** der Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt angegeben werden.

Bild: Definition von Errichtungs- und Stilllegungszeitpunkt

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

Weitere Hinweise zur zeitlichen Betrachtung finden Sie bei den [Berechnungsparametern](#) und im Kapitel [Zeitliche Betrachtung des Netzes](#).

5.1.4 Definieren von Längsschnitten durch das Netz

Die Strecken für Längsschnittdiagramme werden am einfachsten über den Menüpunkt **Bearbeiten – Markieren – Strecke markieren** grafisch im Netz markiert.

Nach dem Aktivieren dieser Funktion kann mit Hilfe des Cursors die Strecke grafisch markiert werden. Dabei wird zuerst das Element am Anfang der Strecke selektiert und danach jenes, das das Ende des Markierungsbereiches kennzeichnet. Das System sucht nun die kürzeste Verbindung zwischen den beiden definierten Elementen und markiert diese Strecke.

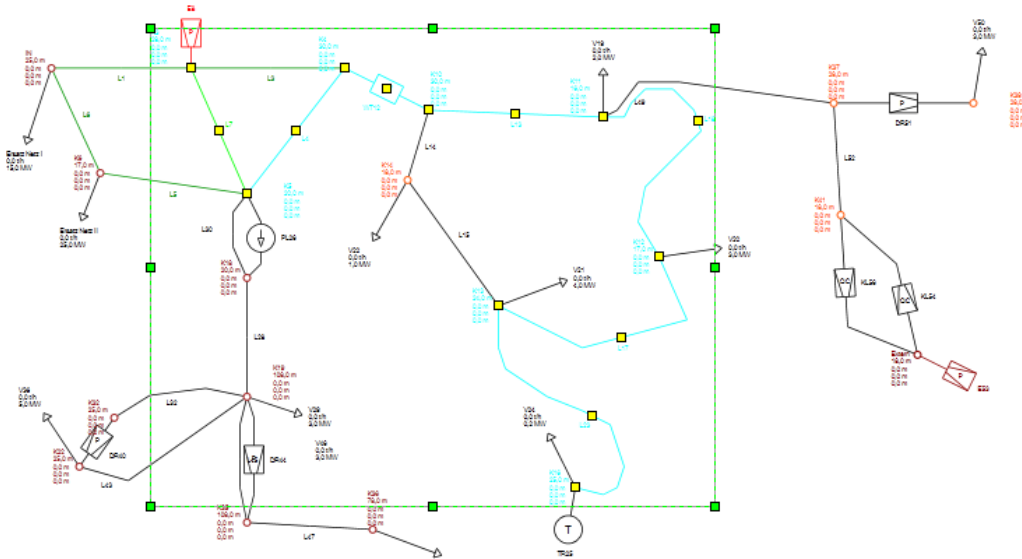


Bild: markierte Strecke für Längsschnitt

Nach dem Markieren der Strecke muss diese einer Netzelementgruppe mit der Gruppenart **Längsschnitt** zugeordnet werden. Hierzu wird der Menüpunkt **Einfügen – Netzelementgruppe** aktiviert und im Netzbrowser der Knopf **Neu** angeklickt.

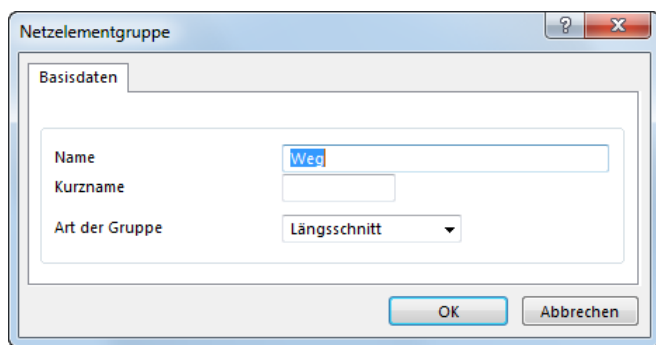


Bild: Anlegen einer neuen Gruppe

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

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

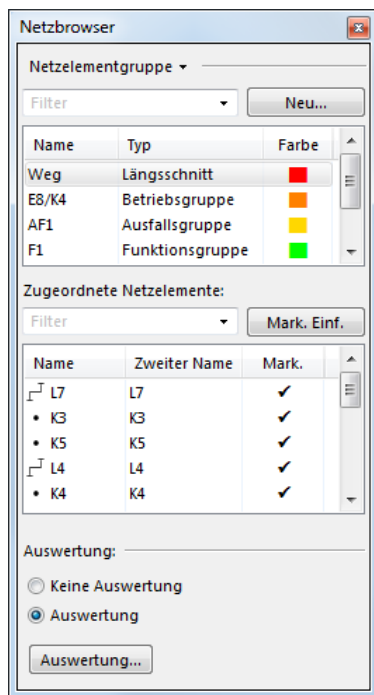


Bild: Neue Netzelementgruppe mit zugewiesenen Netzelementen

Nach der Definition wird das Längsschnittdiagramm automatisch von der stationären Berechnung generiert.

5.1.5 Starten der Berechnung

Die stationäre Berechnung wird über den Menüpunkt **Berechnen – Stationär** gestartet.

5.1.6 Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse der stationären Berechnung sind in der Netzgrafik verfügbar.

Globale Ergebnisse stehen über dem Menüpunkt **Berechnen – Ergebnisse – Globale Ergebnisse** zur Verfügung.

Wärme/Kälte - Ergebnisse

?

X

Ergebnisse

Ergebnisart

Stationär

Kreislauf

Vorlauf

Summe Einspeisungen	Pzu1	0,000	MW	Qzu1	0,000	t/h	Qzu3	0,000	l/s
Summe Abnahmen	Pab1	58,962	MW	Qab1	564,467	t/h	Qab3	169,277	l/s
Errechnete Einspeis.	Pzu2	60,511	MW	Qzu2	552,211	t/h	Qzu4	166,303	l/s
Errechnete Abnahmen	Pab2	58,964	MW	Qab2	564,467	t/h	Qab4	169,278	l/s

Leitungsaustrittsverluste	Paustr	0,000	MW	Qaustr1	0,000	t/h	Qaustr2	0,000	l/s
Austritte aus Lecks	Pleck	0,000	MW	Qleck1	0,000	t/h	Qleck2	0,000	l/s
Austausch Vor-/Rücklauf	Paust	0,134	MW	Qaust1	5,000	t/h	Qaust2	1,473	l/s

Zugef. Leistung Wärmet.	Pwt	0,000	MW	Qwt1	0,000	t/h	Qwt2	0,000	l/s
Entnommene Leistung	Pent	0,000	MW	Qent1	0,000	t/h	Qent2	0,000	l/s
Verlustleistung	Pv	0,223	MW	Qv1	1,520	t/h	Qv2	0,454	l/s

Gesamte Rohrlänge	I	6.886,000	m	Min. Druck absolut	pamin	12,002	bar
Gesamtes Rohrvolumen	V	263,254	m³	Min. Druck relativ	prmin	7,793	bar
Max. Fließgeschw.	vmax	1,792	m/s	Min. Druckdifferenz	dpmin	2,501	bar

Iterationsanzahl Temp.	IT2	6	1	Knotengenauigkeit	E2	0,000	bar
Iterationsanzahl Fluss	IT1	28	1	Maschengenauigkeit	E3	0,000	bar
Flussgenauigkeit	E1	0,000	t/h	Temperaturgenauigkeit	E4	0,000	°C

Datum

Sa 01.01.2000

OK

Abbrechen

Bild: Ergebnisse der stationären Berechnung

Bei den globalen Ergebnissen sind die Summe der Einspeisungen und Abnahmen, die Leckverluste, der Druckbereich, die Netzgröße und die erreichte Rechengenauigkeit verfügbar.

Über das Kontextmenü des Knotens können die individuellen Knotenergebnisse angezeigt werden.

Netzverfolgung - Knotenergebnisse

Ergebnisse

Knoten: K3

Netzebene: Primär (15,0 bar)

Kreislau: Vorlauf

Einspeisung: E8

Menge: q 100,000 %

Endzeit: te 0,000 s

1/3 OK Abbrechen

Bild: Datenmaske Netzverfolgung – Knotenergebnisse

In dieser Ergebnismaske stehen das Mediummischungsverhältnis und die Mediumlaufzeit zur Verfügung.

Zusätzlich zu den Ergebnissen in der Netzgrafik werden auch Ergebnisse in Diagrammform generiert. Diese können über den Menüpunkt **Ansicht – Diagramm** betrachtet werden.

Die Ergebnisdiagramme der Längsschnitte sind unter dem Diagrammtyp **Längsschnitt** verfügbar.

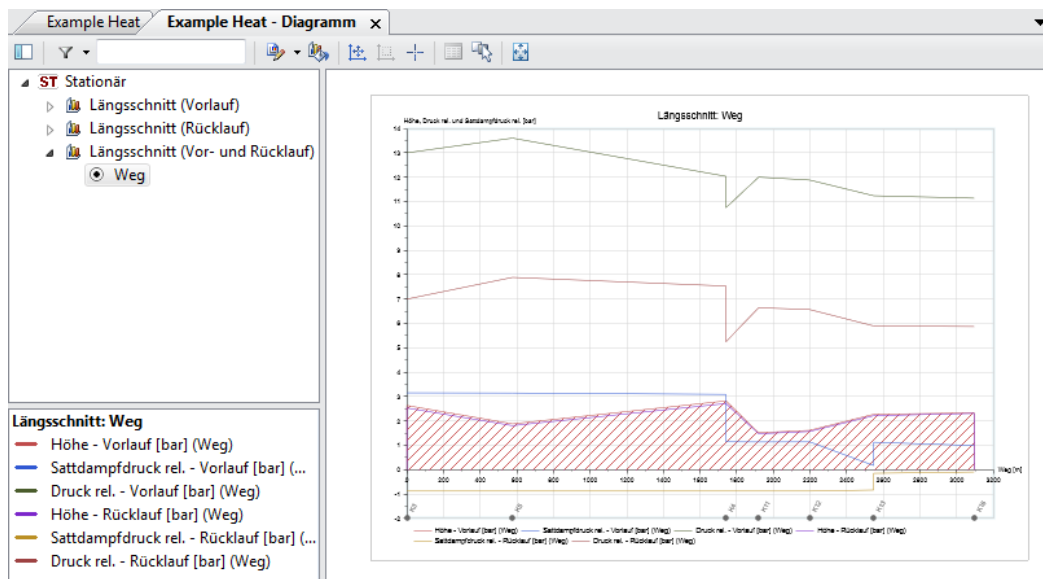
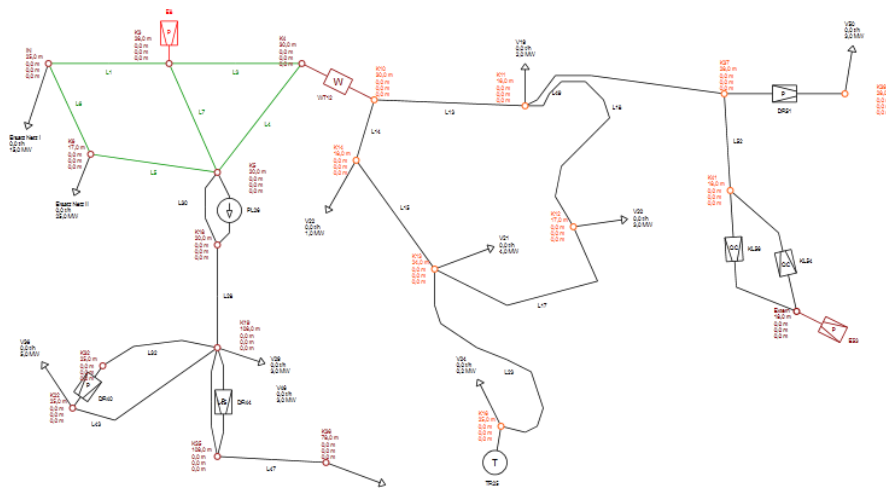


Bild: Längsschnittdiagramm

- das Voreinstellen der Berechnungsparameter,
- das Starten der Berechnung sowie
- das Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

dargestellt.

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz.



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

5.2.1 Voreinstellen der Berechnungsparameter

Die Maske zum Einstellen der Berechnungsparameter wird über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** geöffnet.

The screenshot shows the 'Berechnungsparameter' dialog box with the 'Stationär' tab selected. The parameters are as follows:

Parameter	Value	Unit
Betrachtungsdatum	Sa 01.01.2000	
Netzart	Wärme	
Max. Iterationsanzahl 1	200	
Max. Iterationsanzahl 2	200	
Maschengenauigkeit	0,05	bar
Knotengenauigkeit	0,5	l/s
Temperaturgenauigkeit	1,0	°C
Max. Durchflussänd.	1,0	l/s
Prüfung Arbeitsbereich	Warnung	
Knoten verbinden	Include Netze	
Spez. Wärmekapazität	4.182,0	J/kgK
Kreislauf für Ausfall	Vor- und Rücklauf	

Bild: Berechnungsparameter Stationär

Vor der stationären Störungsberechnung müssen das Betrachtungsdatum, die Parameter für die Berechnung und die physikalischen Daten des Wärmeträgers festgelegt werden.

5.2.2 Starten der Berechnung

Um eine stationäre Störungsberechnung durchzuführen, muss zuerst ein auszufallendes Netzelement (oder mehrere auszufallende Netzelemente) markiert werden. Dann kann die stationäre Störungsberechnung über das Kontextmenü durch Klicken von **Berechnung am Element – Störung** gestartet werden.

Anwendungsbeispiele

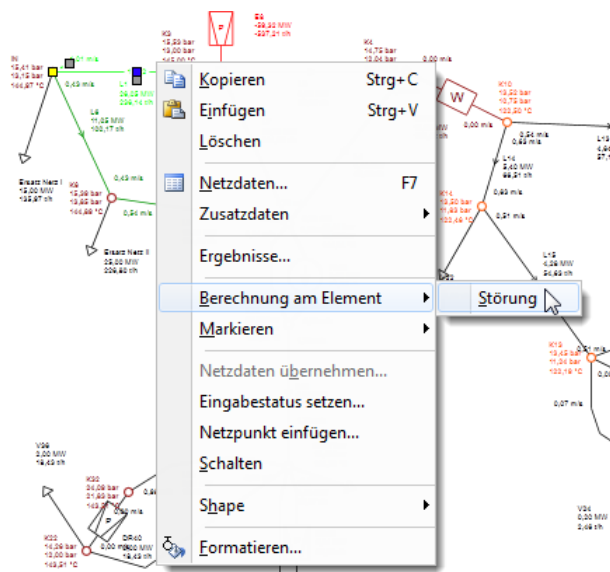


Bild: Starten der Störungsberechnung

5.2.3 Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

Wenn die stationäre Störungsberechnung fehlerfrei durchgeführt werden konnte, werden automatisch die Ergebnisse identisch zur [stationären Berechnung](#) geladen und angezeigt.

5.3 Anwendungsbeispiel für die geostationäre Zeitreihenberechnung

Im Folgenden soll das Verfahren **Wärme geostationäre Zeitreihenberechnung** in PSS SINCAL anhand einfacher Anwendungsbeispiele dargestellt werden. In den Beschreibungen werden

- das [Voreinstellen der Berechnungsparameter](#),
- das [Definieren von Zeitreihen](#),
- das [Zuordnen von Zeitreihen](#),
- das [Definieren des Diagrammumfanges](#),
- das [Starten der Berechnung](#) sowie
- das [Darstellen und Auswerten der Ergebnisse](#)

dargestellt.

Grundlagen

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz.

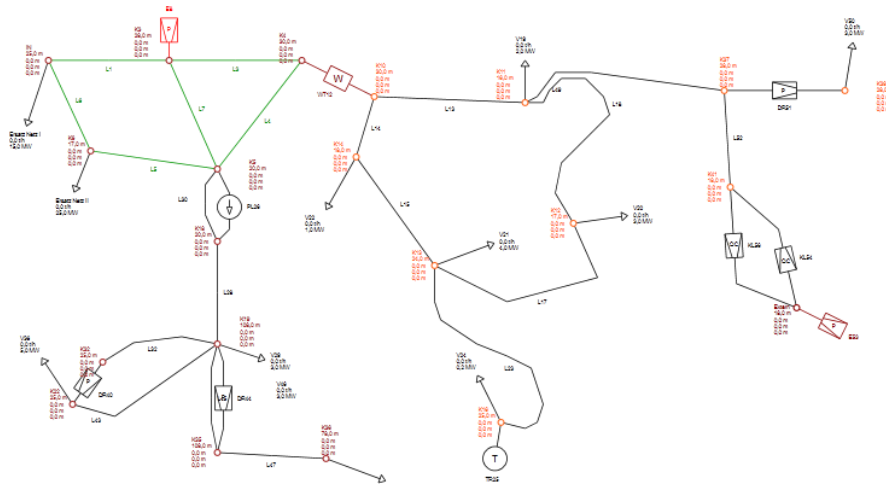


Bild: Musternetz Wärme

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

Voraussetzung für die geostationäre Zeitreihenberechnung ist, dass der Punkt **Geostationär** im Menü **Berechnen – Methoden** aktiviert ist.

5.3.1 Voreinstellen der Berechnungsparameter

Die Maske zum Einstellen der Berechnungsparameter wird über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** geöffnet.

Für die stationäre Zeitreihenberechnung gelten die gleichen Berechnungsparameter wie für die stationäre Berechnung.

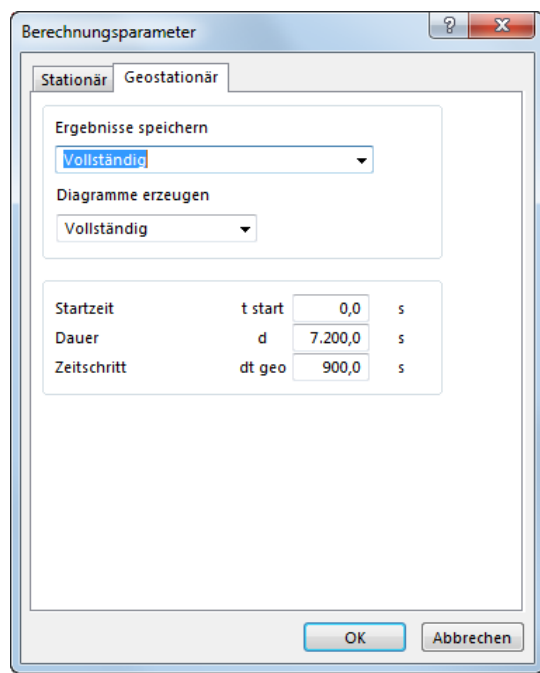


Bild: Berechnungsparameter Geostationär

Zusätzlich müssen im Register **Geostationär** noch die **Startzeit**, die **Dauer** und der **Zeitschritt** angegeben werden.

Die einzelnen geostationären Berechnungen über die Zeit werden vollkommen unabhängig voneinander betrachtet.

5.3.2 Definieren von Zeitreihen

Über den Menüpunkt **Einfügen – Erweiterte Daten – Arbeitspunkte/Zeitreihen** wird der Dialog zur Definition von zeitlichen Verläufen geöffnet.

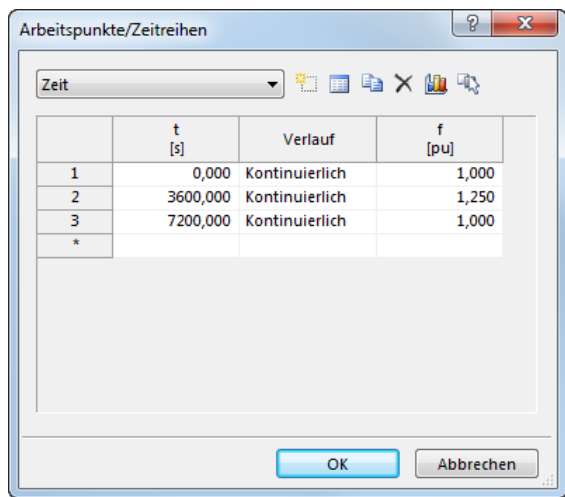


Bild: Definition von Zeitreihen

Mit Hilfe dieses Dialoges können Zeitreihen erzeugt, bearbeitet und auch gelöscht werden. Genauere Informationen zur Bedienung dieses Dialoges finden Sie im Kapitel [Arbeitspunkte/Zeitreihen](#).

5.3.3 Zuordnen von Zeitreihen

Zeitreihen können entweder den einzelnen Netzelementen direkt oder über deren Netzebene zugeordnet werden.

Die Zuordnung von Zeitreihen zu einem Netzelement erfolgt über das Register **Geostationär** in der jeweiligen Datenmaske.

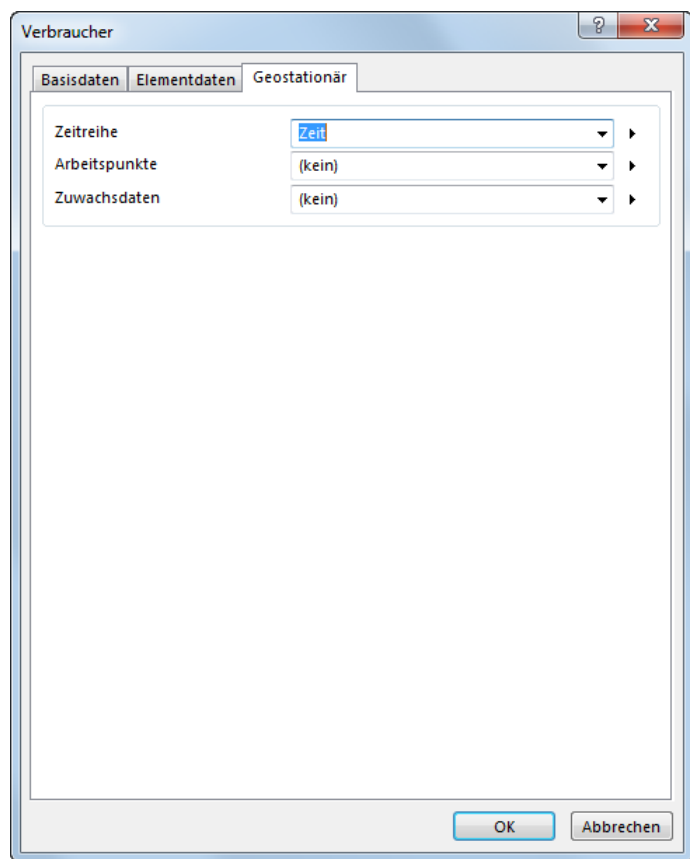


Bild: Zuordnung einer Zeitreihe zu einem Verbraucher

Die zugeordnete Zeitreihe wirkt als Faktor auf die Basisdaten des Netzelementes. Auf welche Basisdaten der einzelnen Netzelemente die Faktoren aus der Zeitreihe wirken, ist in den [Berechnungsverfahren](#) beschrieben.

Die Zuordnung von Zeitreihen über die Netzebene erfolgt über das Register **Geostationär** in der Datenmaske **Netzebene**.

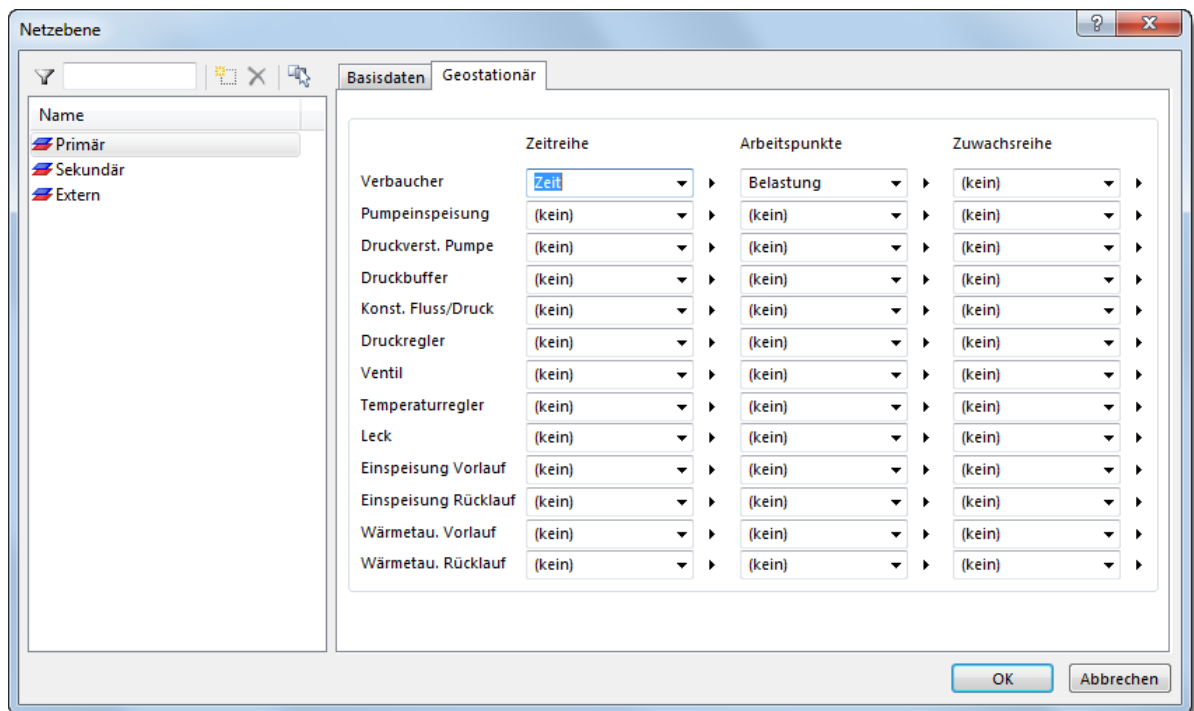


Bild: Zuordnung von Zeitreihen über die Netzebene

Die über die Netzebene zugeordneten Zeitreihen werden nur auf jene Netzelemente vererbt, die keine direkte Zuordnung einer Zeitreihe haben.

5.3.4 Definieren des Diagrammumfanges

Soll der zeitliche Verlauf der wichtigsten Daten von Knoten und Netzelementen über die Zeit als Diagramm dargestellt werden, so muss dies direkt in den Basisdaten des Knotens oder den Elementdaten eines Netzelementes erfolgen.

Knoten

Basisdaten

Name: IN

Kurzname: K2

Netzebene: Primär (15,0 bar)

Kreislauf: Vor- und Rücklauf

Netzbereich: Primär

Netzzone: (kein)

Druckverlaufsdigramm: Name

Gekennzeichnet: Ja

Min. Druckdifferenz	padmin	7,0	bar
Seehöhe	sh	25,0	m
Rechtsabstand	rh	0,0	m
Hochabstand	hh	0,0	m
Meridian	M	0,0	m

Errichtungszeitpunkt: (kein)

Stilllegungszeitpunkt: (kein)

Verknüpfungsname:

OK Abbrechen

Bild: Aktivieren der Diagramme

Im Feld **Gekennzeichnet** wird die Option **Ja** gewählt.

5.3.5 Starten der Berechnung

Die geostationäre Zeitreihenberechnung wird über den Menüpunkt **Berechnen – Zeitreihen** gestartet.

5.3.6 Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

Nach dem Berechnen werden die Ergebnisse für die Zeitreihenberechnung in der Netzgrafik und in Form von Diagrammen zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der einzelnen Zeitschritte können über den Dialog **Eingabedaten und Ergebnisse** in der Netzgrafik angezeigt werden. Hierzu wird der Menüpunkt **Ansicht – Eingabedaten u. Ergebnisse** aktiviert.

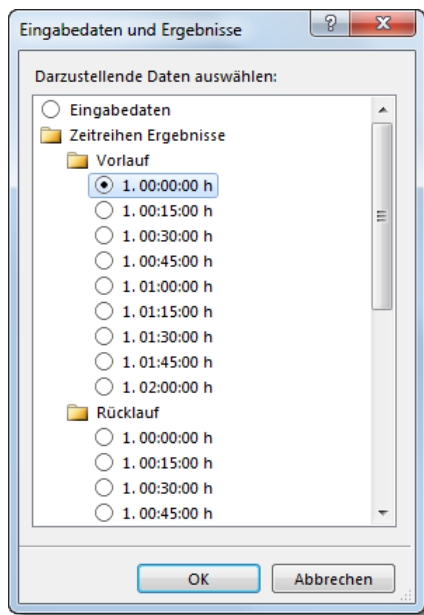


Bild: Dialog Eingabedaten und Ergebnisse

Zusätzlich zu den Ergebnissen in der Netzgrafik werden auch Ergebnisse in Diagrammform generiert. Diese können über den Menüpunkt **Ansicht – Diagramm** betrachtet werden.

Die Diagramme sind unter dem Punkt **Zeitreihen** im Diagrammbrowser verfügbar. Hierbei wird zwischen frei definierbaren Ergebnisdiagrammen sowie automatisch generierten Diagrammen für Eingabedaten unterschieden.

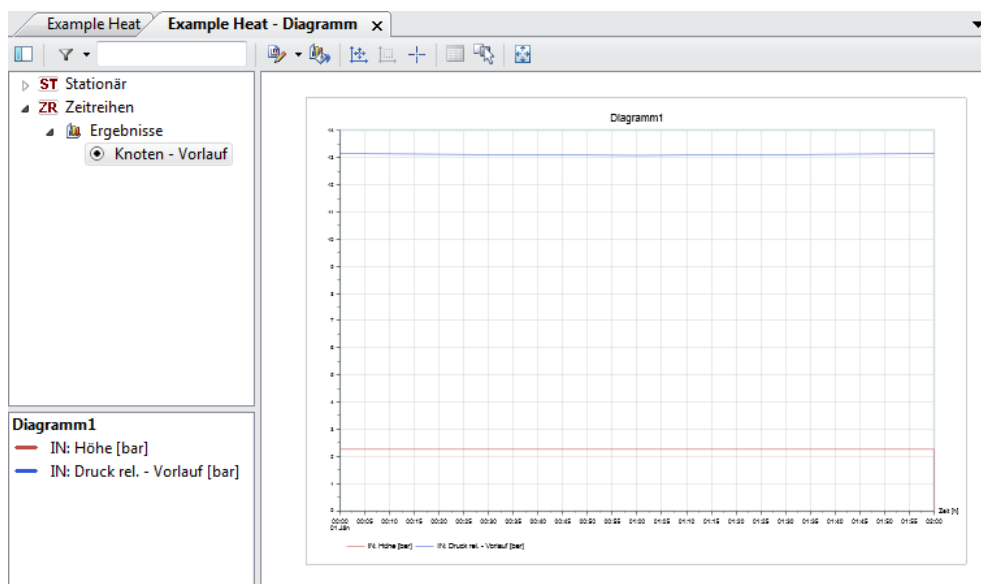


Bild: Ergebnisdiagramme Zeitreihen

Im Zuge der Zeitreihenberechnung werden vielfältige Diagramme für Knoten, Netzelemente und das Netz generiert. Diese Diagramme können individuell auf einer Diagrammseite zusammengestellt werden. Dazu wird der Punkt **Ergebnisse** im Browser angewählt und über das Kontextmenü der Menüpunkt **Diagrammseite zusammenstellen** aktiviert. Eine ausführliche Beschreibung finden Sie im Kapitel Zusammenstellen von Ergebnisdiagrammseiten des Handbuches Bedienung.

5.4 Anwendungsbeispiel für die geostationäre Arbeitsreihenberechnung

Im Folgenden soll das Verfahren **Wärme geostationäre Arbeitsreihenberechnung** in PSS SINCAL anhand einfacher Anwendungsbeispiele dargestellt werden. In den Beschreibungen werden

- das [Voreinstellen der Berechnungsparameter](#),
- das [Anlegen eines Arbeitspunktes](#),
- das [Definieren von Arbeitspunkten](#),
- das [Zuordnen von Arbeitspunkten](#),
- das [Definieren von Betriebsdiagrammen](#),
- das [Starten der Berechnung](#) sowie
- das [Darstellen und Auswerten der Ergebnisse](#)

dargestellt.

Grundlagen

Alle Beschreibungen basieren auf folgendem Netz.

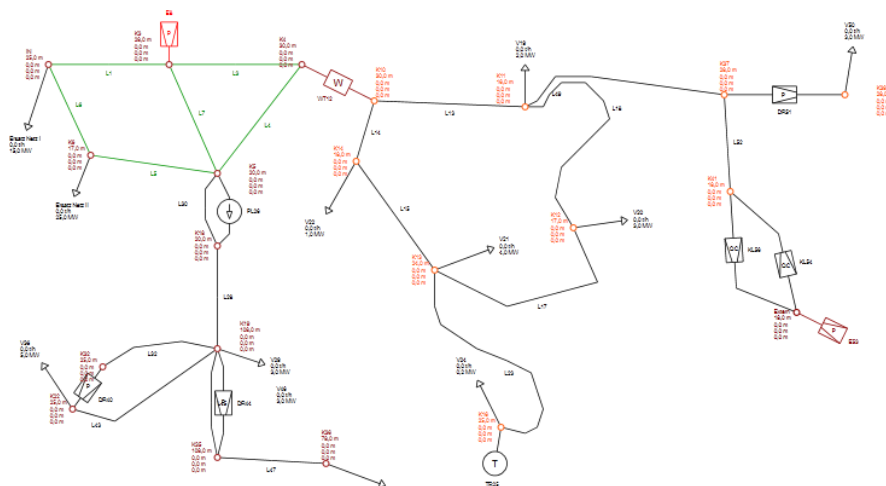


Bild: Musternetz Wärme

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

Voraussetzung für die geostationäre Arbeitsreihenberechnung ist, dass der Punkt **Geostationär** im Menü **Berechnen – Methoden** aktiviert ist.

5.4.1 Voreinstellen der Berechnungsparameter

Die Maske zum Einstellen der Berechnungsparameter wird über den Menüpunkt **Berechnen – Parameter** geöffnet.

Für die stationäre Arbeitsreihenberechnung gelten die gleichen Berechnungsparameter wie für die [stationäre Berechnung](#).

Die einzelnen geostationären Berechnungen über die Zeit werden vollkommen unabhängig voneinander betrachtet.

5.4.2 Anlegen eines Arbeitspunktes

Über den Menüpunkt **Einfügen – Erweiterte Daten – Arbeitspunkt** wird der Dialog zum Anlegen von Arbeitspunkten geöffnet.

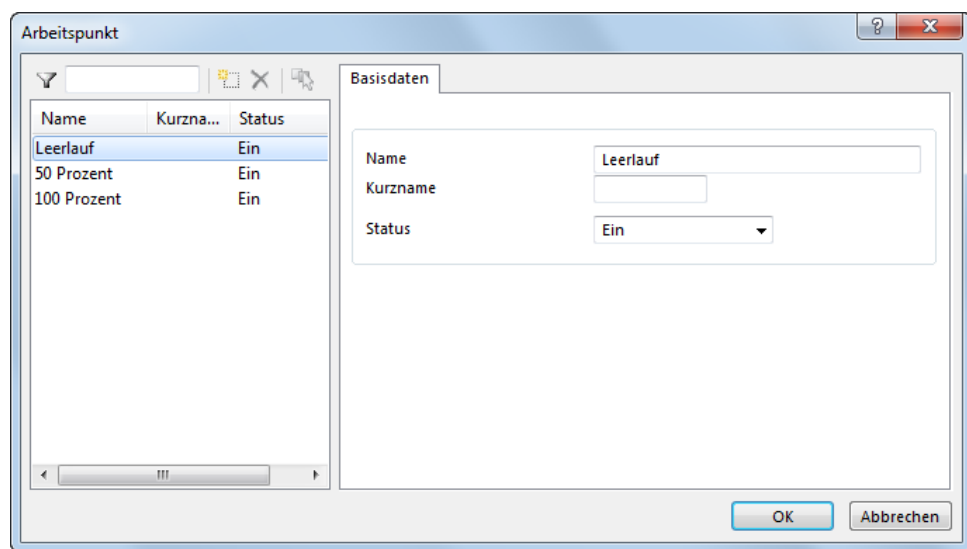


Bild: Anlegen von Arbeitspunkten

Mit Hilfe dieses Dialoges können Arbeitspunkte erzeugt, bearbeitet und auch gelöscht werden.

5.4.3 Definieren von Arbeitspunkten

Über den Menüpunkt **Einfügen – Erweiterte Daten – Arbeitspunkte/Zeitreihen** wird der Dialog zur Definition von Arbeitspunkte geöffnet.

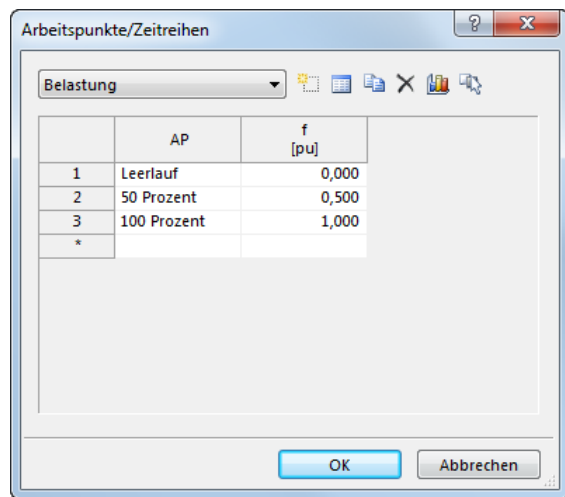


Bild: Definition von Arbeitspunkten

Mit Hilfe dieses Dialoges können Arbeitspunkte erzeugt, bearbeitet und auch gelöscht werden. Genauere Information zur Bedienung dieses Dialoges finden Sie im Kapitel [Arbeitspunkte/Zeitreihen](#).

5.4.4 Zuordnen von Arbeitspunkten

Arbeitspunkte können entweder den einzelnen Netzelementen direkt oder über deren Netzebene zugeordnet werden.

Die Zuordnung von Arbeitspunkten zu einem Netzelement erfolgt über das Register **Geostationär** in der jeweiligen Datenmaske.

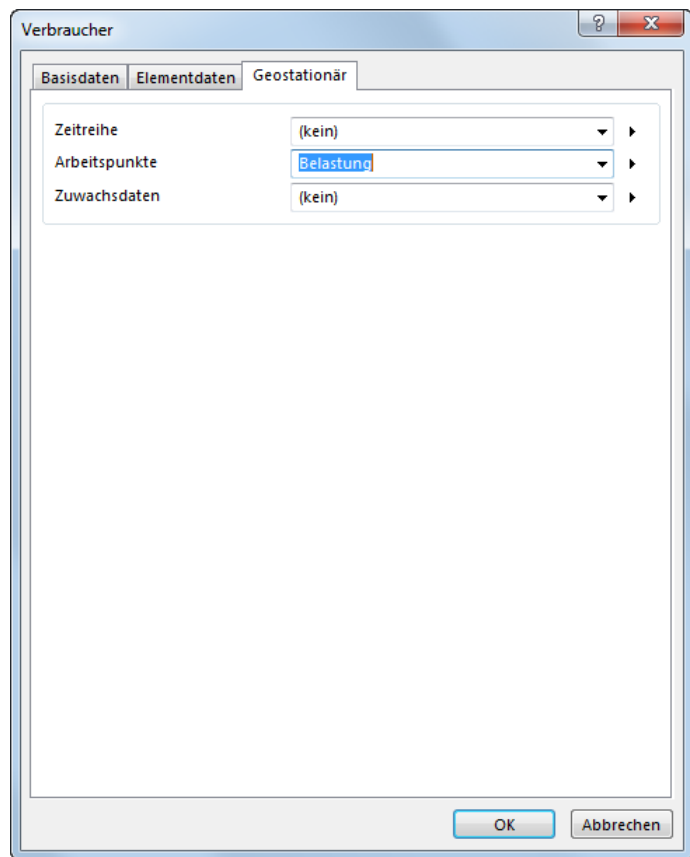


Bild: Zuordnung von Arbeitspunkten zu einem Verbraucher

Die zugeordneten Arbeitspunkte wirken als Faktor auf die Basisdaten des Netzelementes. Auf welche Basisdaten der einzelnen Netzelemente die Faktoren aus den Arbeitspunkten wirken, ist in den [Berechnungsverfahren](#) beschrieben.

Die Zuordnung von Arbeitspunkten über die Netzebene erfolgt über das Register **Geostationär** in der Datenmaske **Netzebene**.

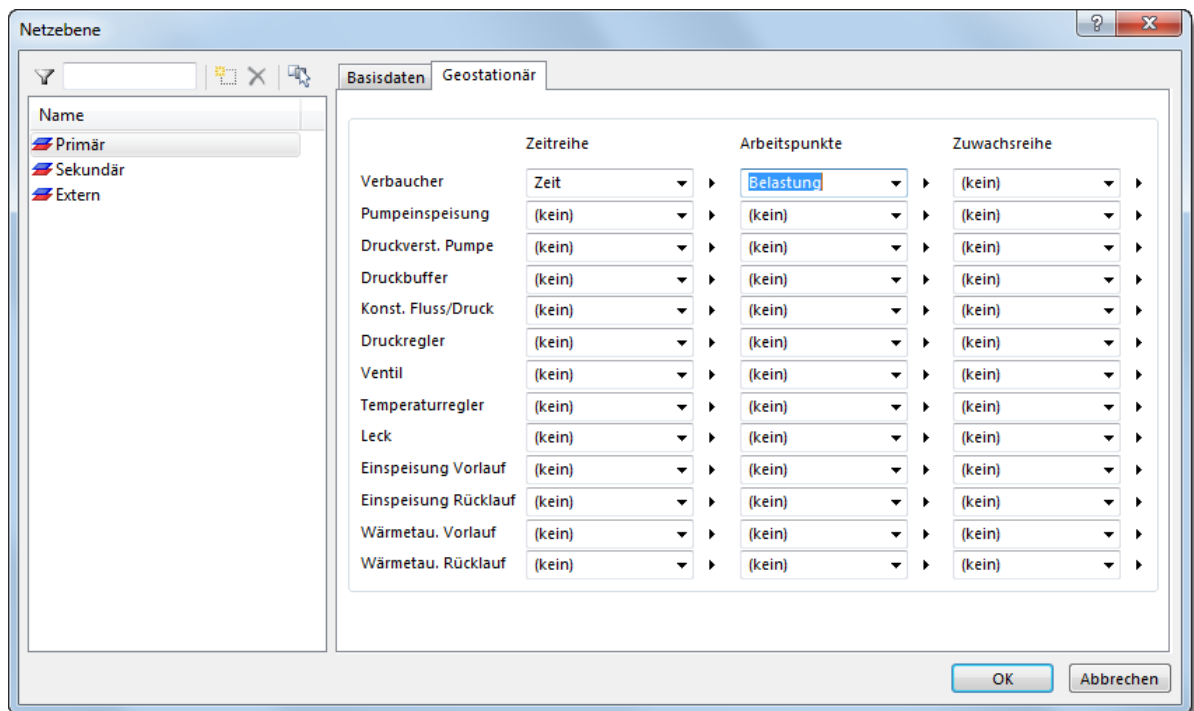


Bild: Zuordnung von Arbeitspunkten über die Netzebene

Die über die Netzebene zugeordneten Arbeitspunkte werden nur auf jene Netzelemente vererbt, die keine direkte Zuordnung von Arbeitspunkten haben.

5.4.5 Definieren von Betriebsdiagrammen

Eine Betriebsgruppe muss genau einen Knoten und ein Netzelement beinhalten. Nur unter diesen Voraussetzungen kann ein Diagramm mit dem Betriebsverhalten erzeugt werden.

Der Knoten und das Netzelement werden am einfachsten mit Hilfe des Cursors markiert.

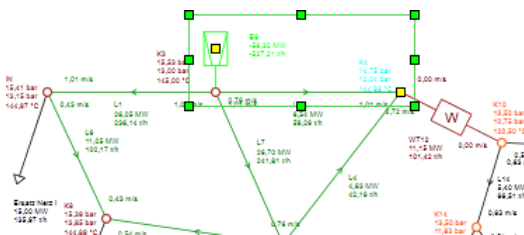


Bild: markierte Elemente für das Betriebsdiagramm

Nach dem Markieren eines Knotens und einer Einspeisung müssen diese einer Netzelementgruppe mit der Gruppenart **Betriebsgruppe** zugeordnet werden. Hierzu wird der Menüpunkt **Einfügen – Netzelementgruppe** aktiviert und im Netzbrowser der Knopf **Neu** angeklickt.

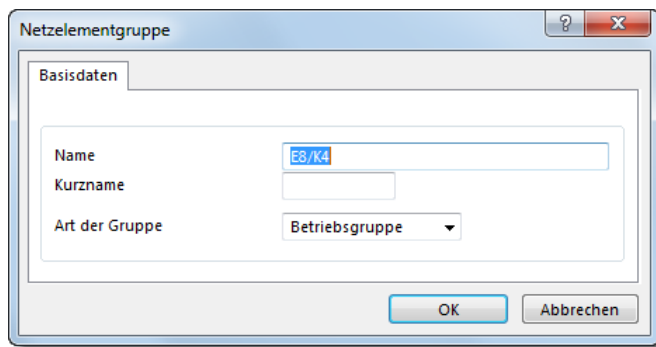


Bild: Anlegen einer neuen Gruppe

In der Datenmaske werden der Name und die Gruppenart **Betriebsgruppe** 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.

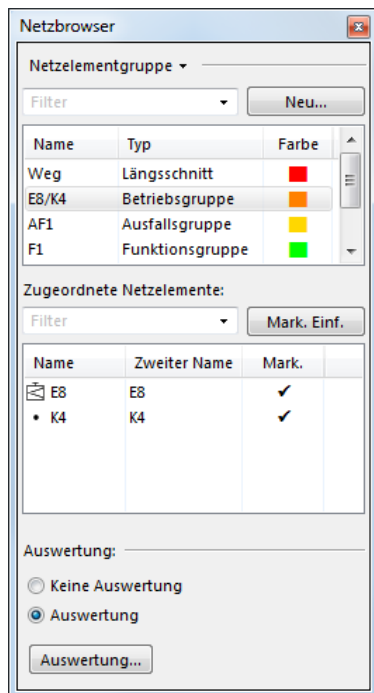


Bild: Neue Netzelementgruppe mit zugewiesenen Netzelementen

5.4.6 Starten der Berechnung

Die geostationäre Arbeitsreihenberechnung wird über den Menüpunkt **Berechnen – Arbeitsreihen** gestartet.

5.4.7 Darstellen und Auswerten der Ergebnisse

Nach dem Berechnen werden die Ergebnisse für die Arbeitsreihenberechnung in der Netzgrafik und in Form von Diagrammen zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspunkte können über den Dialog **Eingabedaten und Ergebnisse** in der Netzgrafik angezeigt werden. Hierzu wird der Menüpunkt **Ansicht – Eingabedaten u. Ergebnisse** aktiviert.

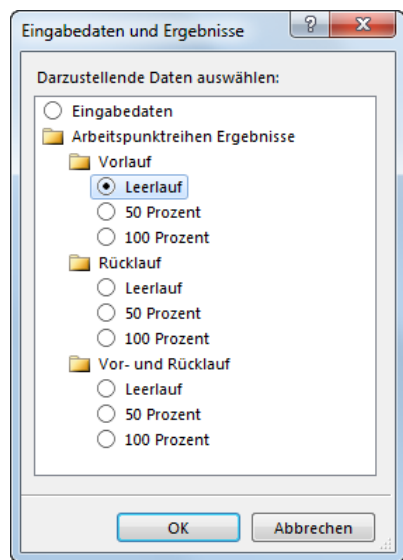


Bild: Dialog Eingabedaten und Ergebnisse

Zusätzlich zu den Ergebnissen in der Netzgrafik werden auch Ergebnisse in Diagrammform generiert. Diese können über den Menüpunkt **Ansicht – Diagramm** betrachtet werden.

Die Ergebnisdiagramme mit dem Betriebsverhalten sind unter dem Diagrammtyp **Betriebsverhalten** verfügbar.

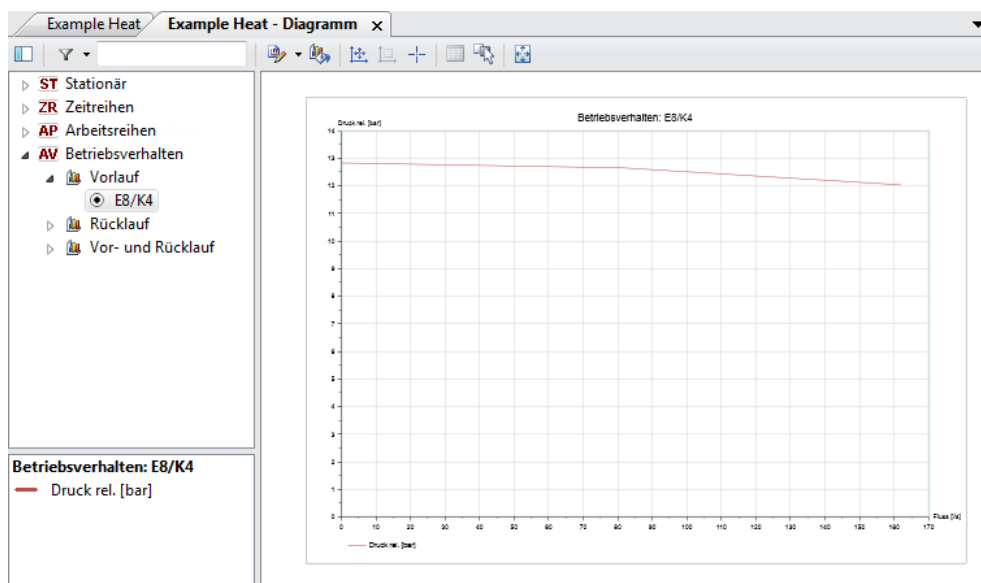


Bild: Diagramm Betriebsverhalten

Die Ergebnisdiagramme für die Arbeitsreihenberechnung sind unter dem Diagrammtyp **Arbeitsreihen** verfügbar.

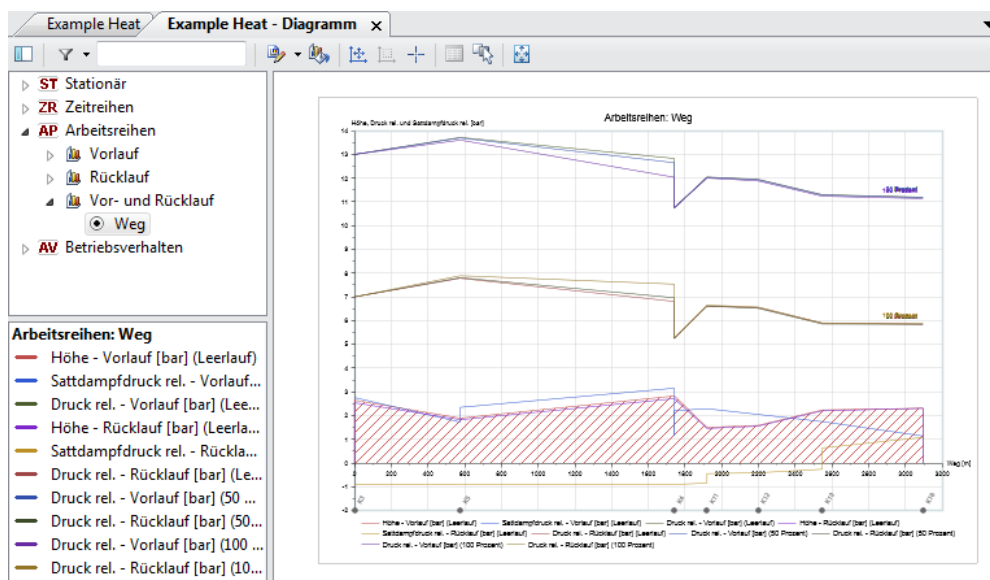


Bild: Diagramm Arbeitsreihen

Die Namen der einzelnen Arbeitspunkte sind in den Diagrammen ersichtlich.