Numerische Berechnung der Strömungsverhältnisse um einen Rennwagen

Patrick Dekeyser

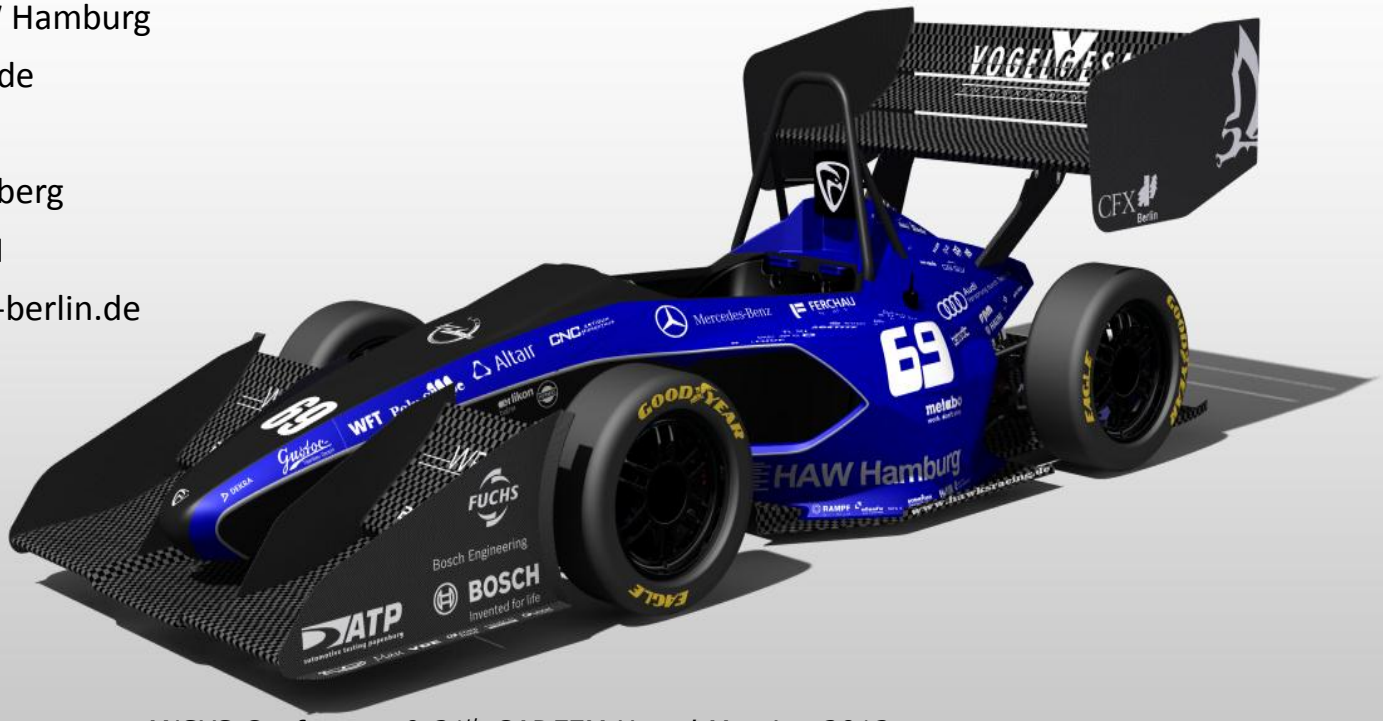
HAWKS Racing e. V. / HAW Hamburg

p.dekeyser@hawksracing.de

Dipl.-Ing. Bastian Schoeneberg

CFX Berlin Software GmbH

bastian.schoeneberg@cfx-berlin.de



ANSYS Conference & 31th CADFEM Users' Meeting 2013

June 19-21, 2013 – Rosengarten Mannheim

Inhalt

Teil 1: Vorstellung HAWKS Racing

- Formula Student
- Fahrzeuge und Erfolge
- Teamstruktur
- Technische Daten

Teil 2: Strömungsberechnung H08

- Geometrie
- Berechnungsgitter
- Randbedingungen
- Berechnung
- Ergebnisse
- Ausblick

Inhalt

Teil 1: Vorstellung HAWKS Racing

- Formula Student
- Fahrzeuge und Erfolge
- Teamstruktur
- Technische Daten

Teil 2: Strömungsberechnung H08

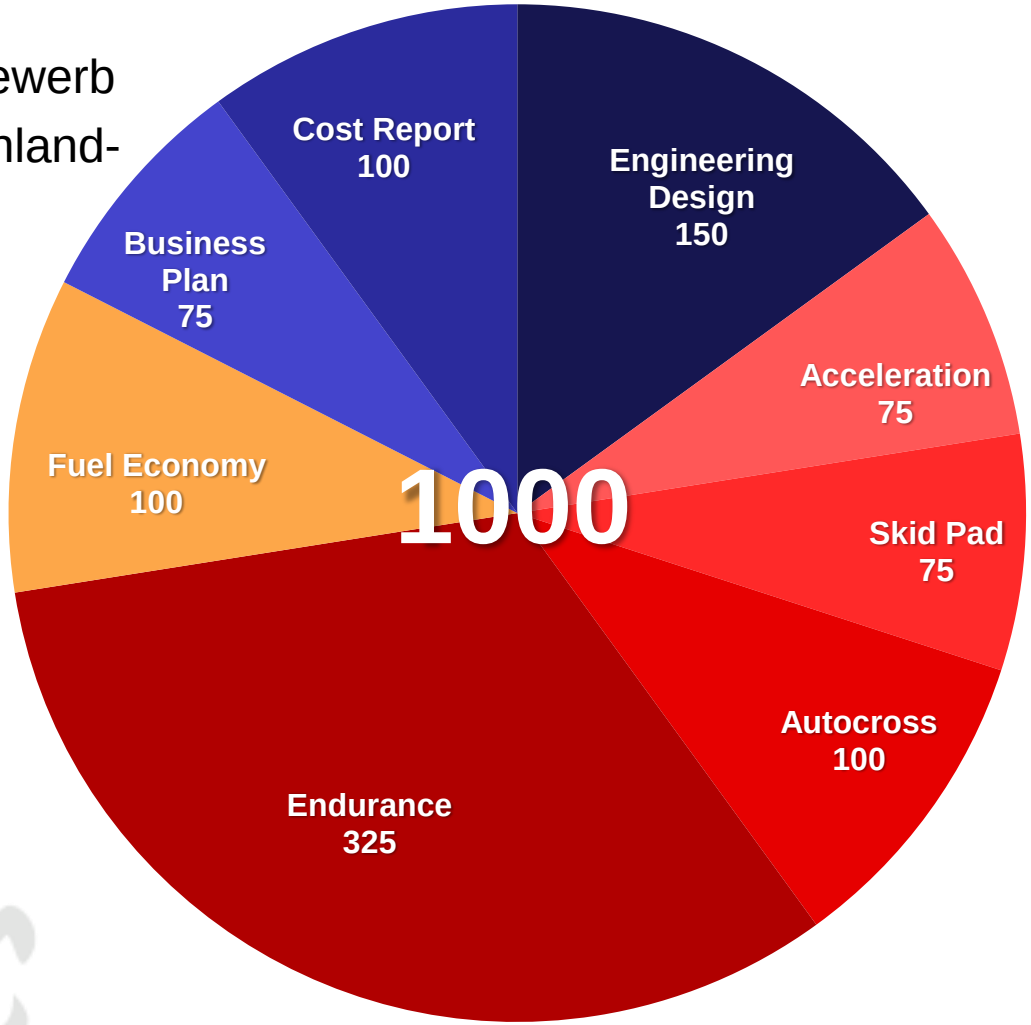
- Geometrie
- Berechnungsgitter
- Randbedingungen
- Berechnung
- Ergebnisse
- Ausblick

Formula Student

- Internationaler Konstruktionswettbewerb
- Ca. 550 Teams weltweit 80 deutschland-weit
- 10 Events rund um die Welt
- 8 Disziplinen – 1000 Punkte
- Bestes Gesamtkonzept gewinnt

Ziele innerhalb eines Jahres

- Konzeptfindung
- Konstruktion
- Fertigung
- Testen
- Events



Die Garage

H01 Lady

H02 Diva

H03 Tschena

H04 Style

H05 Princess

H06 Franky

H09

H06.9

H08

Erfolge

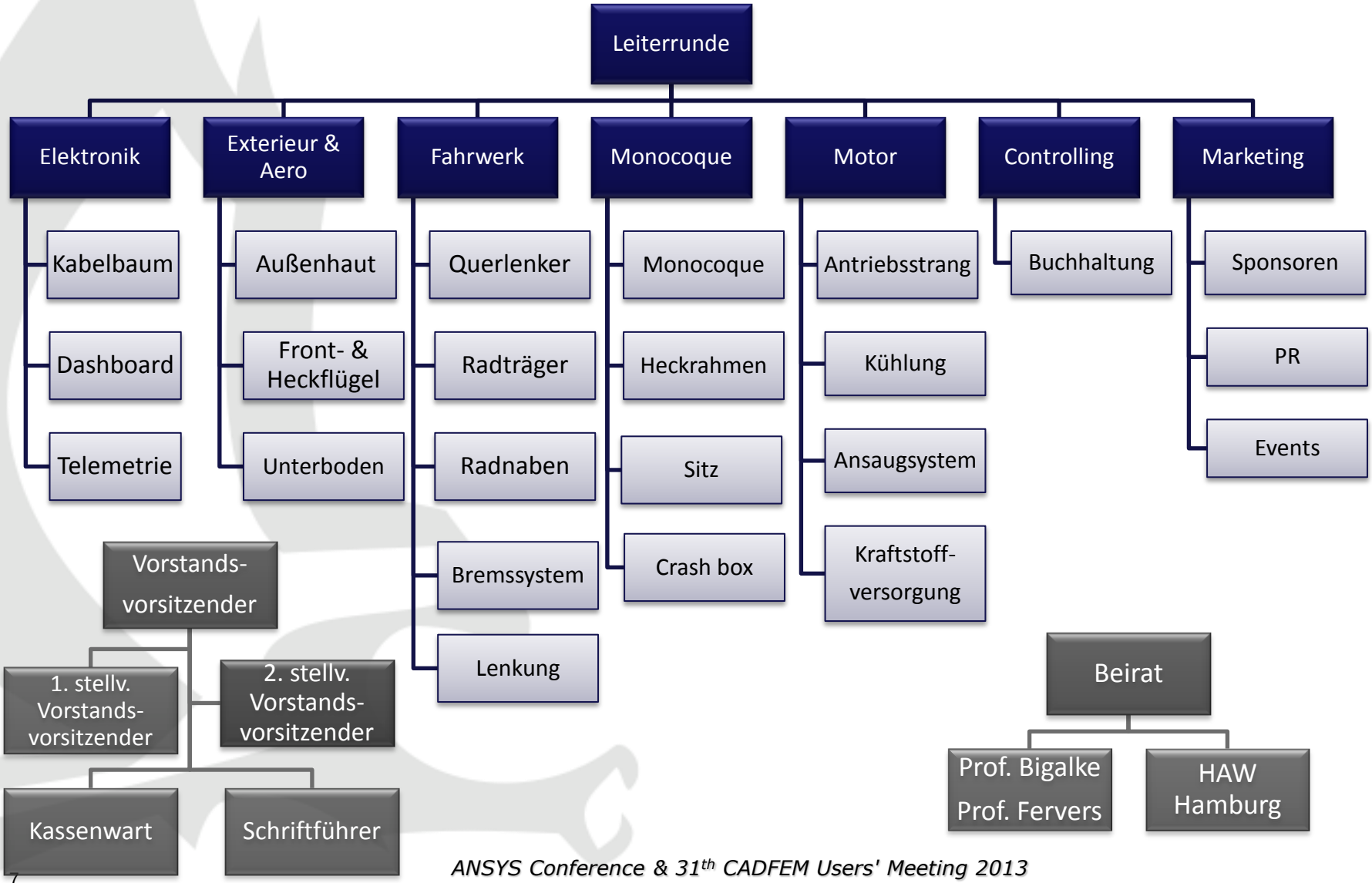
2011

- 6. Platz Over-All Deutschland
- 2. Platz Autocross Ungarn
- 1. Platz Endurance Ungarn
- 3. Platz Design Report Ungarn
- 3. Platz Over-All Ungarn
- 1. Platz Statics Italien
- 3. Platz Over-All Italien
- Gewinner „Engineering Excellence Award“ Italien

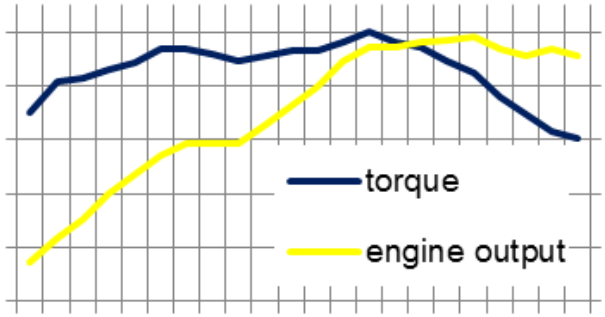
2012

- 9. Platz Over-All Deutschland
- 3. Platz Autocross Deutschland
- 5. Platz Endurance Deutschland
- 1. Platz Skid Pad Italien
- 1. Platz Autocross Italien
- 1. Platz Overall Dynamics Italien

Teamstruktur

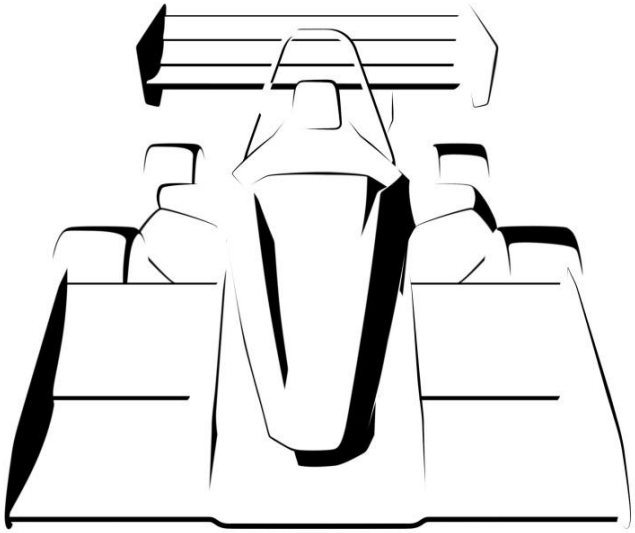


Vielfältige Aufgaben



Exterieur & Aero

- Einzigartiges Design
- 3D-simuliertes Aero-Package
- Optimierte Seitenkästen für bessere Kühlung und höheren Abtrieb
- 400 N Anpressdruck bei 50 km/h



Saison 2012/13 – Der H09

- **Gewicht**: 205 kg
- **Beschleunigung**: 0 – 100 km/h in 3,5 s
- c_A = 2,4 bis 2,6
  - Bei ca. 140 km/h an der Decke fahren theoretisch möglich

be HAWKS
FORMULA STUDENT GERMANY 2012
Autodesk
CREATING A FUTURE
FOR ENGINEERS
VDI
FORMULA STUDENT GERMANY 2012
Autodesk
VOGELGESANG
WELA
Altair
Mercedes Benz
HAW Hamburg
69
GOODYEAR
EAGLE
FUCHS
ATP

Inhalt

Teil 1: Vorstellung HAWKS Racing

- Formula Student
- Fahrzeuge und Erfolge
- Teamstruktur
- Technische Daten

Teil 2: Strömungsberechnung H08

- Geometrie
- Berechnungsgitter
- Randbedingungen
- Berechnung
- Ergebnisse
- Ausblick

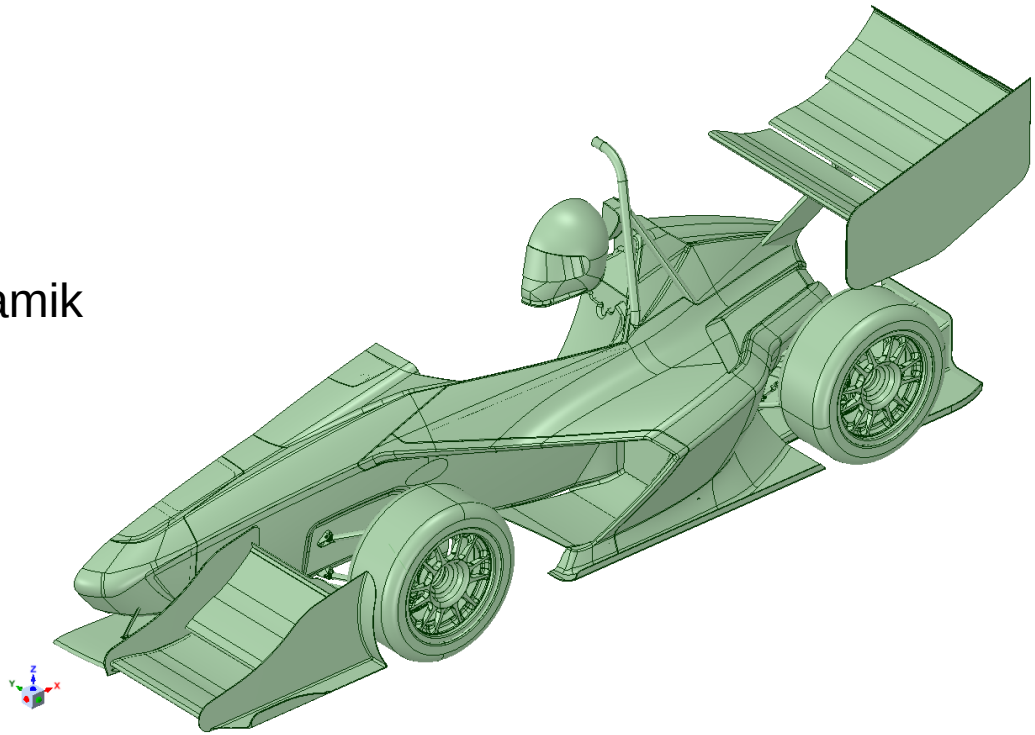
Überblick

Gegenstand der Untersuchungen:

- Rennwagen H08 des Teams HAWKS Racing

Ziele:

- Anströmung des Wasserkühlers im Seitenkasten untersuchen
- Auswirkung verschiedener Kühlerausführungen auf Aerodynamik
- Ermittlung von Widerstand und Abtrieb



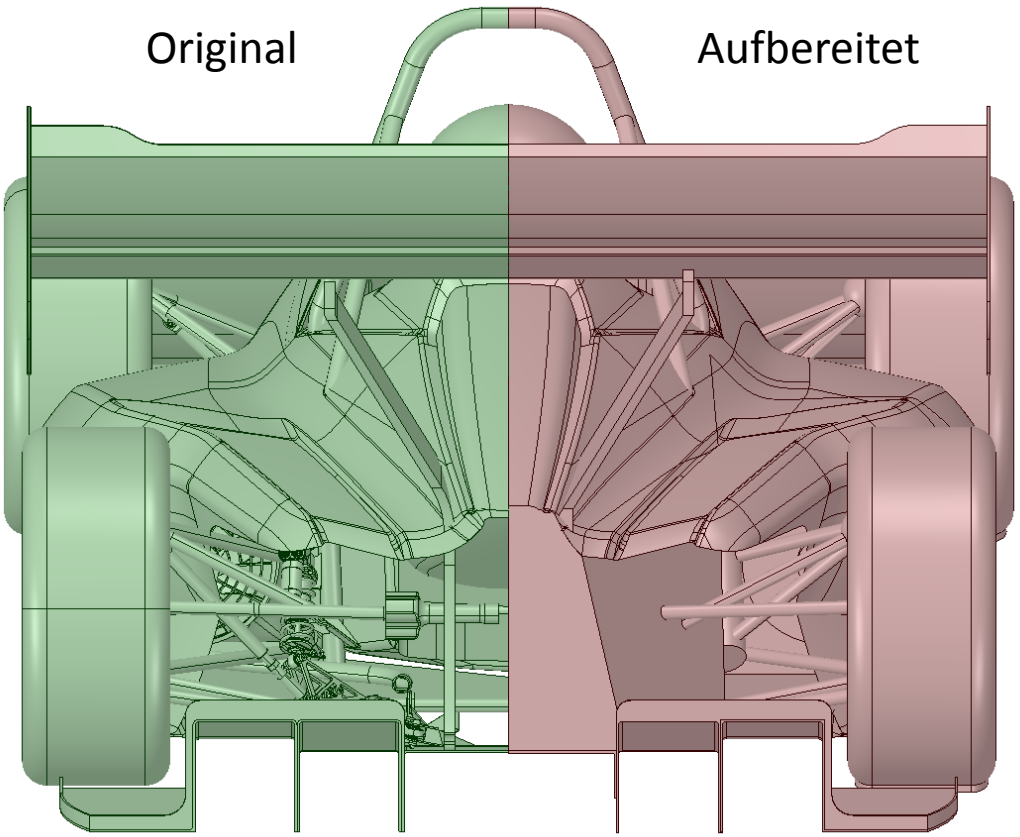
Geometrie

Vereinfachung komplexer Details

- Radaufhängung, Felgen
- Antrieb, Motor
- Radkontakt zum Boden

Verwendete Werkzeuge:

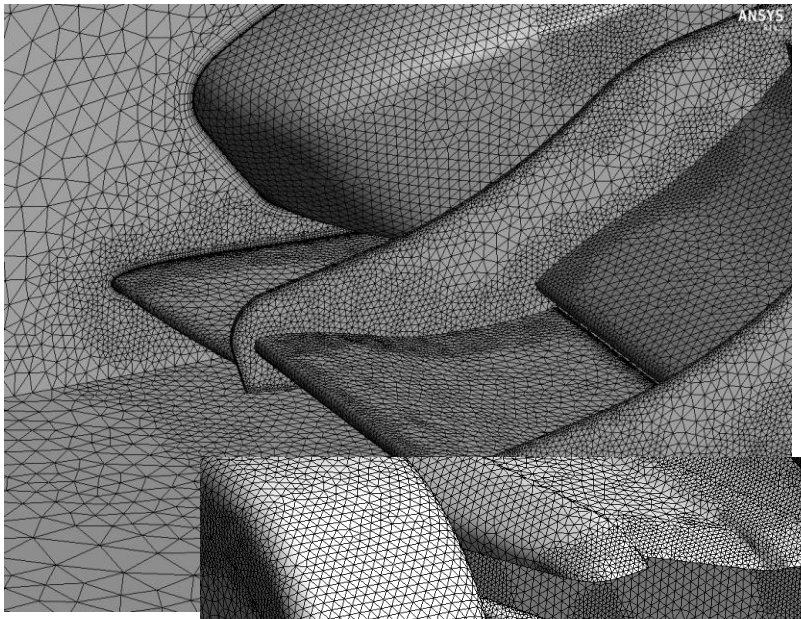
- ANSYS SpaceClaim Direct Modeler
- ANSYS ICEM CFD

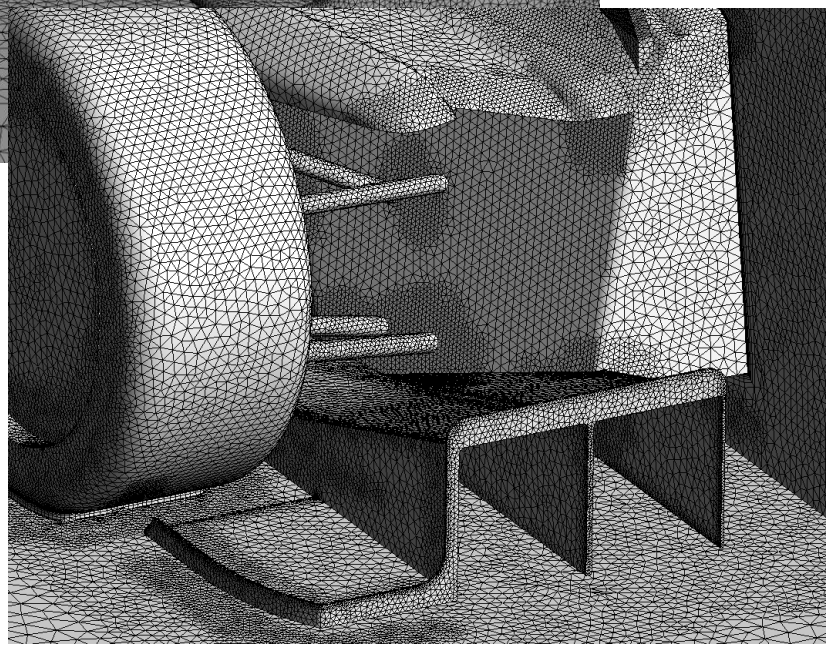


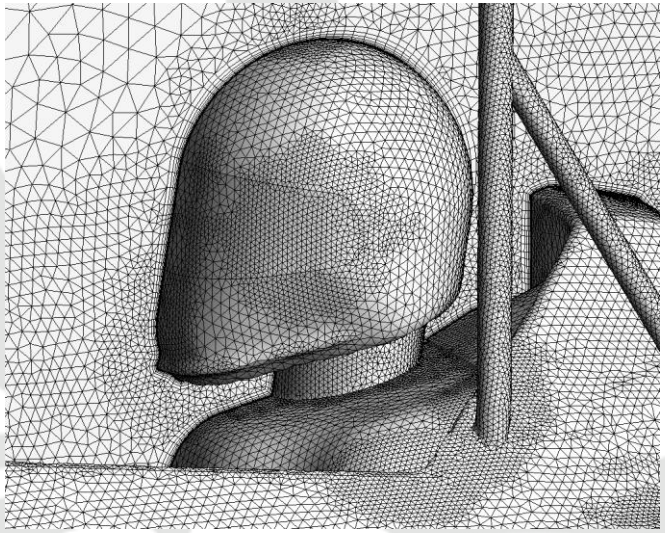
Berechnungsgitter

Automatische Vernetzung mit ANSYS ICEM CFD Tetra:

- Prismenelemente zur Grenzschichtauflösung
- Ca. 30 Mio. Tetraeder und 5 Mio Prismen (insgesamt 7.6 Mio. Knoten)







Randbedingungen

Angabe aller Geschwindigkeiten relativ zum Fahrzeug

Symmetrieebene

- Durch Fahrzeugmittelschnitt

Einlass

- Geschwindigkeit 10 m/s

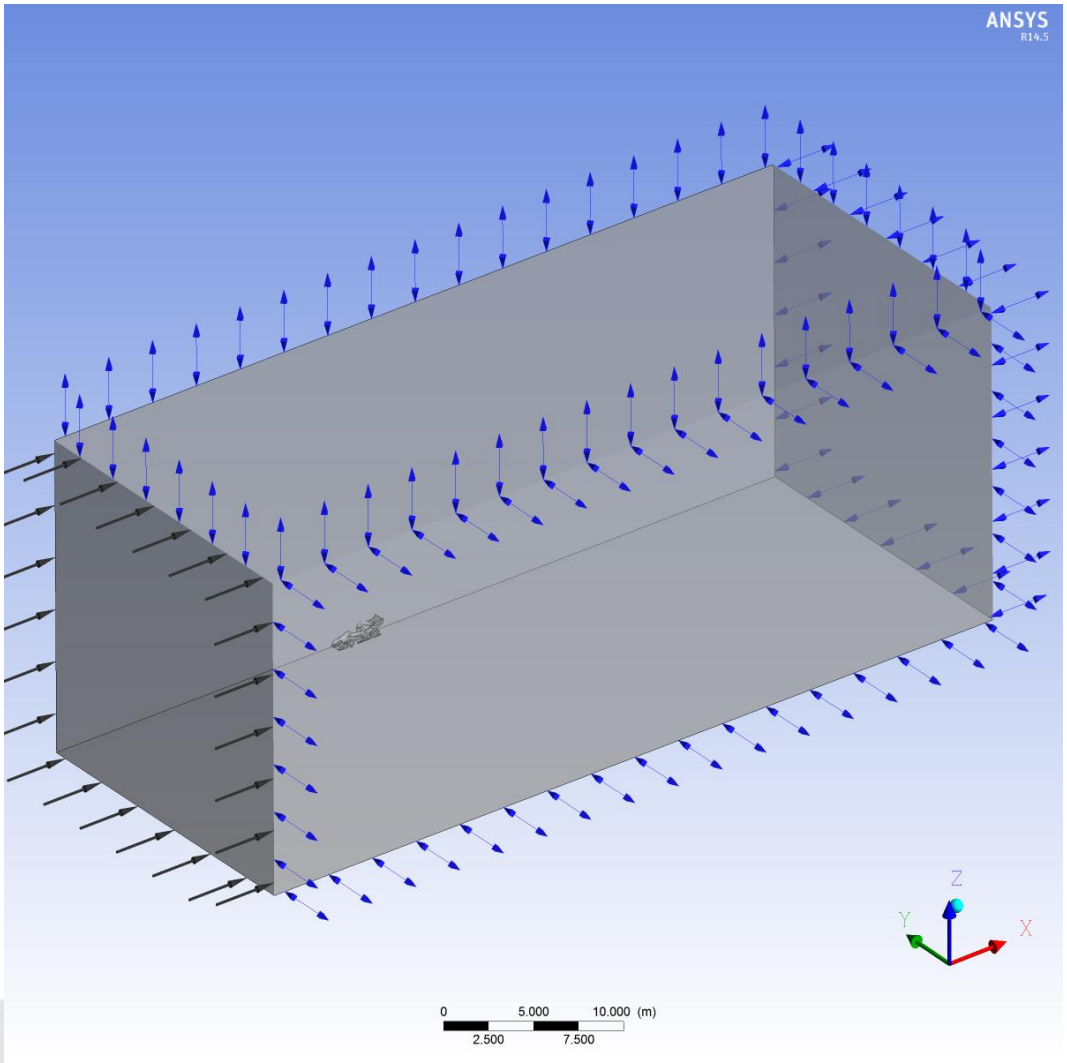
Umgebung

- Umgebungsdruck 1 atm

Boden

- Geschwindigkeit 10 m/s

Rotierende Räder



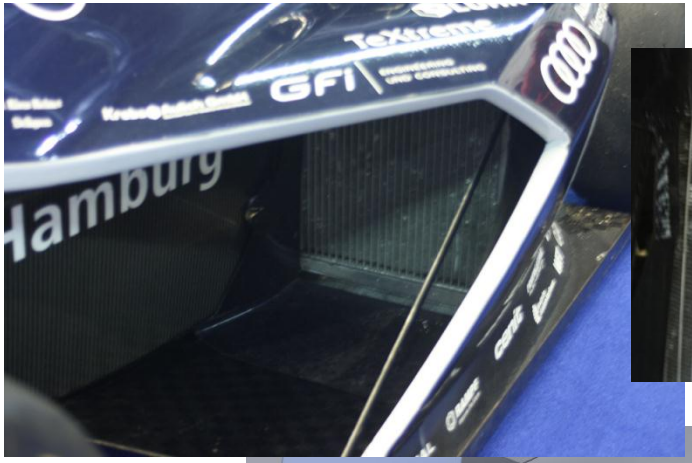
Randbedingungen

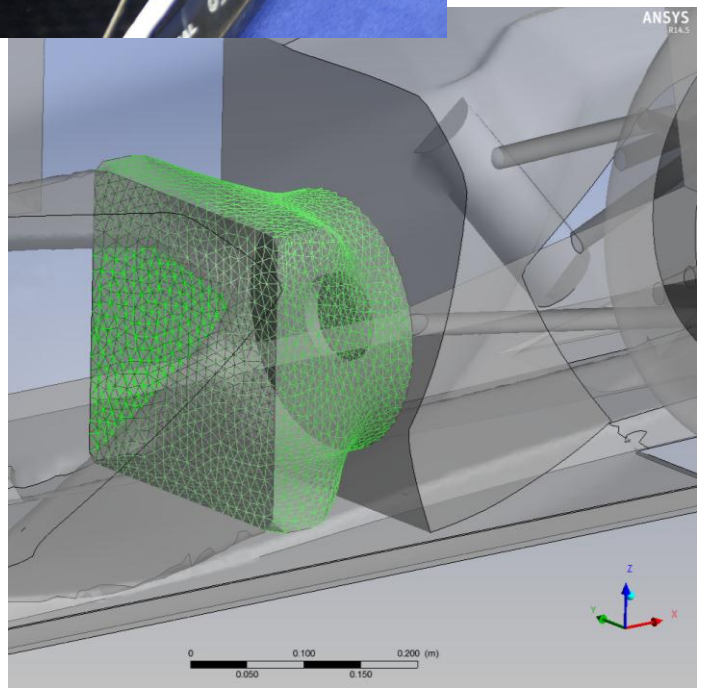
Hohe Komplexität der Kühlrippen und des Lüfters

- Kann nicht im Berechnungsnetz abgebildet werden
  → Kühler wird als poröses Medium mit Druckverlust modelliert

$$\Delta p_{tot} = \zeta \frac{\rho}{2} v^2$$

- Druckverlustbeiwert ζ des Kühlers wird variiert





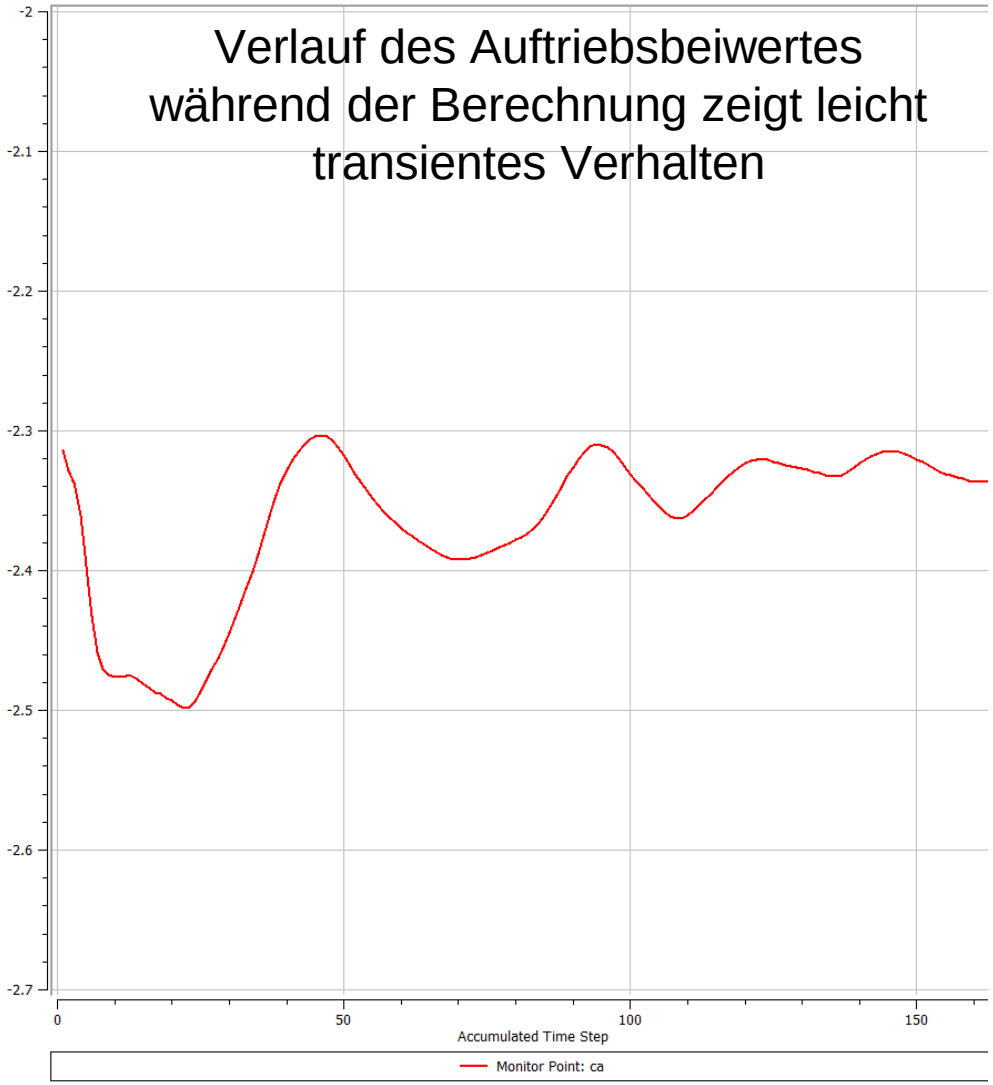
Berechnung

Verwendete Software:
ANSYS CFX 14.5

- Berücksichtigung der Turbulenz durch das SST-Zweigleichungsmodell

Stationäre Berechnung:

- Speicherbedarf: 68 GB
- Anzahl Prozessoren: 2x8
- Anzahl Iterationen: 200
- Berechnungsdauer: 20 h



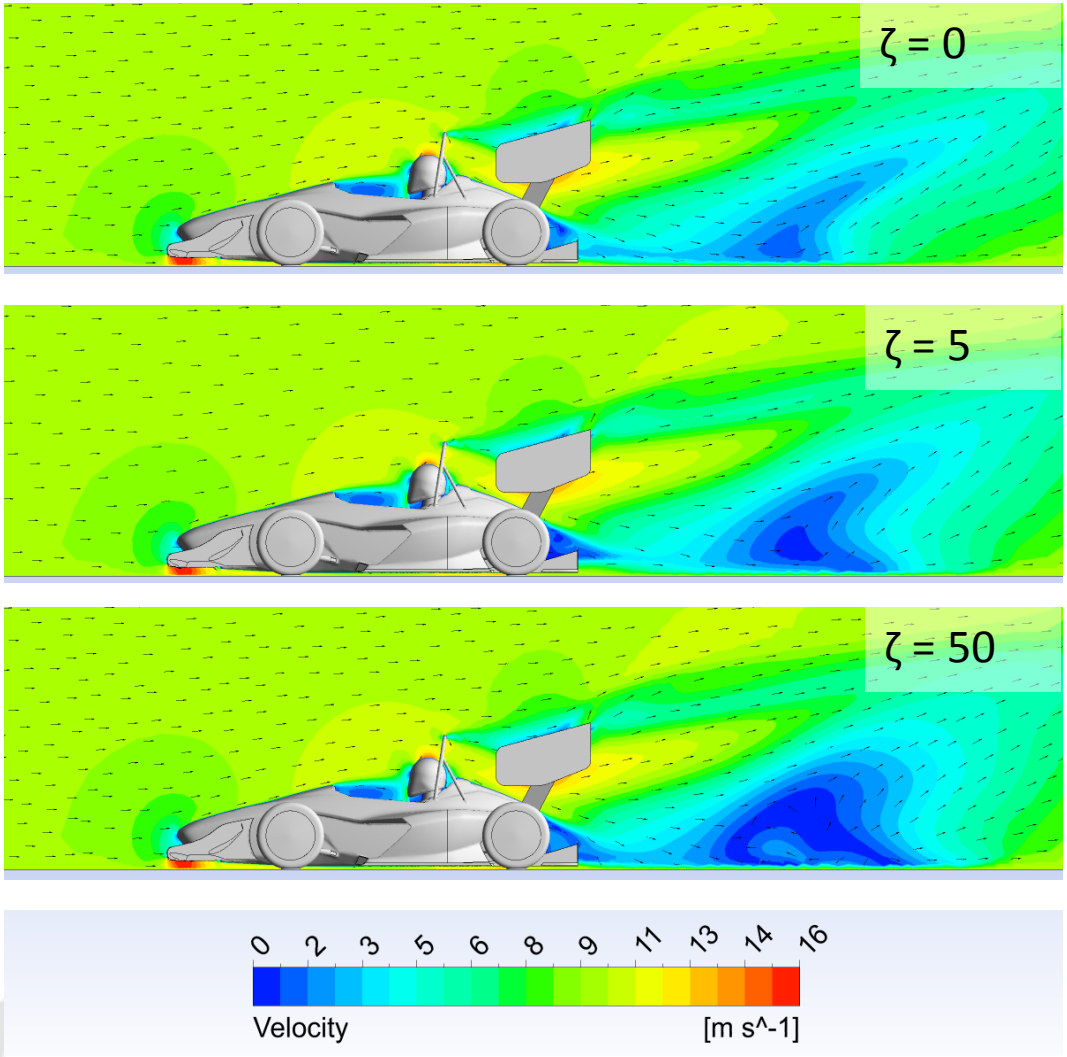
Ergebnisse

Druckverlustbeiwert des Kühlers wird variiert

- ζ = 0, Seitenkasten ist also frei durchströmbar
- ζ = 5
- ζ = 50

Vergleich der Ergebnisse:

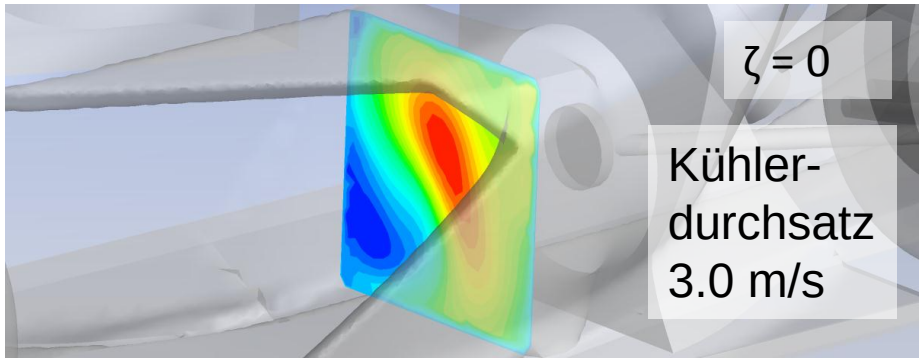
- Beaufschlagung des Kühlers?
- Einfluss auf Fahrzeugumströmung?

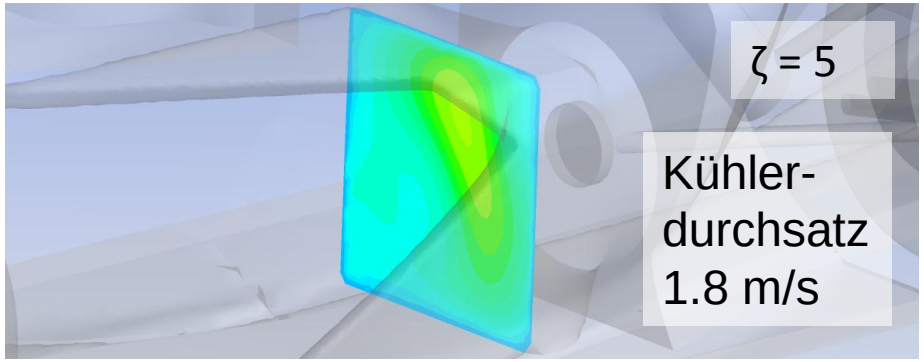


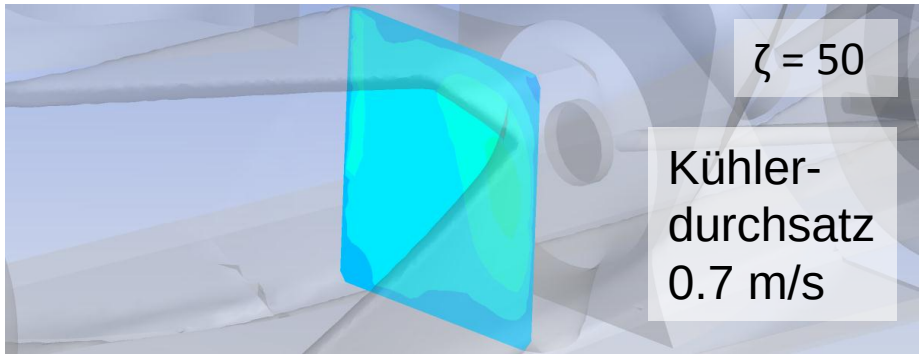
Ergebnisse

Geschwindigkeit in x-Richtung am Kühlereinlass

- Einströmung in den Kühler erfolgt inhomogen
- Durchsatz sinkt mit zunehmendem Druckverlust, Durchströmung wird gleichmäßiger



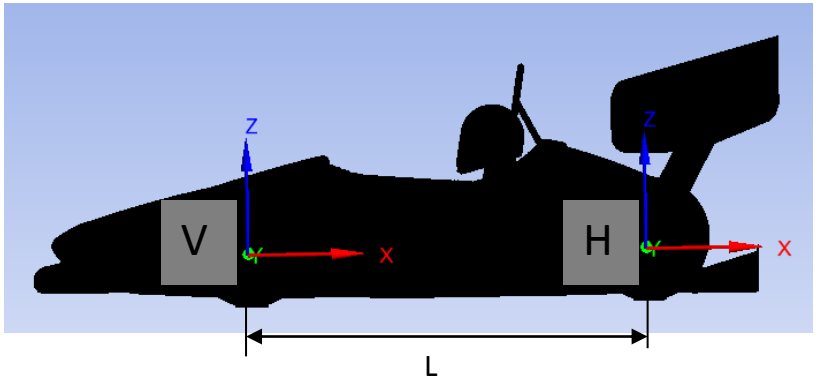




Ergebnisse

Definition der aerodynamischen Kräfte und Beiwerte:

- Staukraft $F_{stau} = A_x \frac{\rho}{2} v^2$
- Widerstandsbeiwert $c_w = F_x / F_{stau}$
- Auftriebsbeiwert $c_a = F_z / F_{stau}$
- Vorderachskraft $F_V = M_{y,H} / L$
- Hinterachskraft $F_H = M_{y,V} / L$



Ergebnisse

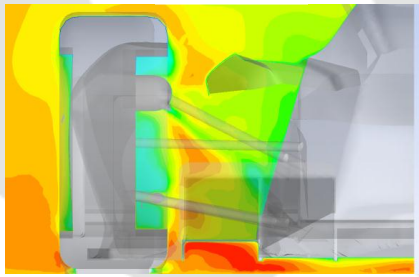
Druckverlustbeiwert des Kühler	**0**	**5**	**50**
Mittlerer Kühlerdurchsatz [m/s]	3.0	1.8	0.7
Widerstandsbeiwert	1.13	1.12	1.11
Auftriebsbeiwert	-2.32	-2.21	-2.19
Aerodynamische Kraft Vorderachse [N]	72.48	72.12	71.24
Aerodynamische Kraft Hinterachse [N]	83.02	75.38	74.60

Ergebnisse

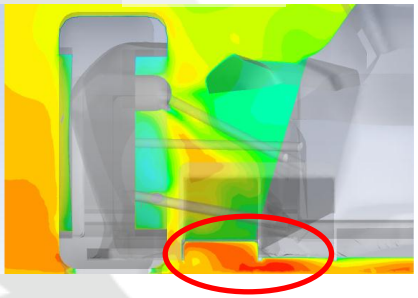
Ursache des verringerten Abtriebs:

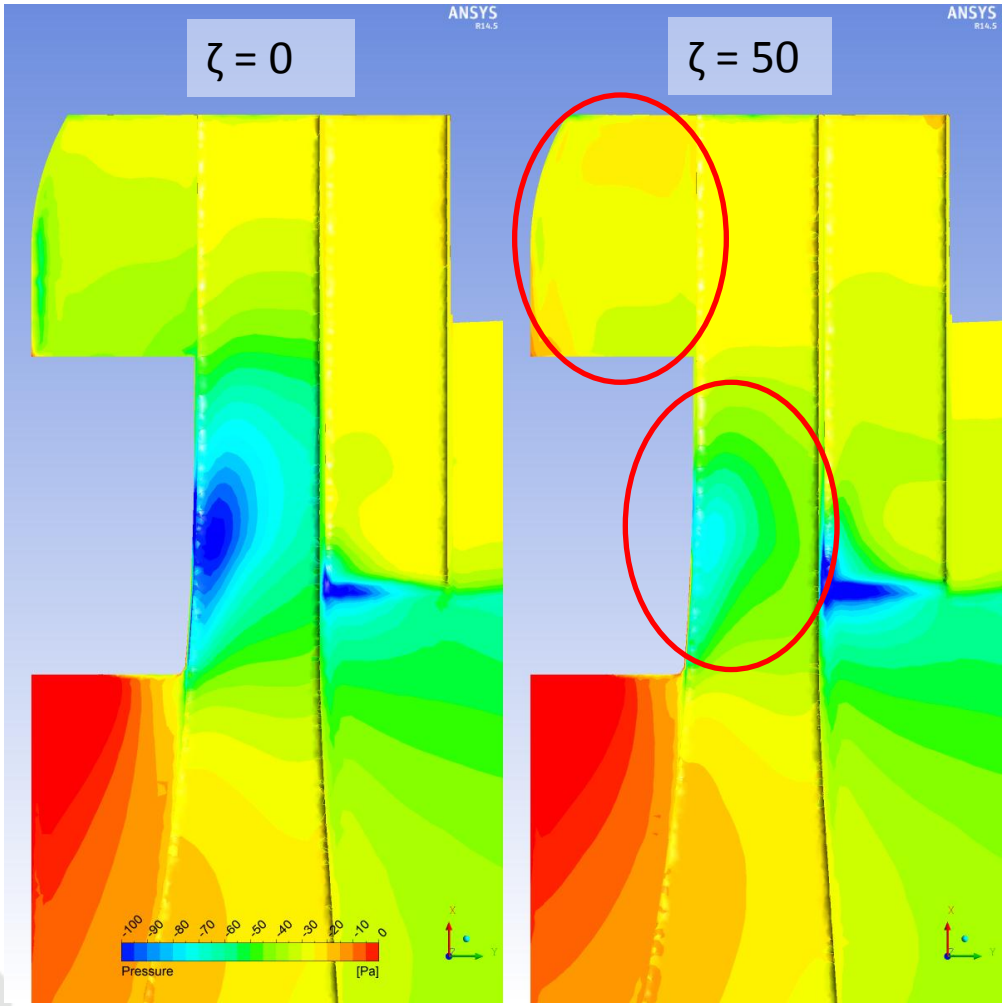
- Reduzierter Durchsatz des Kühlers bedingt reduzierten Unterbodendurchsatz
- Weniger Abtriebswirkung des Diffusors

ζ = 0



ζ = 50





Ergebnisse

Der Kühlerdruckverlust hat Einfluss auf die Aerodynamik des Fahrzeugs.

- Auswirkung auf Widerstand vernachlässigbar
- Abtrieb für $\zeta = 50$ um 5.6 % gegenüber freier Durchströmung reduziert, Hinterachskraft sinkt überproportional um 10%.

Im realistischen Bereich ($\zeta = 5..50$) sind die Unterschiede jedoch vernachlässigbar

- Auswahl eines Kühlers entsprechend der benötigten Kühlleistung

HAWKS
RACING

CFX
BERLIN