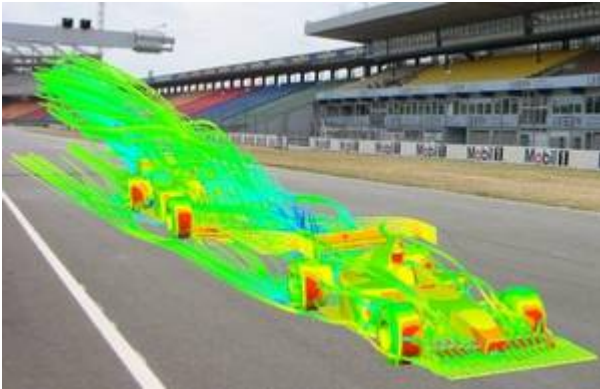


# Aerodynamische Interferenz zweier im Windschatten fahrenden Formel 1-Fahrzeuge



Die Leistungsdichte in der Formel 1 ist so dicht gestaffelt, dass im Wettkampf um die beste Rundenzeit nur noch Tausendstel über Sieg oder Niederlage entscheiden. Neben der stetigen Optimierung der Aerodynamik hat auch die Fahrtechnik einen entscheidenden Einfluß.

Bei den Überholvorgängen wird der Windschatteneffekt genutzt. Aufgrund des geringeren Luftwiderstandes des hinterherfahrenden Fahrzeugs kann die

freiwerdende Motorleistung, die sonst zur Überwindung des in freier Fahrt auftretenden Luftwiderstandes benötigt wird, in eine größere Beschleunigung und Geschwindigkeit umgesetzt werden.

Im Rahmen dieses Projektes ist die Aerodynamik an einem Fahrzeug untersucht worden, das sich in sogenannter *Clean Air* befindet, d.h. es trifft mit einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit auf ruhende nicht verwirbelte Luft. Demgegenüber steht ein Fahrzeug, das sich im Windschatten des Vorfahrenden befindet und durch die verwirbelte Luft im Nachlauf auf veränderte Bedingungen trifft. Die Problematik der Windschattenfahrt ist demnach in verschiedenen Abständen von 1m, 5m und 10m sowie den Fahrgeschwindigkeiten 100 km/h, 200 km/h, 300 km/h und 360 km/h erfolgt.

Auf der Basis des Modells des Ferraris F2004 ist durch die nachfolgenden Arbeitsschritte ein detailgetreues Computermodeill erstellt worden.





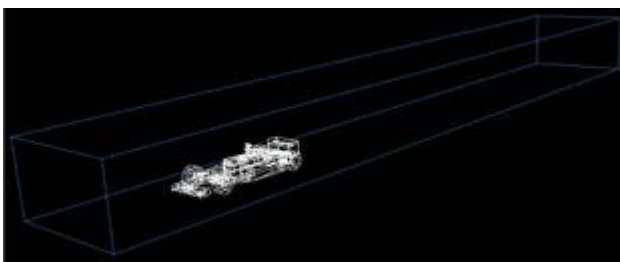
Bestimmung markanter Punkte zur Abgrenzung der Geometrie. Daraus entsteht das Modell als Punktwolke.

Davon ausgehend wird durch die Generierung von 3D-Splines ein sogenanntes Drahtgittermodell erstellt.

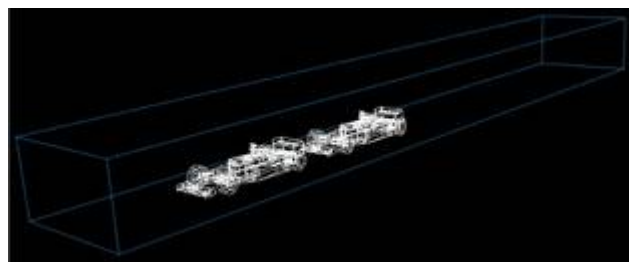


Erzeugung von Oberflächen anhand von 'Splines' zu einem Volumenmodell.

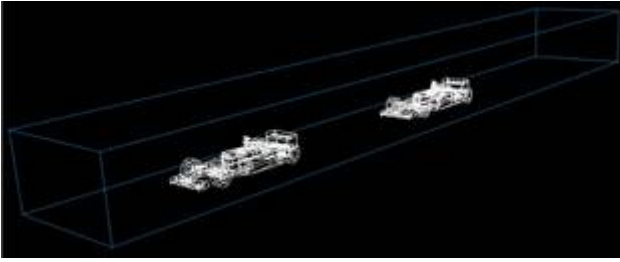
Für eine Simulation der Karosserieumströmung wird ein virtueller Windkanal benötigt. Die folgenden Abbildungen zeigen für die verschiedenen Abstände beim Windschattenfahren die jeweils modellierten Strömungskanäle.



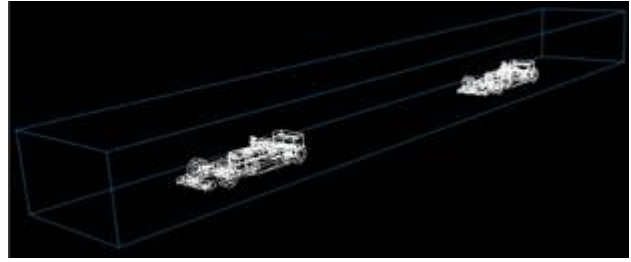
Referenzmodell



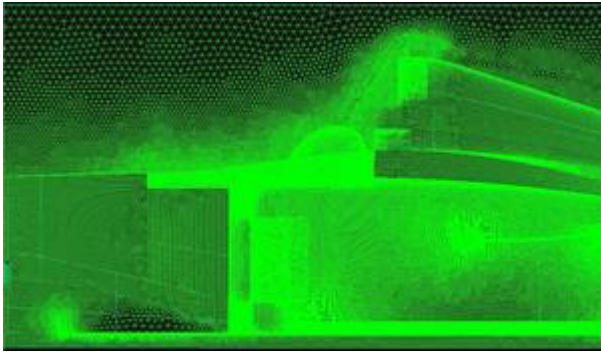
Abstand: 1m



Abstand: 5m

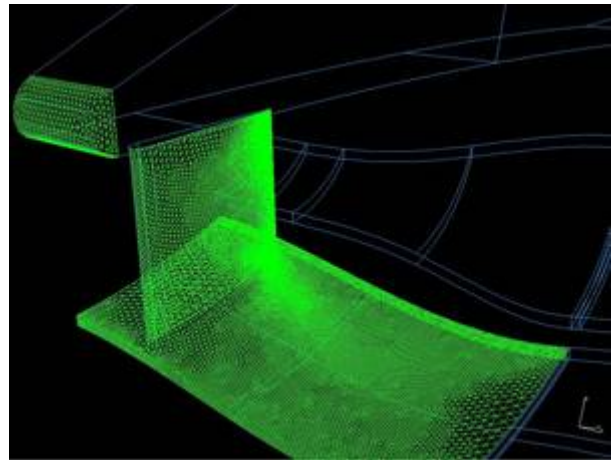


Abstand: 10m

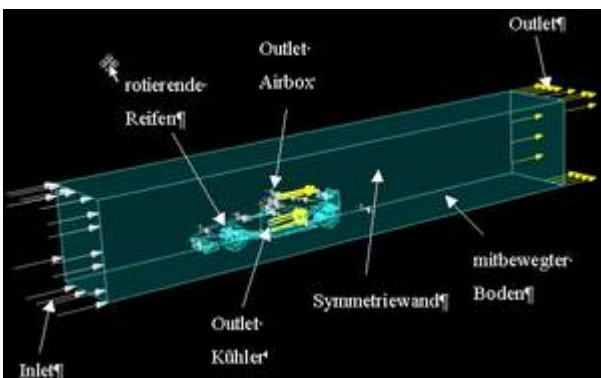


Die oben und rechts zu sehenden Abbildungen zeigen beispielhaft die vorgenommene Netzverfeinerung an strömungskritischen Stellen der Karosserie.

Für die Strömungsberechnung ist es notwendig, im Innern sowie auf den Berandungen des Berechnungsgebietes räumliche Stützstellen, in Form von Netzpunkten, festzulegen. Die Punkte werden miteinander durch Linien zu einem Netz verbunden. Dieses Verfahren der *Diskretisierung* wird angewandt, damit die Zustandsgrößen, wie z.B. Druck und Geschwindigkeit, nur in einigen diskreten Punkten zu bestimmten Zeitpunkten definiert sind. Die Gesamtheit aller Diskretisierungsstellen bezeichnet man als *numerisches Netz* oder *Gitter*.

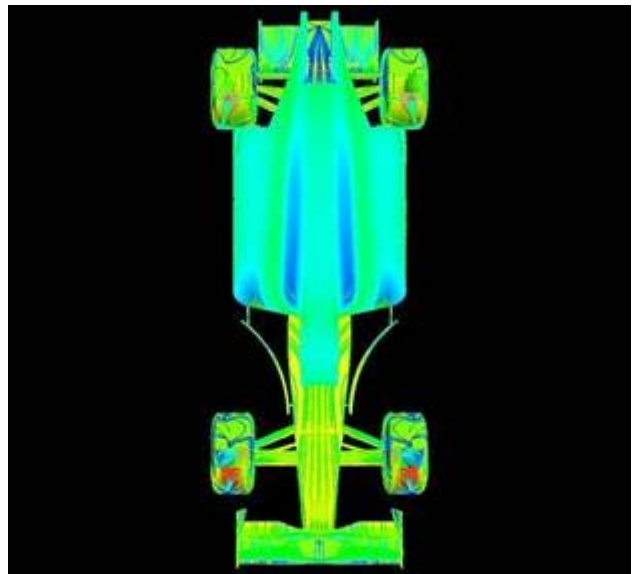
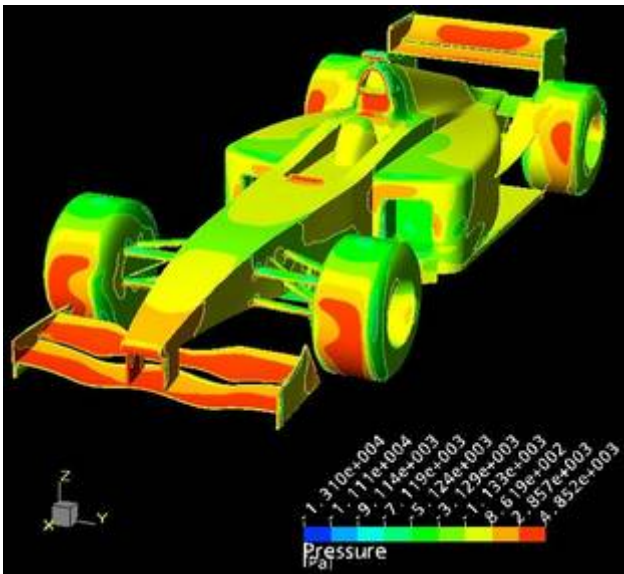


Bevor eine Strömungsberechnung gestartet werden kann, müssen auf die zuvor definierten Flächen die sogenannten Randbedingungen aufgebracht werden.

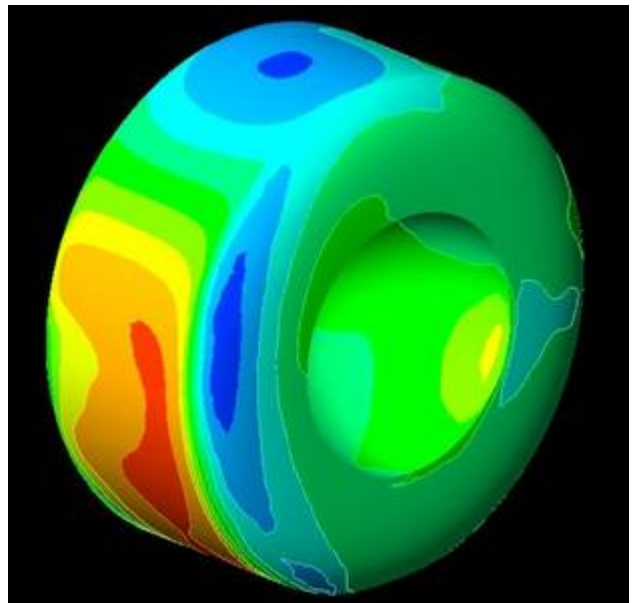
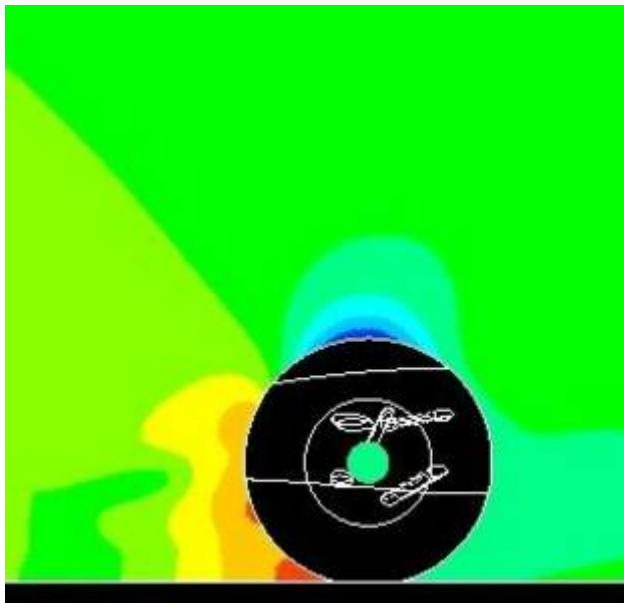


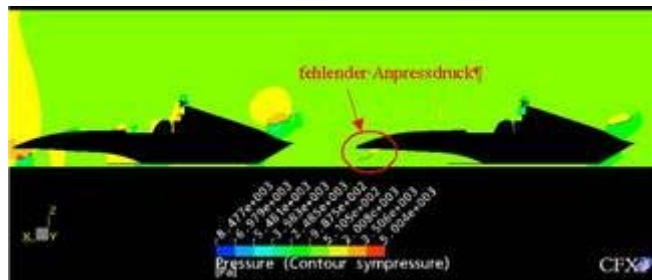
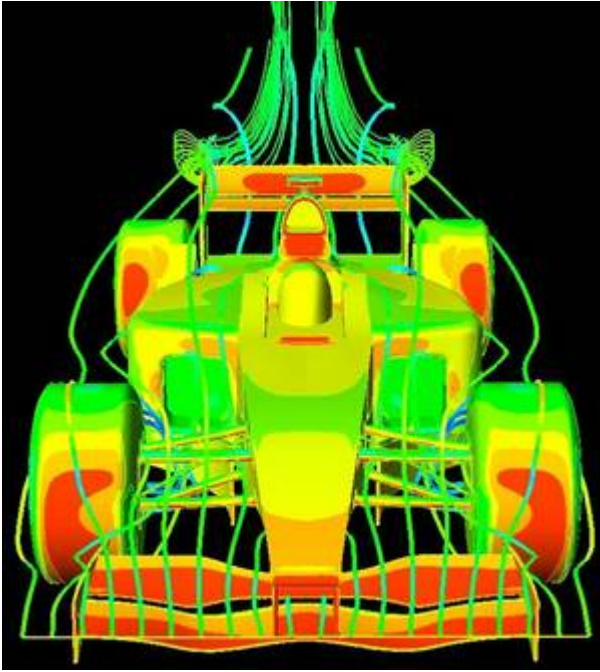
Nach erfolgter Simulation werden die verschiedenen Strömungsfeldgrößen und deren integrale Größen in Form von Konturflächen, Vektorfeldern und Diagramm dargestellt (siehe nachfolgende Abbildungen).

Die Front- und Heckflügel sowie die Bodenplatte mit Diffusor erzeugen den den größten Anteil am Gesamtabtrieb.



Dagegen sind die Räder und das Monocoque für unerwünschten Auftrieb verantwortlich.

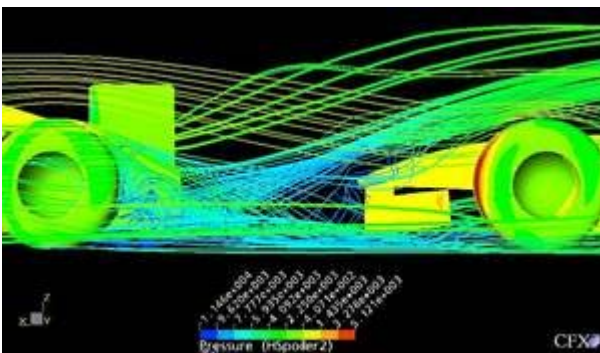




Wie die links stehende Abbildung zeigt, wird ein Fahrzeug in der sogenannten *Clean Air* optimal und sauber angeströmt.

Die Rechenergebnisse der Auftriebe zeigen, dass das vorne fahrende Fahrzeug den größten Abtrieb erzeugt. Die nachfolgenden Fahrzeuge erhalten jedoch weniger Abtrieb. Den extremsten Abtriebsverlust erfährt das Fahrzeug mit dem geringen Abstand von nur einem Meter. Dies macht sich so stark bemerkbar, dass in diesem Fahrzustand an dem Fahrzeug sogar Auftrieb erzeugt wird.

Solch eine Störung verändert das Fahrverhalten, wodurch das Fahrzeug sehr nervös und instabil wird. Ein Überholvorgang ist unter diesen Umständen, trotz des geringeren Luftwiderstandes, sehr riskant bis unmöglich.



Ein weiteres Problem sind starke Verwirbelungen am Heck und im Raum dahinter, die z.B. aus der Strömung durch den Diffusor entstehen. Diese Strömung ist durch den Winkel des Diffusors schräg nach oben gerichtet, so dass der Frontspoiler des nachfolgenden Fahrzeugs erst gar nicht richtig angeströmt wird. Man spricht hier auch von *Dirty Air*.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen an beispielhaften Zonen die auftretenden Verwirbelungen.

