

CoolingGen

Eine Software zur Erstellung von Kühlungsgeometrien

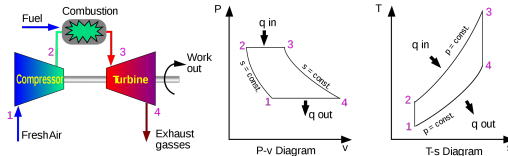
Julian Lüken
30. Januar 2023



Wissen für Morgen



Problemstellung / Kühlung



- ▶ Effizienz der Turbine kann theoretisch durch großen Temperaturgradienten erhöht werden
→ Praktisch strebt man darum hohe Temperaturen in der Brennkammer an
- ▶ **Aber:** Hohe thermische Last der Turbinenschaufeln führt zu starker Abnutzung
→ Kühlung wird benötigt
- ▶ **Aber:** Die Kühlung wiederum nutzt Luftstrom, der nicht für den Antrieb benutzt werden kann
→ Negativer Einfluss auf Wirkungsgrad

→ Wir folgern: **Kühlungsdesign ist Filigranarbeit!**



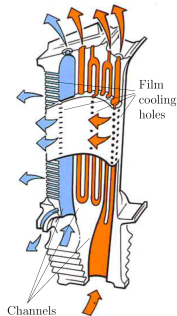
Problemstellung / Kühlung

Kühlungsdesign setzt sich u.a. aus den folgenden Aspekten zusammen:

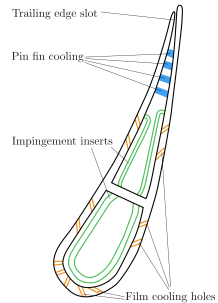
- ▶ Auswahl/Konditionierung der Kühlluft
- ▶ Auswahl der verwendeten Werkstoffe
- ▶ **Gestaltung der Kühlstrukturen**

Diese **Kühlstrukturen** beinhalten

- ▶ **Kühlkanäle** ("cooling channels"),
- ▶ **Prallkühlung** ("impingement cooling"),
- ▶ Rippen ("rib turbulators"),
- ▶ **Filmkühlung** ("film cooling"),
- ▶ **Pin-fins**,
- ▶ und **Ausblasungsschlitze** ("trailing edge slots").



(a) Rotor.



(b) Stator im Profil.



Problemstellung / Geometrieerzeugung

Mit CAD-Software lassen sich solche Strukturen erstellen. Leider ist der Prozess zeitaufwendig und schwierig.

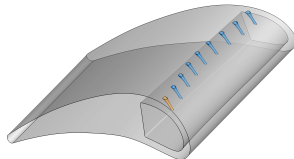
- ▶ Parametrische Werkzeuge innerhalb herkömmlicher CAD Software bieten meistens nur eine semantische Schnittstelle für einfache Strukturen (z.B. Zylinder, Quader, Kegel), die sich allerdings beliebig miteinander kombinieren lassen (z.B. Verschneiden, Vereinen).
 - ▶ Durch die Erstellung von Freiformkörpern gibt es gar keine parametrische Schnittstelle zur "mechanischen Realität". Dies beeinträchtigt die Möglichkeit zur einfachen Modifikation.
- In beiden Fällen entsteht ein Modell, welches schwierig zu erstellen/modifizieren ist.

Unser Lösungsansatz: Wir erstellen uns eine eigene CAD-Software, die für uns die speziellen Kühlstrukturen mithilfe von bedeutungsträchtigen Parametern erstellt. Damit geht die Erstellung und Modifikation von Kühlgeometrien einfacher und schneller.

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <FilmCooling>
3   <Row>
4     <NumHoles>9</NumHoles>
5     <HoleGeometry>
6       <Type>shaped</Type>
7       <Diameter>0.0007</Diameter>
8       <InjectionAngle>45</InjectionAngle>
9       <CompoundAngle>15</CompoundAngle>
10      <Transition>0.4</Transition>
11      <LaidbackAngle>7</LaidbackAngle>
12      <FanShapeAngle>7</FanShapeAngle>
13    </HoleGeometry>
14    <Location>
15      <Position>PressureSide</Position>
16      <uBase>0.12</uBase>
17      <vLowerBound>0.1</vLowerBound>
18      <vUpperBound>0.9</vUpperBound>
19    </Location>
20    <Distribution>
21      <Amplitude>8</Amplitude>
22      <Frequency>0.5</Frequency>
23      <Shift>1</Shift>
24    </Distribution>
25  </Row>
26 </FilmCooling>

```



Problemstellung / To-Do-Liste

Notwendige geometrische Operationen:

- Implementation von NURBS-Kurven und -Flächen
- Projektion von Punkten auf NURBS-Objekte
- Offset-Kurven
- Schnitt Halbgerade/Kurve in 2D (Ray-Marching)
- Schnitt Halbgerade/NURBS-Fläche in 3D
- Schnitt Kurve/Kurve
- Schnitt Ebene/NURBS-Fläche in 3D
- Fillets in 2D

