



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung

ETH Zürich
Simon Züst
PFA E 91
Technoparkstrasse 1
8607 Zürich

Telefon +41 44 632 52 52
Telefax +41 44 632 11 59
zuest@iwf.mavt.ethz.ch
www.iwf.mavt.ethz.ch

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
Versionsverwaltung.....	ii
Involvierte Stellen und Personen.....	ii
Referenzierte Dokumente.....	ii
Inhaltsverzeichnis.....	iii
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	iv
Tabellen.....	iv
Abbildungen.....	iv
1. Installation.....	1
1.1. Vorbereitung.....	1
1.2. Installation.....	1
1.3. Programstart.....	1
2. Benutzerhandbuch.....	2
2.1. Allgemein.....	2
2.2. Menu.....	3
2.3. Design.....	4
2.4. Analyse.....	5
2.4.1. Betriebspunkt.....	6
2.4.2. Element Analyse.....	6
2.4.3. Kennlinie.....	6
2.5. Funktionen.....	9
3. Modelldokumentation.....	12
3.1. Allgemein.....	12
3.2. Makroelemente.....	13
3.3. Profile.....	15
4. Anwendungsbeispiel.....	16
4.1. Einführung.....	16
4.2. Unterteilung in Makroelemente.....	16
4.3. Definition der Profile und der Isolation.....	16
4.4. Parametrisierung.....	17
5. Referenzen.....	18

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabellen

Tabelle 1: Beispiel für eine numerische Auswertung der Elementeigenschaften an einem Betriebspunkt.....	7
---	---

Abbildungen

Abbildung 1: Auslieferung des <i>DuctDesigners</i>	1
Abbildung 1: Hauptfenster des DuctDesiners mit den einzelnen Elementen.....	2
Abbildung 2: Funktionsmodus <i>Design</i>	4
Abbildung 3: Funktionsmodus <i>Analyse</i>	5
Abbildung 4: Grafische Analyse von Druckverlust und Wärmeübergang.....	8
Abbildung 5: Anlagenkennlinien.....	8
Abbildung 6: Vereinfachtes Klassendiagramm.....	12
Abbildung 7: Aufteilung des Kanals in einzelne Makroelemente.....	16
Abbildung 8: Zuweisung von Profilen.....	17
Abbildung 9: Parametrisierung mittels CAD.....	17

1. Installation

1.1. 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

1.2. 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.

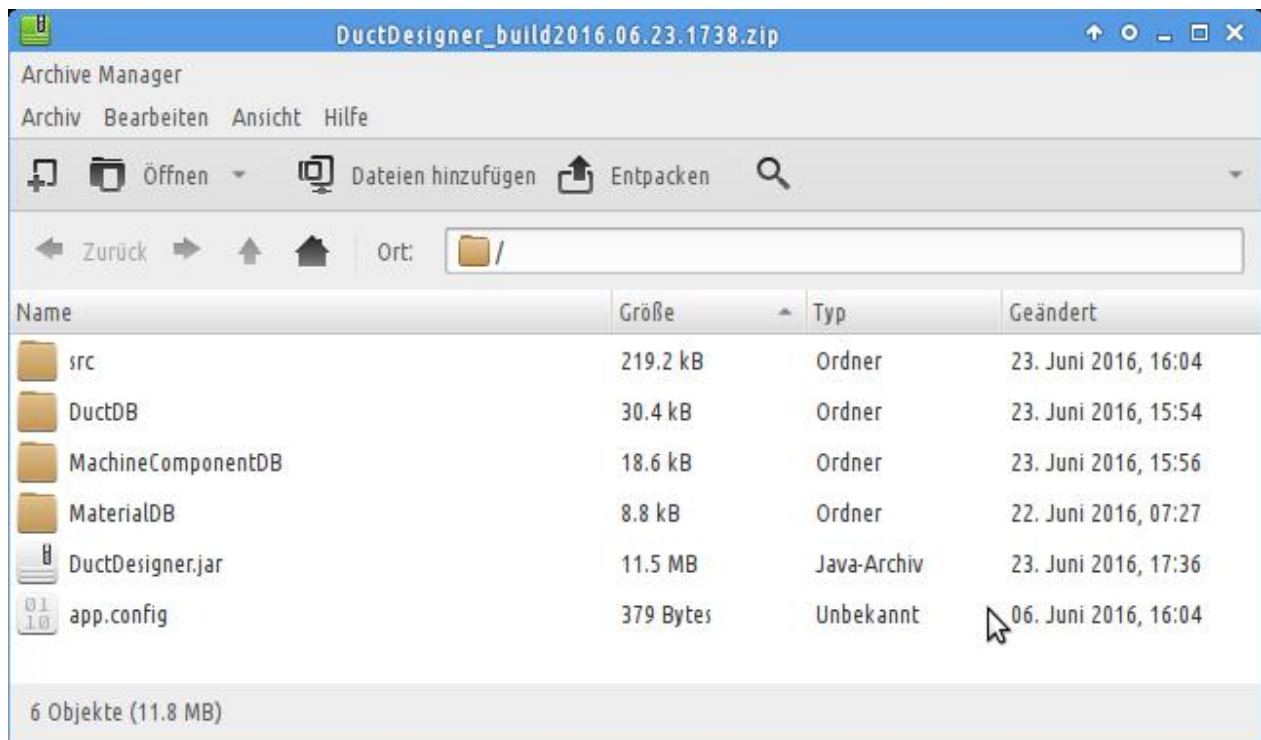


Abbildung 1: Auslieferung des *DuctDesigners*

1.3. Programstart

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

2. Benutzerhandbuch

2.1. 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 Kühlkanal designs
- Analysis: Analyse von Kühlkanal designs
- Konsole: Allgemeine Ausgaben, Warnmeldungen

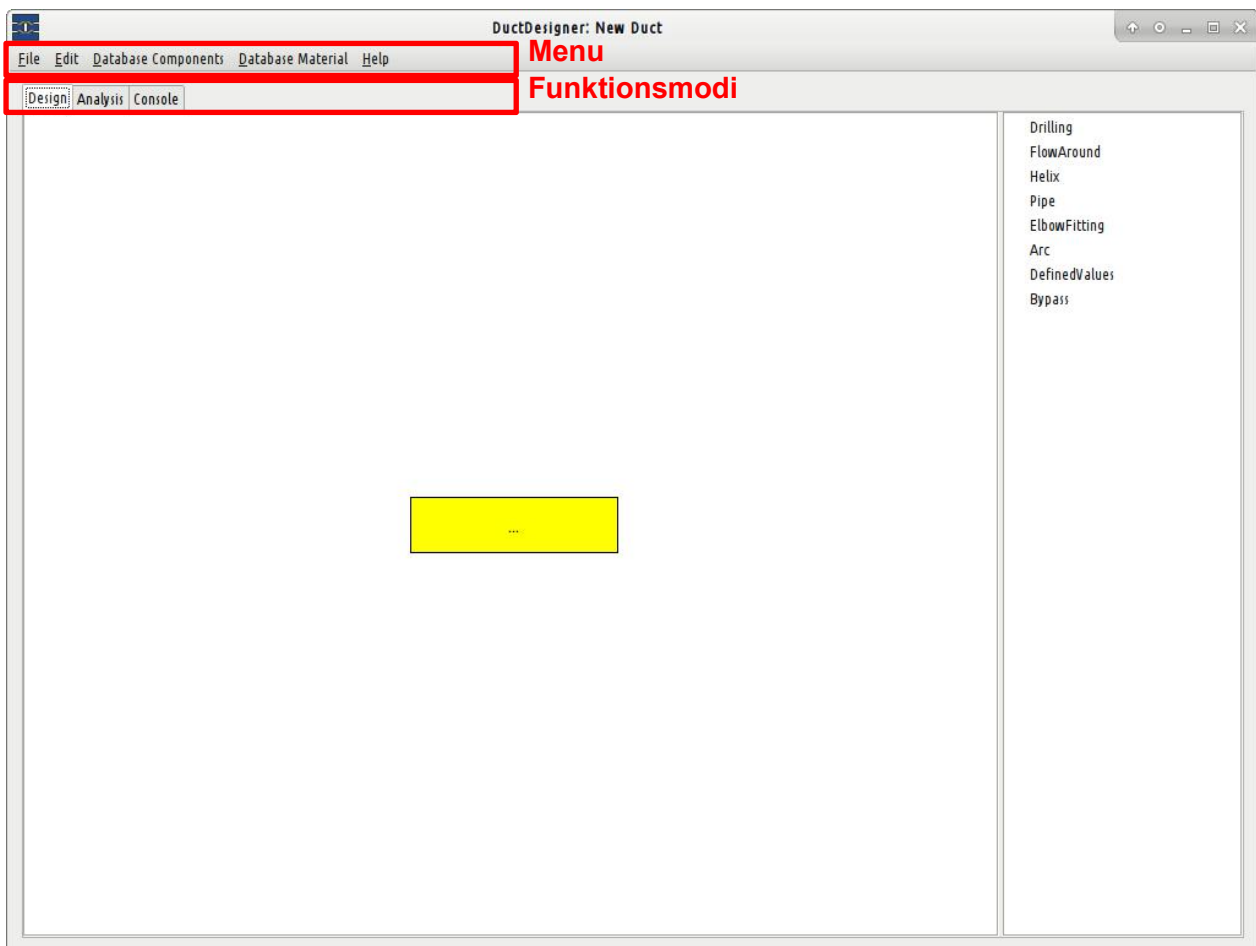


Abbildung 2: Hauptfenster des DuctDesiners mit den einzelnen Elementen

2.2. Menu

1. Datei

- 1.1. Neu
Erstellt ein neues Projekt, dabei werden bereits eingefügte Elemente entfernt. Dieser Vorgang ist nicht umkehrbar.
- 1.2. Öffnen
Öffnet ein vorab gespeichertes Projekt. Dabei werden bereits eingefügte Elemente entfernt. Dieser Vorgang ist nicht umkehrbar.
- 1.3. Speichern
Speichert das geladene Projekt unter an dem bereits angegebenen Speicherort. Ist noch kein Speicherort angegeben, folgt automatisch *Speichern als*.
- 1.4. Speichern als
Fragt den Benutzer nach einem Speicherort und speichert das Projekt.
- 1.5. Beenden
Schliesst den *DuctDesigner*. Nicht gespeicherte Änderungen gehen verloren

2. Bearbeiten

- 2.1. Rückgängig
Macht die letzte Änderung am Design des Kühlkanales rückgängig
- 2.2. Wiederherstellen
Stellt die letzte, rückgängig gemachte Änderung am Kühlkanal wieder her

3. Komponentendatenbank

- 3.1. Neue Komponente
Öffnet ein Dialogfeld um eine neue Komponente zu erstellen. Dies ist im Zusammenhang von Pumpenkennlinien notwendig.
- 3.2. Öffne Komponentendatenbank
Öffnet die Komponentendatenbank, in welcher bestehende Komponenten bearbeitet werden können. Dies ist im Zusammenhang von Pumpenkennlinien notwendig.

4. Materialdatenbank

- 4.1. Neues Material
Öffner ein Dialogfeld um ein neues Material zu spezifizieren. Materialeigenschaften werden für die Berechnungen des Druckverlustes und des Wärmeübergangs benötigt.
- 4.2. Öffne Materialdatenbank
Öffnet die Materialdatenbank, in welcher bestehende Materialien bearbeitet werden können

5. Hilfe

- 5.1. Über EMod
Zeigt den Versionshinweis

2.3. 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 umbenannt 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.

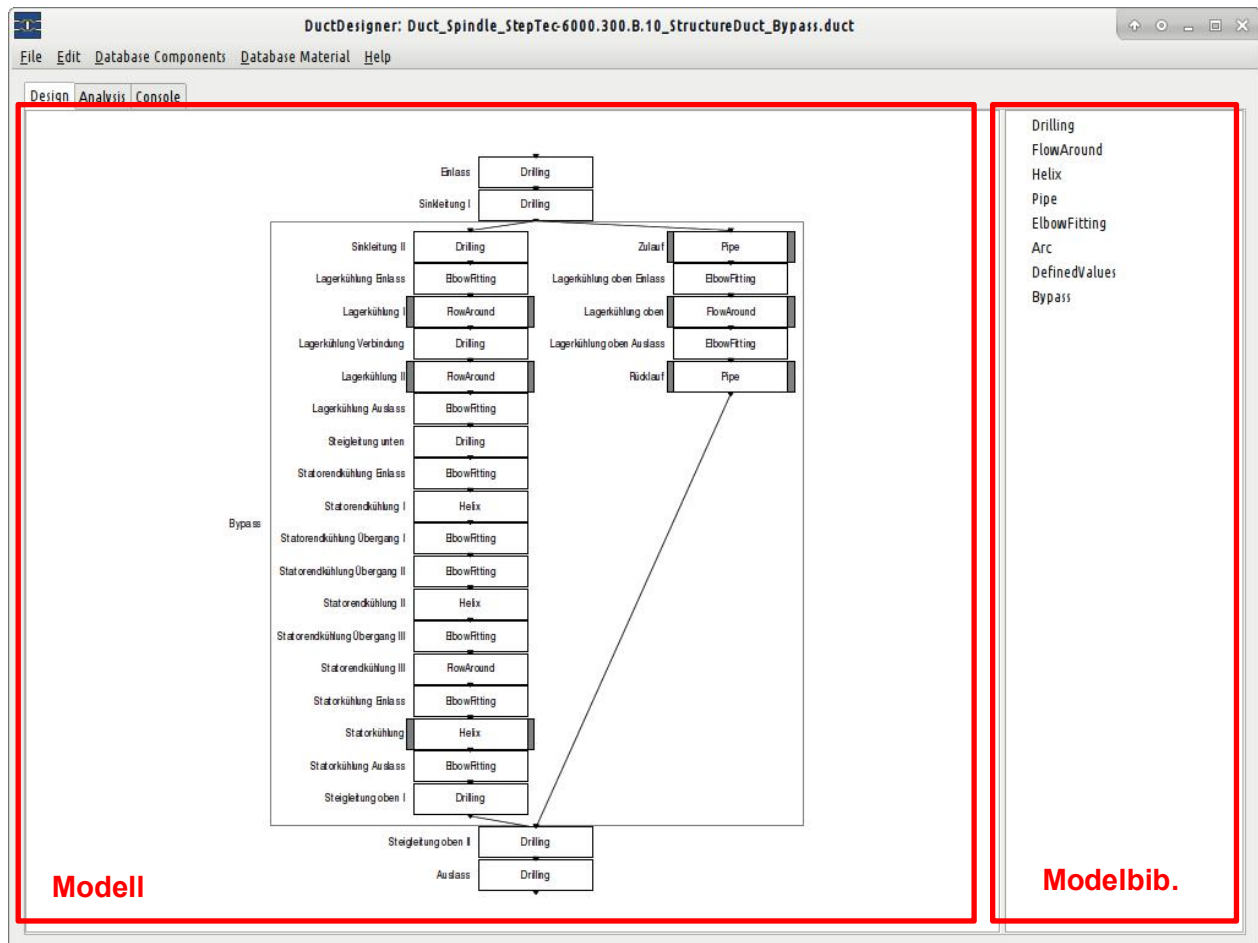


Abbildung 3: Funktionsmodus *Design*

2.4. 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 (numerisch und grafisch) wie auch über die Anlagenkennlinie des ganzen Kühlkanals (grafisch) erfolgen. Abbildung 4 zeigt die entsprechende Ansicht des Funktionsmodus *Analyse*.

Fluid properties **Boundary conditions**

Parameter	Value	Unit
Flow rate	9.3E-5	m ³ s
Inlet pressure	300000.0	Pa
Inlet temperature	293.15	K
Coolant	GlykolWater_30	...

Betriebspunkt

Element analysis: Numerical **Element analysis: Graphical** **Characteristic curve**

Ausgabe

Element	V [m ³]	S [m ²]	l [m]	Δp [Pa]	ζ [m ⁻¹ kg]	R _{th} [m ² kg s ⁻¹ K ⁻¹]	α [kg s ⁻¹ K ⁻¹]	Q [l/min]	T _F [K]	T _W [K]
Einlass	1.45e-06	0.000496	0.0135	17.5	2.02e+09	2.14	4.31e+03	5.58	293	293
Fitting_Einlass-Sinkleitung I	0.00	0.00	0.00	473	5.47e+10	0.00	0.00	5.58	293	293
Sinkleitung I	5.11e-06	0.00408	0.130	2.84e+03	3.28e+11	25.4	6.21e+03	5.58	293	293
Bypass	0.000150	0.123	4.05	1.13e+05	1.31e+13	203	1.65e+03	5.58	297	NaN
1: Sinkleitung II	1.12e-05	0.00895	0.285	4.35e+03	7.58e+11	38.8	4.33e+03	4.55	293	293
1: Lagerkühlung Einlass	1.96e-06	0.00157	0.100	2.55e+03	4.45e+11	0.00	0.00	4.55	293	293
1: Fitting_Lagerkühlung Einlass-Lagerkühlung I	0.00	0.00	0.00	102	1.77e+10	0.00	0.00	4.55	293	293
1: Lagerkühlung I	1.05e-05	0.00884	0.152	1.54e+03	2.68e+11	19.0	2.15e+03	4.55	294	308
1: Fitting_Lagerkühlung I-Lagerkühlung Verbindung	0.00	0.00	0.00	81.4	1.42e+10	0.00	0.00	4.55	294	294
1: Lagerkühlung Verbindung	1.80e-07	0.000144	0.00400	205	3.58e+10	1.36	9.47e+03	4.55	294	294
1: Fitting_Lagerkühlung Verbindung-Lagerkühlung II	0.00	0.00	0.00	102	1.77e+10	0.00	0.00	4.55	294	294
1: Lagerkühlung II	1.05e-05	0.00884	0.152	1.54e+03	2.68e+11	19.0	2.15e+03	4.55	295	309
1: Fitting_Lagerkühlung II-Lagerkühlung Auslass	0.00	0.00	0.00	4.50e+03	7.84e+11	0.00	0.00	4.55	295	295
1: Lagerkühlung Auslass	1.96e-06	0.00157	0.100	2.55e+03	4.45e+11	0.00	0.00	4.55	295	295

Abbildung 4: Funktionsmodus *Analyse*

2.4.1. 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.

2.4.2. Element Analyse

Die Eigenschaften der Elemente können numerisch, wie auch grafisch analysiert werden. In der numerischen 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:
- R_{th} [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 Zweig, 2 in sekundären Zweig (eigentliche Bypass). Tabelle 1 zeigt ein Beispiel für eine numerische Ausgabe der Elementeeigenschaften. 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.

2.4.3. 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 numerische Auswertung der Elementeneigenschaften an einem Betriebspunkt

Element	V [m³]	S [m²]	l [m]	Δp [Pa]	ζ [Pa s/m³]	R _{th} [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	

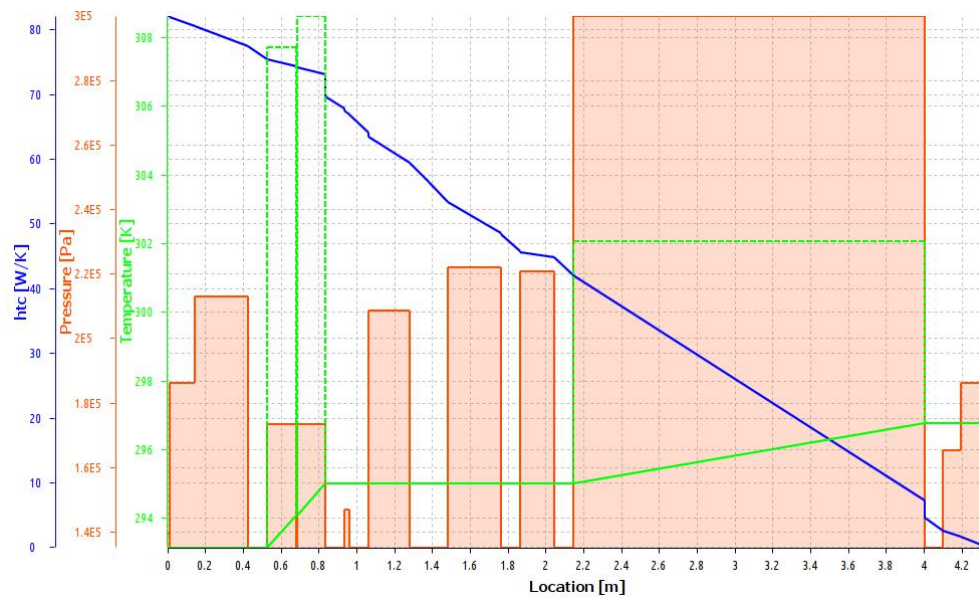


Abbildung 5: Grafische Analyse von Druckverlust, Wärmeübergang und Temperatur (—: Fluid, - -: Wand)

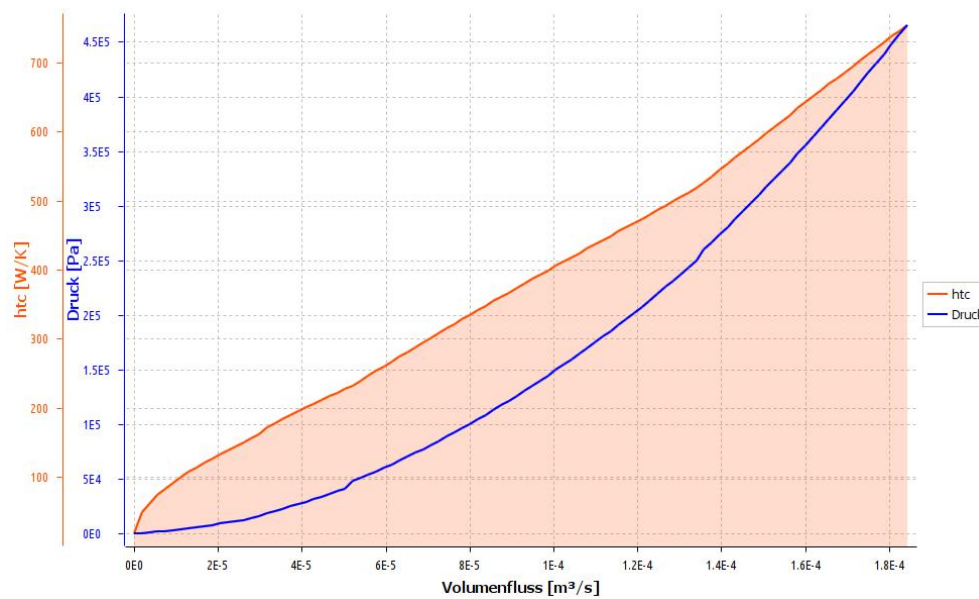
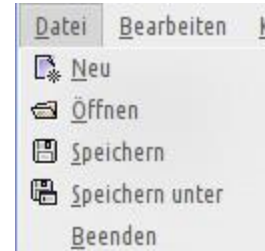


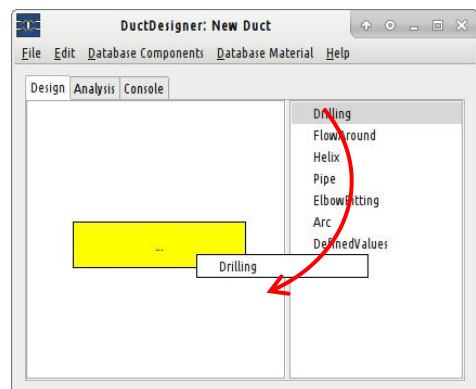
Abbildung 6: Anlagenkennlinien

2.5. 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

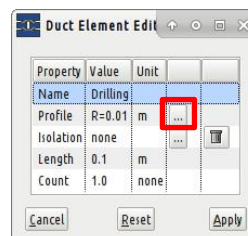


- Neues Element einfügen** Neue Elemente können im Funktionsmodus Analyse per *Drag'n'Drop* aus der Modellbibliothek eingefügt werden. Die Elemente werden an der Position zwischen den bestehenden Elementen eingefügt, an der sie losgelassen werden.



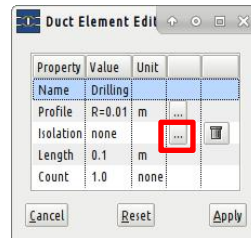
- Reihenfolge der Elemente verändern** Die Reihenfolge der Elemente in einem Kühlkanal kann mittels Ziehen durch die linke Maustaste verändert werden
- Element konfigurieren** Durch einen Rechtsklick auf ein Element wird der Konfigurationsdialog für das entsprechende Element geöffnet.
- Element löschen** 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



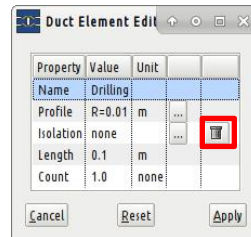
Isolation anpassen

Die Art und Parameter der Isolation können in den Eigenschaften des Elementes angepasst werden. Das Dialogfeld öffnet sich über die entsprechende Schaltfläche



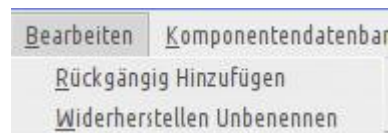
Isolation Löschen

Eine bereits vorhandene Isolation kann über das entsprechende Schaltfläche in den Elementeeigenschaften gelöscht werden



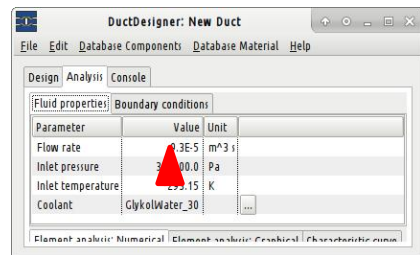
Eine Modifikation rückgängig machen / wieder herstellen

Modifikationen am Modell können über das Menu *Bearbeiten* rückgängig gemacht, bzw. wiederhergestellt werden.



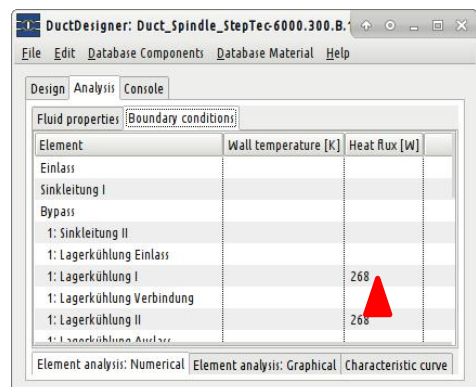
Betriebspunkt für die Analyse vorgeben

Die numerischen Werte des Betriebspunktes können direkt in der Tabelle editiert werden. Dazu muss der Entsprechende Eintrag durch einen Mausklick ausgewählt 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 Wärmeflüsse an bestimmten Elementen vorgegeben werden.



Analysedaten exportieren	Für den Export der Numerischen 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 <i>Rechtsklick > Als Bild speichern</i> abgelegt werden.
Darstellungsbereich der Anlagenkennlinie wählen	Der angezeigte Bereich der Anlagenkennlinie kann mit den Mausekursor verändert werden.
Pumpenkennlinie einfügen	Eine Pumpenkennlinie kann über die Anlagenkennlinie gelegt werden, indem mittels <i>Rechtsklick > Neue Pumpe</i> hinzufügen die entsprechende Pumpe ausgewählt wird.
Pumpenkennlinie entfernen	Eine bereits eingefügte Pumpenkennlinie kann entfernt werden, indem der entsprechende Eintrag unter <i>Rechtsklick > Pumpe entfernen</i> angewählt wird.

3. Modelldokumentation

3.1. 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 Klassendiagramm dargestellt.

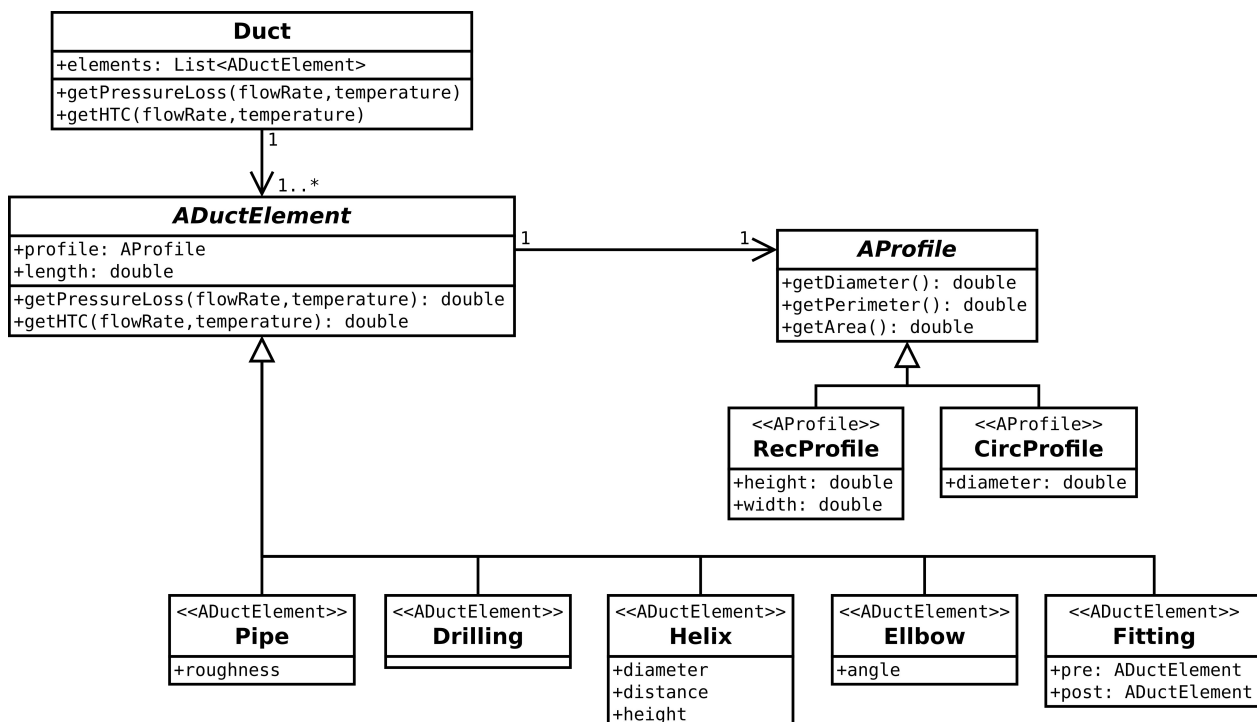
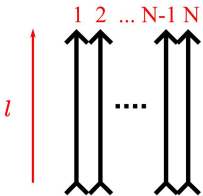
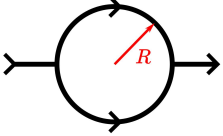
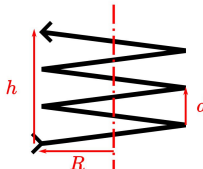
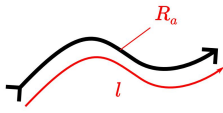


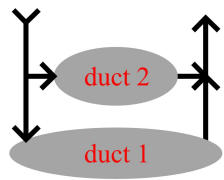


Abbildung 7: Vereinfachtes Klassendiagramm

3.2. 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] 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] 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) R_a Mittlere Oberflächenrauigkeit der Wand in Meter (WallRoughness)	
Knick (ElbowFitting) 	N Anzahl paralleler Knicke (Count)	
Definierte Werte (DefinedValue) 	ζ Druckverlustbeiwert in Pa s/m^6 (PressureLossCoefficient) α Wärmeübergangskoeffizient in $\text{W/m}^2/\text{K}$ (HeatTransferCoefficient) V Volumen des Elementes in m^3 (Volume) S Oberfläche des Elementes in m^2 (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)	<i>keine</i>	Übergänge werden automatisch eingefügt, sobald zwei Elemente mit unterschiedlichen Profilen aufeinander treffen
-------------------------------	--------------	--

3.3. Profile

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

4. Anwendungsbeispiel

4.1. Einführung

Um die Anwendung des *DuctDesigners* exemplarisch aufzuzeigen, wird der Kühlkanal der 6000.300.B.10 abgebildet. Dazu wird 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

4.2. 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 Stator Kühlung, bzw. aus diesen Heraus, werden mittels Knicken abgebildet. Im 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.

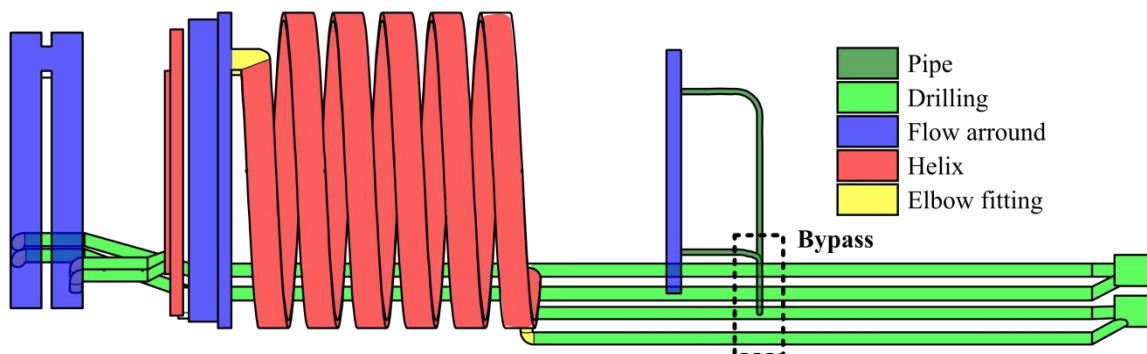


Abbildung 8: Aufteilung des Kanals in einzelne Makroelemente

4.3. 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.

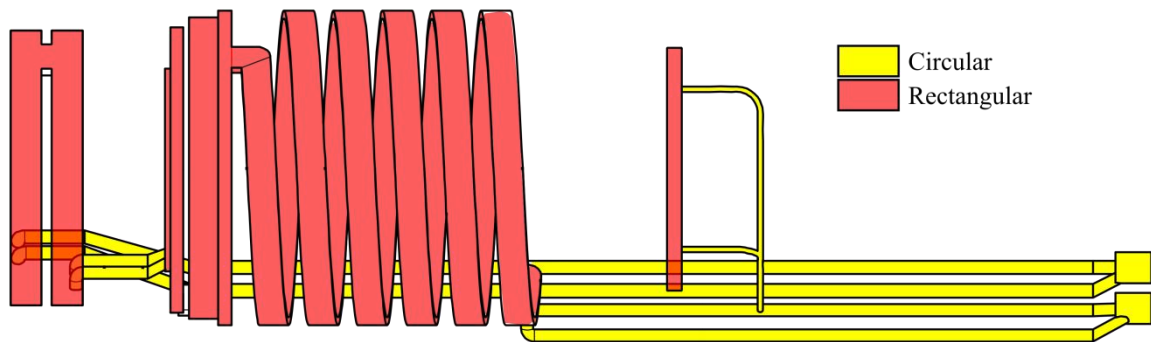


Abbildung 9: Zuweisung von Profilen

4.4. Parametrisierung

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

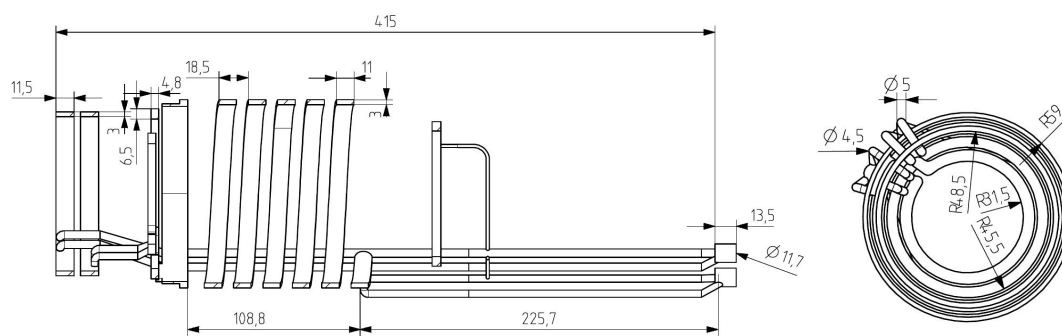


Abbildung 10: Parametrisierung mittels CAD

5. Referenzen

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