

CoolingGen

Eine Software zur Erstellung von Kühlungsgeometrien

Julian Lüken
28. September 2022



Wissen für Morgen



Inhalt

- ▶ Einleitung
- ▶ Motivation
- ▶ Ergebnisse
- ▶ Methoden
- ▶ Fragen



Einleitung/Motivation

Was ist CoolingGen?

- ▶ Programm, welches mithilfe von CAD eine Schaufel aus BladeGen mit Kühlungsgeometrien ausstattet
- ▶ Basiert auf BasicTools (Bibliothek vom DLR für B-Spline Kurven/Flächen)
- ▶ Entwicklung startete 2013 (Autoren: C. Voß, T. Schu...)
- ▶ Meine Arbeit daran startete im Juli 2021

Warum CoolingGen?

- ▶ Erzeugung von Kühlungsgeometrien innerhalb einer Schaufel mit herkömmlichen CAD-Tools ist mühsam und dauert lange
- ▶ Laufzeit von CoolingGen: ca. 20 Sekunden auf 8 · 3GHz
- ▶ Ermöglicht Optimierung von Kühlungsgeometrien durch Phasenraumsuche gekoppelt mit CFD-Simulationen



Einleitung/Motivation

Input:

- ▶ Schaufelgeometrie aus BladeGen
- ▶ Parameter für die Kühlungsgeometrien (als XML)

Output:

- ▶ Kühlungsgeometrien (als STEP, für CENTAUR und für Tecplot)

Welche Geometrien kann CoolingGen erzeugen? Derzeit unterstützt (und hier vorgestellt):

- ▶ Kühlkanäle (mit Umkehrungen)
- ▶ Prallbleche (mit Bohrungen)
- ▶ Filmkühlung

To-do:

- ▶ Ausblasungsschlitze
- ▶ Pin-fins (Kühlrippen)



Ergebnisse

<Kanal mit Umlenkungen und FK Bohrungen>

<Kanal mit Impingement
Inserts>



Methoden

Größte Herausforderung? Robuste und performante Verschnittalgorithmen!

The single greatest cause of poor reliability of CAD systems is lack of topologically consistent surface intersection algorithms.

– *Closing the Gap Between CAD Model and Downstream Applications* by R. Farouki



Methoden / Kanäle und Prallbleche

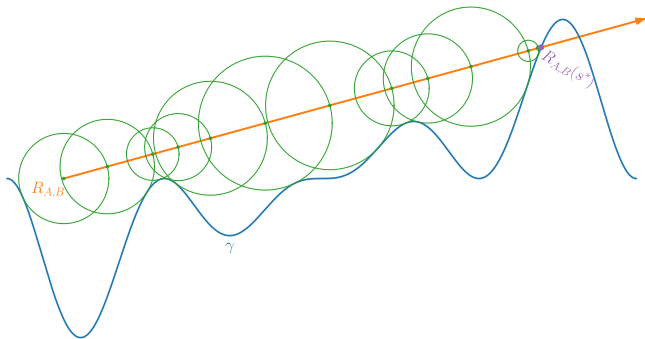
Um die Kanäle zu erzeugen, müssen (neben anderen Parametern) die Kanalwände als Input spezifiziert werden wird folgende Strategie verwendet:

1. Schaufeloberfläche in radialer Höhe n mal gesamplet \rightarrow erhalten n Profilkurven
2. Koordinatentransformation $(x, y, z) \rightarrow (x, r) \rightarrow (m', \theta)$
3. Unterteilung der Profilkurven an den Kanalwänden
4. *Schrumpfen* der Profilkurven (abhängig von Saug-/Druck-/Wandseite)
5. Einpassung von *Fillets* an *Knicken/Ecken*
6. Rücktransformation nach (x, y, z) , und *Lifting*



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Unterteilung

Unterteilung der Profilkurve mithilfe von *Ray-Marching*.



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Unterteilung

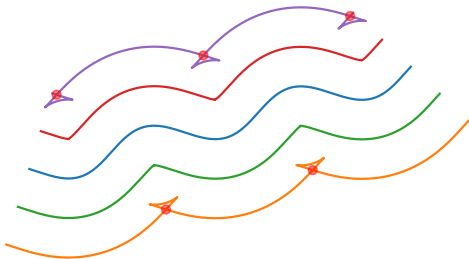
<Bild von Profilkurve mit Skelettlinie und Wänden>

<Bild von Kammerschnitt>



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Schrumpfen

Schrumpfen erfordert die Detektion von Selbst-Schnittpunkten, aber auch dieser Prozess hinterlässt *Knicke*. Der Fachbegriff für solche Kurven, der auch in herkömmlicher CAD Software zu finden ist, lautet *Offset-Kurve*.



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Schrumpfen

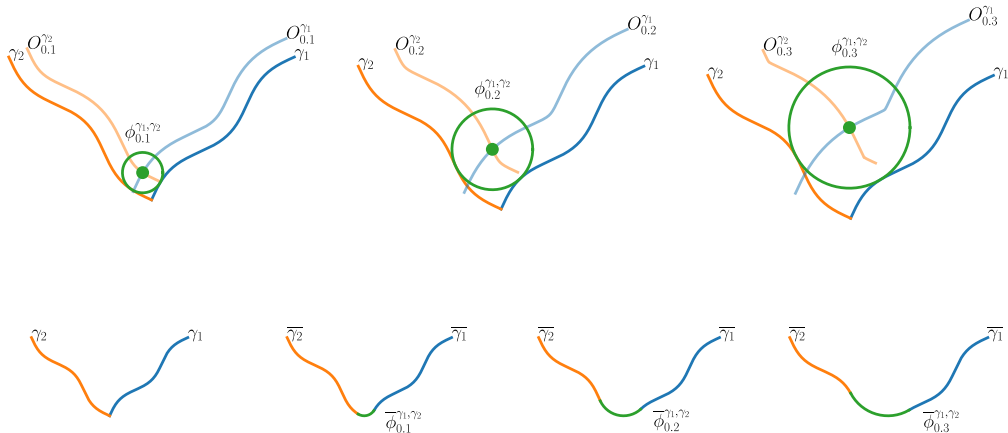
<Geschrumpft/Fishtails>

<Geschrumpft/Getrimmt>

<Geschrumpft/Getrimmt/Fillets>



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Fillets



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Fillets

<Bild von Kammerschnitt o Fillets>

<Bild von Kammerschnitt m Fillets>



Methoden / Kanäle und Prallbleche / Lifting

<Bild von Kammerschnitten>

<Bild von Kammern>



Methoden / Umkehrungen

Strategie:

1. Berechnung einer Kombination aus den zwei Kanälen, die sich zur Umkehrung verbinden
2. Schneiden der kombinierten Kanäle mit n Ebenen $\rightarrow n$ planare Profilkurven
3. Verformen der n Kurven
4. Lifting



Methoden / Umkehrungen

<Bild aus Gitlab>

<Bild einer Turnfläche>



Methoden / Bohrungen

<Schema der Kurven einer FK Bohrung>

<Bild von Robin von Bohrung mit Params>



Methoden / Fazit

Man braucht robuste, schnelle
Verschneidungsalgorithmen, und einer reicht nicht:

1. Punkt/Kurve (um den passenden Parameter auf der Kurve zu finden)
2. Ray/Kurve
3. Kurve/Kurve und Kurve mit sich selbst
4. Fläche/Ebene
5. Fläche/Kurve

Überdies wird eine bestimmte Gestalt dieser Schnitte angenommen, um die Algorithmen effizient zu gestalten. Beispielsweise wird bei Kurve/Kurve die Annahme getroffen, dass sich diese beiden nur an einer endlichen Vereinigung von einelementigen Punktmengen treffen. Das ist zwar ausreichend, aber nicht der allgemeine Fall. Für den allgemeinen Fall gibt es gar keine "richtige" Lösung.



Methoden / Umkehrungen

<Bild aus Gitlab>

<Bild einer Turnfläche>



Recap

Kopie der Folie mit den Ergebnissen



Fragen/Anmerkungen?

