Numerische Berechnung der Schutzgas-abdeckung von integrierten Schleppgasdüsen mit Schalldämpfer im Prozess

30. September 2015

Dipl.-Ing. (FH) Jan Smedseng
CFX Berlin Software GmbH
Karl-Marx-Allee 90 A
10243 Berlin

CFX Berlin Software GmbH

Simulationskompetenz aus Berlin

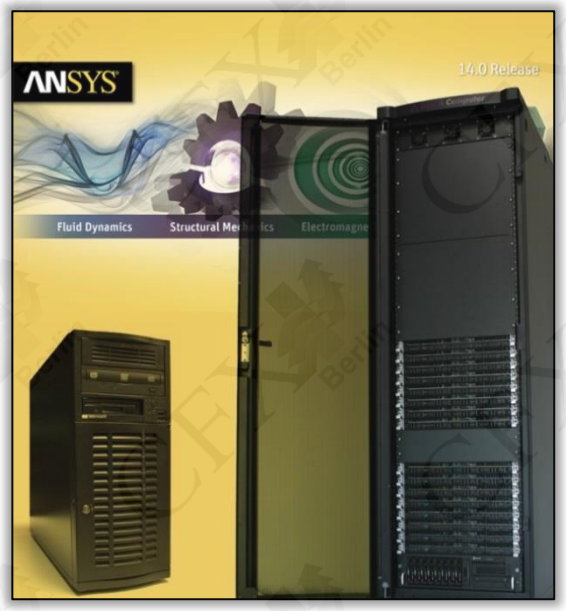
- CFX Berlin bietet seit 1997 als Partner von ANSYS, Inc. und CADFEM Lösungen und Simulationssoftware für:
  - Strömungsmechanik & Thermodynamik
  - Elektromagnetik
  - Strukturmechanik

- CFX Berlin-Geschäftsfelder:
  - ANSYS-Simulationssoftware
  - Berechnung & Optimierung
  - Beratung & Schulung
  - Forschung & Entwicklung

CFX Berlin Software GmbH

Überblick I

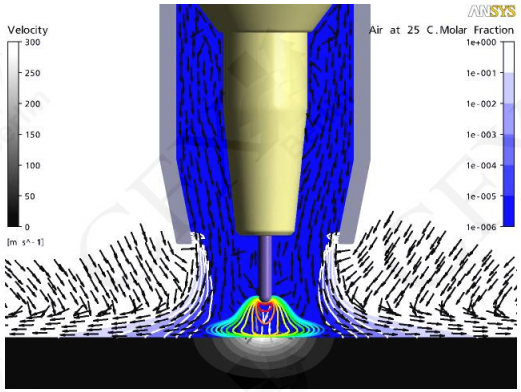
- Wie bieten Ihnen schlüsselfertige Simulationslösungen, bestehend aus:
  - ANSYS-Softwarelizenzen,
  - optimal abgestimmter Hardware,
  - individuellem Einarbeitungskonzept,
  - persönlichem Ansprechpartner für Support & Anwendungsberatung.



- Wir unterstützen Sie schon vorher mit:
  - Prozess- & Bedarfsanalyse, Lastenhefterstellung,
  - Entwicklung von optimalen Lösungen für Ihr Unternehmen,
  - Vorbereitung, Begleitung & Auswertung von Testinstallationen,
  - Erarbeitung individuell abgestimmter Schulungsmaßnahmen.

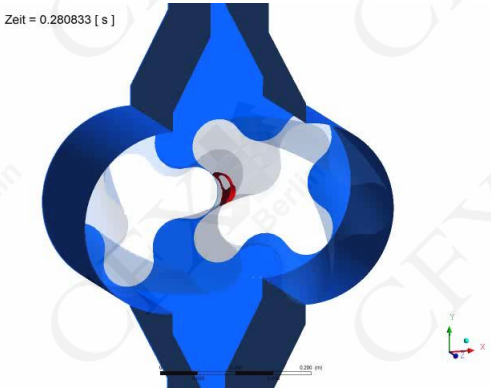
CFX Berlin Software GmbH
Überblick II

- Wir unterstützen auch im Rahmen von Dienstleistungen:
  - Simulation & Validierung mit Qualitätsgarantie
  - Auslegung & Optimierung von strömungstechnischen Maschinen und Anlagen
  - Modell- & Softwareentwicklung



Beispiel Schweißprozesssimulation: Schutzgasströmung mit Lichtbogen

- Wir machen Forschung & Entwicklung
  - öffentlich geförderte F&E-Projekte
  - industriegeförderte Auftragsforschung
  - interne Projekte



Beispiel Drehkolbenpumpe: Darstellung von Kavitation im Spalt

MAHLE TAKATA FES EagleBurgmann Siempelkamp LZH FIMA infineon truma

Inhalt

- Aufgabenstellung
- Model
  - Geometrie
  - Rechengitter
  - Randbedingungen
  - Stoffdaten
  - Berechnungsverlauf
- Ergebnisse
  - Schutzgasabdeckung
  - Spülvorgang
- Zusammenfassung

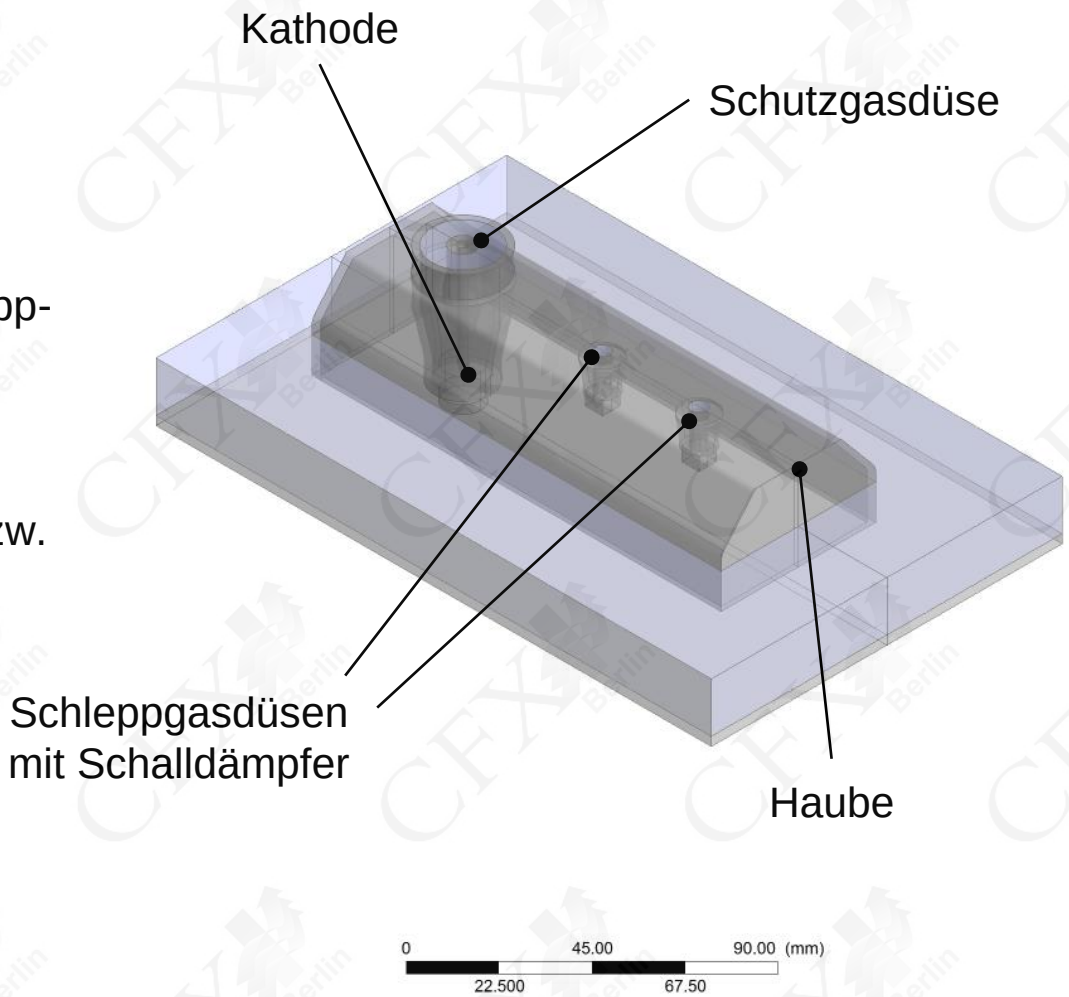
Gasbox

Aufgabenstellung

- Aufgabenstellung
  - Inhalt der Arbeit ist die numerische Berechnung und Bewertung der Schutzgasabdeckung von Schleppgasdüsen.
  - Leistungsumfang
    - Vernetzung
    - Berechnung
      - turbulent
      - kompressibel
      - Elektromagnetik mit Lichtbogen
      - Mehrkomponenten
      - stationär
      - Festkörper

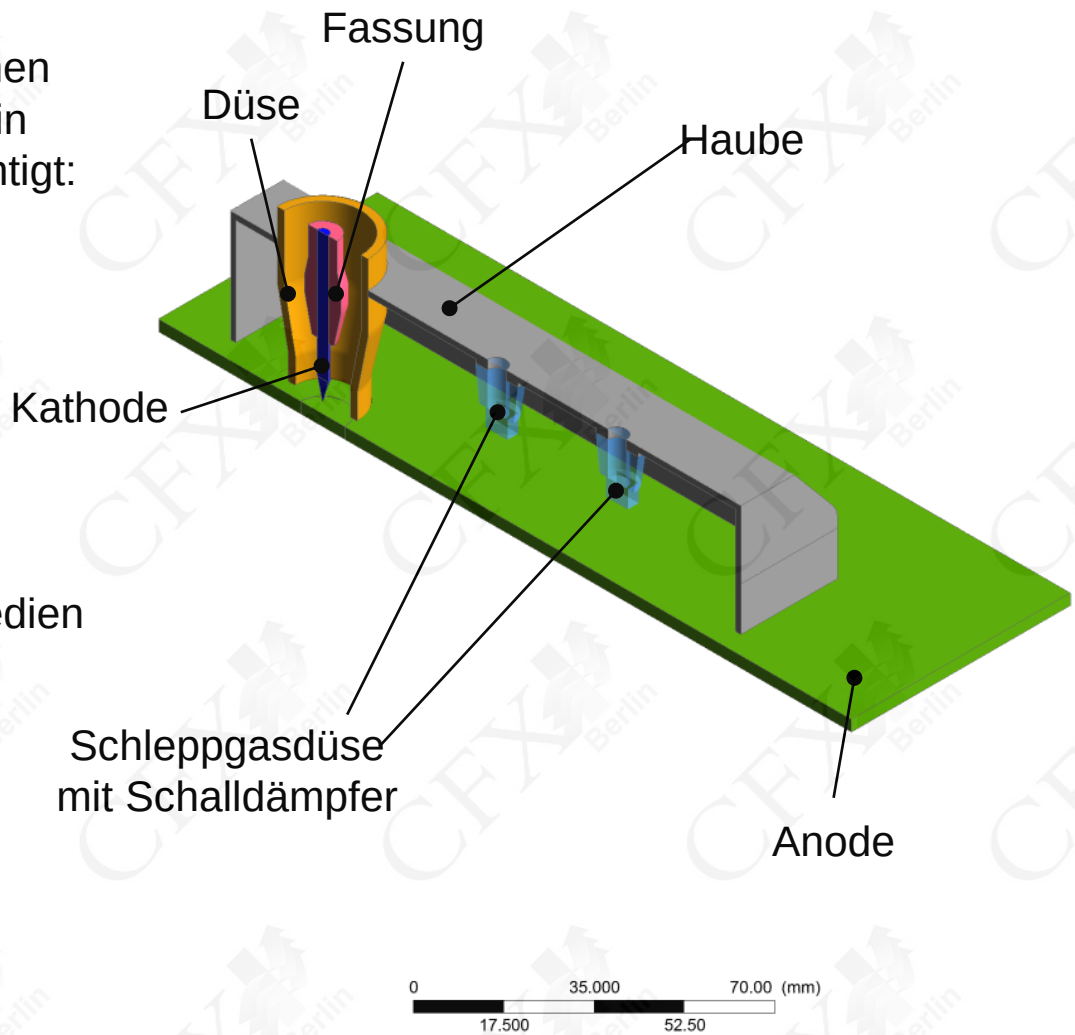
Geometrie

- Geometriemodell
  - Die Geometrie basiert auf Versuchsentwürfen der TU Dresden.
  - Nebenstehende Geometrie besitzt zwei integrierte Schlepp-gasdüsen mit Schalldämpfer.
  - Der Abstand der Haube vom Werkstück beträgt 3.0 mm bzw. 5.0 mm



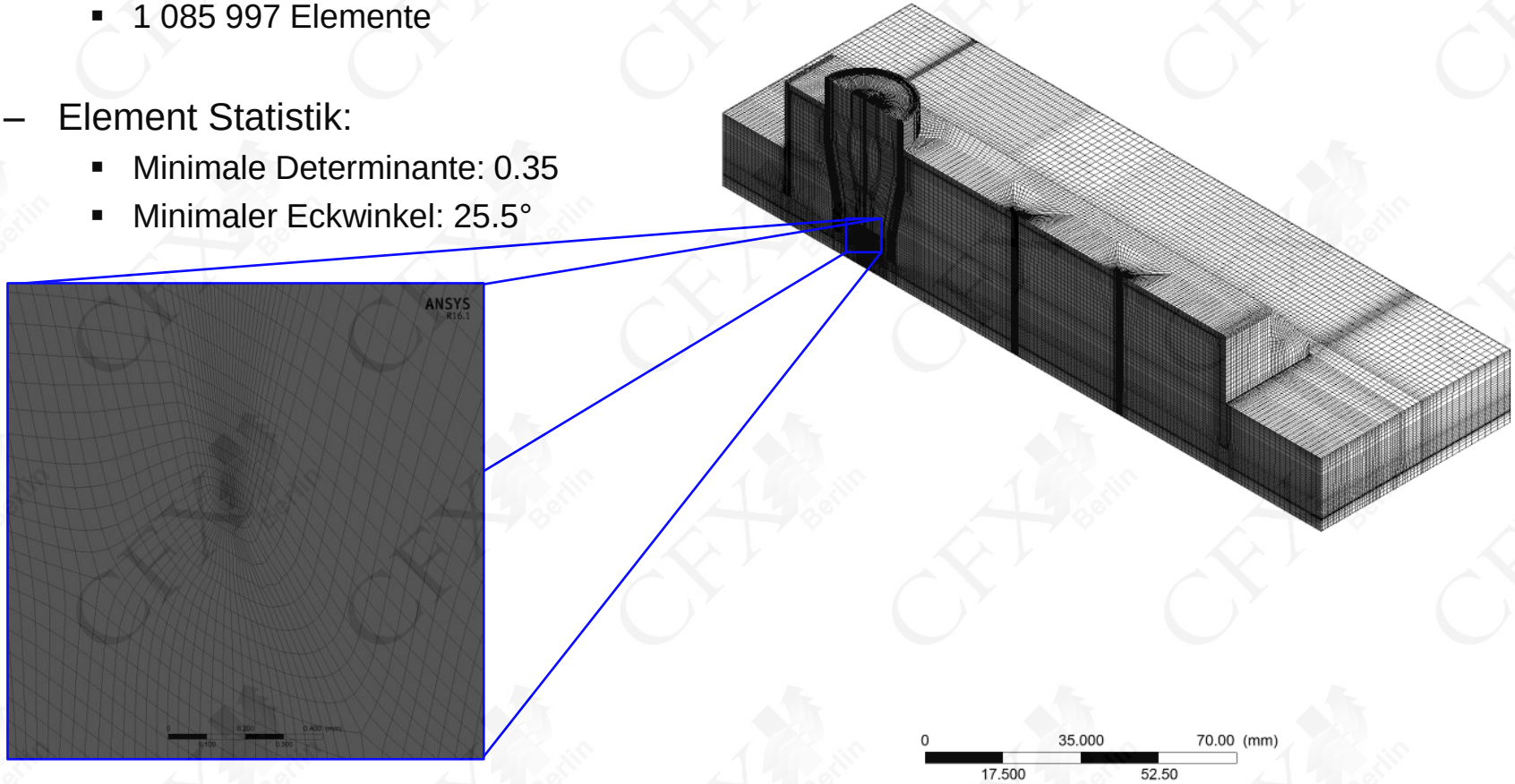
Geometrie

- Geometriemodell
  - Neben dem Strömungsvolumen werden folgende Festkörper in der Simulation mit berücksichtigt:
    - Düse
    - Kathode
    - Haube
    - Anode
    - Fassung
  - Darüber hinaus werden die Schalldämpfer als poröse Medien betrachtet.



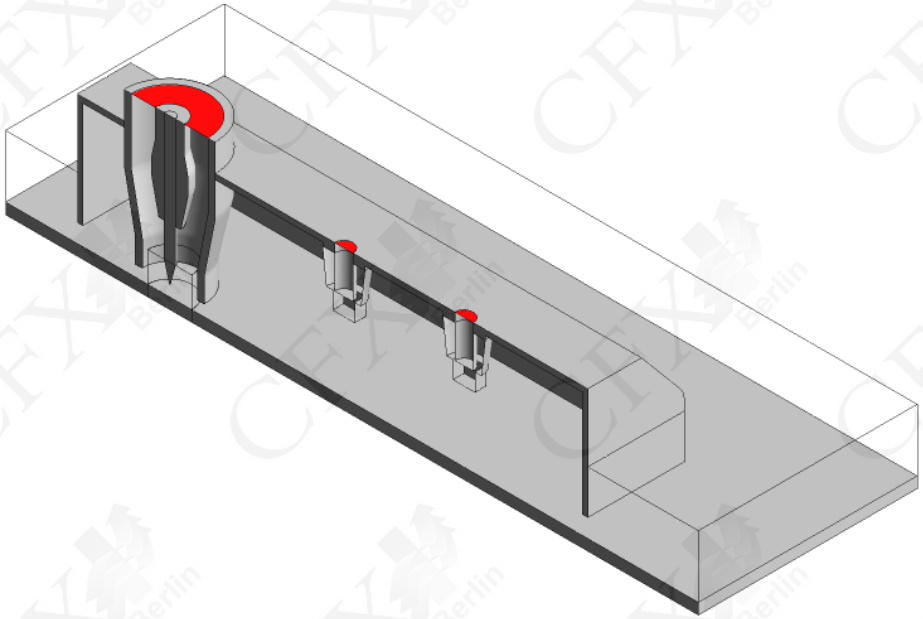
Rechengitter

- Rechengitter
  - Hexahedrales Rechengitter:
    - 1 180 608 Knoten
    - 1 085 997 Elemente
  - Element Statistik:
    - Minimale Determinante: 0.35
    - Minimaler Eckwinkel: 25.5°



Randbedingungen

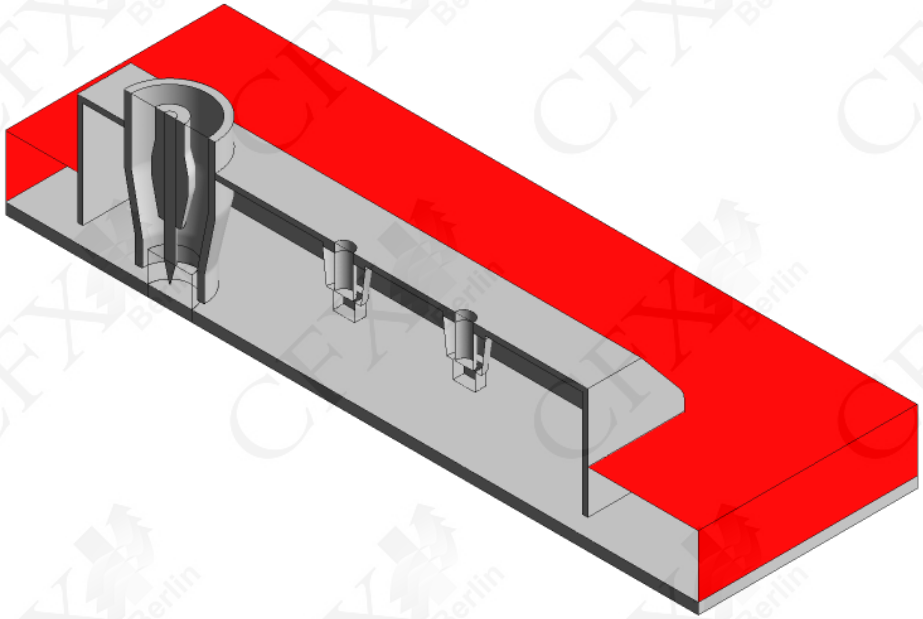
- Randbedingungen
  - Schutzgasdüse:
    - Einlass
    - Volumenstrom: 10.0 l/min
    - Temperatur: 26.85°C
    - Argon
  - Schleppgasdüse:
    - Einlass
    - Volumenstrom je: 15 l/min
    - Temperatur: 26.85°C
    - Argon



Randbedingungen

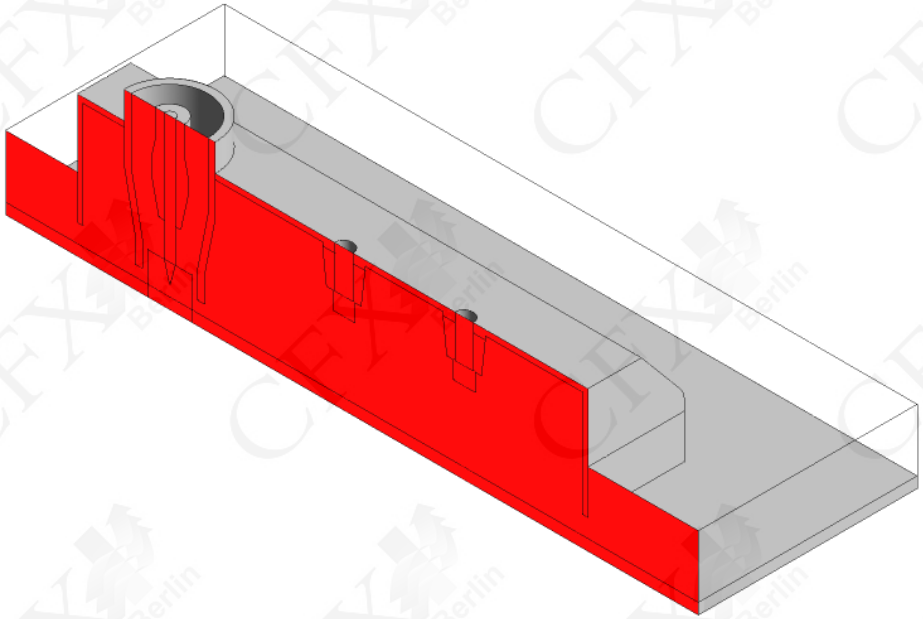
ANSYS
R16.1

- Randbedingungen
  - Umgebung:
    - Öffnung
    - Relativer statischer Druck: 0 Pa
    - Temperatur: 26.85°C
    - Luft



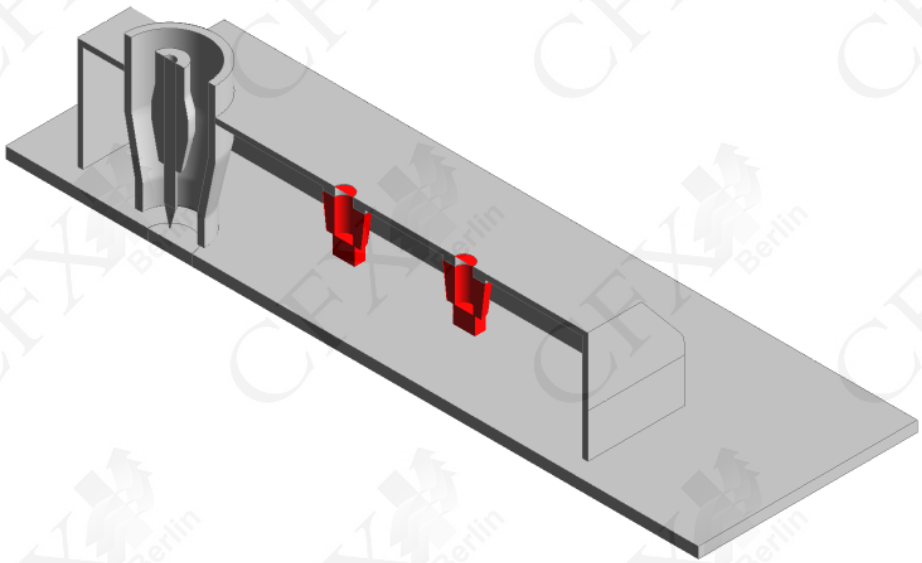
Randbedingungen

- Randbedingungen
  - Symmetrie



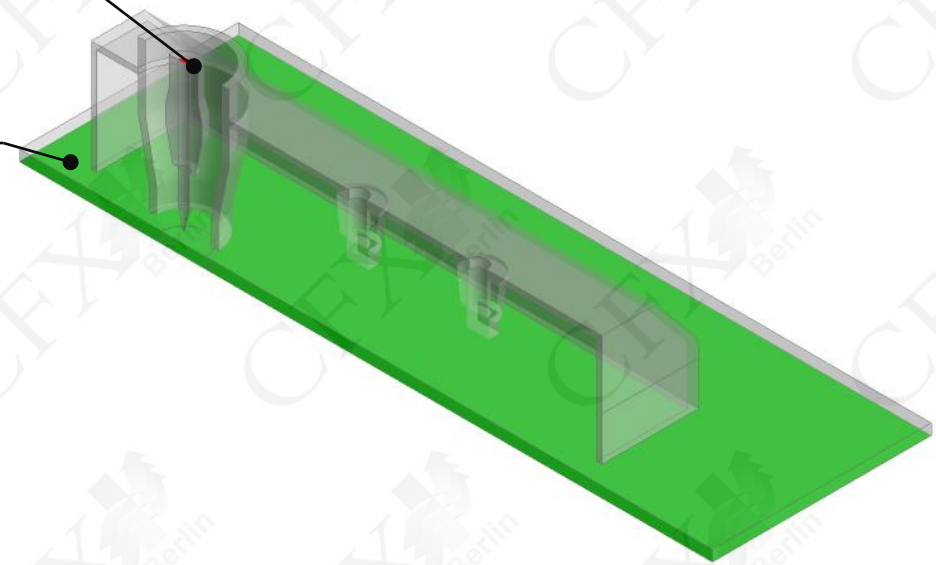
Randbedingungen

- Randbedingungen
  - Schalldämpfer
    - Linearer und quadratischer Widerstandskoeffizient:
      - » Linear: $4.0 \cdot 10^{+5}$ kg/(m³ s)
      - » Quadratisch: $1.7 \cdot 10^{+5}$ kg/m⁴



Randbedingungen

- Randbedingungen
  - Kathode
    - Stromstärke (auf Gesamtmodell bezogen): 150 A
  - Anode
    - Elektrisches Potential: 0 V



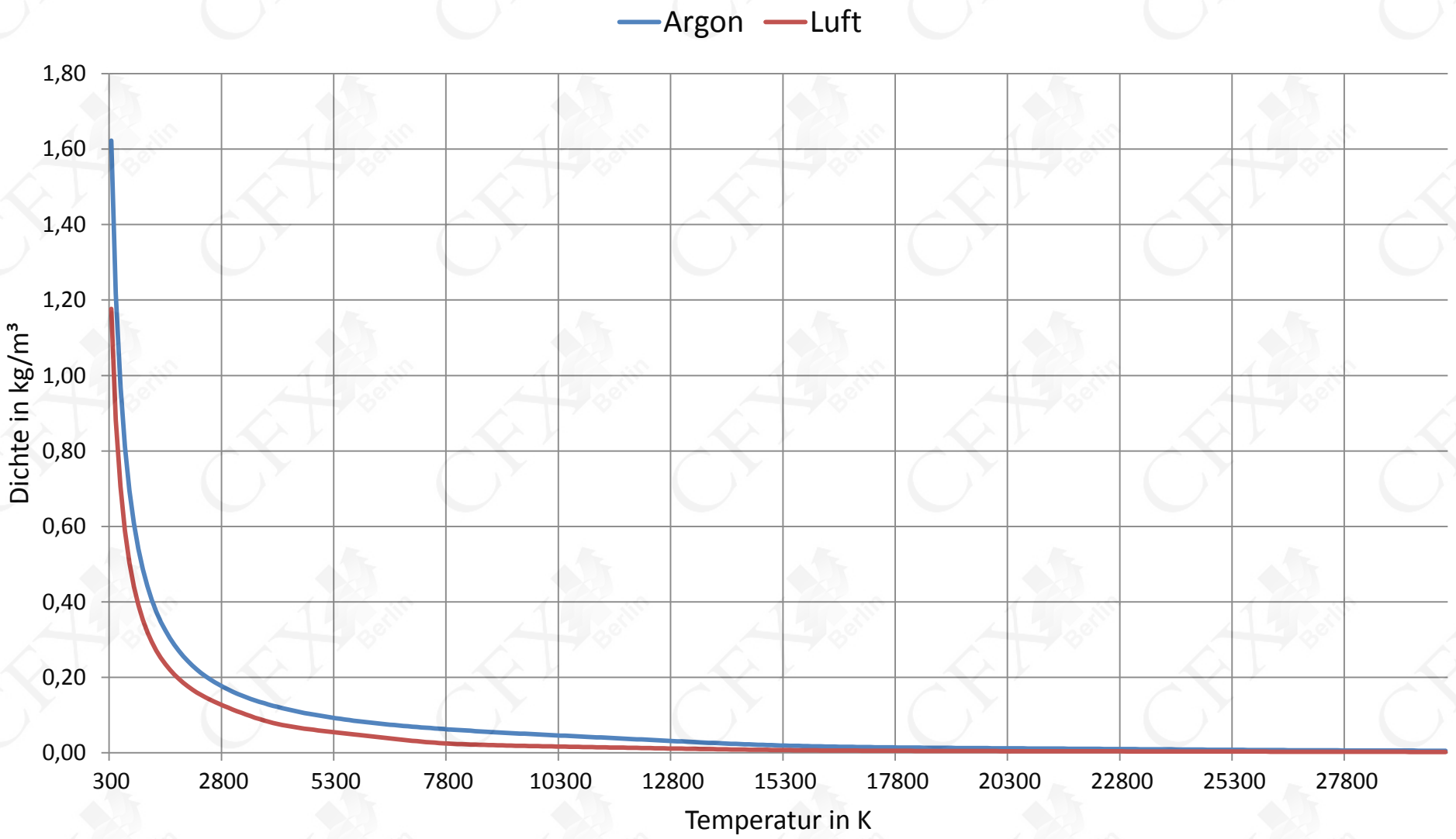
Stoffdaten

- Argon
  - Dichte: temperaturabhängig - siehe Folie 16
  - Wärmeleitfähigkeit: temperaturabhängig - siehe Folie 17
  - Dynamische Viskosität: temperaturabhängig - siehe Folie 18

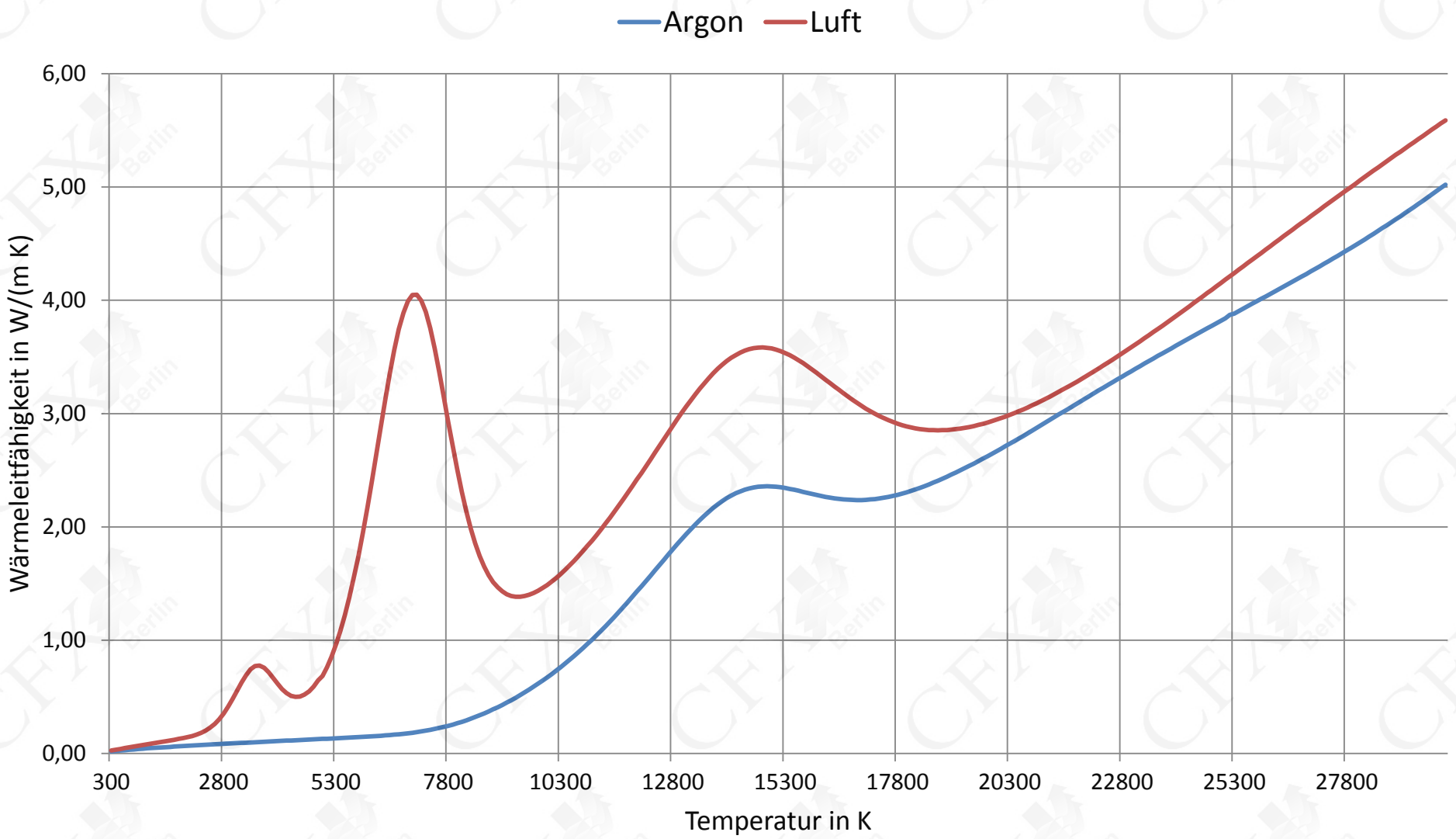
- Luft
  - Dichte: temperaturabhängig - siehe Folie 16
  - Wärmeleitfähigkeit: temperaturabhängig - siehe Folie 17
  - Dynamische Viskosität: temperaturabhängig - siehe Folie 18

- Mischung
  - Diffusionskoeffizient: temperaturabhängig - siehe Folie 19

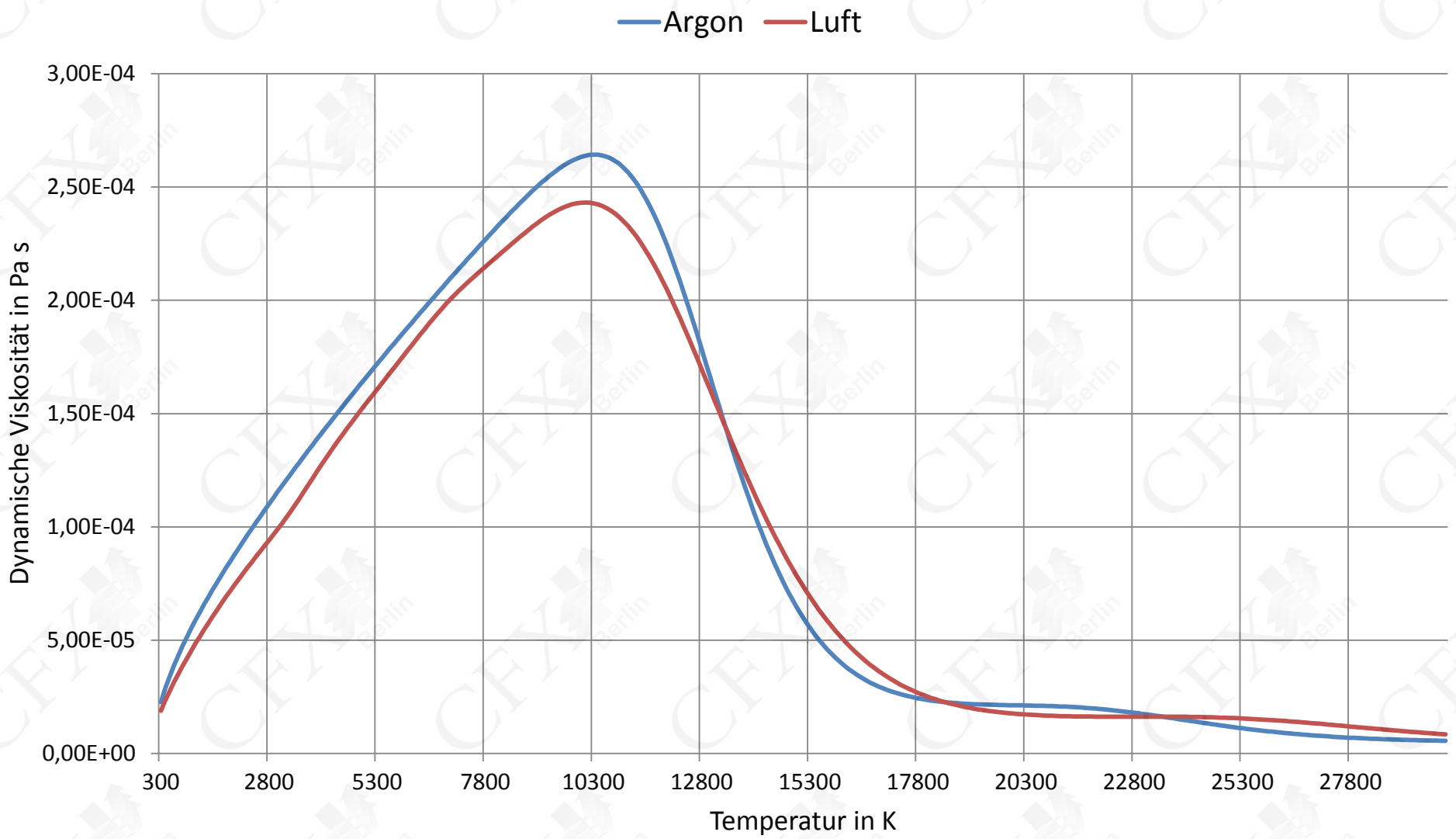
Stoffdaten


Argon
Luft
1,80
1,60
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Dichte in kg/m³
300
2800
5300
7800
10300
12800
15300
17800
20300
22800
25300
27800
Temperatur in K

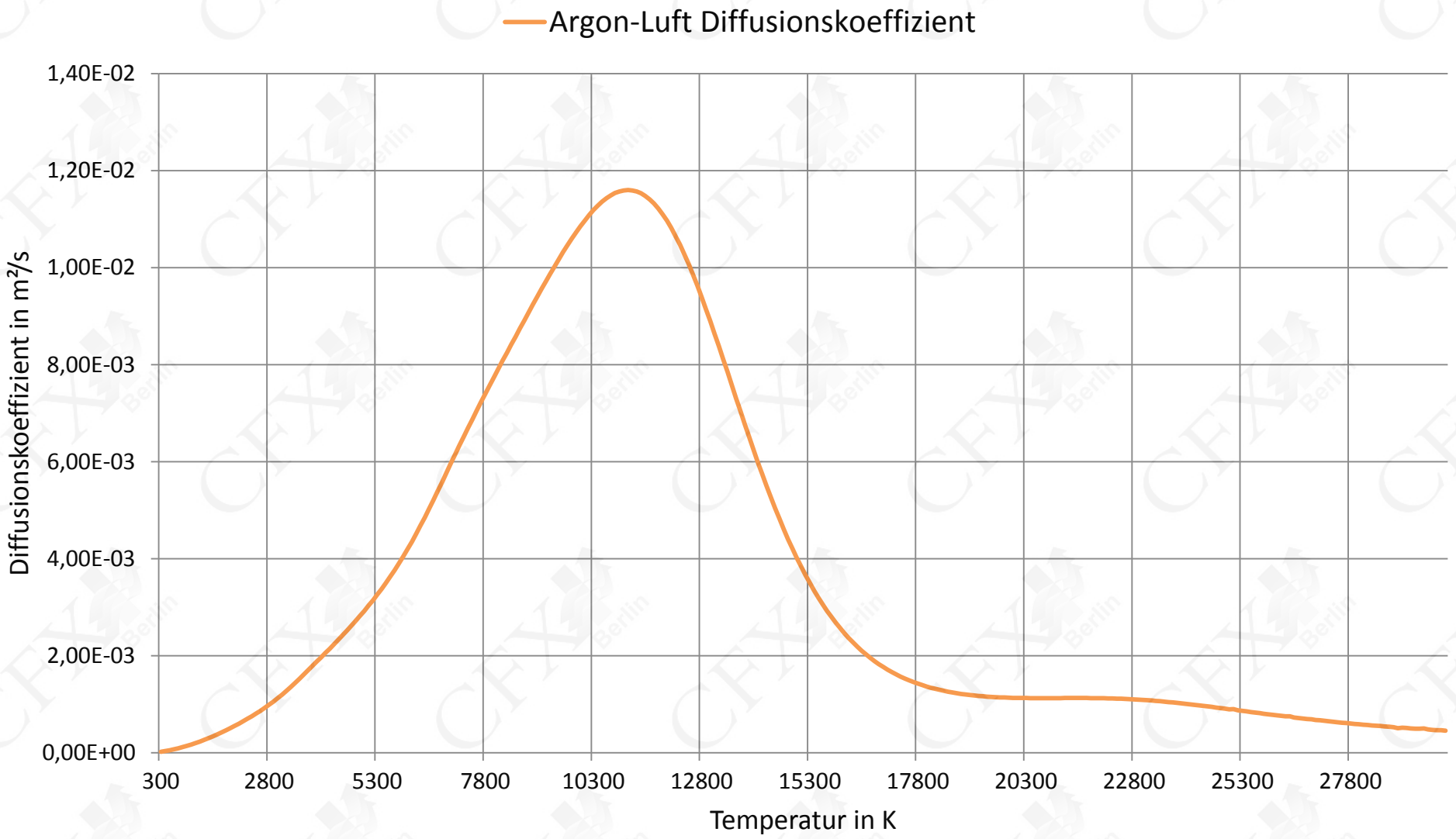
Stoffdaten


Argon
Luft
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
Wärmeleitfähigkeit in W/(m K)
300
2800
5300
7800
10300
12800
15300
17800
20300
22800
25300
27800
Temperatur in K

Stoffdaten

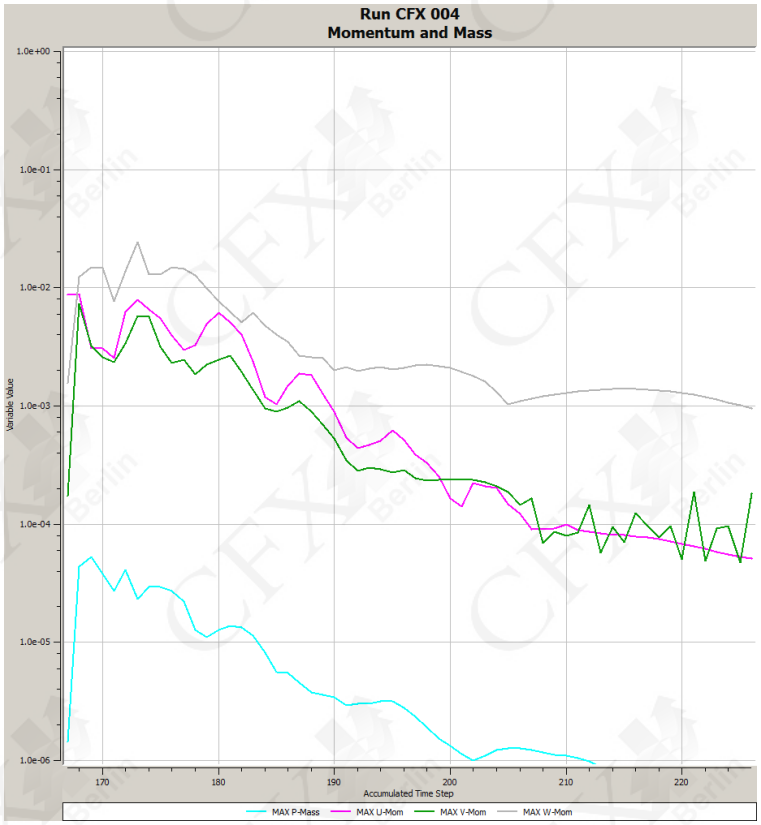

Argon
Luft
3,00E-04
2,50E-04
2,00E-04
1,50E-04
1,00E-04
5,00E-05
0,00E+00
Dynamische Viskosität in Pa s
300
2800
5300
7800
10300
12800
15300
17800
20300
22800
25300
27800
Temperatur in K

Stoffdaten


Argon-Luft Diffusionskoeffizient
1,40E-02
1,20E-02
1,00E-02
8,00E-03
6,00E-03
4,00E-03
2,00E-03
0,00E+00
Diffusionskoeffizient in m²/s
300
2800
5300
7800
10300
12800
15300
17800
20300
22800
25300
27800
Temperatur in K

Berechnung

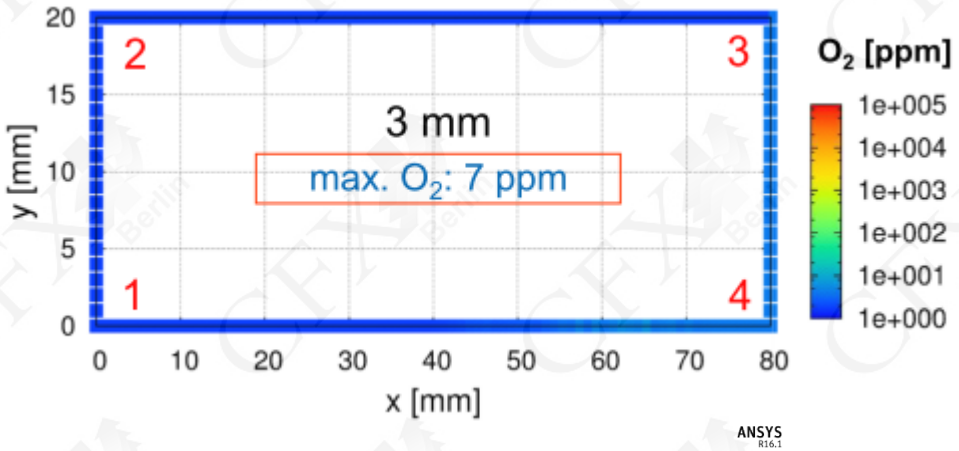
- Berechnungsverlauf
  - 4 x Quad Core Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2637 v2 - Takt: 3.50 GHz
  - Berechnungsdauer:
    - 250 Iterationen:
      6 Stunden, 11 Minuten
  - Globale Bilanzen < 0.1 %
  - Maximale Residuen < $1.0 \cdot 10^{-3}$



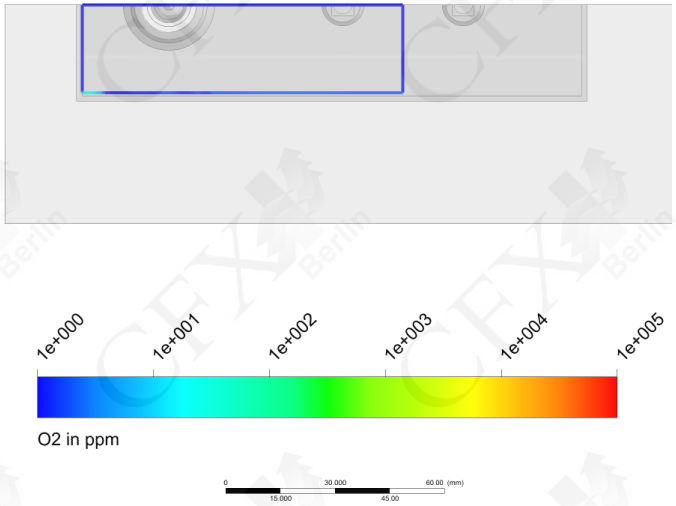
Maximale Residuen der Impulsgleichung

Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 3.0 mm
  - Die Auswertung der Sauerstoff-konzentration am Rand der Haube deckt sich gut mit den Messungen.
  - Es gelangt kaum Sauerstoff unter die Haube.
  - Die Sauerstoffkonzentration in der Ecke (1) fällt bei der Simulation etwas höher aus. Diese Werte sind jedoch sehr stark von der Lage der Auswertelinie abhängig und variie-ren stark bei nur geringen räum-lichen Änderungen.



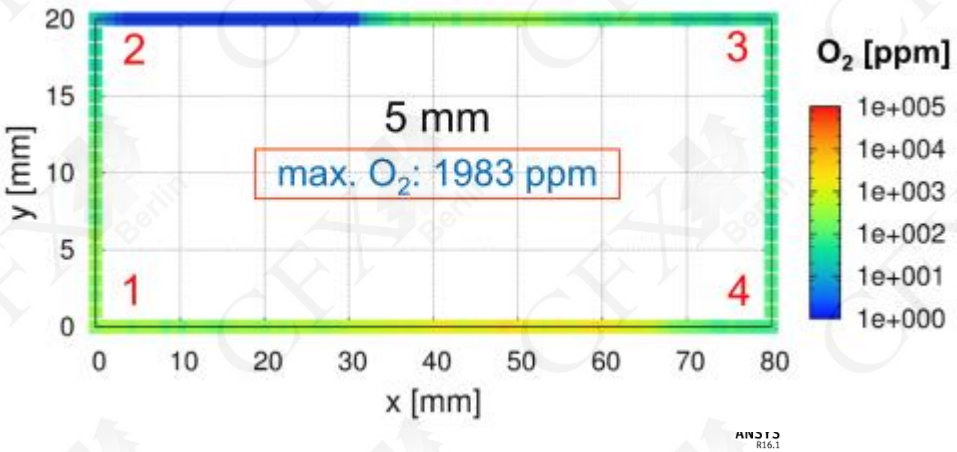
Messung FTM der TU Dresden



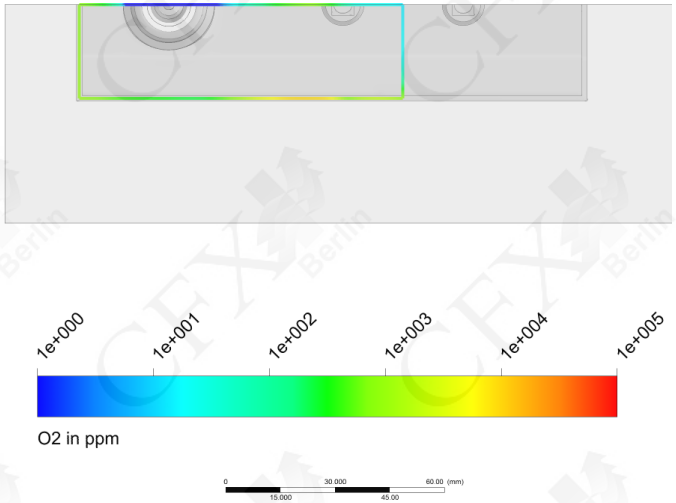
Simulation ANSYS CFX 16.1

Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 5.0 mm
  - Die Auswertung der Sauerstoff-konzentration am Rand der Haube deckt sich gut mit den Messungen.
  - Der meiste Sauerstoff strömt entlang der Linie 1-4 zwischen der Schutzgas- und der ersten Schlepp-gasdüse in das System.



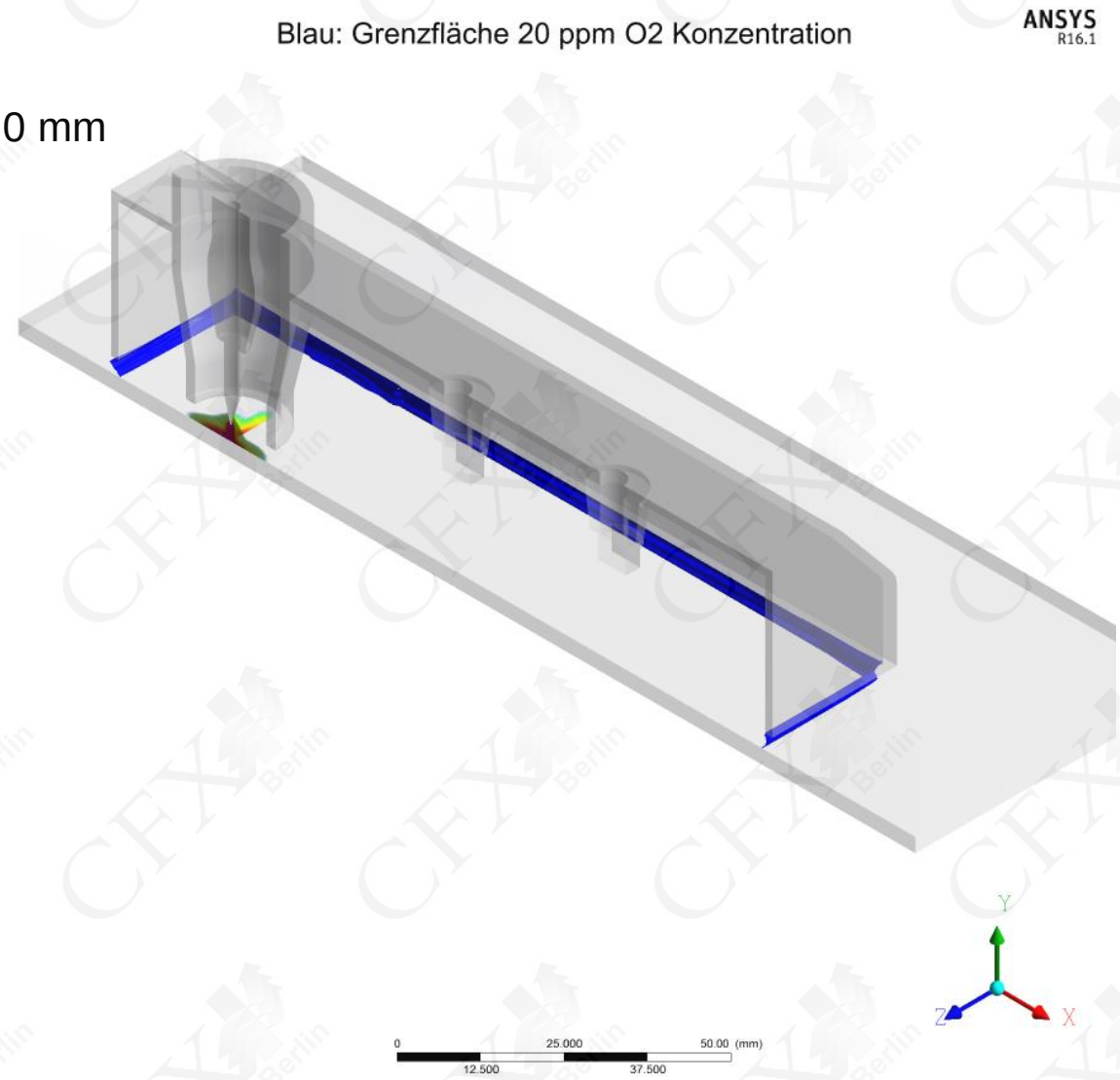
Messung FTM der TU Dresden



Simulation ANSYS CFX 16.1

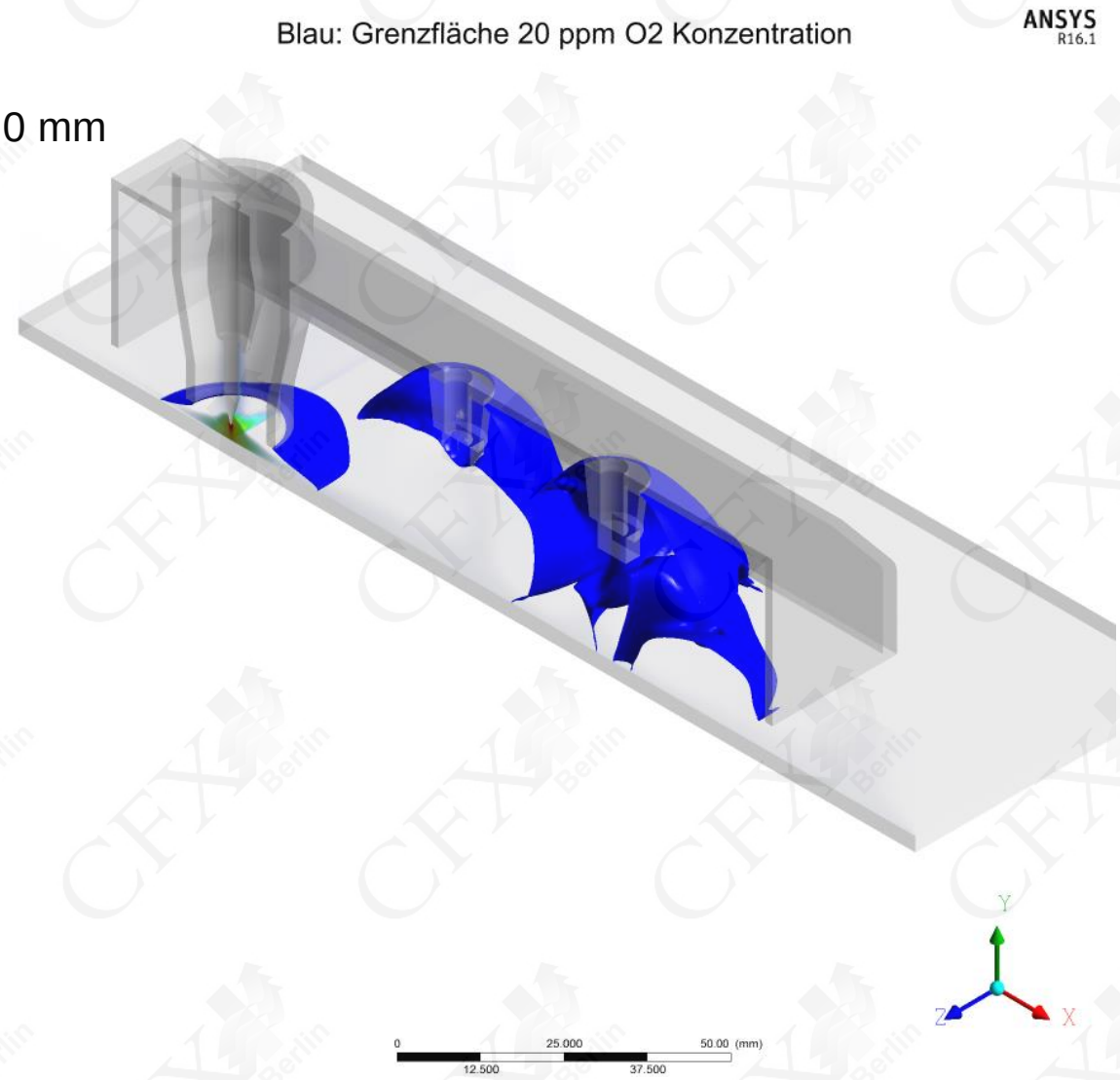
Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 3.0 mm
  - Die 20 ppm Sauerstoff-Grenzfläche liegt komplett im Spalt zwischen Haube und Werkstück.



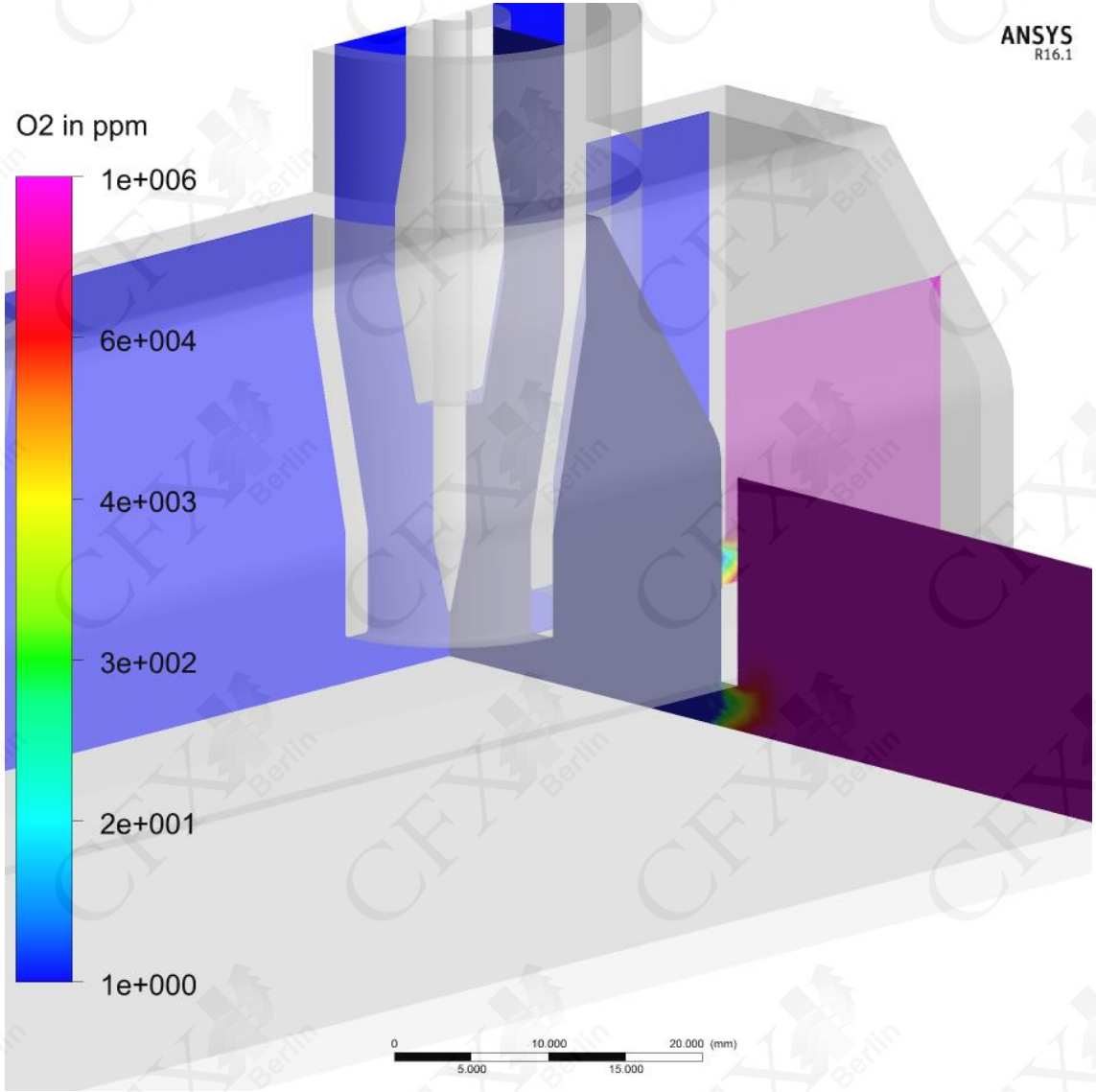
Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 5.0 mm
  - Die 20 ppm Sauerstoff-Grenzfläche liegt komplett innerhalb der Haube jedoch außerhalb des Lichtbogens



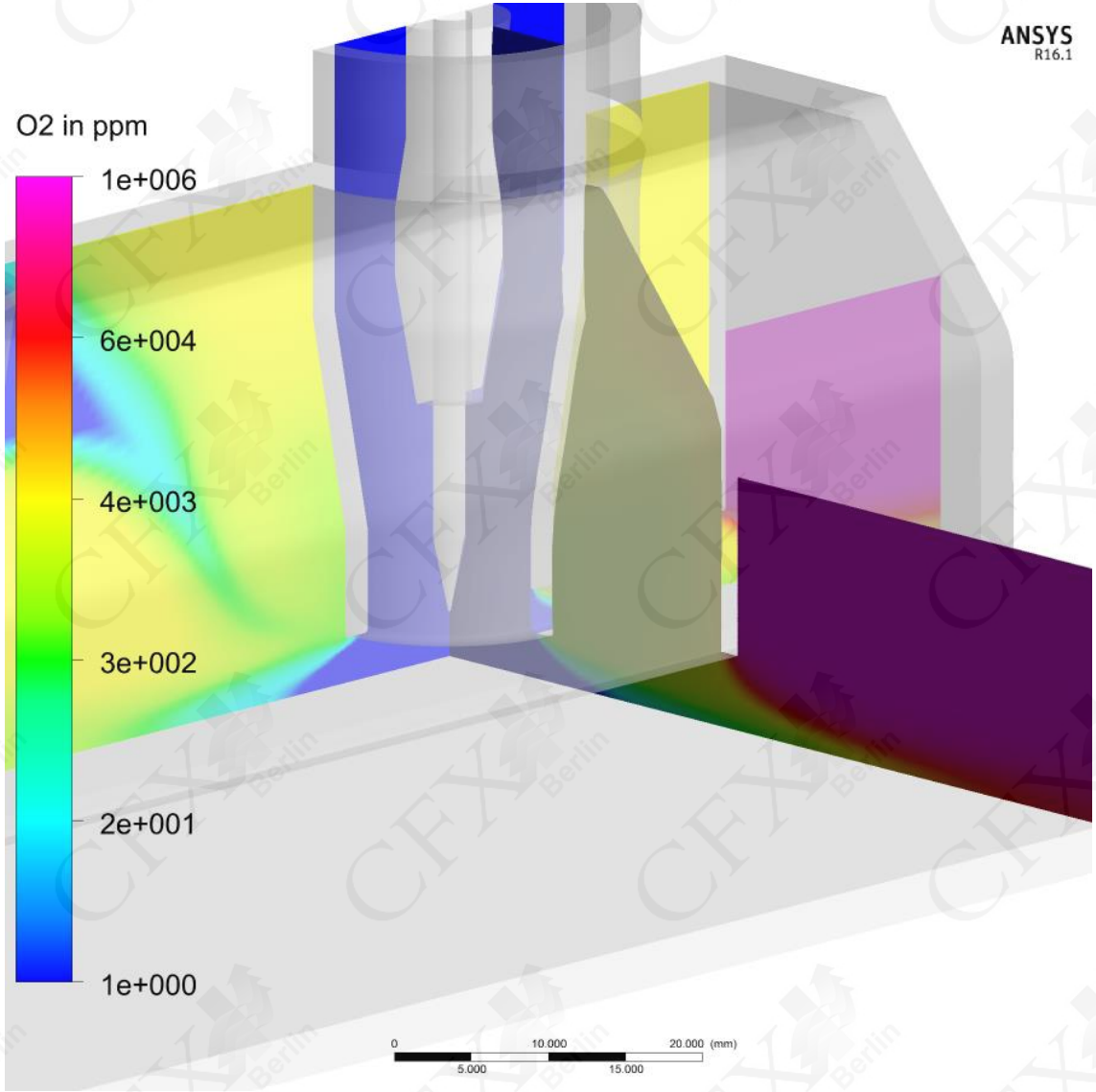
Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 3.0 mm
  - Keine signifikante Kontamination der Haube



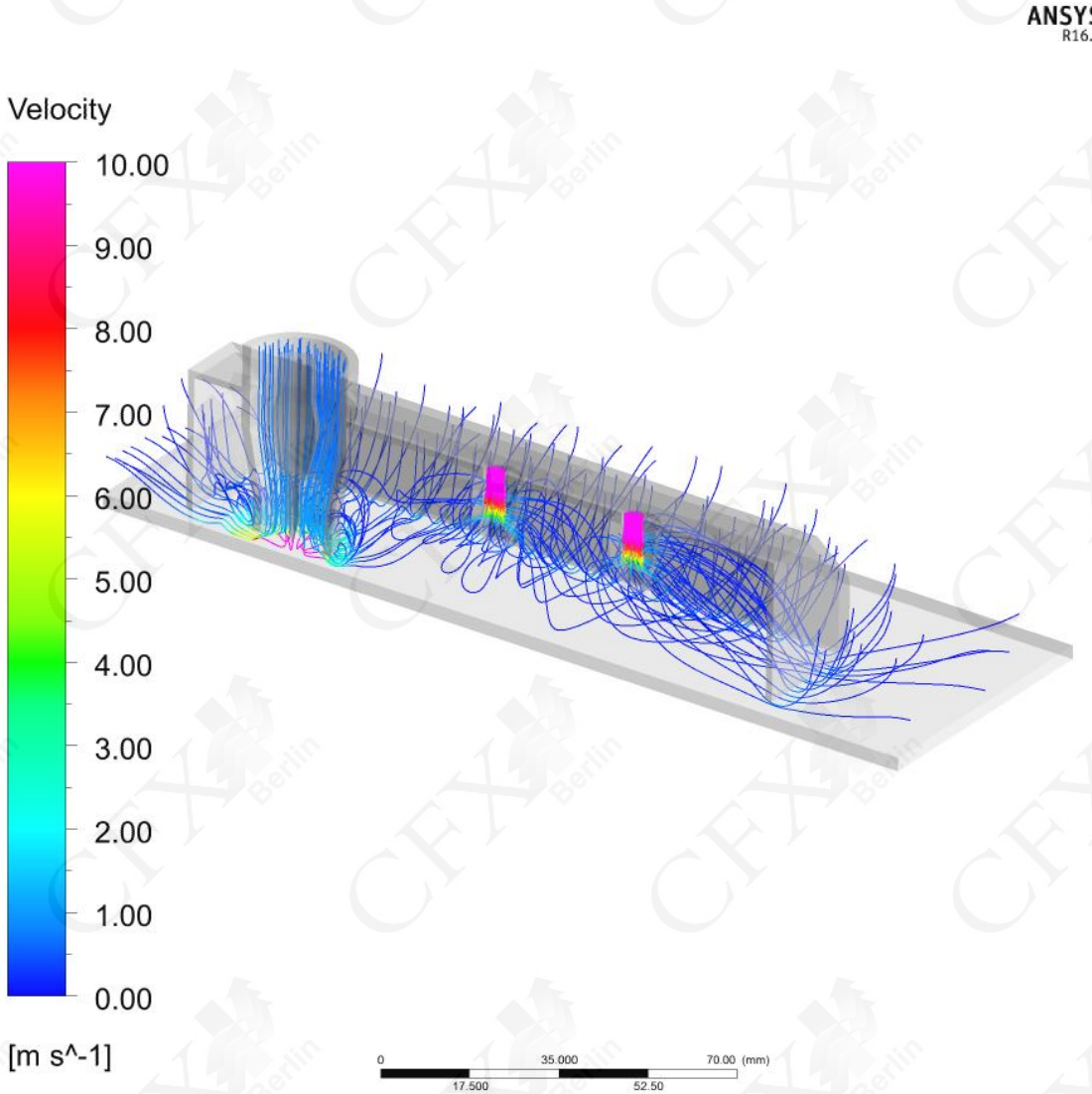
Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 5.0 mm
  - Die Sauerstoffkonzentration unter der Haube liegt im Mittel bei etwa 3 000 ppm.
  - Die Sauerstoffkonzentration in der Nähe des Lichtbogens liegt bei unter 20 ppm.



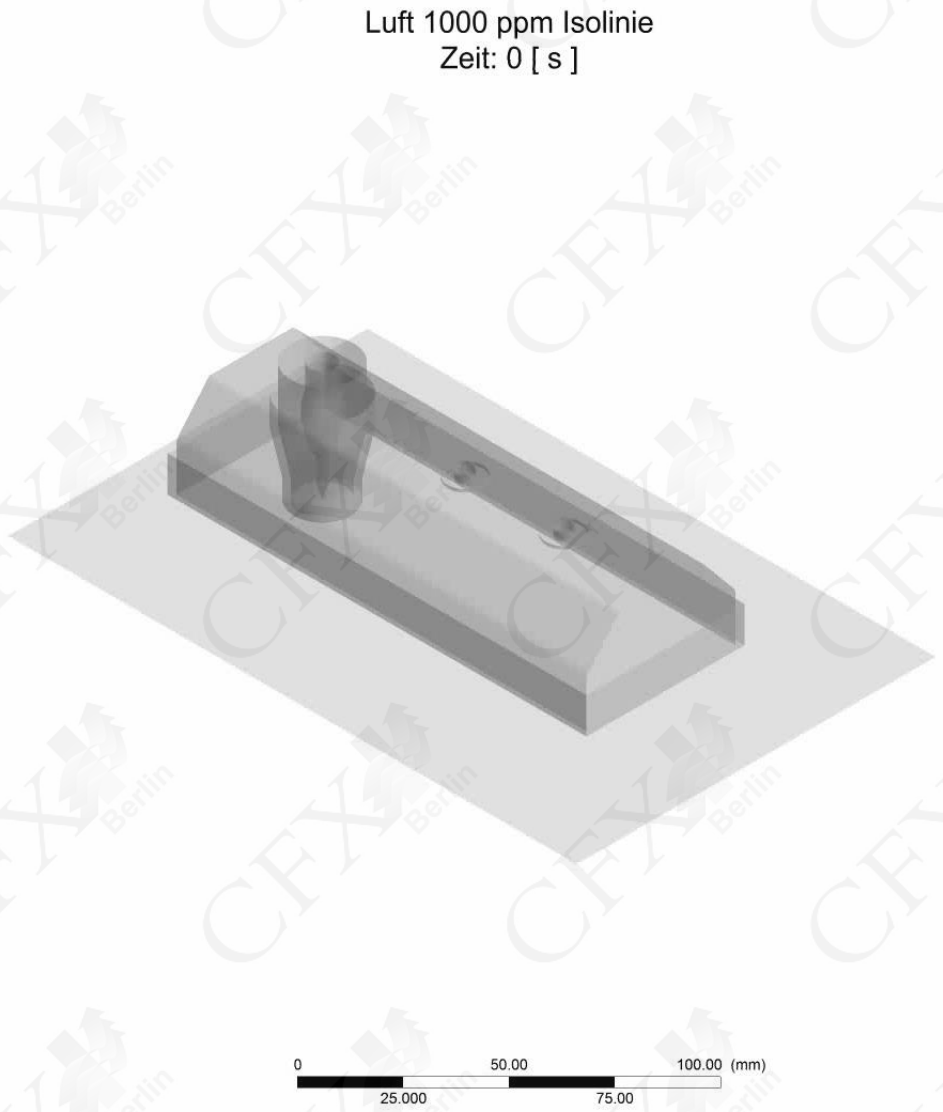
Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Abstand Haube-Werkstück: 3.0 mm
  - Verlauf der Strömungs-linien
  - Geschwindigkeit auf 10.0 m/s geclipped



Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Neben der Schutzgas-abdeckung wurde auch der Spülvorgang zeitabhängig untersucht.
  - Zum Startzeitpunkt ist die Haube komplett mit Luft geflutet.
  - Die Zeit, welche benötigt wird, um die komplette Haube mit Schutzgas zu fluten wird analysiert.
  - Die schon beschriebene Leckage ist auch in diesem Video deutlich zu sehen.

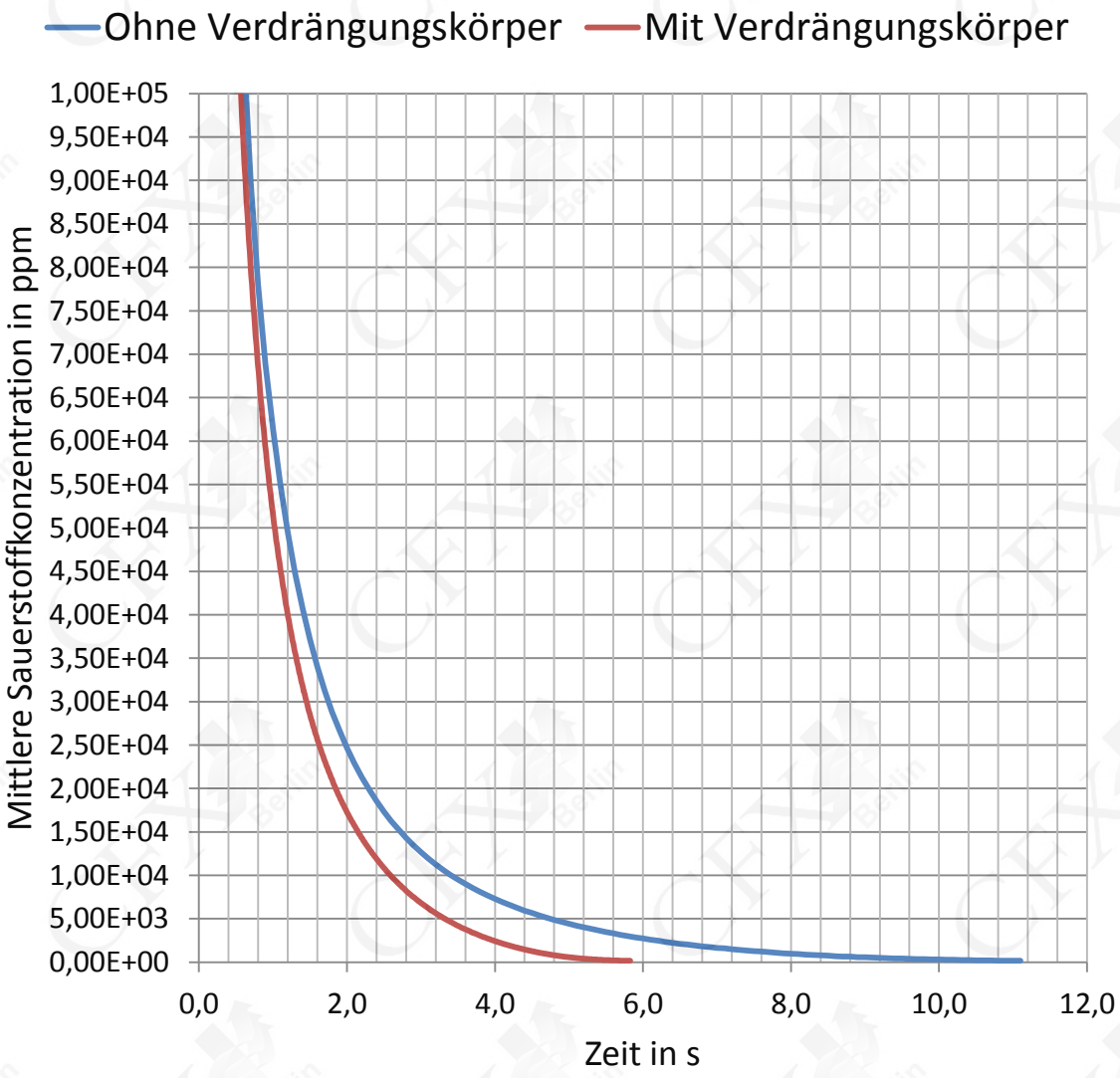


Ergebnisse

- Ergebnisse
  - Zur Reduktion der Flutzeit wird ein Störkörper um die Schutzgasdüse eingebaut, da dieser Bereich an meisten Zeit benötigte, um gespült zu werden.
  - Die Spülzeit konnte dadurch reduziert werden.

Ergebnisse

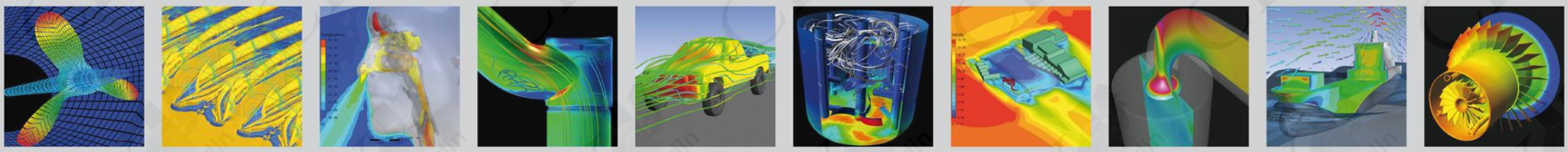
- Ergebnisse
  - Die Kurven enden bei einer mittleren Sauerstoffkonzentration von 150 ppm.
  - Die Spülzeit konnte reduziert werden.

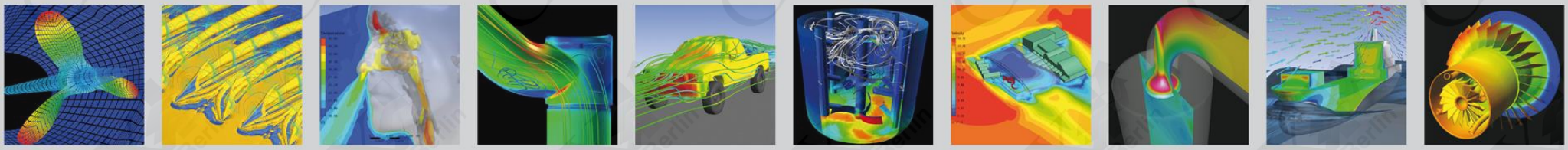


Zusammenfassung

- Zusammenfassung
  - Unterschiedlichen Geometrien mit Schleppgasdüsen wurden analysiert.
  - Die Messergebnisse decken sich gut mit den Simulationsergebnissen.
  - Der Abstand zwischen Haube und Werkstück spielt eine erhebliche Rolle für die Qualität der Schutzgasabdeckung.
  - Der Spülvorgang der Haube konnte durch Einsatz eines Verdrängungskörpers stark beschleunigt werden.

CFX Berlin Software GmbH



ist kompetenter Partner für:

- ANSYS Simulationssoftware
- Berechnung & Optimierung
- Beratung & Schulung
- Forschung & Entwicklung