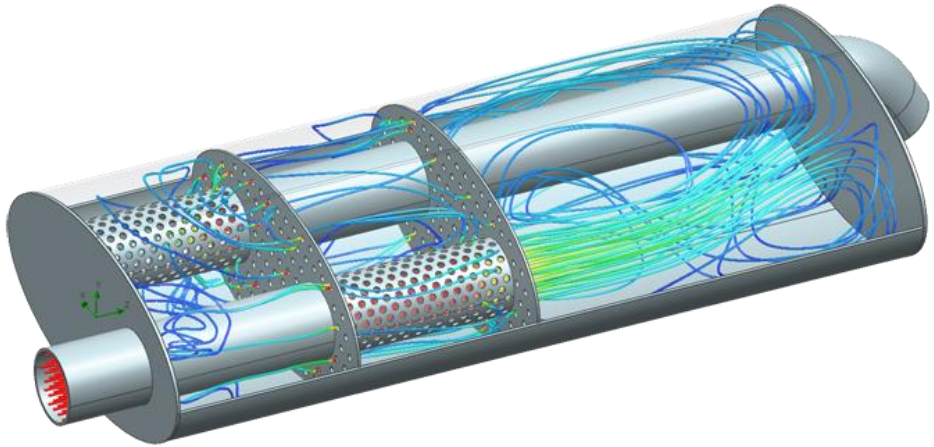
SMART Engineering GmbH
Dipl.-Ing. Rolf Bröske
Innungsstraße 7a
21244 Buchholz
Tel. 04181/40672-20
rolf.broeske@smart-fem.de
www.smart-fem.de



CFD Analysen auf die SMARTe Art

Kurzvorstellung SMART Engineering

- seit 1996 Vertrieb von Femap und Nastran
- seit März 2006 Siemens Vertriebspartner
- seit Mai 2017 Mentor Vertriebspartner
- 10 Ingenieure für Vertrieb/Support/Consulting
- Büros in Buchholz und Marburg
- Kooperationen mit diversen Siemens CAD-Partnern
- persönliche Betreuung durch qualifizierte Ingenieure

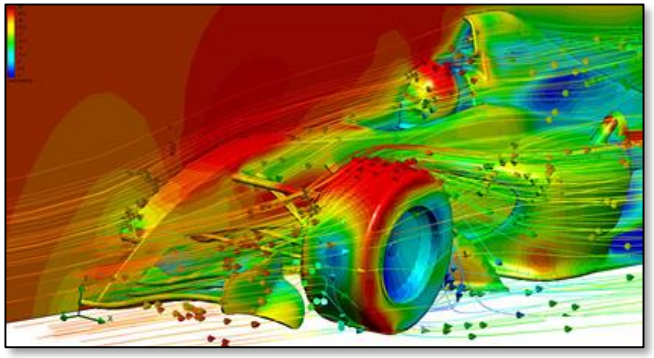
Domains:

- floefd.de
- smart-fem.de
- nastran.de
- femap.de

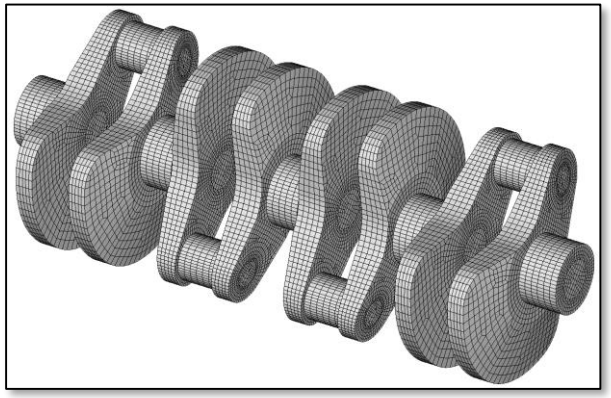
FEM-Forum: fem-experts.de

Angebotene CAE-Lösungen

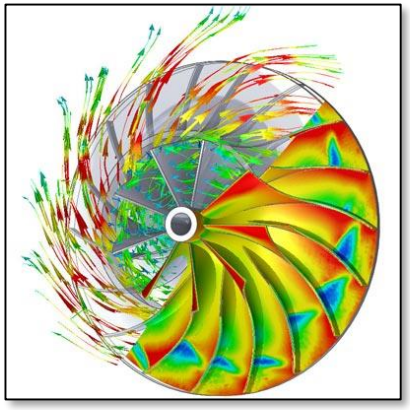
- FloEFD
- Femap
- NX Nastran
- Simcenter
- winLIFE
- SDC Verifier



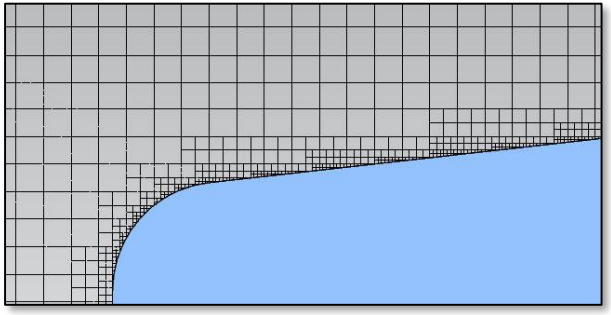
Courtesy of Voxdale



Was ist FloEFD?

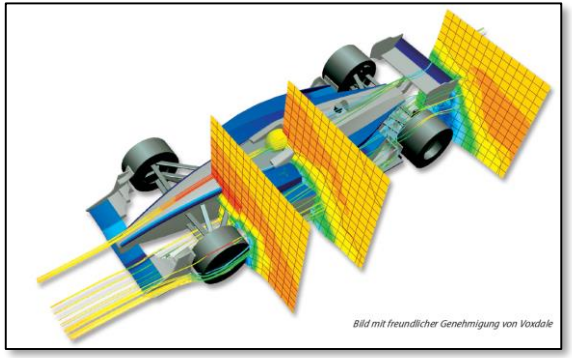


- CAD integriertes CFD-System
  - Solid Edge
  - Creo
  - NX
  - Catia
  - Standalone (Solid Works)
- kartesische Netze und SmartCells™
- automatische Erkennung der Strömungsgebiete



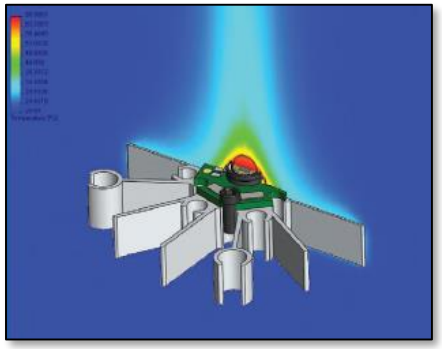
FloEFD Historie

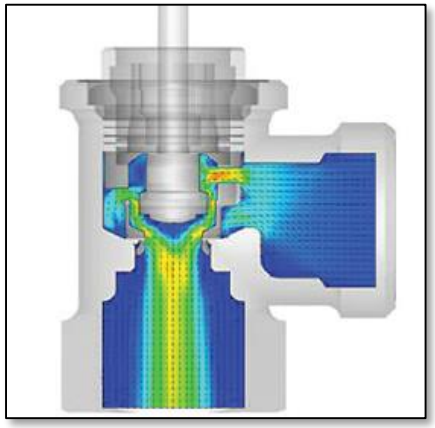
- Entwickelt am Moskauer Institut für Physik und Technologie (MIPT)
- erste Version Ende der 1980er Jahre
- ursprüngliche Bezeichnung: Aeroshape-3D
- die deutsche NIKA GmbH übernimmt 1998 die Rechte
- 2006 wird NIKA von Flomerics Ltd. Übernommen
- Mentor Graphics übernimmt 2008 Flomerics
- 2017 Übernahme von Mentor durch Siemens

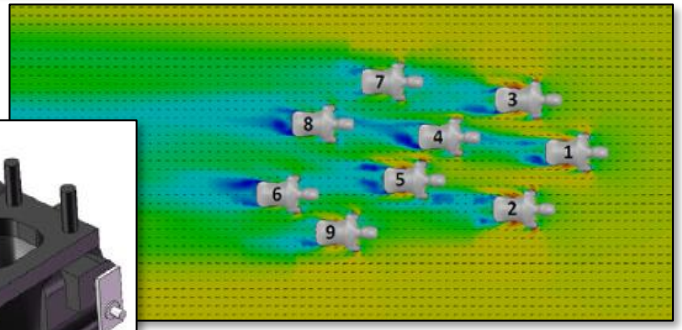


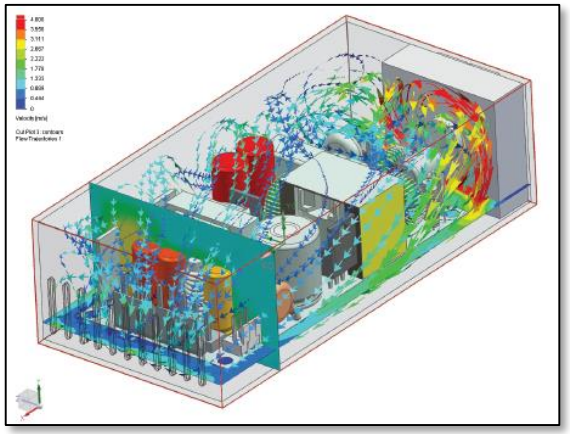
FloEFD Anwendungsbeispiele

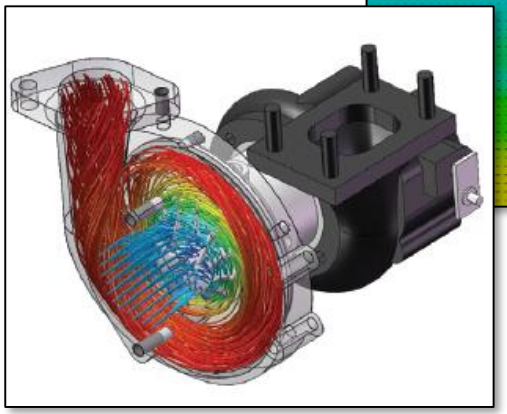
- interne Strömungen
- externe Strömungen
- Thermalanalysen
- Elektronikkühlung
- Pumpen, Gebläse, ..





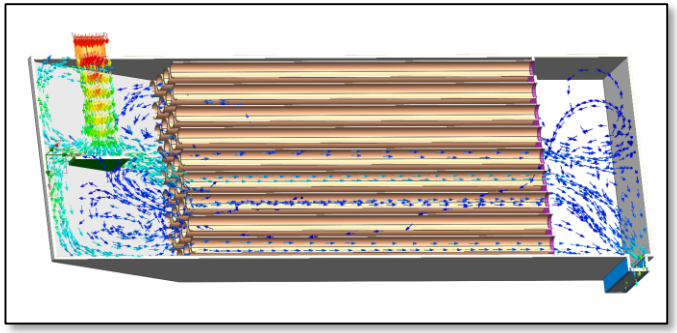


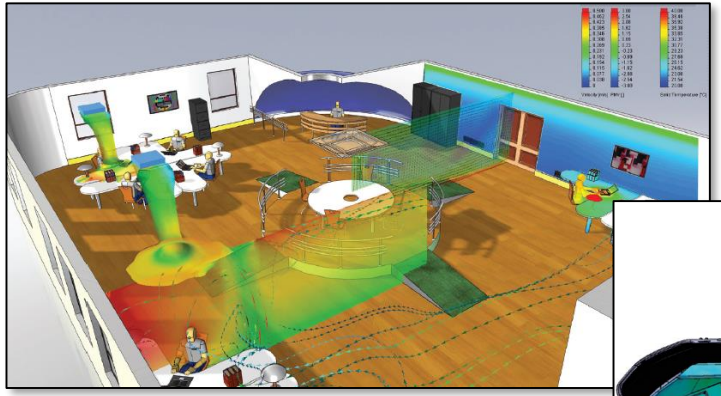


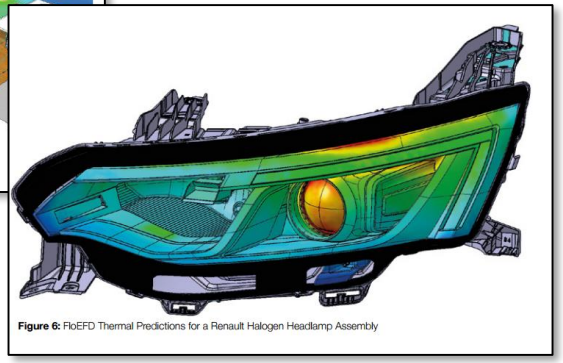


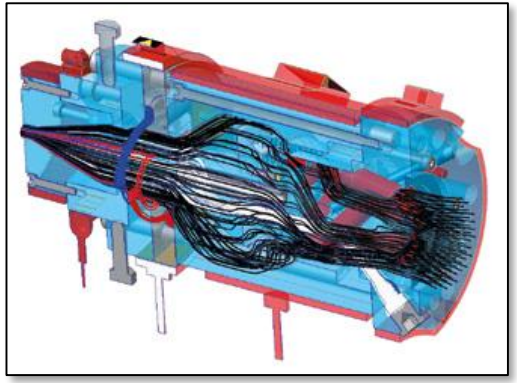
FloEFD Anwendungsbeispiele

- Mischvorgänge, Partikelströmungen
- Klimatisierung
- LED-Lampen, Scheinwerfer
- Extrusionsverhalten









typische Anwendergruppen

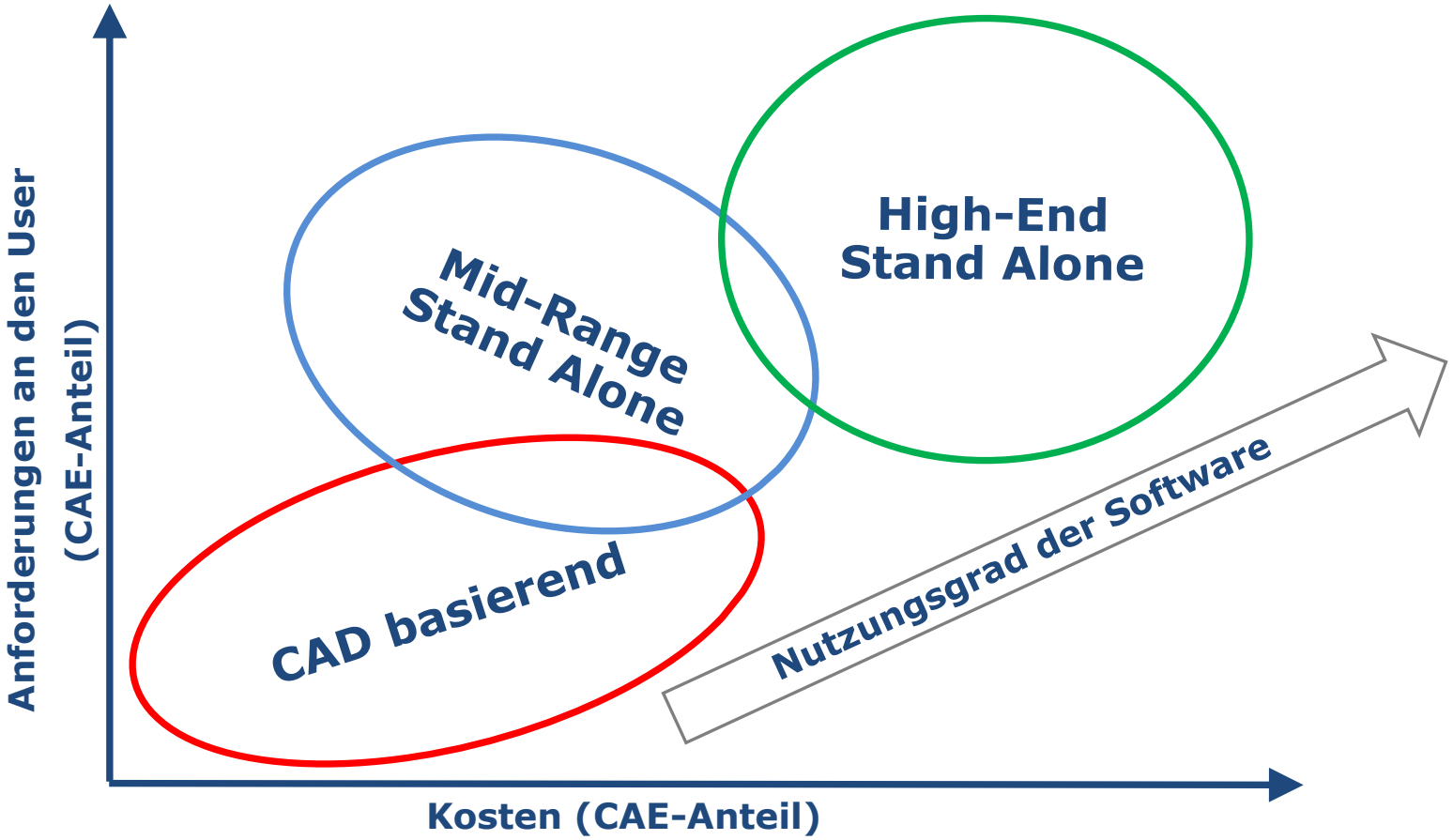
Berechnungsexperte:

- erfahrenen „Simulant" mit entsprechender Ausbildung
- verfügt über langjährige Berufserfahrung
- überwiegend in größeren Unternehmen tätig
- kennt „sein" FEM/CFD/MKS-Programm aus dem Effeff
- hervorragend qualifiziert, wenn es um komplexe Analysen geht
- nutzt das CAD-System nur als Mittel zu Zweck

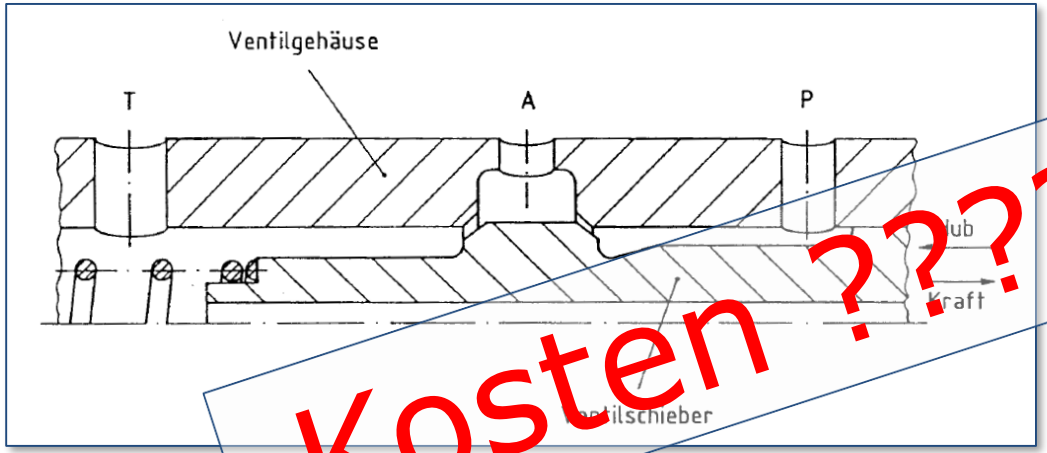
Konstrukteur:

- kennt „seine" Maschine/System besser als jeder andere
- ohne ihn gibt es keine Neu- und Weiterentwicklungen
- das CAD-System ist sein wichtigstes Werkzeug
- Mechanik war nicht sein Lieblingsfach
- zunehmend gefordert einfachere Simulationen durchzuführen

Simulationslösungen (FEM/CFD/MKS)



CFD-Simulation 1990



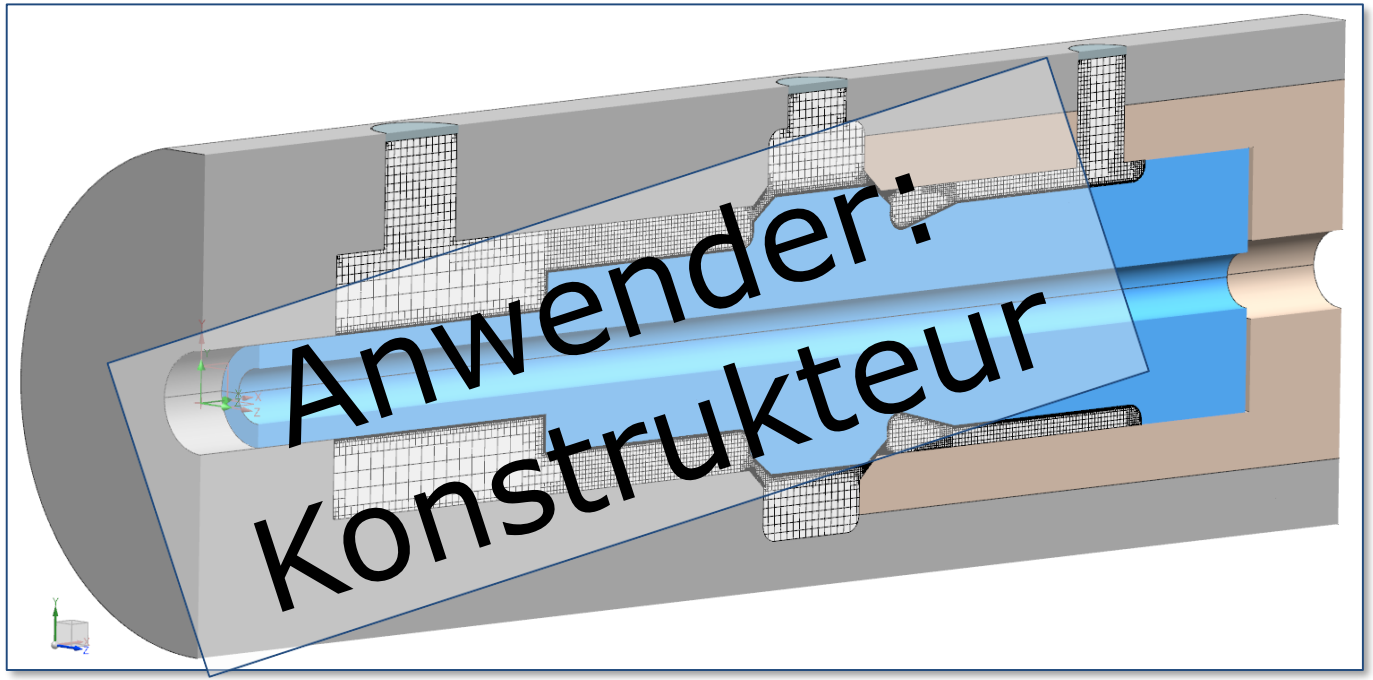
Kosten ????

- Dr. rer. nat. Th. Grauer
- Dr.-Ing. Th. H. Nguyen
- Dipl.-Ing. C. Jansson
- Dr.-Ing. K. Engelsdorf

2D-Modell (axisym)
- 3.400 Knoten (FEM-Solver)
- VAXstation 3200: 2 h

3D-Modell (180°)
- Vernetzung: ca. 6 Wochen
- 13.000 Knoten
- VAXstation 8700: 70 bis 140 h
- Cray-2: 1 bis 2 h

CFD-Simulation 2018 (FloEFD)



3D-Modell (180°): Modellerstellung + Analyse < 30 Min.

Hintergründe für diese drastischen Veränderungen

1990

- 3D-Modelle nur mit Hexaedern
- Modellierung basierend auf Zeichnungen
- GUI's wenig benutzerfreundlich
- Solverleistung wenig entwickelt
- Betriebssysteme nur 16 bzw. 32 Bit
- CPU-Leistung und RAM stark limitiert
- Kosten für Hard- und Software sehr hoch

2018

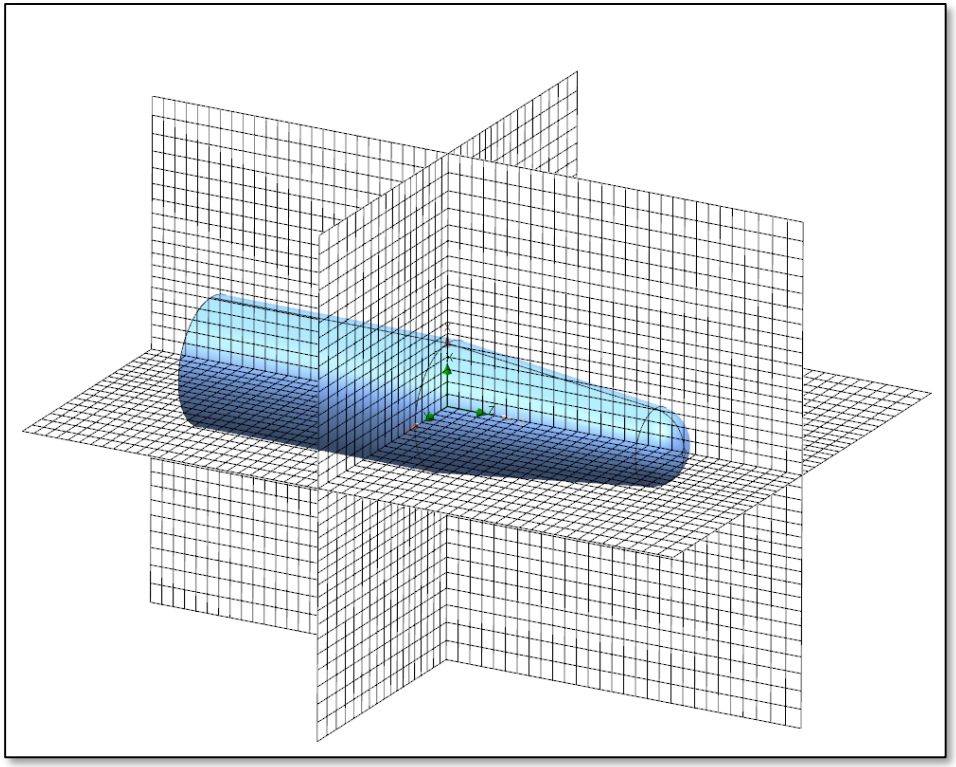
- unstrukturierte Netze
- Nutzung der 3D-CAD Daten
- GUI's sehr benutzerfreundlich
- Multi Core Solver
- Betriebssysteme 64 Bit
- Hardware + RAM leistungsfähig
- Hardware sehr günstig
- Softwarekosten teilweise hoch

besondere Merkmale FloEFD

- direkt im CAD integriert
- kartesische Netze
- SmartCells™ (Immersed Boundary Methode)
- Grenzschicht muss nicht explizit erstellt werden

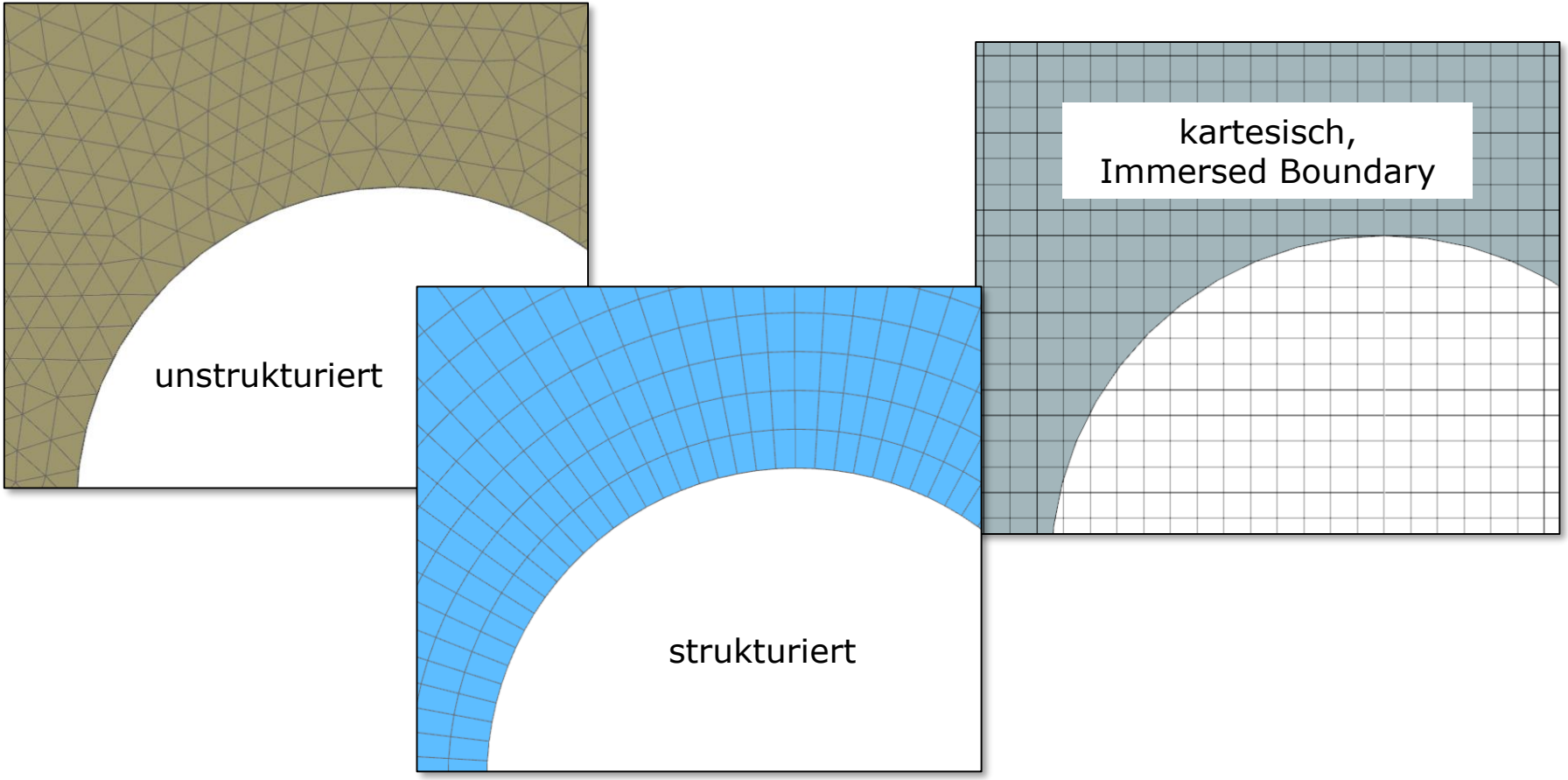
Was sind kartesische Netze?

- **Ein kartesisches Netz besteht aus orthogonalen, rechteckigen Zellen**

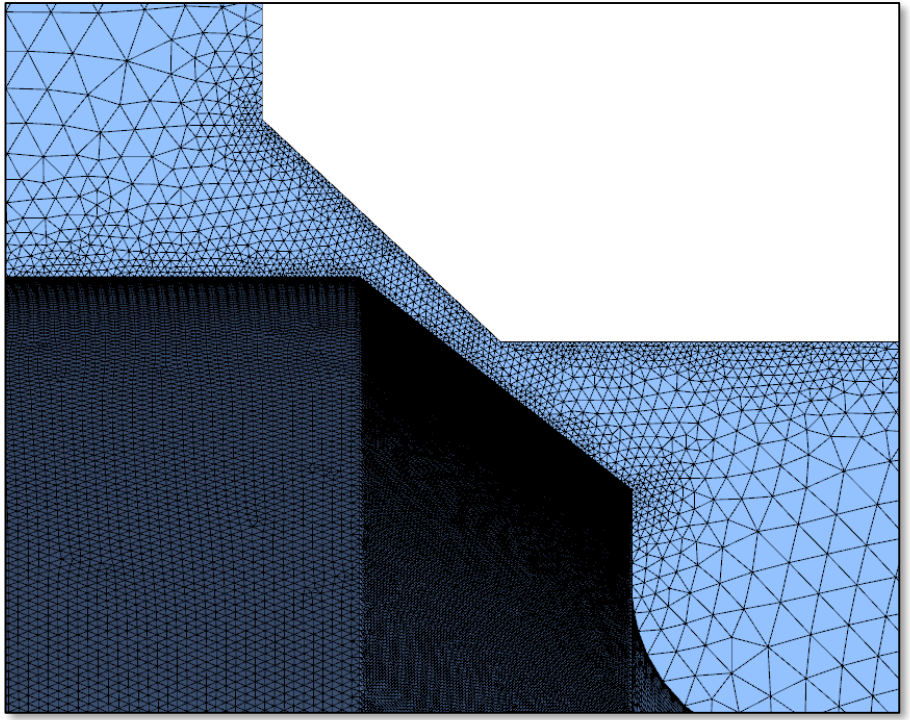


Schnittdarstellung (zwei Ebenen) eines kartesischen Netzes

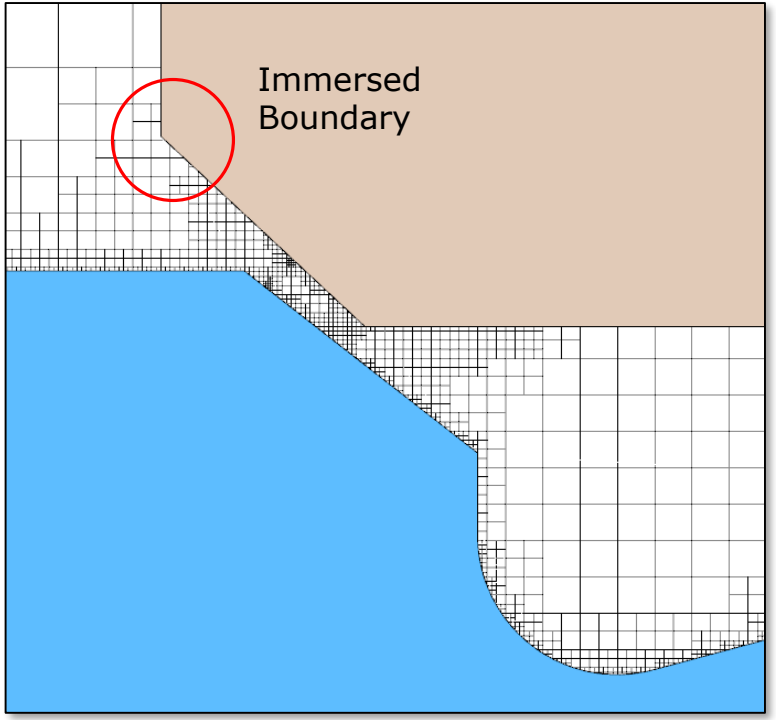
Unterscheidung der Netztypen



unstrukturierte vs kartesische Netze



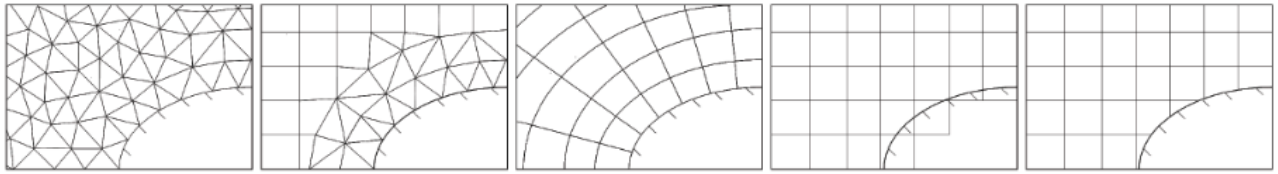
unstrukturiertes (Tetraeder) Netz



kartesisches Netz

SmartCells™

- in den 1980er Jahren am Moskauer Institut für Physik und Technologie entwickelt
- wie 90% aller CFD-Codes Finite Volumen basierend
- eine spezielle Form der Immersed Boundary Methode
- erlauben deutlich weniger bzw. gröbere Zellen als anderes Codes



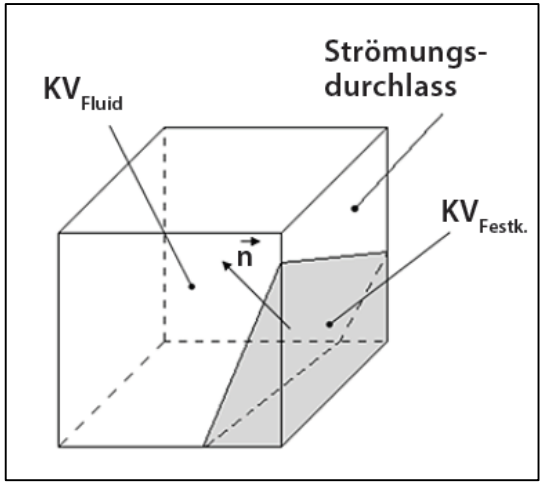
Netz	Unstrukturierte Dreiecke		Strukturierte Dreiecke		Strukturierte Kurven		Kartesisch [Aftosmis]		FloEFD SmartCells	
	Zellen	$\|\|LTE\|\|_{L^1}$	Zellen	$\|\|LTE\|\|_{L^1}$	Zellen	$\|\|LTE\|\|_{L^1}$	Zellen	$\|\|LTE\|\|_{L^1}$	Zellen	$\|\|LTE\|\|_{L^1}$
Ergebnisse	128	0,52552	144	0,37926	144	0,30998	138	0,03065	140	0,03014
	505	0,22529	525	0,07571	525	0,09223	507	0,00930	516	0,00916
	1918	0,11936	2001	0,01565	2001	0,02422	1928	0,00246	1944	0,00235
	7490	0,05940	7809	0,00347	7809	0,00629	7549	0,00059	7526	0,00058

Vergleich von CFD-Netzen anhand der nach Zellenanzahl erreichbaren numerischen Genauigkeit

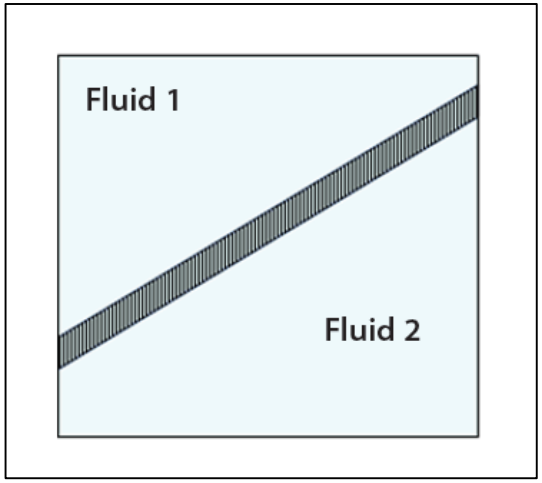
LTE: local truncation error (kleinere Werte = höhere Genauigkeit

SmartCells™

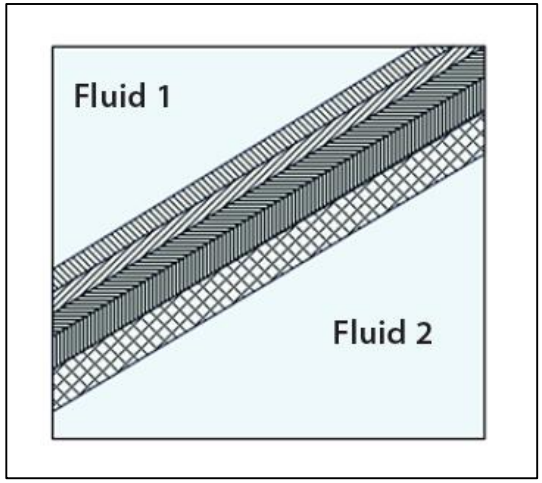
- **können aus mehreren Kontrollvolumina bestehen (bis zu 20)**
- **die Kontrollvolumina können aus unterschiedlichen Materialien/Fluiden bestehen**



SmartCell™ mit zwei Kontrollvolumina



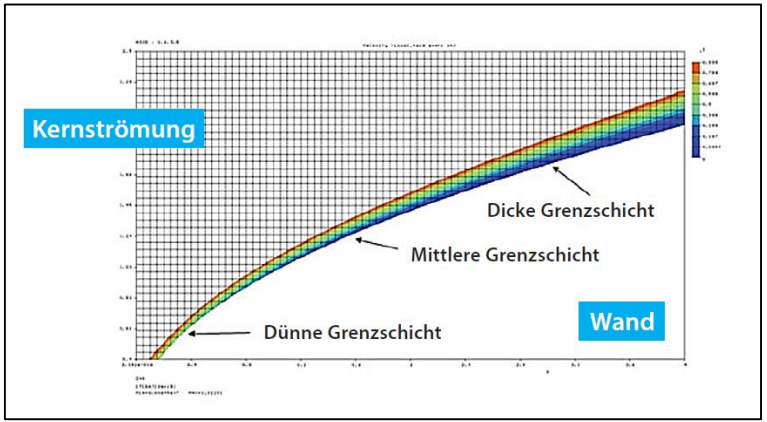
SmartCell™ mit drei Kontrollvolumina



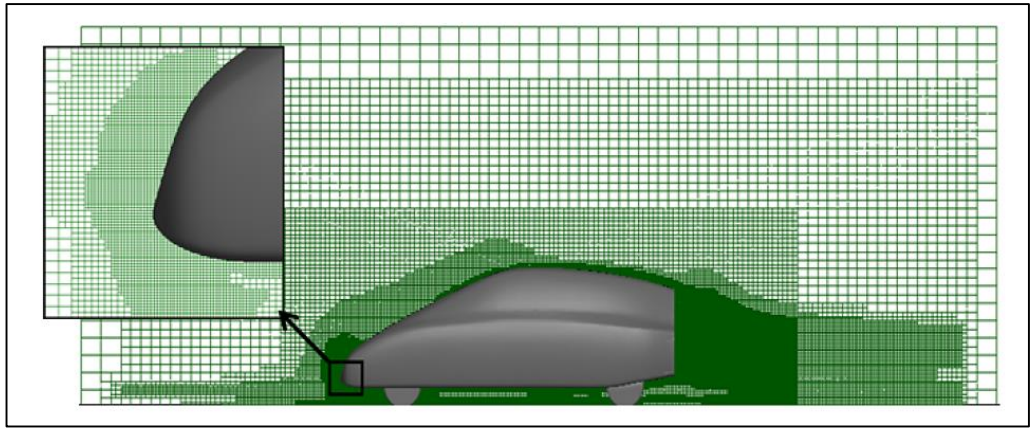
SmartCell™ mit sieben Kontrollvolumina

SmartCells™

- berücksichtigen laminare und turbulente Strömungen im selben Berechnungsraum
- lösen Grenzschichten bei Bedarf automatisch feiner auf



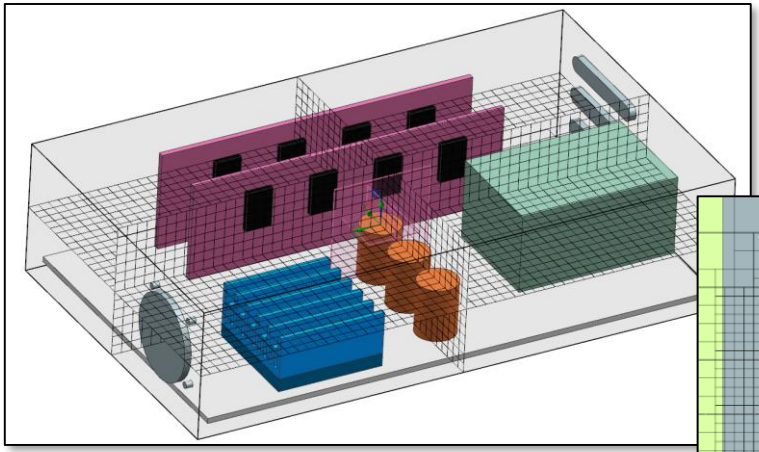
unterschiedlich dicke Grenzschichten in Abhängigkeit vom Temperaturgradienten

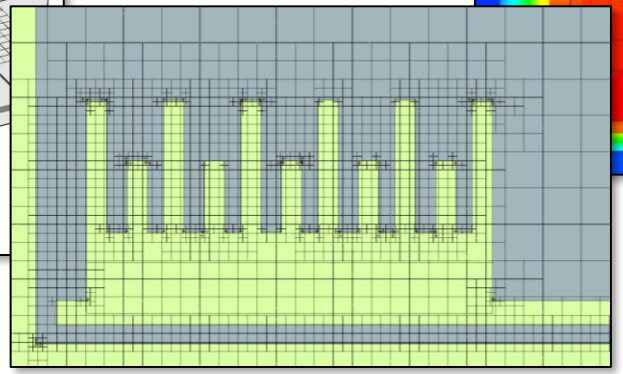


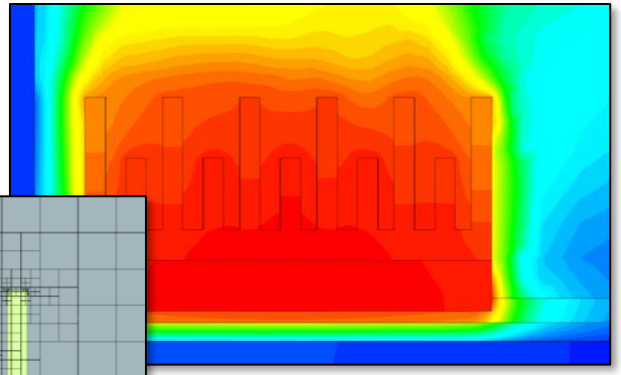
aerodynamik Benchmark ASMO-Fahrzeug

Hauptvorteile der SmartCells™

- Vernetzung direkt auf der Geometrie, problematische Flächen (z.B. extrem kleine Flächen oder tangentiale Ausläufe) bereiten keine Probleme
- eine Zelle darf aus Fluid und Solid bestehen → keine separate Vernetzung von Fluid und Solid
- der Aufwand für die Vernetzung reduziert sich besonders bei gekoppelten Analysen drastisch
- Grenzschichten werden bei Bedarf automatisch verfeinert

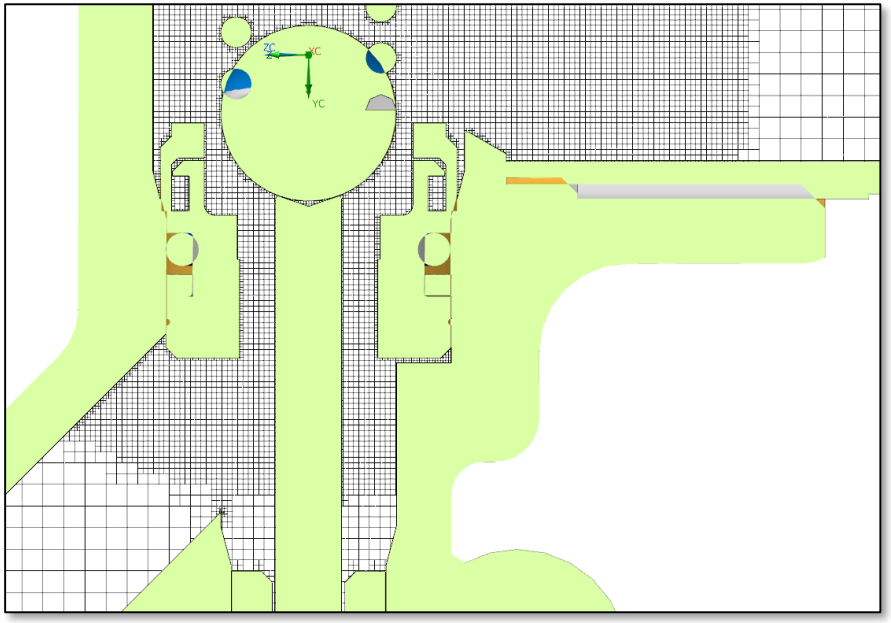




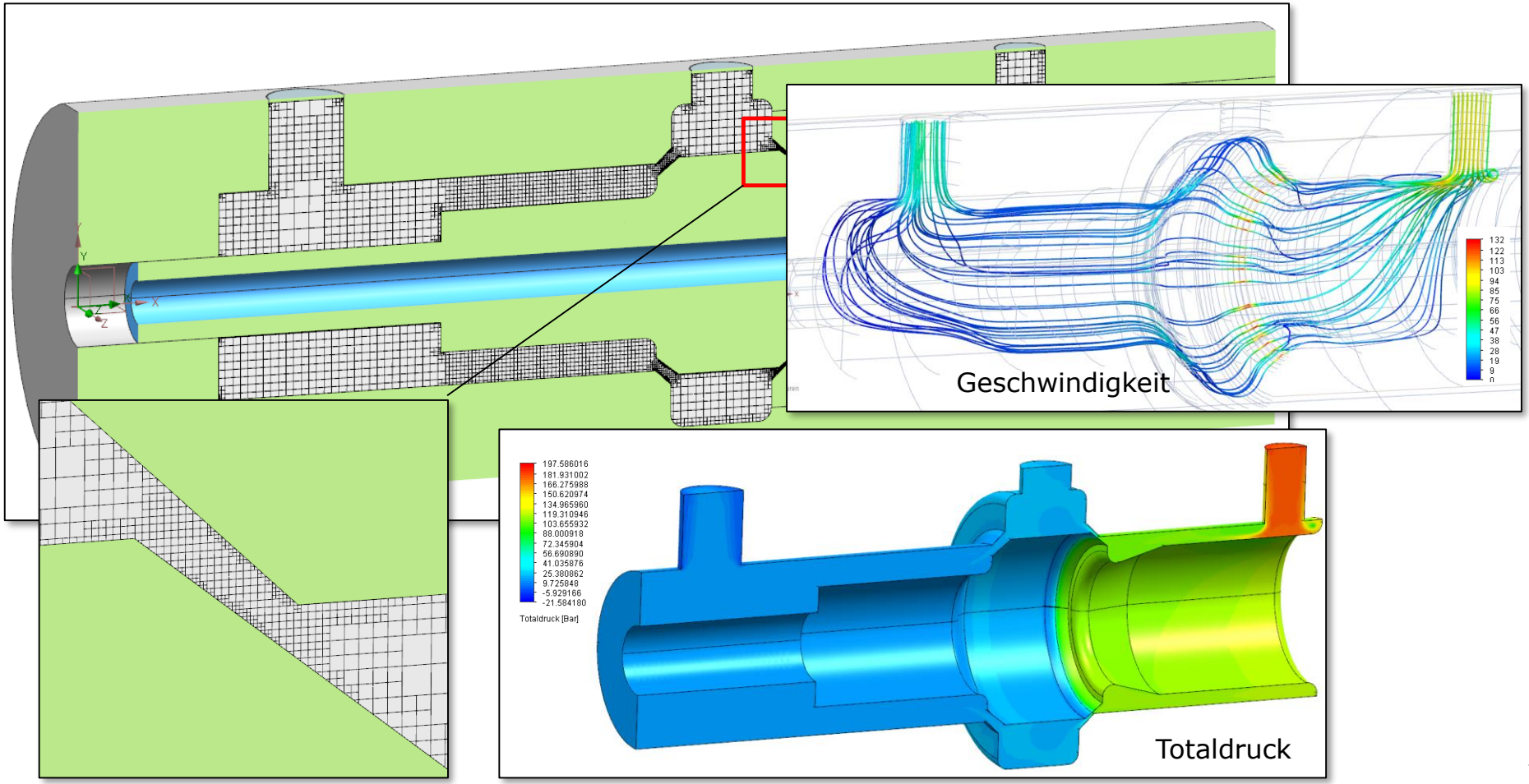


weitere Besonderheiten der FloEFD Vernetzung

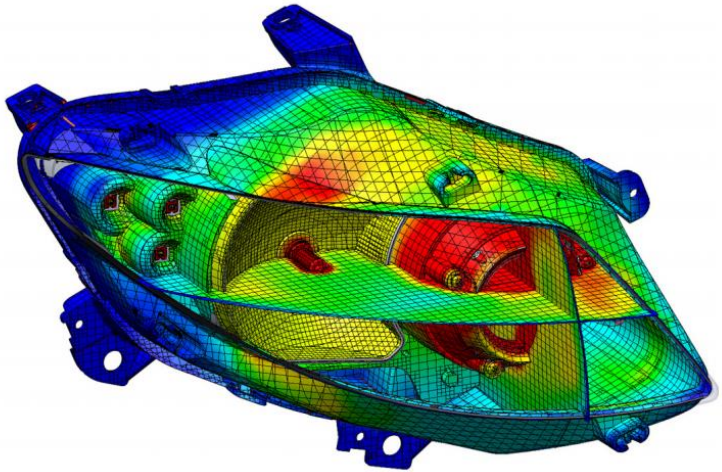
- **lokale Verfeinerungen lassen sich einfach realisieren:**
  - **automatisch während der Analyse**
  - **über Flächen**
  - **Bereichsweise über Quader/Kugel/Zylinder**



Hydraulikventil



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Ihre Fragen ..