|  |
| --- |
| KTI DeltaZero 4PSP |
| DuctDesinger  Installationsanleitung, Benutzerhandbuch, Makroelemente und Anwendungsbeispiel |
|  |
| **Datum** 22. Juni 2016  **Version** 2.0  **Autor(en)** ZS, LW |

Zusatzinformationen

Versionsverwaltung

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Version** | **Bemerkung** | **Datum** | **Verantwortlich** | **Status** |
| 1.0 | Erster Entwurf | 22.06.2016 | ZS | in Bearbeitung |
| 2.0 | Update GUI | 23.01.2017 | ZS | In Bearbeitung |
|  |  |  |  |  |

Tabelle: Versionskontrolle

Involvierte Stellen und Personen

|  |  |
| --- | --- |
| **Name** | **Bereich / Verantwortung** |
| ZS | EMod |
|  |  |
|  |  |

Referenzierte Dokumente

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Titel** | **Version** | **Autor/in** | **Datum** |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |

Inhaltsverzeichnis

[Zusatzinformationen ii](#_Toc1094782480)

[Versionsverwaltung ii](#_Toc763181420)

[Involvierte Stellen und Personen ii](#_Toc829356888)

[Referenzierte Dokumente ii](#_Toc2048837011)

[Inhaltsverzeichnis iii](#_Toc1661229687)

[Abbildungs- und Tabellenverzeichnis iv](#_Toc1371393860)

[Tabellen iv](#_Toc1481832467)

[Abbildungen iv](#_Toc1204399413)

[1. Installation 1](#_Toc1422578292)

[1.1. Vorbereitung 1](#_Toc1616855817)

[1.2. Installation 1](#_Toc2092033297)

[1.3. Programstart 1](#_Toc495256623)

[2. Benutzerhandbuch 2](#_Toc95583842)

[2.1. Allgemein 2](#_Toc1506210459)

[2.2. Menu 3](#_Toc228941603)

[2.3. Design 4](#_Toc1098050275)

[2.4. Analyse 5](#_Toc112795039)

[2.4.1. Betriebspunkt 6](#_Toc1612533443)

[2.4.2. Element Analyse 6](#_Toc812367053)

[2.4.3. Kennlinie 6](#_Toc1875105949)

[2.5. Funktionen 9](#_Toc1809090136)

[3. Modelldokumentation 12](#_Toc531879532)

[3.1. Allgemein 12](#_Toc1378504934)

[3.2. Makroelemente 13](#_Toc1785397660)

[3.3. Profile 15](#_Toc1685313398)

[4. Anwendungsbeispiel 16](#_Toc1259868596)

[4.1. Einführung 16](#_Toc1138710543)

[4.2. Unterteilung in Makroelemente 16](#_Toc888364453)

[4.3. Definition der Profile und der Isolation 16](#_Toc1730532957)

[4.4. Parametrisierung 17](#_Toc1244603509)

[5. Referenzen 18](#_Toc1935929086)

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabellen

[Tabelle 1: Beispiel für eine nummerische Auswertung der Elementeigenschaften an einem Betriebspunkt 7](#_Toc454467458)

Abbildungen

[Abbildung 1: Auslieferung des](#_Toc454467448) *[DuctDesigners](#_Toc454467448)* [1](#_Toc454467448)

[Abbildung 1: Hauptfenster des DuctDesiners mit den einzelnen Elementen 2](#_Toc454467449)

[Abbildung 2: Funktionsmodus](#_Toc454467450) *[Design](#_Toc454467450)* [4](#_Toc454467450)

[Abbildung 3: Funktionsmodus](#_Toc454467451) *[Analyse](#_Toc454467451)* [5](#_Toc454467451)

[Abbildung 4: Grafische Analyse von Druckverlust und Wärmeübergang 8](#_Toc454467452)

[Abbildung 5: Anlagenkennlinien 8](#_Toc454467453)

[Abbildung 6: Vereinfachtes Klassendiagram 12](#_Toc454467454)

[Abbildung 7: Aufteilung des Kanals in einzelne Makroelemente 16](#_Toc454467455)

[Abbildung 8: Zuweisung von Profilen 17](#_Toc454467456)

[Abbildung 9: Parametrisierung mittels CAD 17](#_Toc454467457)

# Installation

## Vorbereitung

Die Software ist in Java geschrieben und implementiert eine grafische Benutzeroberfläche mit SWT. Für die Verwendung der Software ist als vorbereitende Massnahme die Installation eines *Java Runtime Environment* (JRE) notwendig

## Installation

Der *DuctDesigner* wird als zip-Archiv ausgeliefert (Abbildung 1). Dieses kann an einem beliebigen Ort entpackt werden. Nach dem entpacken können die Dateien beliebig verschoben und kopiert werden, solange die Ordnerstruktur beibehalten wird.

|  |
| --- |
| Abbildung 1: Auslieferung des *DuctDesigners* |

## Programstart

Das Programm wird mit Doppelklick auf *DuctDesigner.jar* gestartet.

# Benutzerhandbuch

## Allgemein

Der Start des *DuctDesingers* erfolgt durch Ausführen der DuctDesigner.jar Datei im Hauptordner des Paketes. Diese öffnet das Hauptfenster dargestellt in Abbildung 2. Das Hauptfenster bietet über ein Menu Zugriff auf die verschiedenen Programfunktionen. Weiter werden in einem Reiter die verschiedenen Funktionsmodi dargestellt:

* Design: Erstellen und Modifizieren von Kühlkanaldesigns
* Analysis: Analyse von Kühlkanaldesigns
* Konsole: Allgemeine Ausgaben, Warnmeldungen

|  |
| --- |
| **Menu**  **Funktionsmodi**  Abbildung 2: Hauptfenster des DuctDesiners mit den einzelnen Elementen |

## Menu

1. **Datei**
   1. Neu Erstellt ein neues Projekt, dabei werden bereits eingefügte Elemente entfernt. Dieser Vorgang ist nicht umkehrbar.
   2. Öffnen Öffnet ein vorab gespeichertes Projekt. Dabei werden bereits eingefügte Elemente entfernt. Dieser Vorgang ist nicht umkehrbar.
   3. Speichern Speichert das geladene Projekt unter an dem bereits angegebenen Speicherort. Ist noch kein Speicherort angegeben, folgt automatisch *Speichern als*.
   4. Speichern als Fragt den Benutzer nach einem Speicherort und speichert das Projekt.
   5. Beenden Schliesst den *DuctDesigner*. Nicht gespeicherte Änderungen gehen verloren
2. **Bearbeiten**
   1. Rückgängig Macht die letzte Änderung am Design des Kühlkanales rückgängig
   2. Wiederherstellen Stellt die letzte, rückgängig gemachte Änderung am Kühlkanal wieder her
3. **Komponentendatenbank**
   1. Neue Komponente Öffnet ein Dialogfeld um eine neue Komponente zu erstellen. Dies ist im Zusammenhang von Pumpenkennlinien notwendig.
   2. Öffne Komponentendatenbank Öffnet die Komponentendatenbank, in welcher bestehende Komponenten bearbeitet werden können. Dies ist im Zusammenhang von Pumpenkennlinien notwendig.
4. **Materialdatenbank**
   1. Neues Material Öffner ein Dialogfeld um ein neues Material zu spezifizieren. Materialeigenschaften werden für die Berechnungen des Druckverlustes und des Wärmeübergangs benötigt.
   2. Öffne Materialdatenbank Öffnet die Materialdatenbank, in welcher bestehende Materialien bearbeitet werden können
5. **Hilfe**
   1. Über EMod Zeigt den Versionshinweis

## Design

Das Design eines Kühlkanals erfolgt über die Aneinanderreihung von Makroelemente aus einer Modellbibliothek. Diese werden mittels Drag’n’Drop aus der Modellbibliothek in das Modell eingefügt. Die Elemente können anschliessen umbenennt werden, dabei kann ein Name nur einmalig vergeben werden. Über Manipulatoren können die Eigenschaften der Elemente und deren Reihenfolge bearbeitet werden, als auch Elemente gelöscht werden.

|  |
| --- |
| **Modelbib.**  **Modell**  Abbildung 3: Funktionsmodus *Design* |

## Analyse

Erstellte Kanalmodelle können im Reiter in Bezug auf den erwarteten Wärmeübergang und Druckverlust analysiert werden. Dazu muss ein Betriebspunkt, sowie ein Kühlmedium vorgegeben werden. Die Ausgabe der Analyse kann sowohl in Bezug auf die einzelnen Elemente (nummerisch und grafisch) wie auch über die Anlagenkennlinie des ganzen Kühlkanals (grafisch) erfolgen. Abbildung 4 zeigt die entsprechende Ansicht des Funktionsmodus *Analyse*.

|  |
| --- |
| **Ausgabe**  **Betriebspunkt**  Abbildung 4: Funktionsmodus *Analyse* |

### Betriebspunkt

Der Betriebspunkt gibt die technischen Bedingungen am Einlass (Druck und Durchfluss), sowie die durchschnittlichen Bedingungen im Kühlkanal (mittlere Temperaturen des Fluides und der Wand) an. Diese Angaben sind insofern wichtig, da sich Stoffeigenschaften – z.B. Viskosität – mit der Temperatur ändern können. Die Art des Mediums, welches durch den Kanal fliesst wird mittels der Materialdatenbank bestimmt.

### Element Analyse

Die Eigenschaften der Elemente können nummerisch, wie auch grafisch analysiert werden. In der nummerischen Analyse werden folgende Ausgabewerte geliefert:

* V [m3] Volumen des Elementes
* S [m2] Oberfläche des Elementes (Verfügbare Oberfläche für den Wärmeaustausch
* l [m] Länge des (abgewickelten Element), d.h. Weg den ein Fluidpartikel vom Elementeinlass zum -Auslass zurücklegt
* Δp [Pa] Druckverlust über das Element
* ζ [Pa s/m6] Druckverlustbeiwert; stellt den Zusammenhang zwischen Druckverlust und Druckfluss dar:
* Rth [W/K] Thermischer Widerstand des Elementes (durch Konvektion und Isolation)
* α [W/m2/K] Konvektionskonstante für den Wärmeübergang von der Wand in das Fluid
* Q [l/min] Durchfluss

Eine eingerückte, vorangestellte *1* oder *2* weist darauf hin, dass das Element Teil eines Bypasses ist. Dabei bedeutet *1* im primären Zweit, *2* in sekundären Zweig (eigentliche Bypass). Tabelle 1 zeigt ein Beispiel für eine nummerische Ausgabe der Elementeigenschaften. In der grafischen Analyse der Elemente wird – wie in Abbildung 5 dargestellt – der Druck und der Wärmeübergang entlang der Kühlkanallänge dargestellt. Im Falle eines Bypasses wird nur der primäre Zweig dargestellt.

### Kennlinie

Die Anlagenkennlinie stellt den Zusammenhang zwischen Durchfluss und Druckverlust, bzw. Wärmeübergang grafisch dar. Eine solche Anlagenkennlinie – wie in Abbildung 6 dargestellt – bezieht sich immer auf die Temperaturen und das Kühlmittel welche als Betriebspunkt angegeben wurden. Weiter können die Kennlinien von Pumpen dargestellt werden, um den Betriebspunkt eines Systems bestimmen zu können.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabelle 1: Beispiel für eine nummerische Auswertung der Elementeigenschaften an einem Betriebspunkt   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Element** | **V [m³]** | **S [m²]** | **l [m]** | **Δp [Pa]** | **ζ [Pa s/m6]** | **Rth [W/K]** | **α [Wm2/K]** | **Q [l/min]** | | Einlass | 1.45E-06 | 0.000496 | 0.0135 | 30.3 | 3.50E+09 | 2.14 | 4.31E+03 | 5.58 | | Fitting\_Einlass-Sinkleitung I | 0 | 0 | 0 | 473 | 5.47E+10 | 0 | 0 | 5.58 | | Sinkleitung I | 1.96E-06 | 0.00157 | 0.05 | 3.00E+03 | 3.47E+11 | 11.1 | 7.08E+03 | 5.58 | | Bypass | 0.000138 | 0.113 | 3.46 | 1.27E+05 | 1.46E+13 | 364 | 3.21E+03 | 5.58 | | 1: Sinkleitung II | 1.43E-05 | 0.0115 | 0.365 | 1.38E+04 | 2.53E+12 | 46.5 | 4.06E+03 | 4.42 | | 1: Lagerkühlung Einlass | 0 | 0 | 0 | 2.42E+03 | 4.45E+11 | 0 | 0.00785 | 4.42 | | 1: Fitting\_Lagerkühlung Einlass-Lagerkühlung I | 0 | 0 | 0 | 96.4 | 1.77E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Lagerkühlung I | 1.05E-05 | 0.00884 | 0.152 | 1.48E+03 | 2.73E+11 | 35.5 | 4.02E+03 | 4.42 | | 1: Fitting\_Lagerkühlung I-Lagerkühlung Verbindung | 0 | 0 | 0 | 77.1 | 1.42E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Lagerkühlung Verbindung | 1.80E-07 | 0.000144 | 0.004 | 604 | 1.11E+11 | 1.33 | 9.22E+03 | 4.42 | | 1: Fitting\_Lagerkühlung Verbindung-Lagerkühlung II | 0 | 0 | 0 | 96.4 | 1.77E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Lagerkühlung II | 1.05E-05 | 0.00884 | 0.152 | 1.48E+03 | 2.73E+11 | 35.5 | 4.02E+03 | 4.42 | | 1: Fitting\_Lagerkühlung II-Lagerkühlung Auslass | 0 | 0 | 0 | 4.26E+03 | 7.84E+11 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Lagerkühlung Auslass | 0 | 0 | 0 | 2.42E+03 | 4.45E+11 | 0 | 0.00785 | 4.42 | | 1: Fitting\_Lagerkühlung Auslass-Steigleitung unten | 0 | 0 | 0 | 454 | 8.34E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Steigleitung unten | 8.59E-07 | 0.000763 | 0.027 | 1.83E+03 | 3.37E+11 | 5.72 | 7.49E+03 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung Einlass | 0 | 0 | 0 | 3.69E+03 | 6.78E+11 | 0 | 0.00707 | 4.42 | | 1: Fitting\_Statorendkühlung Einlass-Statorendkühlung I | 0 | 0 | 0 | 708 | 1.30E+11 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung I | 6.86E-06 | 0.00497 | 0.22 | 5.77E+03 | 1.06E+12 | 35.9 | 7.23E+03 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung Übergang I | 0 | 0 | 0 | 3.83E+03 | 7.04E+11 | 0 | 0.00867 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung Übergang II | 0 | 0 | 0 | 3.83E+03 | 7.04E+11 | 0 | 0.00867 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung II | 8.82E-06 | 0.00639 | 0.283 | 7.03E+03 | 1.29E+12 | 42.4 | 6.64E+03 | 4.42 | | 1: Fitting\_Statorendkühlung II-Statorendkühlung Übergang III | 0 | 0 | 0 | 105 | 1.94E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung Übergang III | 0 | 0 | 0 | 3.42E+03 | 6.30E+11 | 0 | 0.00741 | 4.42 | | 1: Fitting\_Statorendkühlung Übergang III-Statorendkühlung III | 0 | 0 | 0 | 101 | 1.85E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Statorendkühlung III | 1.60E-05 | 0.0128 | 0.177 | 1.08E+03 | 1.98E+11 | 41.9 | 3.28E+03 | 4.42 | | 1: Fitting\_Statorendkühlung III-Statorkühlung Einlass | 0 | 0 | 0 | 105 | 1.94E+10 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Statorkühlung Einlass | 0 | 0 | 0 | 3.42E+03 | 6.30E+11 | 0 | 0.00741 | 4.42 | | 1: Statorkühlung | 6.13E-05 | 0.052 | 1.86 | 5.02E+04 | 9.24E+12 | 313 | 6.02E+03 | 4.42 | | 1: Fitting\_Statorkühlung-Statorkühlung Auslass | 0 | 0 | 0 | 3.45E+03 | 6.34E+11 | 0 | 0 | 4.42 | | 1: Statorkühlung Auslass | 0 | 0 | 0 | 2.42E+03 | 4.45E+11 | 0 | 0.00785 | 4.42 | | 1: Steigleitung oben | 8.86E-06 | 0.00709 | 0.226 | 8.51E+03 | 1.57E+12 | 30.4 | 4.28E+03 | 4.42 | | 2: Zulauf | 3.14E-07 | 0.000628 | 0.1 | 5.47E+04 | 1.47E+14 | 9.57 | 1.52E+04 | 1.16 | | 2: Fitting\_Zulauf-Lagerkühlung oben Einlass | 0 | 0 | 0 | 1.94 | 5.24E+09 | 0 | 0 | 1.16 | | 2: Lagerkühlung oben Einlass | 0 | 0 | 0 | 2.58 | 6.95E+09 | 0 | 0.0314 | 1.16 | | 2: Fitting\_Lagerkühlung oben Einlass-Lagerkühlung oben | 0 | 0 | 0 | 4.89 | 1.32E+10 | 0 | 0 | 1.16 | | 2: Lagerkühlung oben | 1.26E-05 | 0.0138 | 0.157 | 300 | 8.08E+11 | 25.9 | 1.87E+03 | 1.16 | | 2: Fitting\_Lagerkühlung oben-Lagerkühlung oben Auslass | 0 | 0 | 0 | 1.51 | 4.07E+09 | 0 | 0 | 1.16 | | 2: Lagerkühlung oben Auslass | 0 | 0 | 0 | 2.58 | 6.95E+09 | 0 | 0.0314 | 1.16 | | 2: Fitting\_Lagerkühlung oben Auslass-Rücklauf | 0 | 0 | 0 | 793 | 2.14E+12 | 0 | 0 | 1.16 | | 2: Rücklauf | 3.14E-07 | 0.000628 | 0.1 | 5.47E+04 | 1.47E+14 | 9.57 | 1.52E+04 | 1.16 | | Fitting\_Bypass-Auslass | 0 | 0 | 0 | 264 | 3.05E+10 | 0 | 0 | 5.58 | | Auslass | 1.45E-06 | 0.000496 | 0.0135 | 30.3 | 3.50E+09 | 2.14 | 4.31E+03 | 5.58 | | TOTAL | 0.000143 | 0.116 | 3.54 | 1.31E+05 | 1.51E+13 | 379 | 3.27E+03 |  | |
| /home/sizuest/Dokumente/Projekte/2011_EMod/EMod/trunk/doc/DD/element.pngelement  Abbildung 5: Grafische Analyse von Druckverlust, Wärmeübergang und Temperatur (─: Fluid, - -: Wand) |
| Abbildung 6: Anlagenkennlinien |

## Funktionen

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Neues Projekt eröffnen** | Über die Schaltfläche *Datei > Neu* |  |
| **Projekt laden** | Über die Schaltfläche *Datei > Öffnen* |
| **Projekt speichern** | Über die Schaltfläche *Datei > Speichern*, oder  *Datei > Speichern unter* |
| **Programm schliessen** | Über die Schaltfläche *Datei > Beenden* oder über die Schaltfläche im Fenstertitel |
| **Neues Element einfügen** | Neue Elemente können im Funktionsmodus Analyse per *Drag’n’Drop* aus der Modellbibliothek eingefügt werden. Die Elemente werden an der Position zwischen den bestehenden Elementen eingefügt, an der sie losgelassen werden. |  |
| **Reihenfolge der Elemente verändern** | Die Reihenfolge der Elemente in einem Kühlkanal kann mittels Ziehen durch die linke Maustaste verändert werden | |
| **Element konfigurieren** | Durch einen Rechtsklick auf ein Element wird der Konfigurationsdialog für das entsprechende Element geöffnet. | |
| **Element löschen** | Selektierte Elemente können mittels der Taste *Delete* gelöscht werden. | |
| **Profil anpassen** | Die Art und Parameter des Profils können in den Eigenschaften des Elementes angepasst werden. Das Dialogfeld öffnet sich über die entsprechende Schaltfläche |  |
| **Isolation anpassen** | Die Art und Parameter der Isolation können in den Eigenschaften des Elementes angepasst werden. Das Dialogfeld öffnet sich über die entsprechende Schaltfläche |  |
| **Isolation Löschen** | Eine bereits vorhandene Isolation kann über das entsprechende Schaltfläche in den Elementeigenschaften gelöscht werden |  |
| **Eine Modifikation rückgängig machen / wieder herstellen** | Modifikationen am Modell können über das Menu *Bearbeiten* rückgängig gemacht, bzw. wiederhergestellt werden. |  |
| **Betriebspunkt für die Analyse vorgeben** | Die nummerischen Werte des Betriebspunktes können direkt in der Tabelle editiert werden. Dazu muss der Entsprechende Eintrag durch einen Mausklick angewählt werden, und Eingabe mit *ENTER* bestätigt, oder mit *ESC* verworfen werden. Das Kühlmedium kann über die Schaltfläche aus der Materialdatenbank ausgewählt werden. |  |
| **Randbedingungen vorgeben** | Im Reiter *Boundary conditions* können Wandtemperaturen, wie auch Wärmeflüsste an bestimmten Elementen vorgegeben werden. |  |
| **Analysedaten exportieren** | Für den Export der Nummerischen können die Entsprechenden Werte mit der Maus markiert und anschliessend über CTRL+C in die Zwischenablage kopiert werden. Dabei werden die Daten als Semikolon-getrennte Werte ausgegeben. Grafische Analysen können über *Recktsklick > Als Bild speichern* abgelegt werden. | |
| **Darstellungsbereich der Anlagenkennlinie wählen** | Der angezeigte Bereich der Anlagenkennlinie kann mit den Mausrad verändert werden. | |
| **Pumpenkennlinie einfügen** | Eine Pumpenkennlinie kann über die Anlagekennlinie gelegt werden, indem mittels *Rechtsklick > Neue Pumpe* hinzufügen die entsprechende Pumpe ausgewählt wird. | |
| **Pumpenkennlinie entfernen** | Eine bereits eingefügte Pumpenkennlinie kann entfernt werden, indem der entsprechende Eintrag unter *Rechtsklick > Pumpe* *entfernen* angewählt wird. | |

# Modelldokumentation

## Allgemein

Ein Kühlkanal besteht immer aus einem oder mehreren Makroelementen. Jedes Makroelement hat ein Profil, welches die geometrischen Eigenschaften des Querschnittes des modellierten Kanalabschnittes repräsentiert. Die Implementierung dieser Zusammenhänge ist in Abbildung 7 als vereinfachtes Klassendiagram dargestellt.

|  |
| --- |
| /home/sizuest/Dokumente/Publikationen/2016_EUSPEN_SIG_TI/uml.pnguml  Abbildung 7: Vereinfachtes Klassendiagram |

## Makroelemente

|  | **Beschreibung** | **Parameter** | **Bemerkungen** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Bohrung**  **(Drilling)** |  | N Anzahl paralleler Bohrungen (Count)  l Distanz zwischen Ein- und Austritt in Meter (Length) | Basiert auf denselben empirischen Werten nach [[1](#_ENREF_1" \o "Stephan, 2013 #440)] wie ein Rohr, die Oberflächenrauheit wird aber automatisch über den Durchmesser bestimmt |
| **Umfliessen**  **(FlowAround)** |  | R Abstand des Kanals zum Mittelpunkt (Radius) | Basiert auf denselben empirischen Werten nach [[1](#_ENREF_1" \o "Stephan, 2013 #440)] wie eine Helix |
| **Wendel**  **(Helix)** |  | R Abstand des Kanals zum Mittelpunkt (Radius)  d Distanz zwischen zwei Gängen (Distance)  h Axiale Distanz zwischen Ein- und Auslass (Height) |  |
| **Rohr**  **(Pipe)** |  | l Distanz zwischen Ein- und Austritt in Meter des abgewickelten Rohres (Length)  Ra Mittlere Oberflächenrauigkeit der Wand in Meter (WallRoughness) |  |
| **Knick**  **(ElbowFitting)** |  | N Anzahl paralleler Knicke (Count) |  |
| **Definierte Werte**  **(DefinedValue)** |  | ζ Druckverlustbeiwert in Pa s/m6 (PressureLossCoefficient)  α Wärmeübergangskoeffizient in W/m2/K (HeatTransferCoefficient)  V Volumen des Elementes in m3 (Volume)  S Oberfläche des Elementes in m2 (Surface)  l Distanz zwischen Ein- und Austritt in Meter des abgewickelten Rohres (Length) | |
| **Bypass** |  | *keine* | Die Druckverluste an der Teilung, bzw. Zusammenführung der zwei Flüsse wird über T-Stücke realisiert |
| **Übergang**  **(Fitting)** |  | *keine* | Übergänge werden automatisch eingefügt, sobald zwei Elemente mit unterschiedlichen Profilen aufeinander treffen |

## Profile

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Beschreibung** | **Parameter** |
| **Kreisförmig (Circular)** | Kreisförmiger Querschnitt | R Innenradius (Radius) |
| **Rechteckig**  **(Rectangular)** | Rechteckiger Querschnitt | h Höhe (Height)  b Breite (Width) |

# Anwendungsbeispiel

## Einführung

Um die Anwendung des *DuctDesigners* exemplarisch aufzuzeigen, wird der Kühlkanal der 6000.300.B.10 abgebildet. Dazu wir in drei Schritten vorgegangen:

1. Unterteilung des Kühlkanals in Makroelemente gemäss Abschnitt 3.2
2. Zuweisung von Profilen und Isolation nach Abschnitt 3.3
3. Parametrisierung der Elemente und Profile mittels CAD-Daten

## Unterteilung in Makroelemente

Abbildung 8 zeigt die Unterteilung des Kühlkanals in Makroelemente. Die Zu- und Abfuhr des Kühlmittels werden durch das Makromodell *Bohrung* abgebildet. Die Übergänge in die Lager- und Statorkühlung , bzw. aus diesen Heraus, werden mittels Knicken abgebildet.o Im beren Bereich der Zuleitung wird ein Bypass für die obere Lagerkühlung verwendet. Die Zuleitungen zur oberen Lagerkühlung wird mittels des Rohr-Elementes abgebildet, wie auch die Rückleitung. Die Stator Kühlung wird durch das Element *Wendel* modelliert. Für die Lagerkühlung werden Elemente vom Typ *Umfliessen* verwendet.

|  |
| --- |
| Abbildung 8: Aufteilung des Kanals in einzelne Makroelemente |

## Definition der Profile und der Isolation

In dem behandelten Beispiel ist das Fluid überall im direkten Kontakt mit der Spindelstruktur, ausser bei der Zu- und Rückleitung der oberen Lagerkühlung. Diese wird deshalb mit einer Isolation aus PUR von 1 mm Dicke versehen. Die Art der Profile (rund oder eckig) wird direkt aus den geometrischen Gegebenheiten abgeleitet. Das Resultat ist in Abbildung 9 zu sehen.

|  |
| --- |
| Abbildung 9: Zuweisung von Profilen |

## Parametrisierung

Die Parametrisierung der einzelnen Elemente erfolgt über die CAD-Daten der Spindel Abbildung 10 zeigt die notwendigen Bemassungen zur Parametrisierung der einzelner Elemente.

|  |
| --- |
| Abbildung 10: Parametrisierung mittels CAD |

# Referenzen

[1] P. Stephan, 2013, VDI-Wärmeatlas, 11. Auflage: VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.