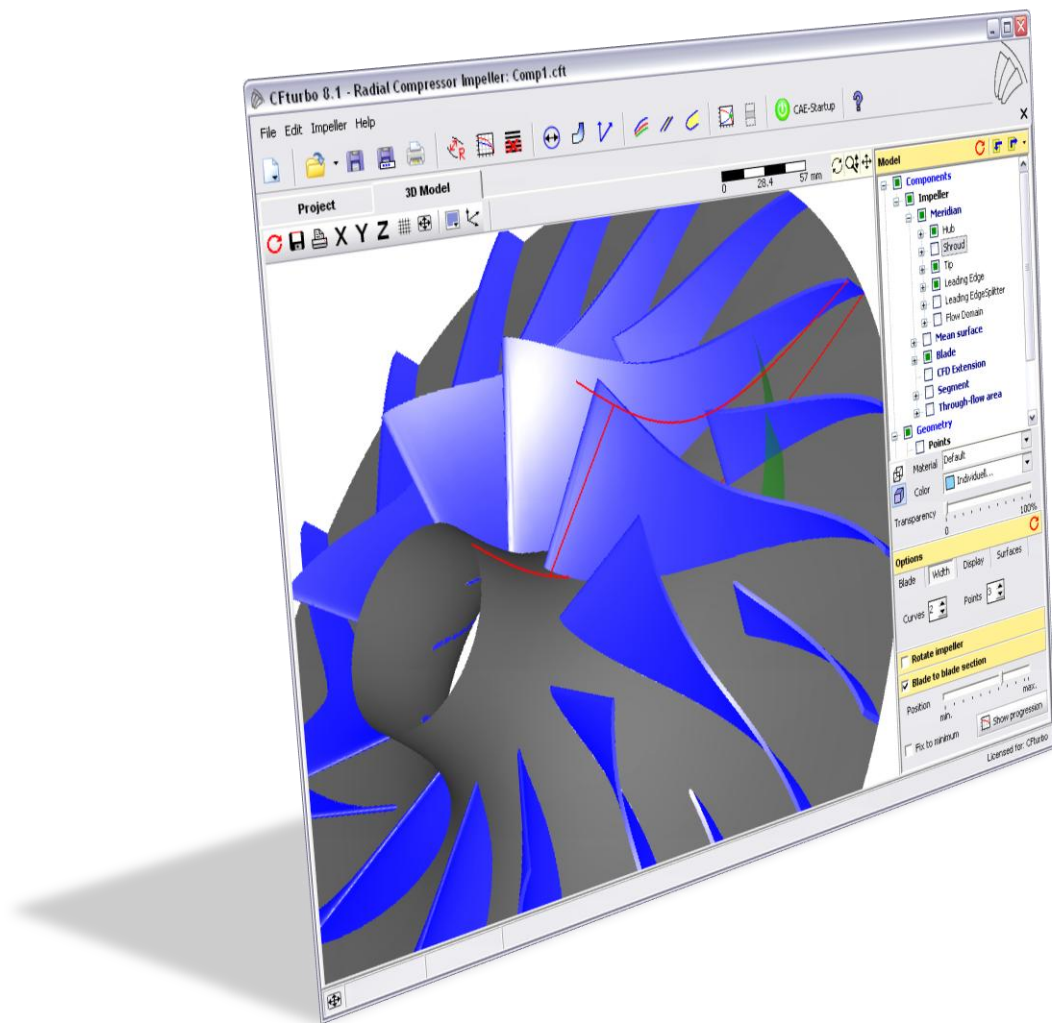




Anleitung zum Nachbau von Laufrad- und Spiralgehäusegeometrien von Verdichtern mit CFturbo



Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitung.....	1
1.1	Abschätzung des Auslegungspunktes und der Fluideigenschaften.....	1
1.2	Bestimmung der Hauptabmessungen des Laufrads.....	2
2	Geometrischer Entwurf des Laufrads.....	3
2.1	Generierung der Vergleichsgeometrie	3
2.2	Bestimmung des Meridianschnitts.....	3
2.3	Schaufeleigenschaften.....	6
2.3.1	Extrahieren von geometrischen Größen.....	6
2.3.2	Festlegung der Winkel an Vorder- und Hinterkante.....	6
2.4	Schaufelskelettlinien.....	7
2.4.1	Schaufelskelettlinien der Hauptschaufeln.....	7
2.4.2	Schaufelskelettlinien der Zwischenschaufeln.....	9
3	Schaufelprofilierung.....	10
3.1	Schaufeldicken	10
3.2	Vorderkantenabrundung	11
3.3	CFD-Extension	11
4	Spiralgehäuse.....	12
4.1	Eintrittsdefinition	12
4.1.1	Laufrad	12
4.1.2	Diffusor.....	13
4.1.3	Spirale	13
4.2	Querschnittsform	15
4.3	Spiralgeometrie.....	15
4.4	Diffusorgeometrie	16
5	Zusammenfassung	17

1 Vorbereitung

1.1 Abschätzung des Auslegungspunktes und der Fluideigenschaften

In CFTurbo sind empirische Funktionen implementiert, die die Berechnung von Parametern auf der Basis von z.B. der spezifischen Drehzahl erlauben. Damit wird die Möglichkeit gegeben, Parameter derart festzulegen, dass es ein günstiger Entwurf entsteht. Günstig kann hierbei z.B. bedeuten, dass mit dem Entwurf ein guter Wirkungsgrad erreicht wird.

Die Berücksichtigung der empirischen Funktionen kann auch beim geometrischen Nachbau von Vorteil sein. Daher sollten folgende Werte vorgegeben werden:

- Fluideigenschaften
- Auslegungsmassestrom
- Auslegungsdrehzahl
- Ruhedruckverhältnis

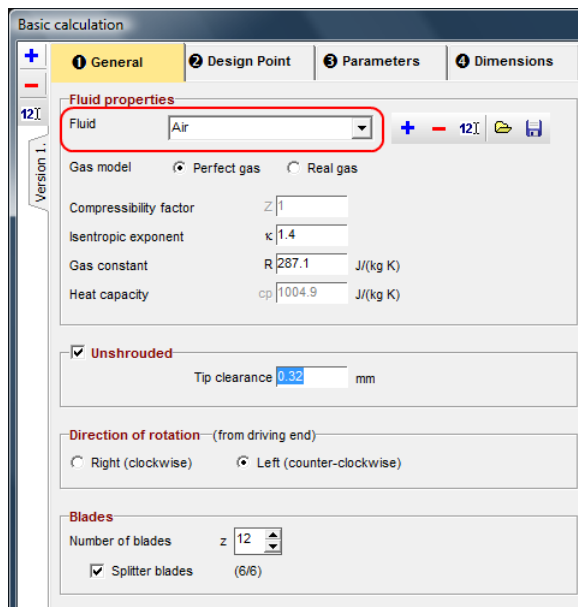


Abbildung 1

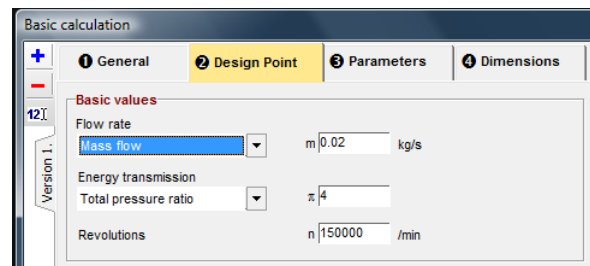


Abbildung 2

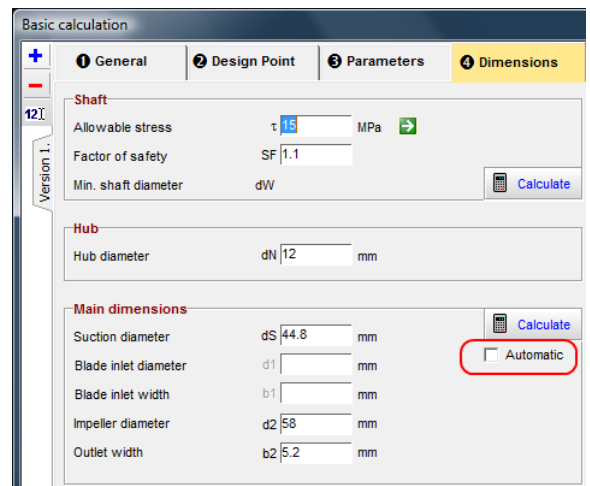


Abbildung 3

Falls Pumpen oder Ventilatoren nachgebaut werden sollen, gibt es kein Eingabefeld für Fluideigenschaften. Dann muss nur die Dichte des Fluids gegeben werden.

1.2 Bestimmung der Hauptabmessungen des Laufrads

Die Hauptabmessungen, bestehend aus Naben und Deckscheibendurchmesser (d_N , d_S) sowie Austrittsdurchmesser und Austrittsbreite (d_2 , b_2), müssen aus der Geometrie des bestehenden Laufrades entnommen werden und im Hauptabmessungsdialog Register 4 eingetragen werden.

Der Automatik-Modus ist zu deaktivieren. Der Ausgangsgeometrie sind weiterhin zu entnehmen und entsprechend einzutragen (siehe Abbildung 1):

- die Größe des Spalts zwischen Deckscheibe und Schaufeloberkante
- die Rotationsrichtung
- die Anzahl der Schaufeln sowie das Vorhandensein von Zwischenschaufeln

2 Geometrischer Entwurf des Laufrads

2.1 Generierung der Vergleichsgeometrie

In CFturbo soll das Ausgangslaufrad sichtbar sein, so dass während des Nachbaus ein visueller Vergleich möglich ist. Dazu ist aus den Ausgangsdaten ein Laufrad bestehend aus Tragscheibe und Schaufeln zu generieren:

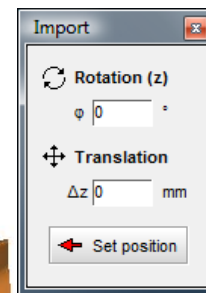
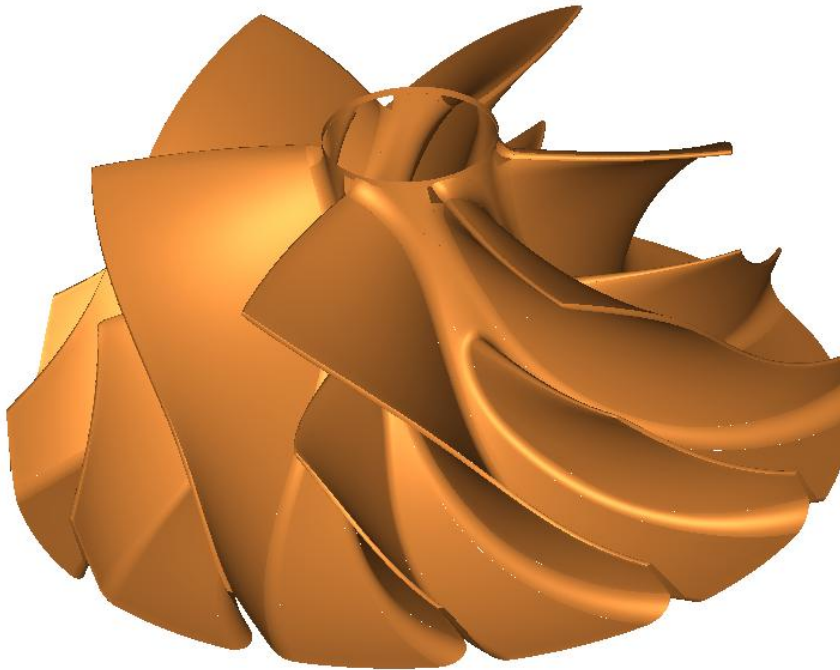


Abbildung 5

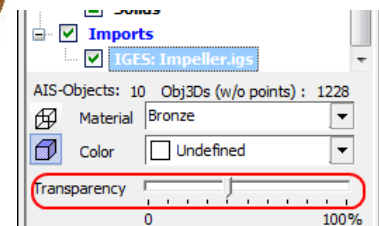


Abbildung 6

Abbildung 4

In den aktuellen Entwurf lassen sich Geometrien in den Neutral-Formaten IGES, STEP und STL laden. Das extrahierte Laufrad sollte in einem dieser Formate gespeichert werden. Es muss in x- und y-Richtung so ausgerichtet sein, wie die Ausrichtung in CFturbo vorgegeben ist. In CFturbo ist gegenwärtig nur eine Verschiebung von importierten Geometrien in z-Richtung und eine Rotation um die z-Achse möglich (Abbildung 5).

Es ist zweckmäßig, die importierte Geometrie des Laufrads transparent darzustellen. Das erreicht man durch Auswahl des importierten Laufrads (Modellbaum im Zweig "Imports") per Linksklick mit der Maus. Anschließend muss der Transparenz-Wert geändert werden (z.B. auf 40%, siehe Abbildung 6).

2.2 Bestimmung des Meridianschnitts

Der Meridianschnitt im zweiten Entwurfsschritt sollte auf der Basis von Koordinaten in z und r (axiale Länge, Radius) erfolgen. Dazu sollten diese Daten aus der Ausgangsgeometrie extrahiert werden. Abbildung 7 zeigt die Laufradgeometrie und eine Ebene, die durch die Rotationsachse führt. Aus Flächen, die durch Rotation von Eintrittskante von Haupt- und Zwischenschaufeln gebildet werden, können Schnittlinien mit der Axialebene generiert werden.

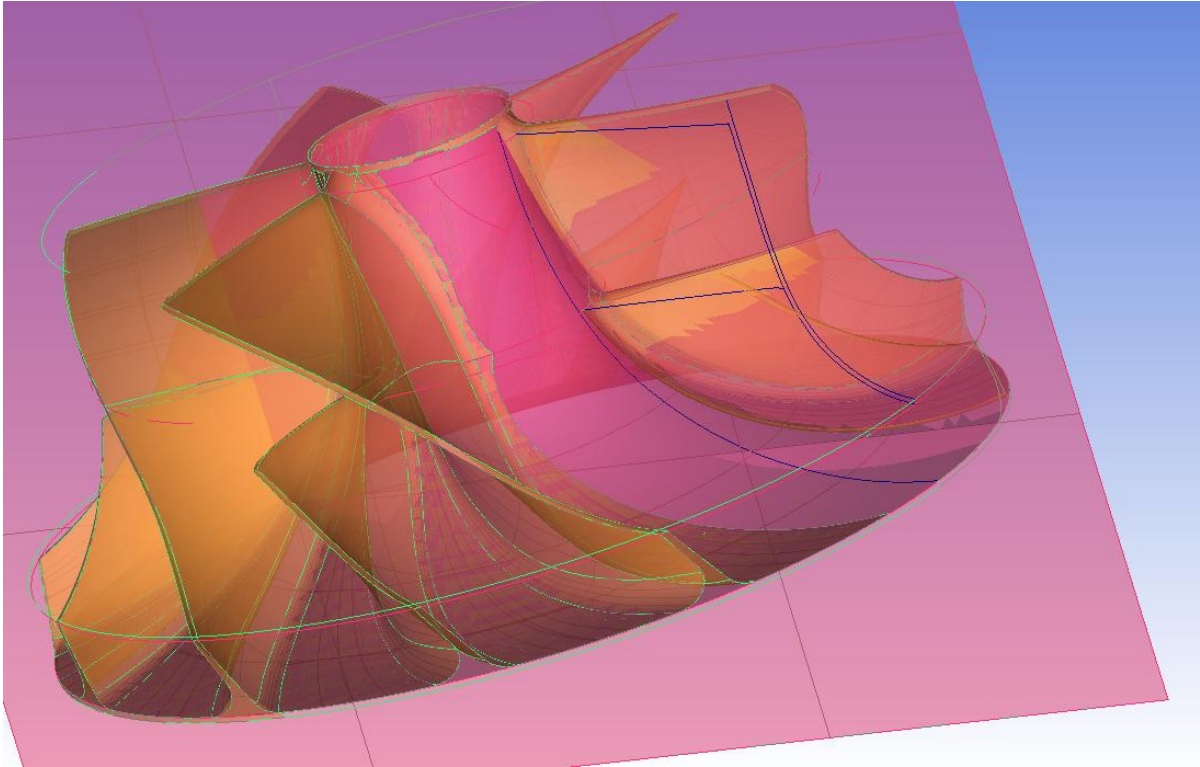
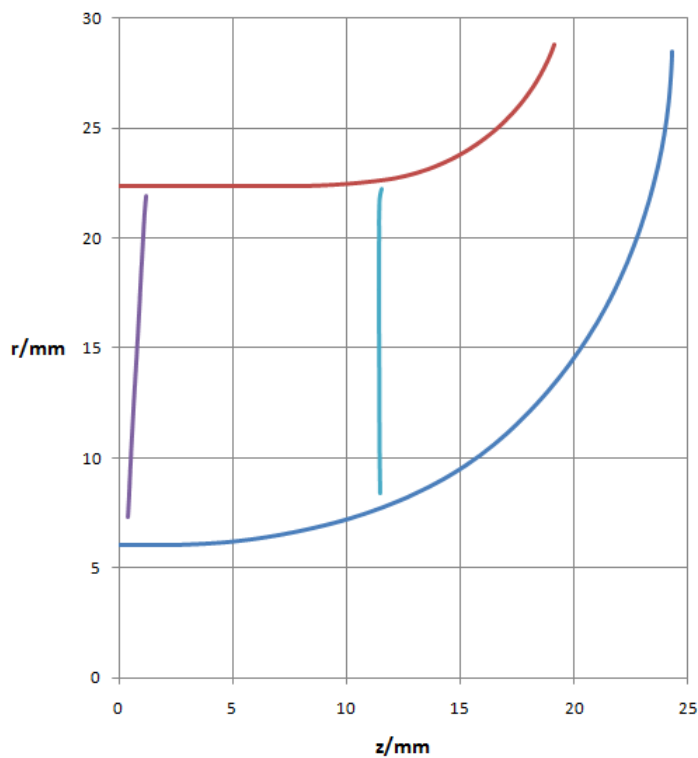


Abbildung 7

Schnittlinien zwischen Trag- und Deckscheibe mit der Axialebene enthalten die (Trag- und Deckscheiben-) Koordinaten in z und r. Ergebnis sind folgende Kurven (Abbildung 8), deren Koordinaten in einer Text-Datei gespeichert werden sollen, damit sie in CFturbo geladen werden können. Die Daten müssen in der in CFturbo für den aktuellen Entwurf verwendeten Einheiten (hier mm) vorliegen, jeweils als z-r-Paar pro Zeile:



Beispiel: Hub.txt:

```

0           6.031548139
0.379575416 6.033787969
0.75914152  6.031430792
1.13870576  6.028328091
1.518281177 6.026141811
1.897860318 6.027228199
...
    
```

Abbildung 8

Nach dem ersten Aufruf des Entwurfsschritt zur Gestaltung des Meridianschnitts (Meridional contour), wird der Meridianschnitt entsprechend den Standardvorgaben von CFturbo und entsprechend den Hauptabmessungen gebildet. Nun sollten zum Vergleich die z-r-Koordinaten von Tragscheibe usw. geladen werden. Das geschieht durch Rechtsklick in den Darstellungsbereich und durch anschließende Auswahl des Kontextmenüpunktes "Load extra polyline".

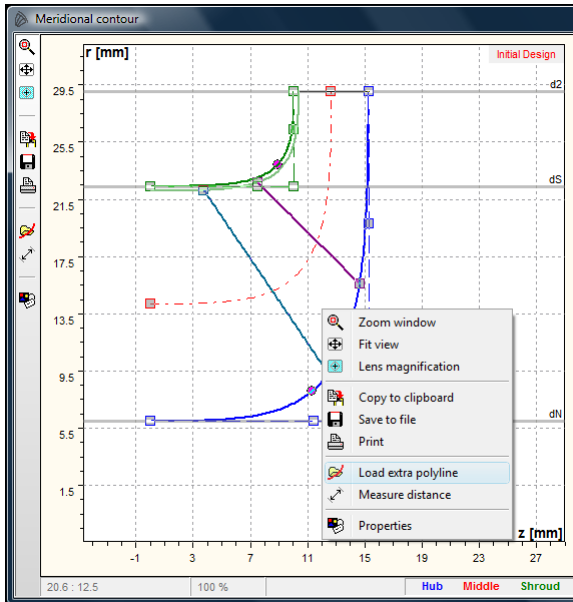


Abbildung 9

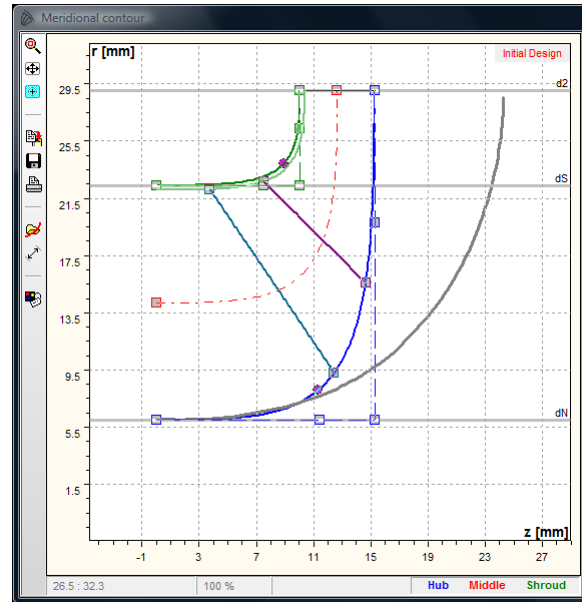


Abbildung 10

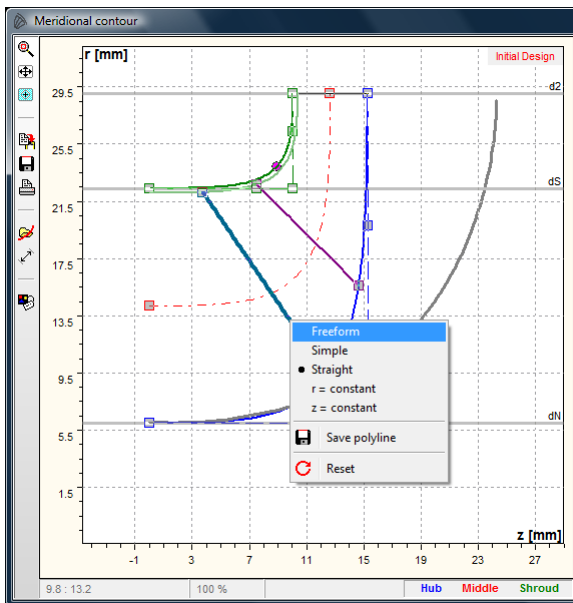


Abbildung 11

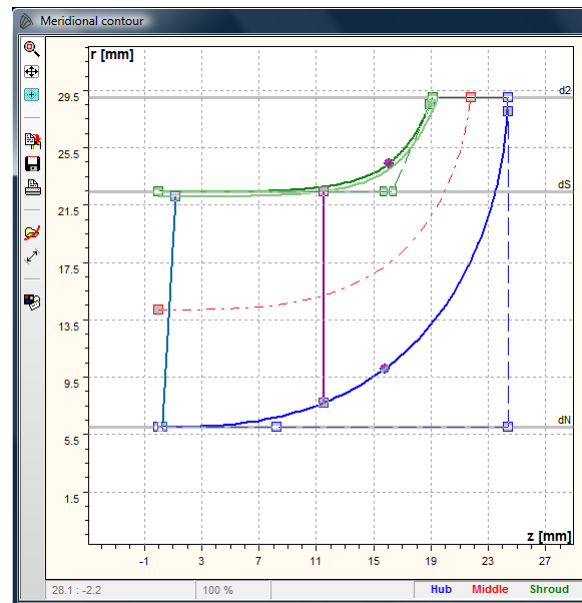


Abbildung 12

In Abbildung 10 ist die hinzu geladene Tragscheibenkurve grau dargestellt. Die blaue Tragscheiben-Bézierkurve muss nun so verändert werden, dass sie mit der grauen in Deckung ist. Das wird nicht 100%ig gelingen, aufgrund des Grades des Bézierpolynoms (hier 4) ist aber eine gute Näherung erreichbar. Den obersten Bézierpunkt kann man axial nicht verschieben, da das die Austrittsbreite verändern würde. Daher ist zur axialen Verschiebung der oberster Bézierpunkt der mittleren (gestrichelt dargestellten) Bézierkurve zu verwenden.

So wie für die Tragscheiben angegeben, sollen auch alle anderen Kurven im Meridianschnitt an die vorgegebene Geometrie angepasst werden.

Standard der Eintrittskanten ist eine gerade Form. Sollten die Eintrittskante des Ausgangslaufrads nicht gerade sein, so muss ihre Form im Meridianschnitt verändert werden. Das geschieht indem per Rechtsklick auf die Kurve die passende Form ausgesucht wird (Abbildung 11).

Die Option "Freeform" führt zu einer Bézierkurve 4. Grades, womit die meisten Gestaltungsmöglichkeiten gegeben sind. Allerdings ist "Straight" sicher für die meisten Konturen von Eintrittskanten ausreichend. Nach entsprechender Modifikation der jeweiligen Kurven ist für das aktuelle Beispiel die Meridiankontur in Abbildung 12 entstanden.

2.3 Schaufeleigenschaften

2.3.1 Extrahieren von geometrischen Größen

Es ist von großem Vorteil, wenn die geometrischen Größen, wie sie in CFturbo verwendet werden, direkt aus der Ausgangsgeometrie extrahiert werden. Solche Größen sind zum Beispiel Radien, axiale Länge, meridionale und tangentielle Koordinaten sowie Schaufelwinkel entlang der Skelettlinien, mit deren Hilfe in CFturbo die Skelettfläche von Schaufeln entworfen wird.

Eine solche Linie ist z.B. die Mittellinie am Tip der Schaufel. Sind deren x,y,z-Koordinaten bekannt, so können daraus leicht folgende Größen ermittelt werden:

Größe	Formel
axial Länge	z
Radius	$r = \sqrt{x^2 + y^2}$
meridionale Koordinate	$m = \int_{\text{Eintrittskante}}^{\text{Austrittskante}} \frac{dr + dz}{r}$
tangentiale Koordinate	$t = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - t_{\text{Eintrittskante Tragscheibe}}$
Schaufelwinkel	$\beta = \arctan\left(\frac{dm}{dt}\right)$

Tabelle 1

Damit diese Daten in CFturbo darstellbar sind, müssen sie wieder, wie in Kapitel 2.2 gezeigt, in Text-Dateien geschrieben werden, in denen jeweils eine Zeile ein Wertepaar enthält.

2.3.2 Festlegung der Winkel an Vorder- und Hinterkante

In diesem Entwurfspunkt müssen die Anzahl der Schaufelschnitte, auf denen entworfen wird, festgelegt werden sowie die Schaufelein- und -austrittswinkel auf den Schnitten und eine erste Abschätzung der Schaufeldicken in Trag- und Deckscheibenschnitt. Diese Angaben müssen später eventuell iterativ angepasst werden, weswegen zunächst die Festlegung auf der Basis der in CFturbo eingebauten Standardauslegung erfolgen kann. Die Berechnung der Schaufelwinkel auf dieser Basis erreicht man durch Betätigen des "Calculate β_B (Main)"-Buttons (Abbildung 14). Sind wie im vorherigen Kapitel beschrieben Daten extrahiert worden, so können die Schaufelwinkel direkt daraus entnommen werden.

Wenn es sich um eine 3D-Beschaufelung handelt, muss in "Blade shape" die Option "Free form 3D" gewählt werden. Es ist günstig auf wenigen Schaufelschnitten zu entwerfen, da dies die Anzahl der zu parametrierenden Größen einschränkt. Daher sollte bei 3D Beschaufelung zunächst versucht werden, im weiteren Entwurf mit 3 Schnitten auszukommen.

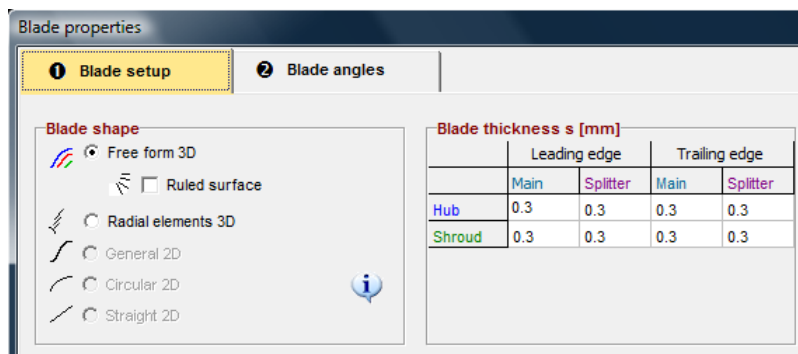


Abbildung 13

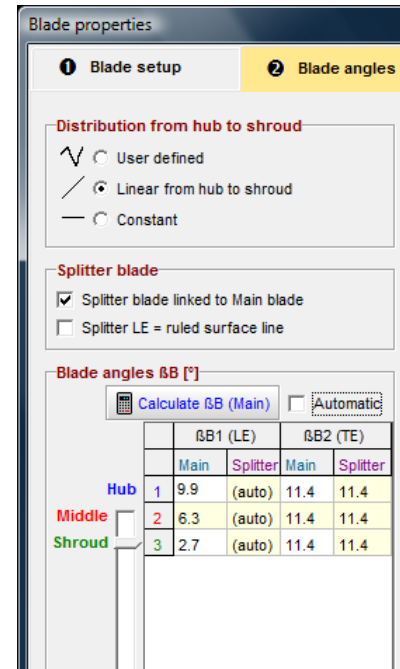


Abbildung 14

2.4 Schaufelskelettlinien

2.4.1 Schaufelskelettlinien der Hauptschaufeln

Im ersten Durchlauf können die Skelettlinien ebenfalls auf der Basis des Standardentwurfs von CFTurbo entworfen werden. Dazu ist der Dialog zum Entwurfsschritt "Design blade mean lines" zu öffnen und per OK zu beenden. Die nun entworfene Skelettfläche sollte nun angezeigt werden. Sie wird nicht sofort im Zentrum einer Schaufel der vorgegebenen Laufrad-Geometrie liegen, weswegen diese in die richtige Lage rotiert werden muss (Abbildung 5). Ist das Fenster zur Verschiebung importierter Geometrien nicht sichtbar, so kann es per Rechtsklick auf den Namen des importierten Laufrads (Modellbaum im Zweig "Imports") im dort erscheinenden Kontextmenüeintrag "Set position" geöffnet werden. Zweckmäßig ist eine Rotation, die dazu führt, dass der erste Punkt der Tragscheibenskelettlinie (d.h. der in der Eintrittskante) im Zentrum einer Schaufel des importierten Laufrads liegt (Abbildung 15).

Wenn, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, extrahierte m-t-Daten und β -t-Daten für die verschiedenen Schnitte in Textdateien vorliegen, sollten diese per "Load extra polyline" in die entsprechenden Diagramme geladen werden. Anschließend sind die Bézierpolynome derart anzupassen, dass sie mit den geladenen m-t-Linien annähernd übereinstimmen. Es ist ähnlich vorzugehen wie beim Entwurf der Meridiankontur, Abbildung 10...12. Liegen extrahierte Schaufelwinkel vor, so sollten die entsprechenden Werte an Vorder- und Hinterkante auch im Entwurfsschritt Schaufeleigenschaften ("Blade properties") eingetragen werden (Abbildung 14).

Liegen keine m-t-Daten vor, so muss die tangentielle Lage der Punkte der Eintrittskante auf den anderen Schnitten - die Eintrittskante der Tragscheibenschnitt wurde schon durch Drehung der importierten Geometrie angepasst - an die vorhandene Geometrie angepasst werden. Dies erfolgt durch die Einstellung der Winkel ϕ_0 . Wenn eine lineare Verteilung der Winkel auf den Schnitten in der Eintrittskante wiederum eine zu große Einschränkung ist, dann muss auf "User defined" umgeschaltet werden, so dass der Winkel jeder Skelettlinie individuell einstellbar ist.

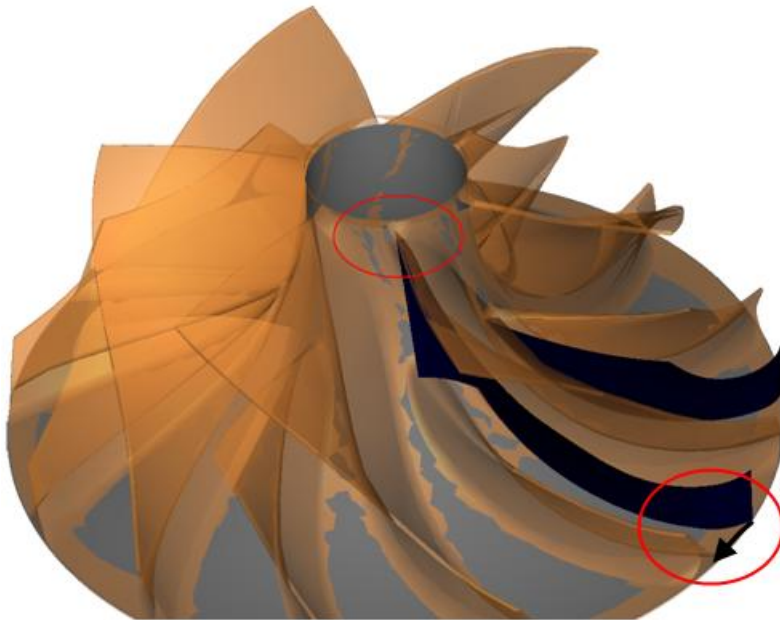


Abbildung 15

Constraints						
j	dm [-]		Leading edge		Wrap angle	
	Main	Splitter	Main	Splitter	Main	Splitter
			ϕ_0 [°]	rel. [%]	$\Delta\phi$ [°]	rel. [%]
1	3.581	1.809	0.0	50.0	60.0	50.0
2	1.633	0.917	0.0	50.0	60.0	50.0
3	0.910	0.446	0.0	50.0	60.0	50.0

User defined
 Linear
 Constant

Coupled linear

Abbildung 16

Ist die tangentielle Lage der Eintrittskante eingestellt, kann die der Hinterkante angepasst werden. Das erfolgt durch die iterative Veränderung der Umschlingungswinkel $\Delta\phi$ im Dialog zum Entwurfsschritt "Design blade mean lines". Bei mehr als 2 Schnitten sollten alle Winkel $\Delta\phi$ linear gekoppelt sein. Stellt sich im weiteren Verlauf heraus, dass dies eine zu große Einschränkung ist, so muss auf die Option " Coupled linear" deaktiviert werden, so dass die Anpassung jedes einzelnen Winkels möglich ist (Abbildung 16).

In der gegenwärtigen Version von CFTurbo ist jede Änderung im Entwurfsschritt Skelettfächen in der 3D-Ansicht zu kontrollieren, was ein Schließen des Dialogs per OK und bei Neukorrektur ein Wiederöffnen des Dialogs erfordert.

Die Schaufelwinkel an Vorder- und Hinterkante werden nur dann mit denen des importierten Laufrads übereinstimmen, wenn saubere m-t-Daten zum Entwurf der Skelettlinien benutzt wurden. Das Gleiche gilt für den Verlauf der Schaufelwinkel entlang der einzelnen Skelettlinien. Daher sind bei Nichtvorhandensein dieser Daten nun im Entwurfsschritt Schaufeleigenschaften ("Blade properties") die Schaufelein- und -austrittswinkel anzupassen (Abbildung 14). Sind diese wieder durch augenscheinliche Kontrolle in der 3D-Ansicht eingestellt, dann muss der Schaufelwinkelverlauf im Dialog zum Entwurfsschritt "Design blade mean lines" korrigiert werden. Dazu sind die inneren Bézier-Punkte der Skelettlinien in geeigneter Weise zu verschieben.

Eventuell muss die Schaufelwinkelkorrektur an Vorder- und Hinterkante sowie die Korrektur des Verlaufs der Schaufelwinkel abwechselnd durchgeführt werden. Es kann auch sein, dass die Lage der Vorder- und Hinterkante auf den Skelettlinien noch einmal korrigiert werden muss.

2.4.2 Schaufelskelettlinien der Zwischenschaufeln

Der Standard beim Entwurf von Zwischenschaufeln ist der, nach dem die Zwischenschaufeln als verkürzte Kopie der Hauptschaufeln behandelt werden (Abbildung 17). Wenn diese Option gewählt wurde, ist kein separater Entwurf nötig. Sollte sich im Verlauf herausstellen, dass die Zwischenschaufeln nicht standardmäßig behandelt werden können, muss die Option "Splitter blade linked to main blade" deaktiviert werden. Anschließend muss der Entwurf der Skelettfäche der Zwischenschaufel im Entwurfsschritt "Design blade mean lines" im zweiten Tab genauso vorgenommen werden wie für die Hauptschaufel, siehe vorangegangenes Kapitel.

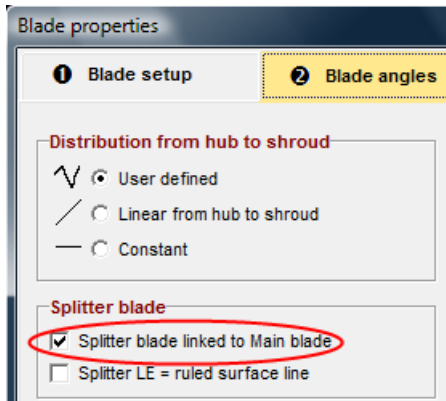


Abbildung 17

3 Schaufelprofilierung

3.1 Schaufeldicken

Ist die Schaufeldicke an Vorder- und Hinterkante und an der Oberkante bekannt und entlang dieser Kanten konstant, so ist mit der (möglichst) exakten Eingabe der Schaufeldicke (Abbildung 13) der Schaufeldickenentwurf an der Oberkante abgeschlossen.

Im Allgemeinen wird die Schaufel am Schaufelfuß dicker sein als an der Oberkante und druck- und saugseitig gemessen an der Skelettlinie keine symmetrische Dickenverteilung haben. Außerdem wird die Schaufel in der Nähe der Vorderkante stärker gewölbt sein als in der Nähe der Hinterkante. Daher sollten folgende Einstellung im Schaufeldicken-Dialog vorgenommen werden:

- Design mode: Freeform (damit Dickenverteilung via Bézierkurve)
- Erhöhung der Anzahl der Bézierpunkte (z.B. auf 4)
- ggf. Aufhebung der Symmetrie von Druck- und Saugseite (SS-PS-Coupling: None)

Falls es nicht gelingt, mit der zunächst angegebenen Bézierpunktzahl die Schaufel zu entwerfen, so kann per Rechtsklick auf die Bézierkurve ein weiterer Bézierpunkt hinzugefügt werden (Abbildung 19). Dies ist insbesondere erforderlich an der Schaufelnase, wenn diese stark ausgeprägt ist.

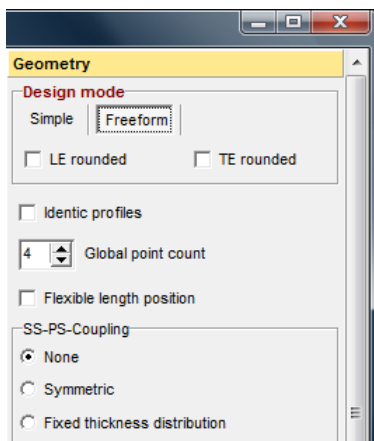


Abbildung 18

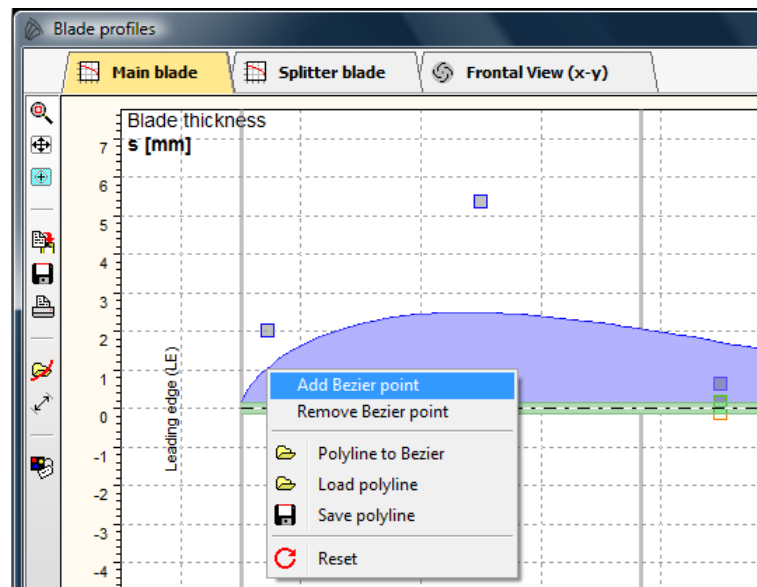


Abbildung 19

Wenn Bézierpunkte, deren Lage man per Mausbewegung verändern möchte, übereinander liegen, dann erscheint ein Auswahlfenster, in dem bestimmt werden kann, welcher der infrage kommenden Bézierpunkte selektiert werden soll. Darüber hinaus können Bézierpunkte auch durch direkte Eingabe ihre Koordinaten verschoben werden. Dazu ist mit einem Rechtsklick auf den Bézierpunkt das entsprechende Eingabefeld zu öffnen.

Idealweiser ist wie beim Entwurf der Meridiankontur die Bézierkurve an eine geladene Polylinie anzunähern. Diese Polylinie muss Wertepaare enthalten, die eine dimensionslose Schaufellänge (im entsprechenden Schnitt) und eine zugehörige an die Skelettfläche anzutragende Schaufeldicke enthalten. Wenn diese Daten nicht vorliegen, müssen die Schaufeldicken für Haupt- und

Zwischenschaufeln wie in der angegebenen Weise verändert werden. Die Kontrolle dieser Änderungen erfolgt dann in der 3D-Darstellung.

3.2 Vorderkantenabrundung

Im Entwurfsschritt Schaufelkanten ("Blade edges") sind drei verschiedene Modi vorgesehen: "Simple", "Ellipse" und "Bézier". Die letzte Option bietet wiederum die meisten Gestaltungsmöglichkeiten und sollte gewählt werden, falls es sich nicht um abgedrehte Vorder- und Hinterkanten handelt. Die Anpassung der Bézierkurve durch Bewegung der Bézierpunkte muss wieder augenscheinlich in der 3D-Ansicht kontrolliert werden. Dazu ist jeweils der Dialog mit OK zu beenden und wieder zu öffnen, sofern das Ergebnis nicht zufriedenstellend ist.

3.3 CFD-Extension

Wenn der Entwurf im Weiteren im Zusammenhang mit CFTurbos ICEM-Interface genutzt werden soll, sollte eine kleine Auslasserweiterung ("small outlet extension") definiert werden, da diese zur Generierung des Rotor-Stator-Interfaces genutzt wird. Es ist ausreichend, dazu die entsprechende Checkbox zu aktivieren. Die Größe der Erweiterung wird anhand der Größe des Laufrads festgelegt (Abbildung 20).

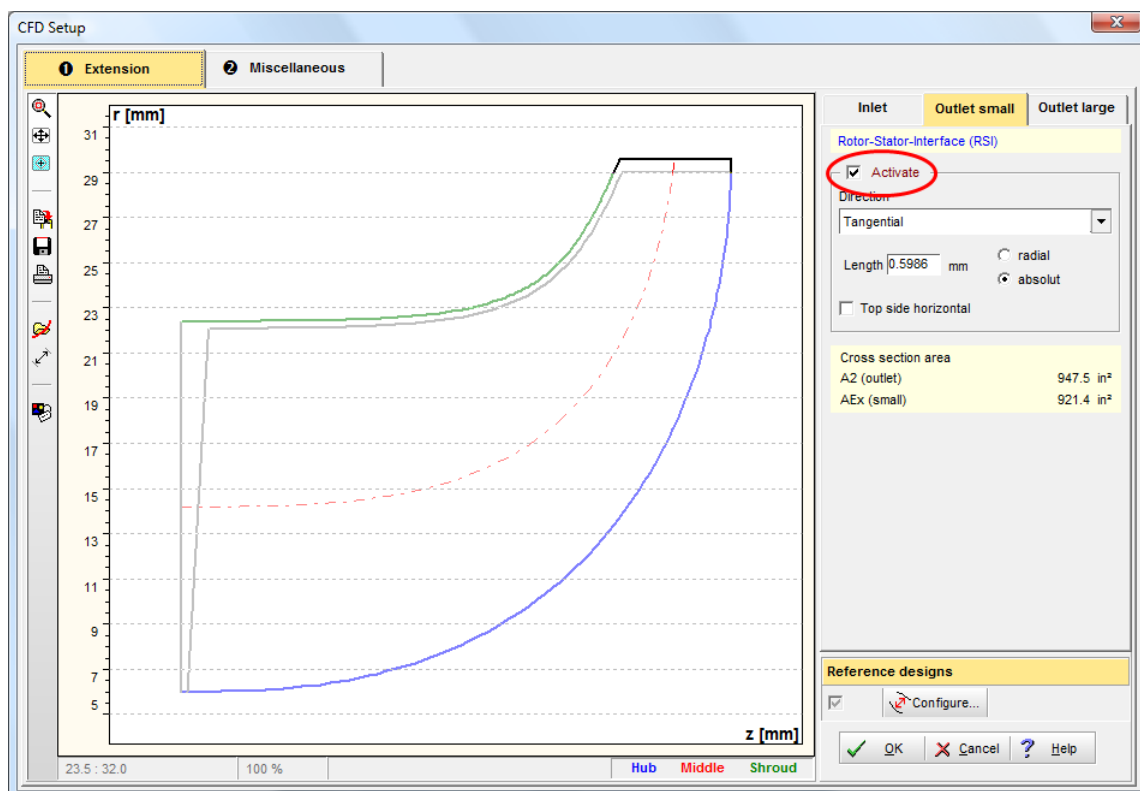


Abbildung 20

4 Spiralgehäuse

Es ist zu empfehlen, entsprechend den Entwurfsschritten Einzelteile des Spiralgehäuses aus der Ausgangsgeometrie als separate Vergleichsbauteile in CFturbo zu laden. Damit ist ein augenscheinlicher Vergleich in jedem Entwurfsschritt möglich, ohne dass Bauteile, die nicht von Interesse sind, stören. Zur Generierung der Vergleichsbauteile, also unbeschauelter Radialdiffuser und "pinch type diffuser", Spirale und Austrittsdiffuser, siehe Kapitel 2.1.

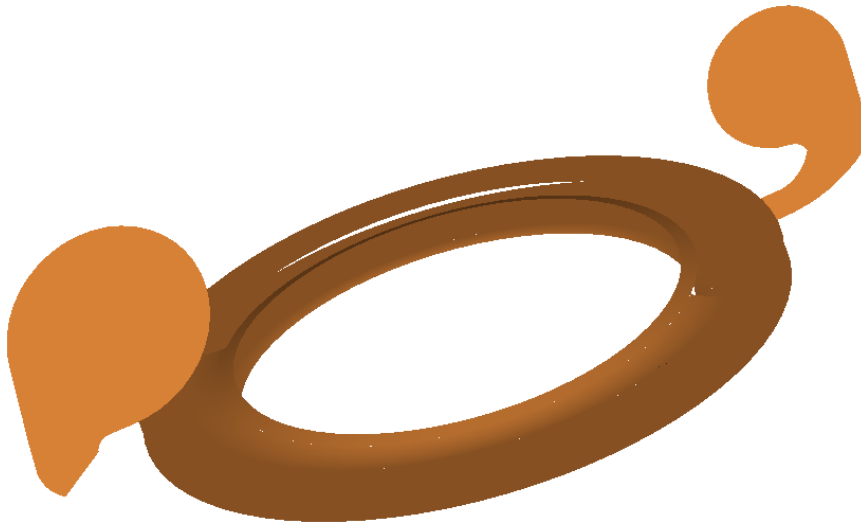


Abbildung 21

Beispielhaft sind in Abbildung 21 koaxiale Schnitte durch die Spirale sowie die Kontur des Radialdiffusors dargestellt.

4.1 Eintrittsdefinition

4.1.1 Laufrad

Als Ausgangspunkt sollte in jedem Fall die cft-Datei des zugehörigen Laufrades benutzt werden. Dazu ist nach dem Entwurfsbeginn der entsprechende Schalter (Abbildung 22) zu betätigen und die passende Datei auszuwählen. Im Ergebnis werden alle Eingabefelder des ersten Registers gefüllt (Abbildung 23).

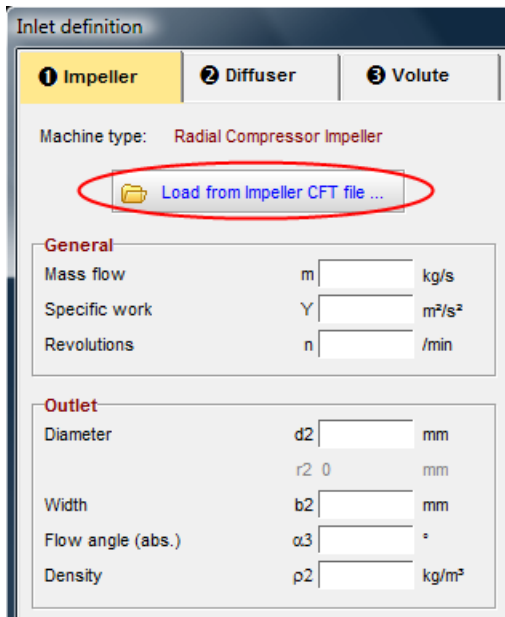


Abbildung 22

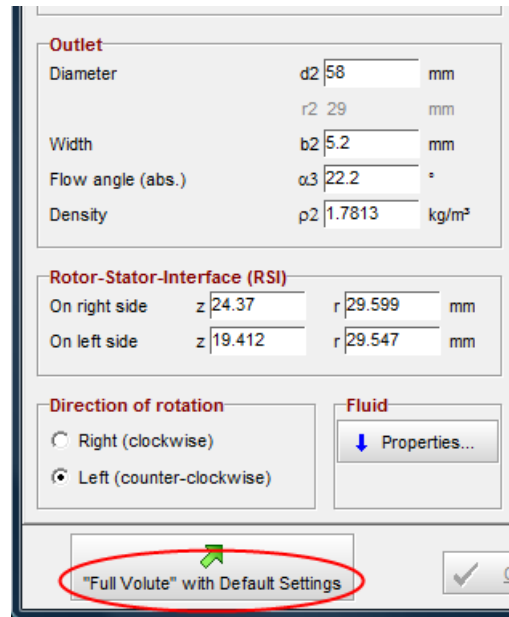


Abbildung 23

Per "Full Volute with Default Settings" kann nun ein erster Spiralenentwurf durchgeführt werden, der natürlich anschließend modifiziert werden muss.

4.1.2 Diffusor

Der zweite Register "Diffuser" muss mit den geometrischen Werten des unbeschaukelten Diffusors und den des "pinch type diffuser" gefüllt werden. Da es sich hierbei um rotationssymmetrische Bauteile handelt, sind die Werte leicht aus den Ausgangsdaten zu extrahieren.

Im späteren Verlauf des Spiralnachbaus wird es erforderlich sein, zum Diffusorentwurf zurückzukehren, um Änderungen an den geometrischen Parametern vorzunehmen, weil nach Abschluss des ersten Entwurfsschritts "Inlet Definition" noch keine 3D-Geometrie erzeugt wird und somit keine Vergleichsmöglichkeit vorliegt.

4.1.3 Spirale

Im dritten Register "Volute" werden die Eintrittsgrößen der Spiralgeometrie festgelegt. Der Eintrittsdurchmesser d_4 kann hier nicht verändert werden, da er sich gemäß der folgenden Formel aus den schon eher eingegebenen Parametern berechnet:

$$d_4 = d_{pinchin} + 2 \cdot (h_{pinch} + h_{vaneless}) .$$

Wenn es sich um eine nach innen gewickelte Volute (siehe Kapitel 4.2) handelt, wird der Außenradius r_5 , d.h. die größte radiale Dimension, mit der Eintrittsbreite der Spirale berechnet:

$$r_5 = \frac{d_4}{2} + b_4 .$$

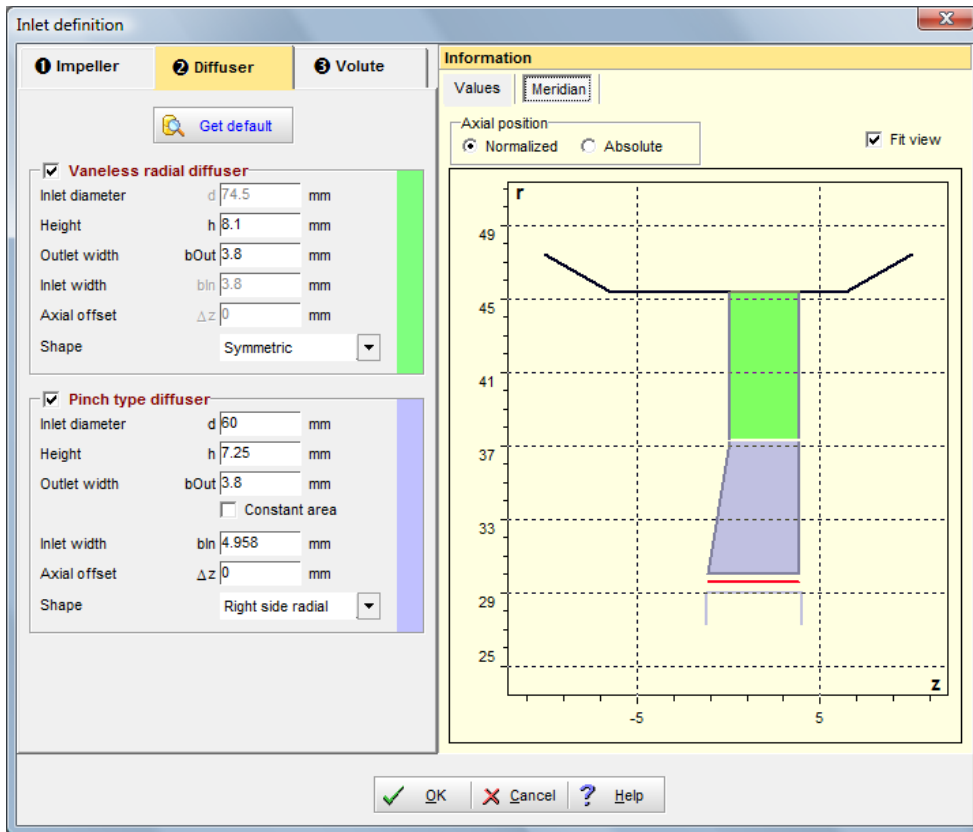


Abbildung 24

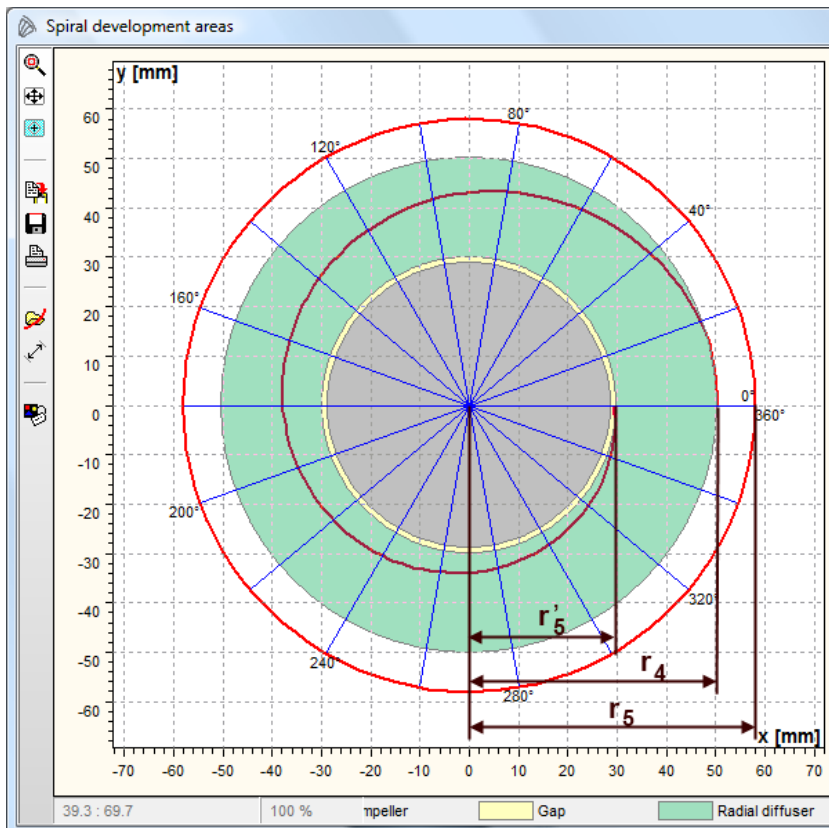


Abbildung 25

4.2 Querschnittsform

Im Dialog "Cross section" wird die Querschnittsform der Spirale gewählt. Angezeigt wird die prinzipielle Querschnittsform, wobei radiale Erstreckung angenommen wird (radiale Skalierung kann oberhalb des Diagramms modifiziert werden). Nach Wahl der entsprechenden Querschnittsform können einige geometrische Parameter editiert werden.

Beispielsweise führt die Wahl einer runden, asymmetrischen Form dazu, dass man nach innen gewinkelte Spiralen entwerfen kann, die aus Bauraumgründen oft für ATL-Verdichter verwendet werden. Es erscheinen weitere Gestaltungsmöglichkeiten in Bezug auf die Form der inneren und äußeren Krümmervand, sowie die geometrischen Parameter "Neck width" (seitlicher Abstand zwischen Spiraleintritt und eigentlichen Spiralenquerschnitten) und "Ratio" (Halbachsenverhältnis des Viertelbogens).

Die Änderung dieser Parameter wird auch hier nicht sofort sichtbar, da erst nach Abschluss des nächsten Entwurfsschritts "Spiral development areas" (eigentliche Spiralgeometrie) die 3D-Geometrie sichtbar wird. Es gilt auch hier, dass im Verlauf des Nachbaus die Parameter der gewünschten Geometrie angepasst werden müssen.

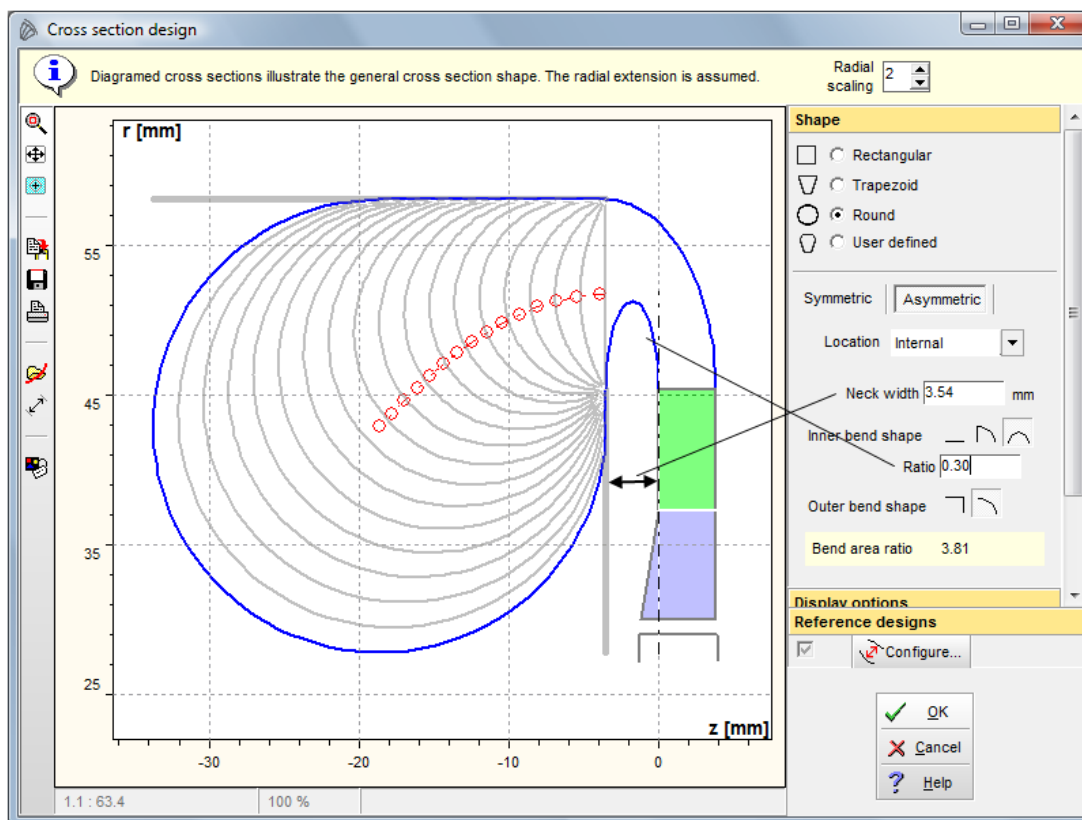


Abbildung 26

4.3 Spiralgeometrie

Im Dialog "Spiral development areas" wird die eigentliche Spiralengeometrie festgelegt bzw. berechnet. Wichtige Parameter sind hier Radien, Höhen, Breiten usw. Falls ein nichtlineare Verlauf von Radien oder Querschnittsflächen entlang des Umfangs der Spirale nötig ist, kann dieser per "Set progression" eingestellt werden.

Im Fall von nach innen gewickelten Spiralen entspricht der große Radius im Diagramm der Radienverteilung (Abbildung 28) dem Radius, den die Spiraleninnenseite mit der z-Achse beim kleinsten Umschlingungswinkel (Abbildung 25) bildet. Am Ort des größten Umschlingungswinkels hat der runde Spiralenquerschnitt einen Durchmesser von $d_s = r_s - r'_s$.

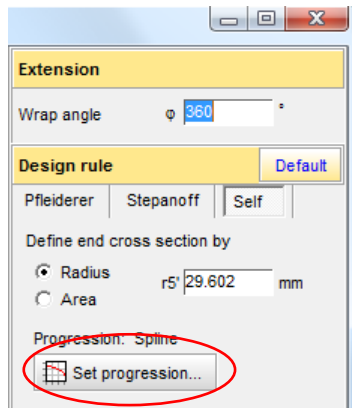


Abbildung 27

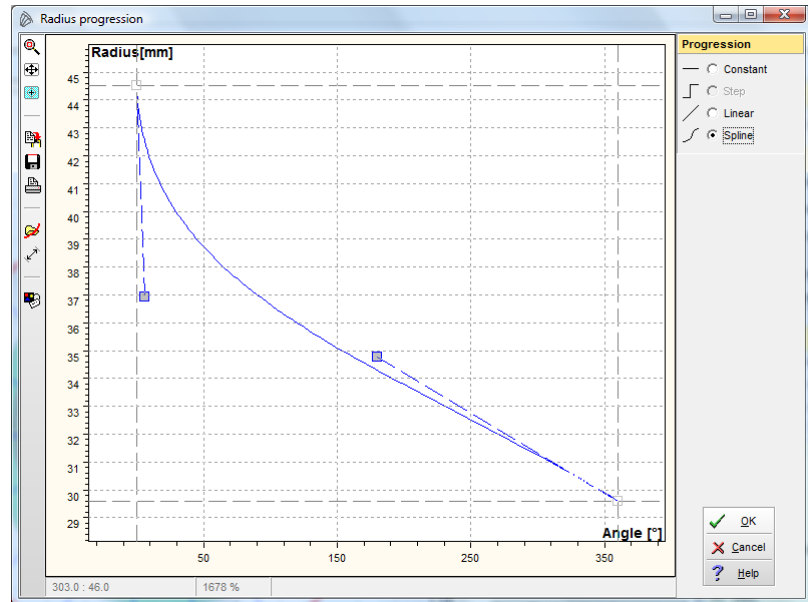


Abbildung 28

Es ist wiederum erforderlich, Parameteränderungen vorzunehmen, den Dialog per OK zu beenden und die veränderte Geometrie augenscheinlich mit der Ausgangsgeometrie zu vergleichen

4.4 Diffusorgeometrie

Der letzte Entwurfsschritt hat die Gestaltung des Diffusors am Ende der Spirale zum Inhalt ("Diffuser geometry"). Es ist die Form ("Direction") des Diffusors zu wählen, und in Abhängigkeit dieser Form sind einige geometrische Parameter einzugeben. Es empfiehlt sich, eine Vergleichsgeometrie des Diffusors zu importieren, um die Wirksamkeit der Parameteränderungen nach Betätigung von "OK" bewerten zu können.

5 Zusammenfassung

Der Nachbau von Laufrädern mit CFturbo gelingt am besten, wenn 2D-Daten vorliegen, die direkt in den einzelnen Entwurfsschritten geladen werden und dort als Basis für die Anpassung der Bézierkurven verwendet werden können. Diese 2D-Daten müssen gegenwärtig außerhalb von CFturbo gewonnen werden, siehe z.B. Kapitel 2.2.

Die Kontrolle des geometrischen Entwurfs muss in jedem Fall augenscheinlich in der 3D-Darstellung erfolgen. Mitunter sind Parameter in einem Entwurfsschritt zu ändern und per OK der dazugehörige Dialog zu schließen. Erst dann kann die aktualisierte Geometrie analysiert werden. Dies muss wiederholt durchgeführt werden, bis der erwünschte Effekt erreicht ist.

Die Schaufelprofilierung erfolgt gegenwärtig in CFturbo auf zwei Schnitten, nämlich auf Trag- und Deckscheibenschnitt. Wenn es sich um dreidimensional gekrümmte Schaufeln handelt, kann dies nicht genug Freiheit für den Entwurf bieten. Für gefräste Verdichterlaufräder ist eventuell ein Umschalten auf die Option "ruled surface" (Abbildung 13) eine Möglichkeit, der vorgegebenen Geometrie besser gerecht zu werden.

Bézierkurven, die in CFturbo zum Entwurf benutzt werden, haben einen maximalen Grad von 4. Dies kann eventuell nicht ausreichend sein, um alle gekrümmten Kurven exakt abbilden zu können. Außerdem werden sie momentan nicht überall zum Entwurf von 2D-Geometrieteilen benutzt. So ist die Konstruktion von Radialdiffusoren momentan nur mithilfe von Geraden möglich.

Die äußere und innere Krümmerwand am Übergang von Radialdiffusor zu Spirale (Abbildung 26) wird momentan durch Ellipsenausschnitte abgebildet. Auch hier gilt, dass diese Vorgabe nicht für alle Krümmerformen ausreichend ist, um die entsprechende Geometrie genau abbilden zu können.