CFX Berlin

CFX Berlin Software GmbH
Simulationskompetenz aus Berlin

CFX Berlin Software GmbH

Simulationskompetenz aus Berlin

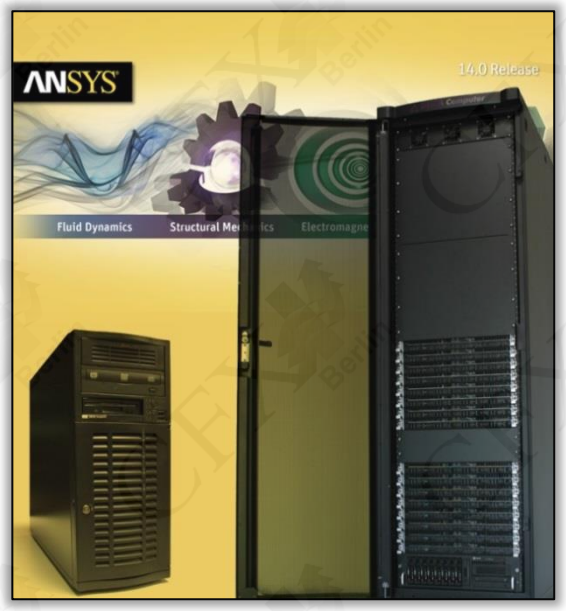
- CFX Berlin bietet seit 1997 als Partner von ANSYS, Inc. und CADFEM Lösungen und Simulationssoftware für:
  - Strömungsmechanik & Thermodynamik
  - Elektromagnetik
  - Strukturmechanik

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

CFX Berlin Software GmbH

Überblick I

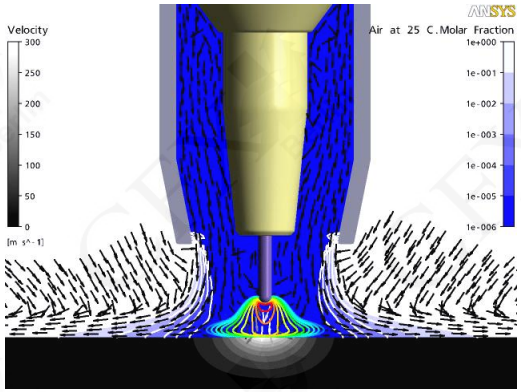
- Wie bieten Ihnen schlüsselfertige Simulationslösungen, bestehend aus:
  - ANSYS-Softwarelizenzen,
  - optimal abgestimmter Hardware,
  - individuellem Einarbeitungskonzept,
  - persönlichem Ansprechpartner für Support & Anwendungsberatung.



- 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.

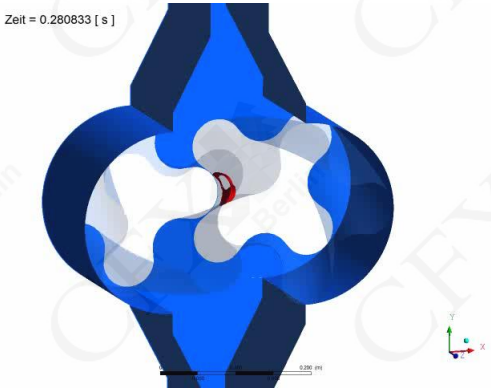
CFX Berlin Software GmbH
Überblick II

- 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

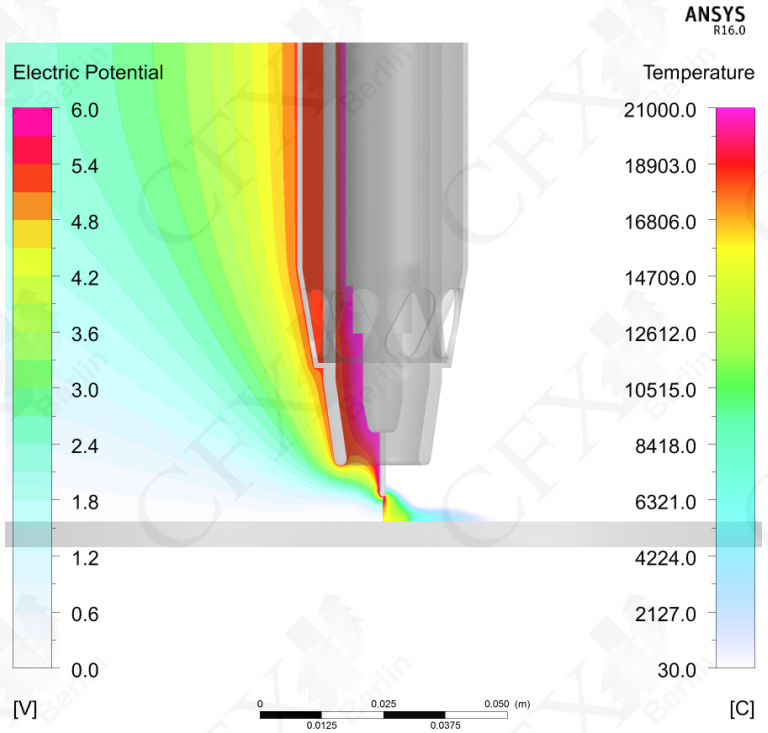


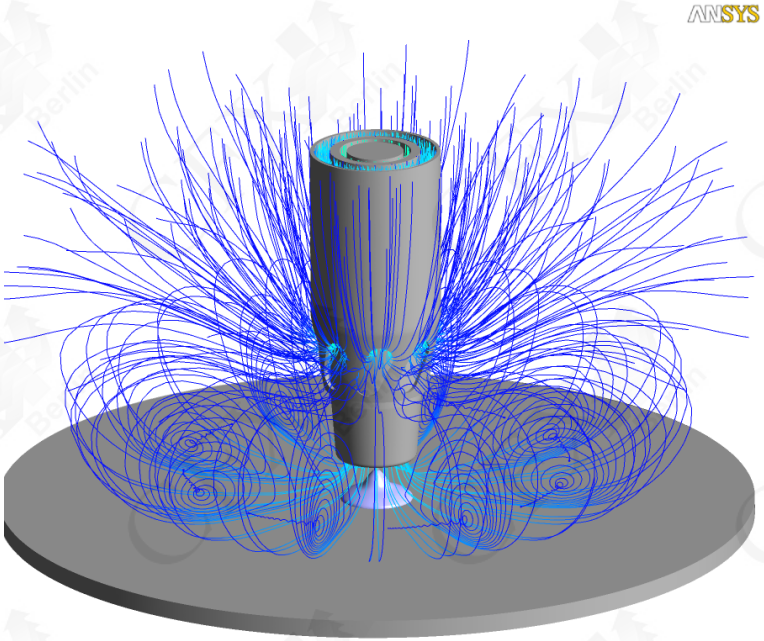
Beispiel Drehkolbenpumpe: Darstellung von Kavitation im Spalt

MAHLE TAKATA FES EagleBurgmann Siempelkamp LZH FIMA infineon truma

Aufgabenstellung:

Gekoppelte elektromagnetische und strömungsmechanische Optimierung eines Absaugbrenners mit ANSYS CFX

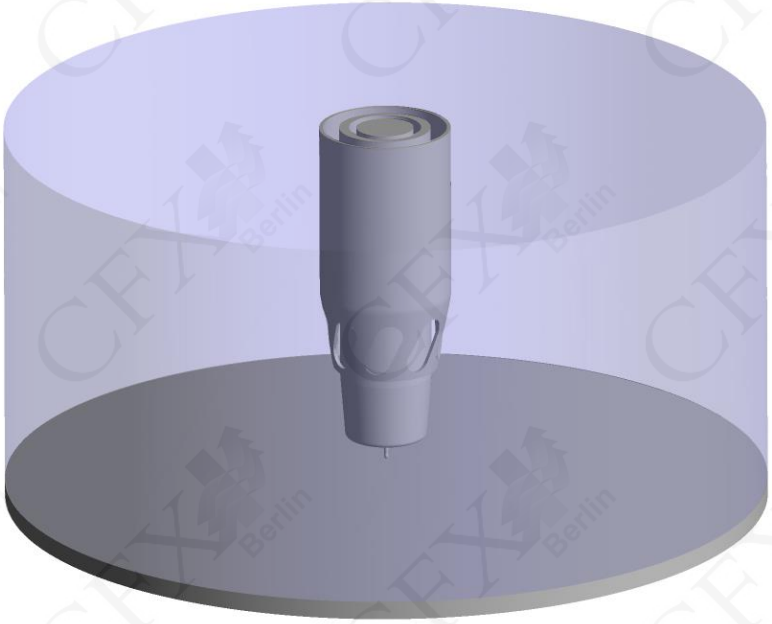




Anwendungsbeispiele Simulation

Simulation eines Absaugbrenners mit ANSYS CFX

- Inhalt der Arbeit
  - Gekoppelte elektromagnetische und strömungsmechanische Optimierung der Düsengeometrie eines Absaugbrenners
- Ziele sind
  - Erhöhte Absaugleistung für Metalldampf bei reduzierter Schutzgasmenge und optimaler Schutzgasabdeckung.



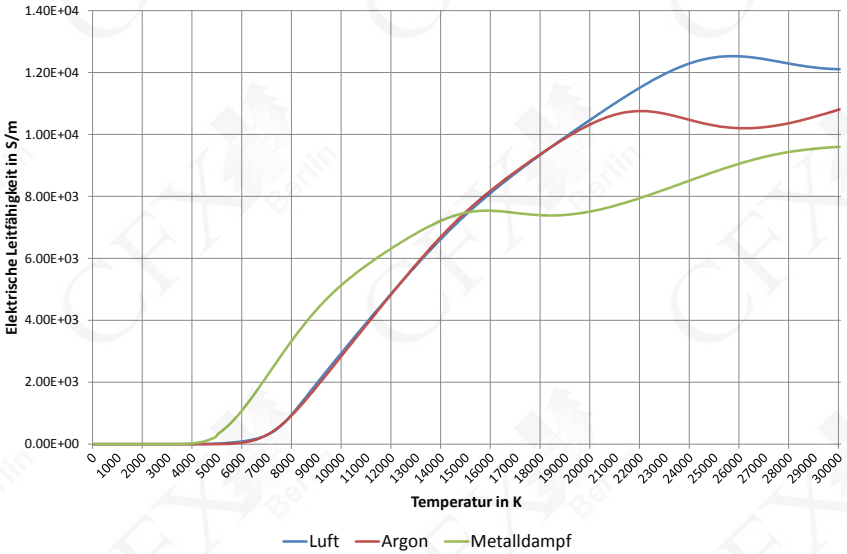
Beispiel: Absaugbrenner der Firma Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG

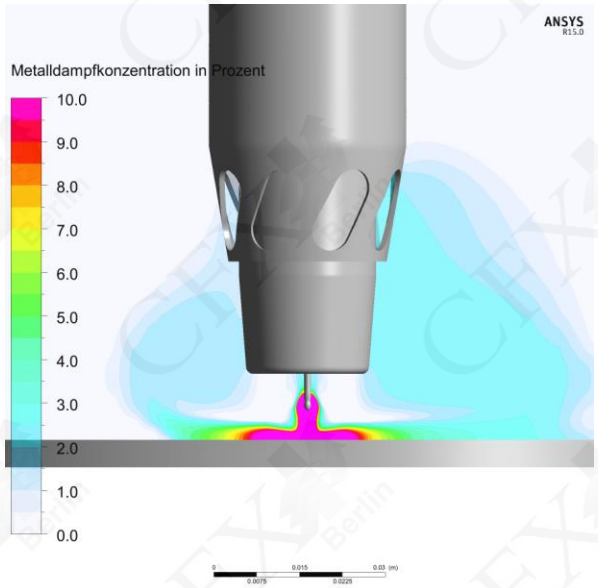
Anwendungsbeispiele Simulation

Simulation eines Absaugbrenners mit ANSYS CFX

CFX Berlin

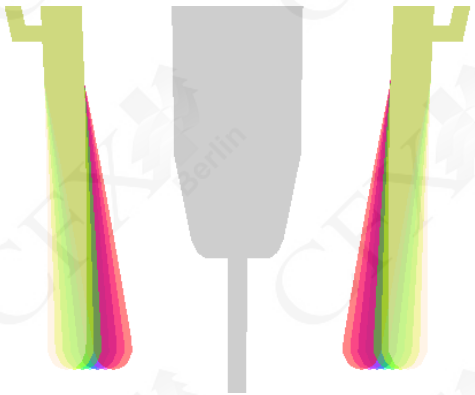
- Besondere Herausforderungen
  - Großer Temperaturbereich
    - 20°C…30 000°C
  - Kopplung der Strömungsmechanik mit elektromagnetischen Einflüssen
    - Lorentzkraft,
    - Widerstandserwärmung, etc.
  - Temperaturabhängige Material-eigenschaften des Gasgemisches
    - Plasmaeigenschaften
  - Berücksichtigung der Strahlungsverluste des Lichtbogens
  - Metalldampfentstehung und –transport
- Lösung
  - Strömungsmechanik, Thermodynamik und Elektromagnetik sind in ANSYS CFX implementiert
    - Eine Kopplung mit externen Berechnungsprogrammen ist somit nicht erforderlich



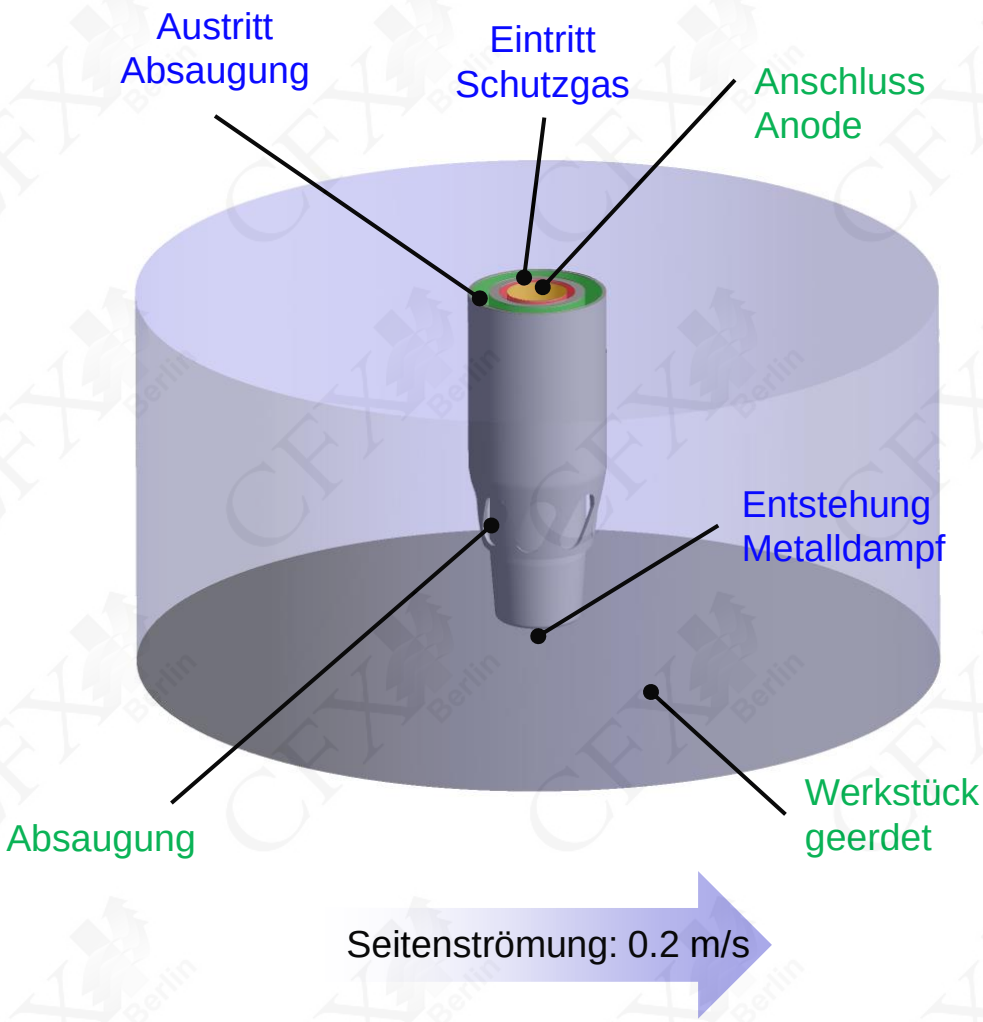


Berechnungsmodelle
Geometrie

- Geometrieerstellung mit dem *ANSYS DesignModeler*
  - Das Geometriemodell beinhaltet sowohl das Strömungsvolumen als auch die Festkörper.
  - Die Festkörpergeometrie besteht aus
    - Anode
    - Düse
    - Werkstück

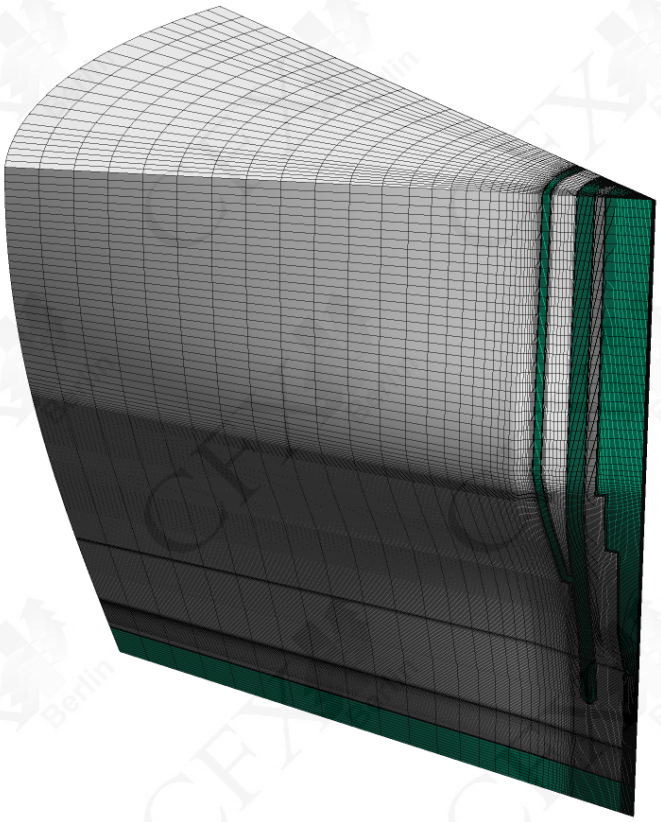


Optimierungsansatz: parametrische Variation des Austrittsradius der Schutzgasdüse



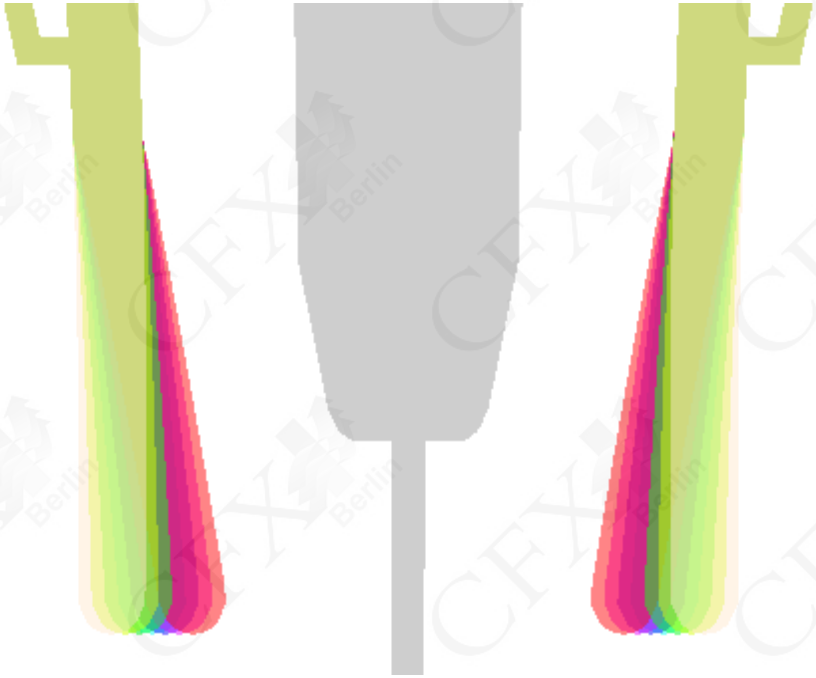
Berechnungsmodelle
Rechengitter

- Halbautomatische, blockstrukturierte Vernetzung mit *ANSYS ICEM CFD Hexa*
  - Strömungsraum:
    - 827 420 Knoten
    - 776 424 Hexaederelemente
  - Festkörper:
    - 383 496 Knoten
    - 350 952 Hexaederelemente
  - Periodisches Gitter
    - Parametrische Optimierung mit 45° Modell

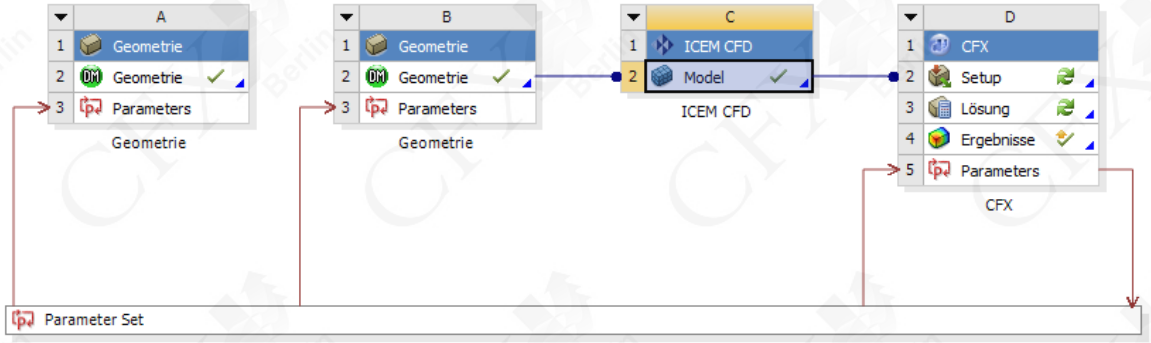


Berechnungsmodelle
Parametrisierung

- Im Rahmen der Parameterstudie wird der Radius des Düsenaustritts variiert
  - Parameterbereich: 7…13 mm
  - Schrittweite: 1 mm
  - Die geometrische Variation erfolgt automatisch durch Anpassung der Blockstruktur des Gitters.



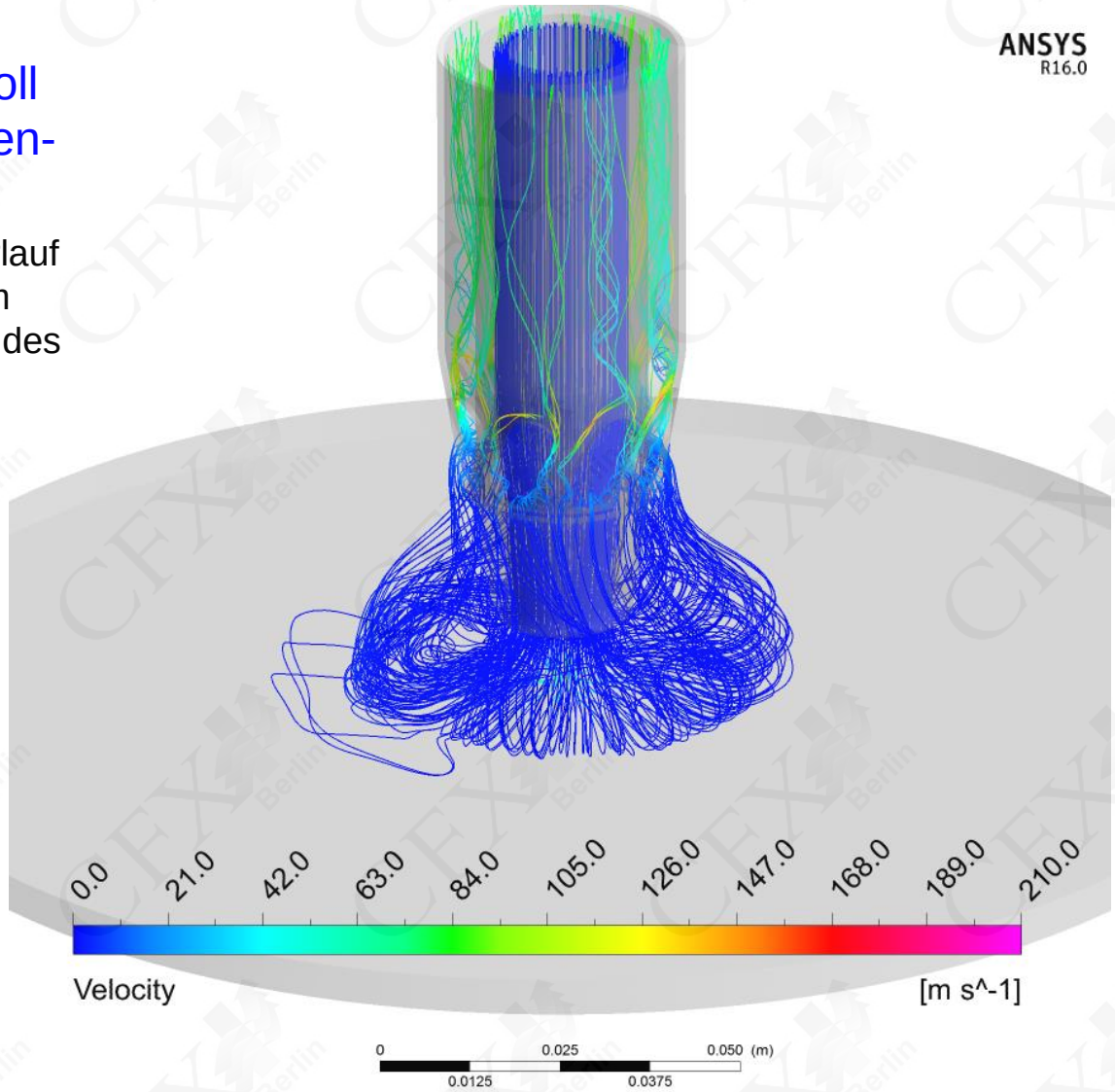
- Parameterstudien können in der ANSYS Workbench per Drag & Drop definiert werden.
  - Die Berechnungen einer Parameterstudie erfolgen automatisch.
  - Es ist sowohl eine sequentielle als auch eine parallele Berechnung der Variationen möglich.



Berechnungsmodelle
Parametrisierung

- Im Rahmen der Optimierung soll ebenfalls der Schutzgasvolumen-strom reduziert werden.
  - Dies geschieht schrittweise im Verlauf einer finalen Berechnung an einem Vollmodell bis eine Kontamination des Lichtbogens beobachtet wird.

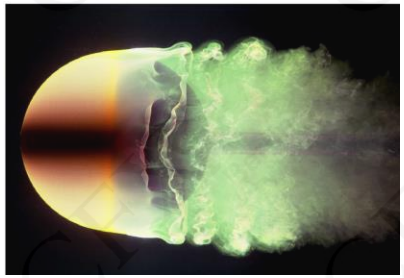
- Ziel ist es, auch bei leichtem Seitenwind eine ausreichende Abdeckung der Schweißzone zu gewährleisten.



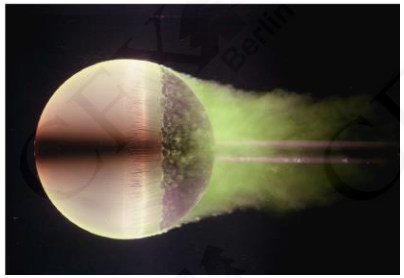
Berechnungsmodelle

ANSYS CFX

- Lösertechnologie
  - Finite-Volumen-Methode
  - Algebraischer Mehrgitterlöser
  - Massive Parallelisierung durch Partitionierung
- Umfangreiche Materialbibliothek
- Stationäre/Transiente Lösung
- Mehrphasenmodelle
  - Euler-Phase mit Oberflächenspannung
  - Polydisperse Phase
  - Lagrangesche Betrachtung
- Turbulenz
  - Statistische Turbulenzmodelle (RANS/URANS)
  - Grobstrukturmodelle (SAS/LES/DES)
  - Reynolds-Spannungs-Modelle
- Gitterdeformation
- Reaktionskinetik



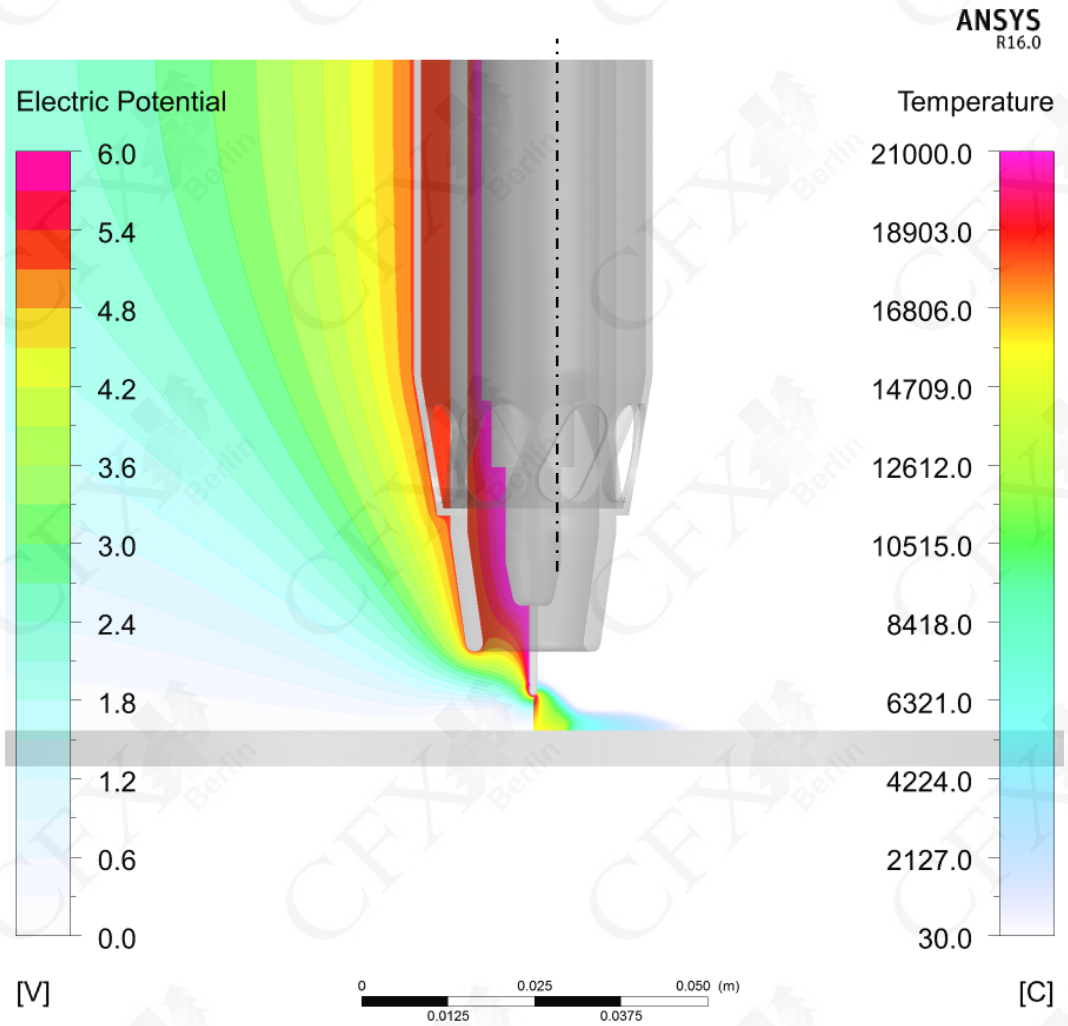
laminare Grenzschicht ($Re = 2 \cdot 10^4$)



turbulente Grenzschicht ($Re = 5 \cdot 10^5$)

Berechnung
Verwendete Modelle

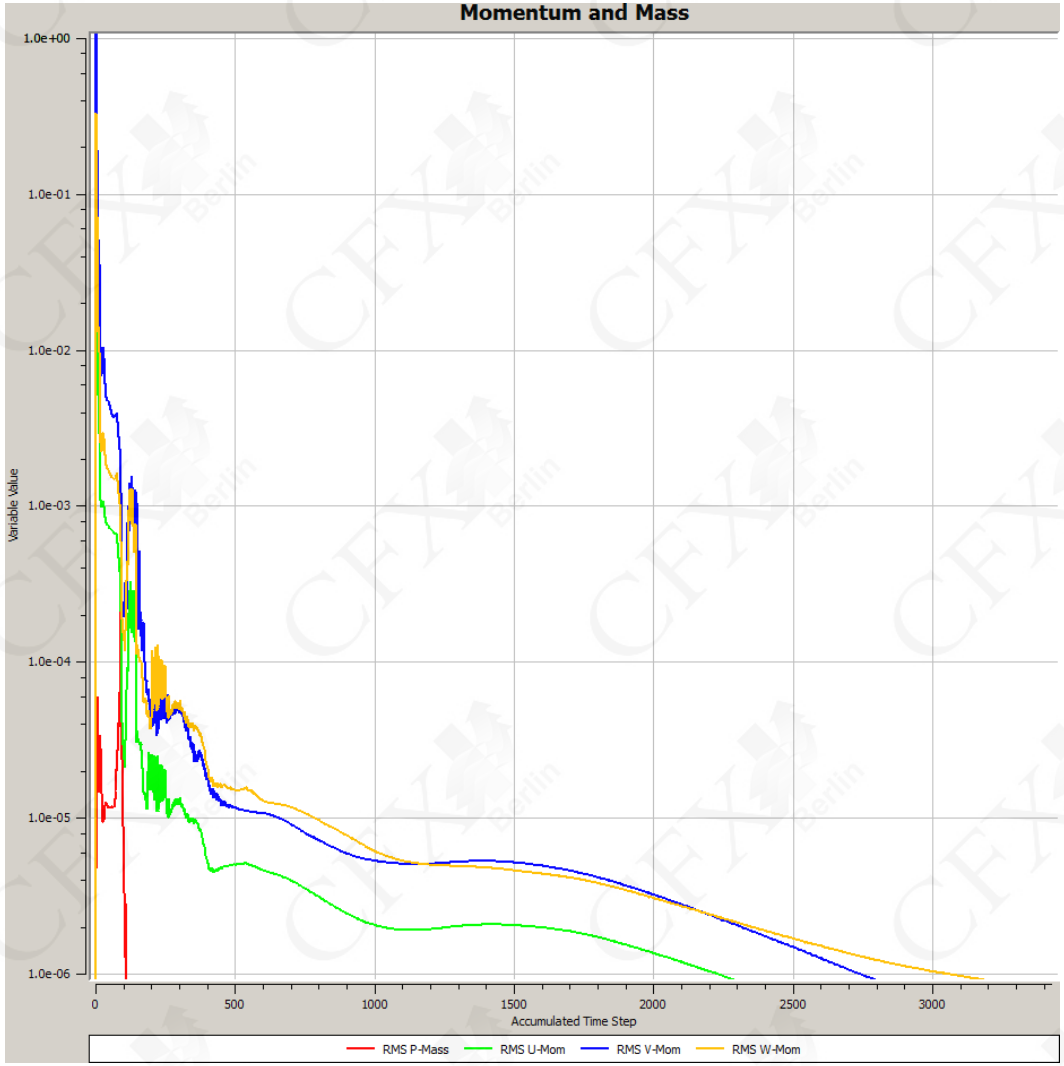
- Elektromagnetik
  - Stationär
  - Stromstärke
    - 150.0 A
  - Implementiert in *ANSYS CFX*
- Strömungssimulation (CFD)
  - Stationär
  - Initialer Schutzgasvolumenstrom
    - 15.0 l/min
  - Absaugvolumenstrom
    - 100.0 m³/h
  - Materialien:
    - Luft, Argon und Metalldampf
  - Transport der Totalenthalpie
  - SST-Turbulenzmodell
  - Netto-Emissions-Modell



Berechnung
Lösungskontrolle

- Konvergenzverhalten
  - MAX-Residuen < 10^{-4}
  - Globale Bilanzen zu 1% erfüllt

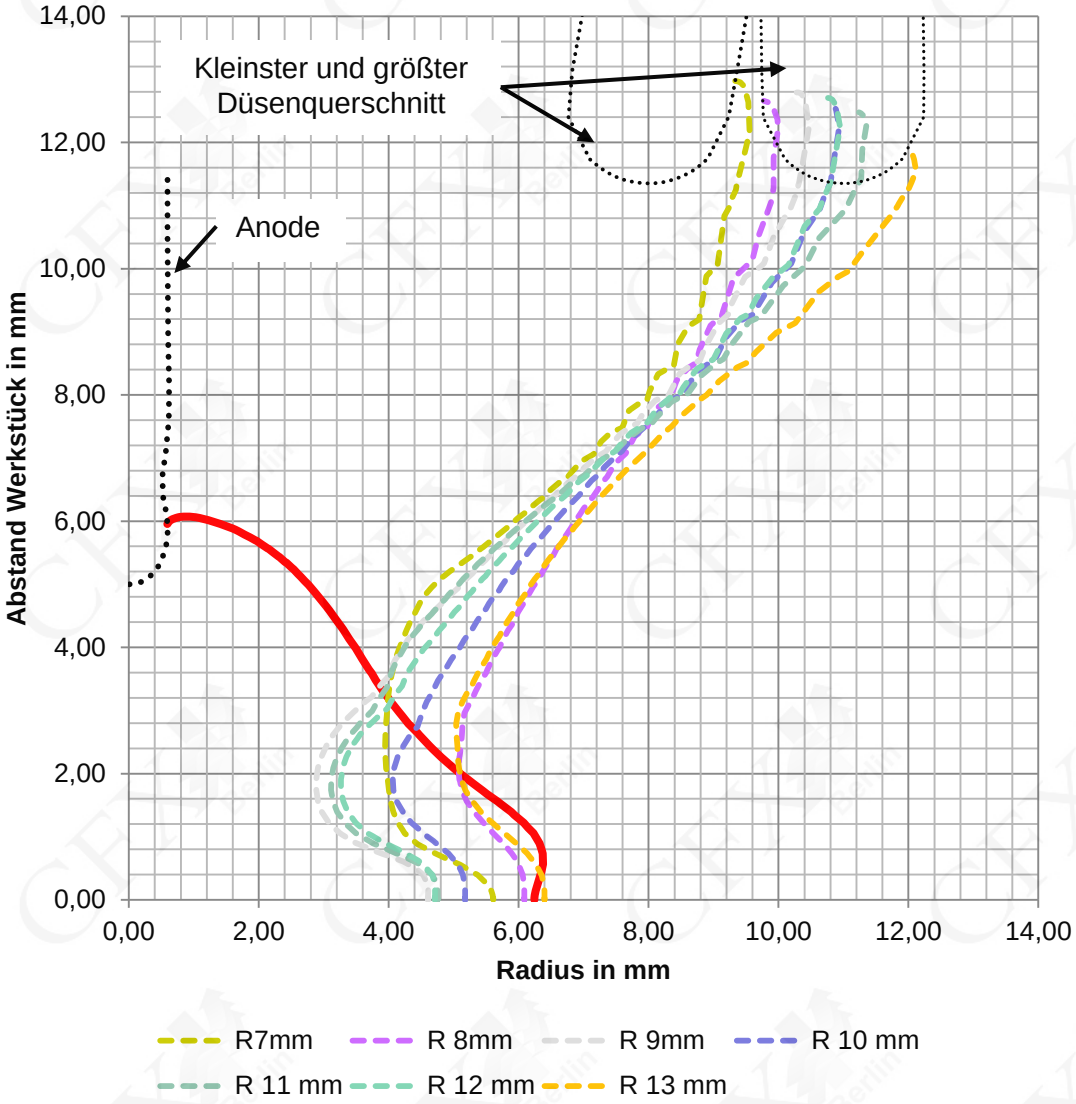
- Berechnungsverlauf und verwendete Ressourcen (Parameterstudie)
  - RAM: 4.2 GB
  - CPU: Quad Core Intel Xeon™ X5672 - 3.20 GHz
    - 4-fach parallelisiert
  - Berechnungsdauer
    - ca. 2 Stunden, 5 Minuten



Ergebnis
Luftkonzentration

- Luftkonzentration
  - Das Diagramm zeigt die Verläufe der „1 ppm“-Luftkonzentrationsgrenze für die untersuchten Düsendurchmesser und den Verlauf des sichtbaren Lichtbogens (rot).

- Eine gute Schutzgasabdeckung lässt sich mit Düsenradien von 8 bzw. 13 mm erzielen.



Ergebnis
Absaugleistung

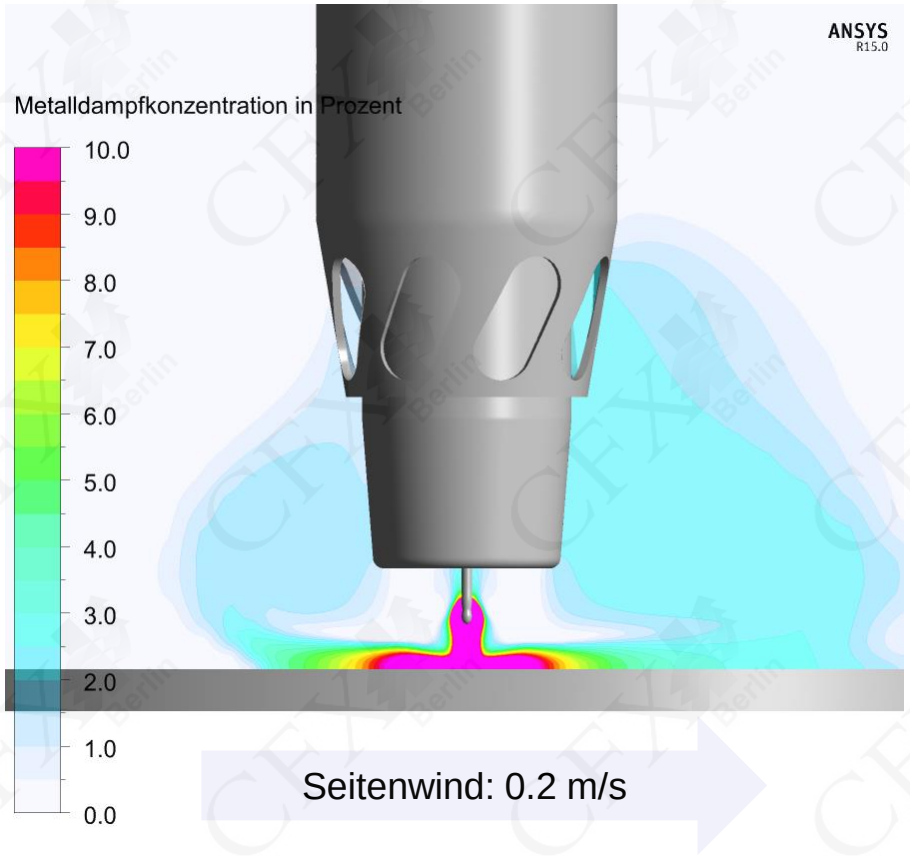
- Absaugleistung
  - Neben einer stabilen Schutzgasabdeckung ist als zweites Bewertungskriterium die Absaugleistung von entstehendem, toxischen Metalldampf von Bedeutung.
  - Das Berechnungsmodell enthält eine Metalldampfquelle von 7.6 µg/s, welche an der Anodenspitze ins System eingebracht werden. Das entspricht einer prozentualen Verdampfung von 5.0 % des Drahtes.
  - Nachfolgende Tabelle zeigt die Absaugleistung in Prozent, abhängig vom Düsenradius.

- Die kleinste Düse (7 mm) liefert die besten Absaugwerte. Eine optimale Schutz-gasabdeckung kann jedoch nur mit Düsenradien von 8 und 13 mm garantiert werden. Aus diesem Grund wird eine Düsenradius von 8 mm gewählt und eine geringfügig reduzierte Absaugleistung akzeptiert.

7 mm	8 mm	9 mm	10 mm	11 mm	12 mm	13 mm
95.2%	86.5 %	84.1%	82.2%	84.8 %	78.8%	81.2 %

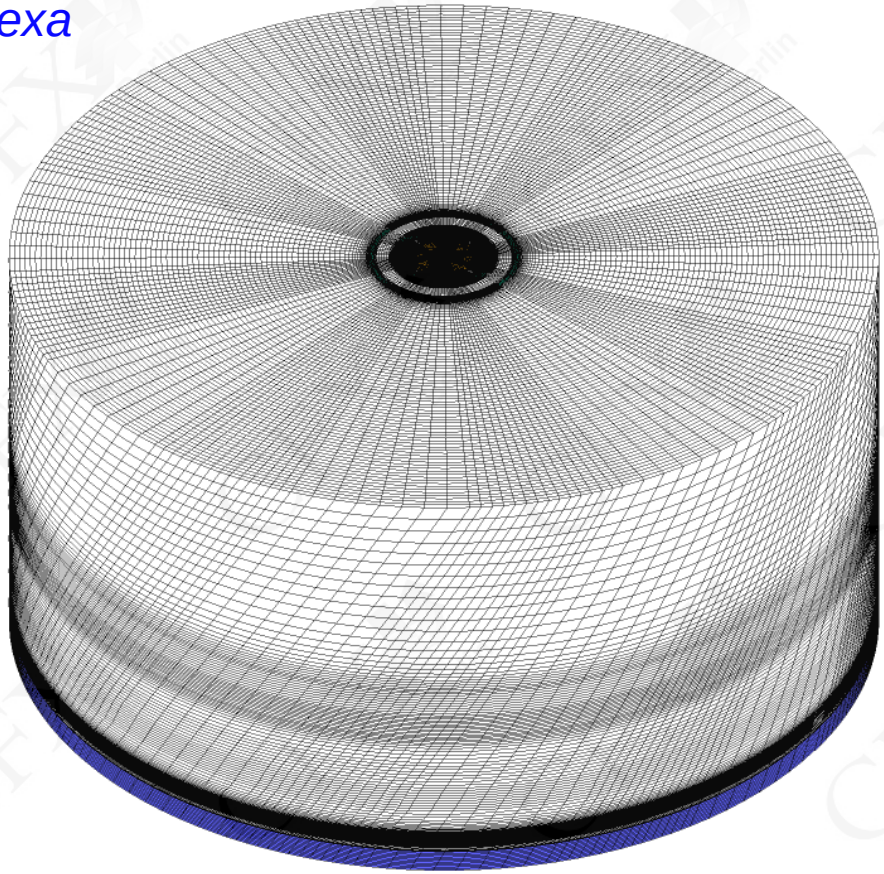
Berechnung
Strömungsfeld mit Seitenwind

- Einfluss Seitenwind
  - Nachdem der optimale Düsenradius gefunden ist, muss sichergestellt werden, dass die Schutzgasab-deckung auch moderatem Seitenwind standhält.
  - Der Seitenwindeinfluss sollte am Vollmodell simuliert werden.
  - Um diesen Einfluss zu untersuchen, ist keine neue Vernetzung notwendig. Das 45° Modell kann bequem kopiert und somit zum Vollmodell erweitert werden.



Berechnungsmodelle
Rechengitter

- Halbautomatische, blockstrukturierte Vernetzung mit *ANSYS ICEM CFD Hexa*
  - Strömungsraum:
    - 6 619 360 Knoten
    - 6 211 392 Hexaeder-Elemente
  - Festkörper:
    - 3 067 968 Knoten
    - 2 807 616 Hexaeder-Elemente
  - Vollmodell
    - Das Gitter für das Vollmodell kann durch Kopieren der periodischen Teilgitter in ANSYS CFX erstellt werden.
      Es ist keine erneute Gittergenerierung notwendig.

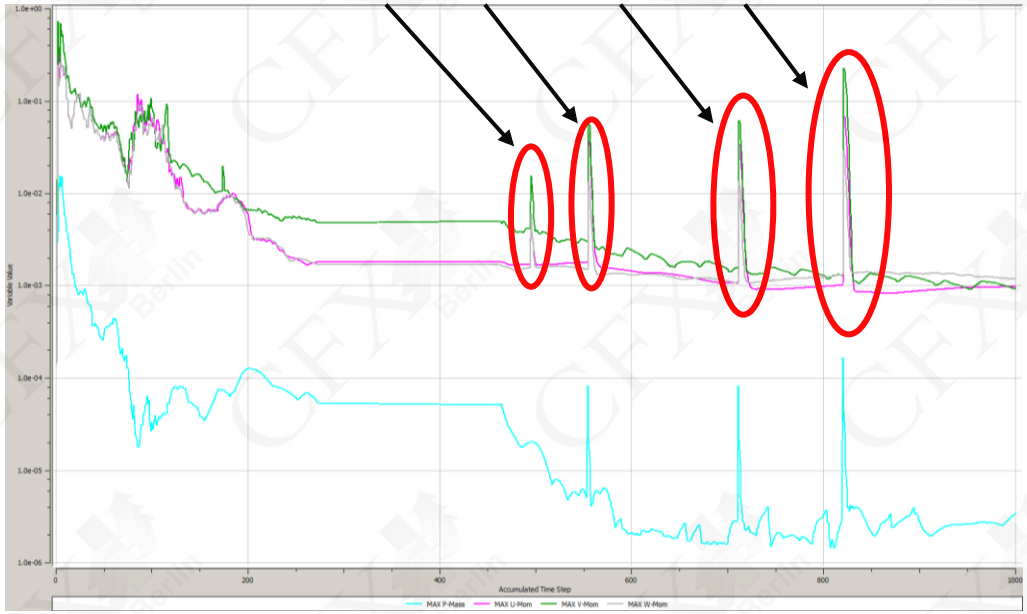


Berechnung
Lösungskontrolle

- Konvergenzverhalten
  - MAX-Residuen < $2.0 \cdot 10^{-3}$
  - Globale Bilanzen zu 1% erfüllt

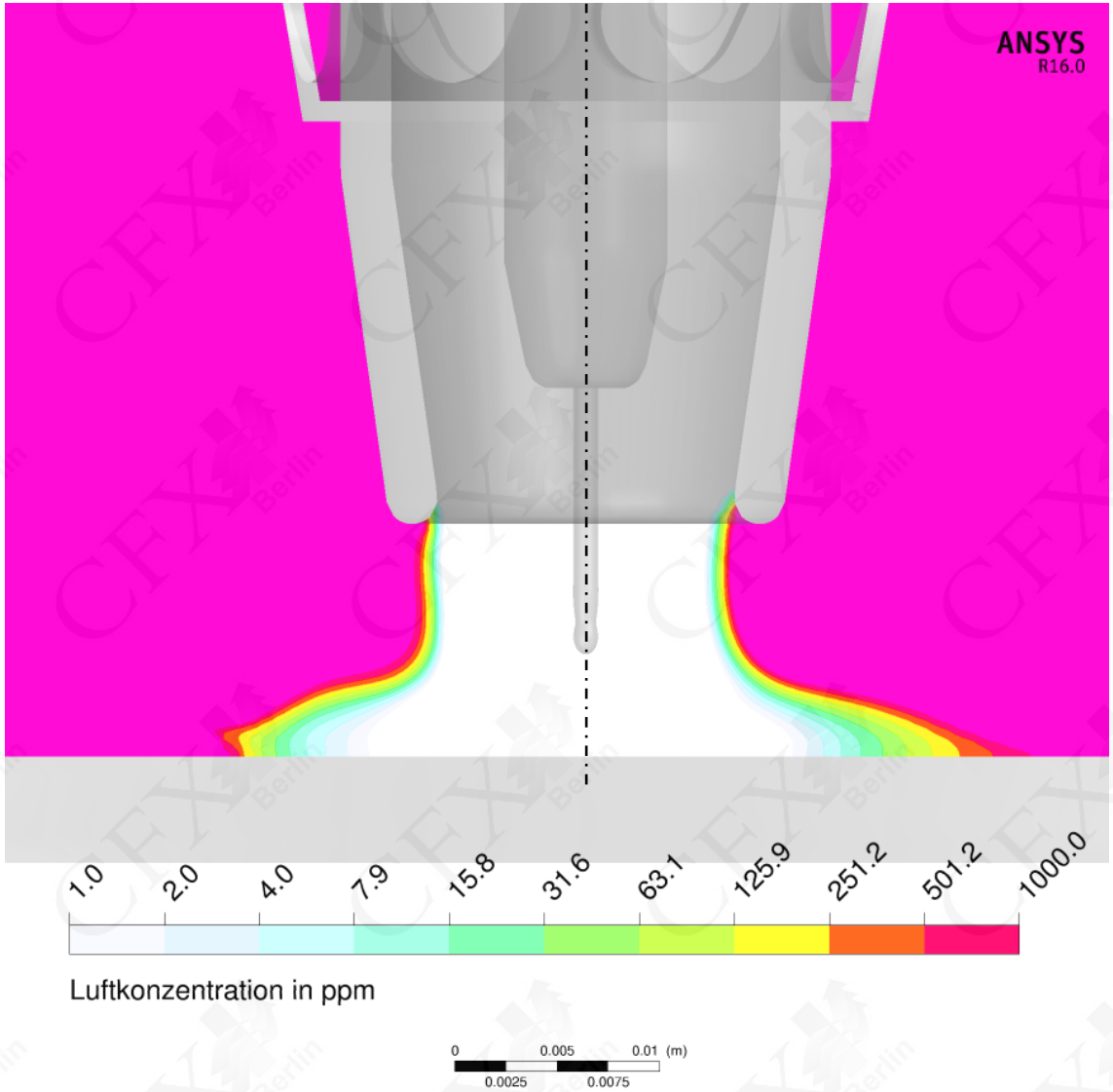
- Berechnungsverlauf und verwendete Ressourcen (Vollmodell)
  - RAM: 19.28 GB
  - CPU: Quad Core Intel Xeon™ X5672 - 3.20 GHz
    - 32-fach parallelisiert
  - Berechnungsdauer: ca. 8 Stunden, 11 Minuten

Schrittweise Reduktion des Inertgas-Volumenstroms



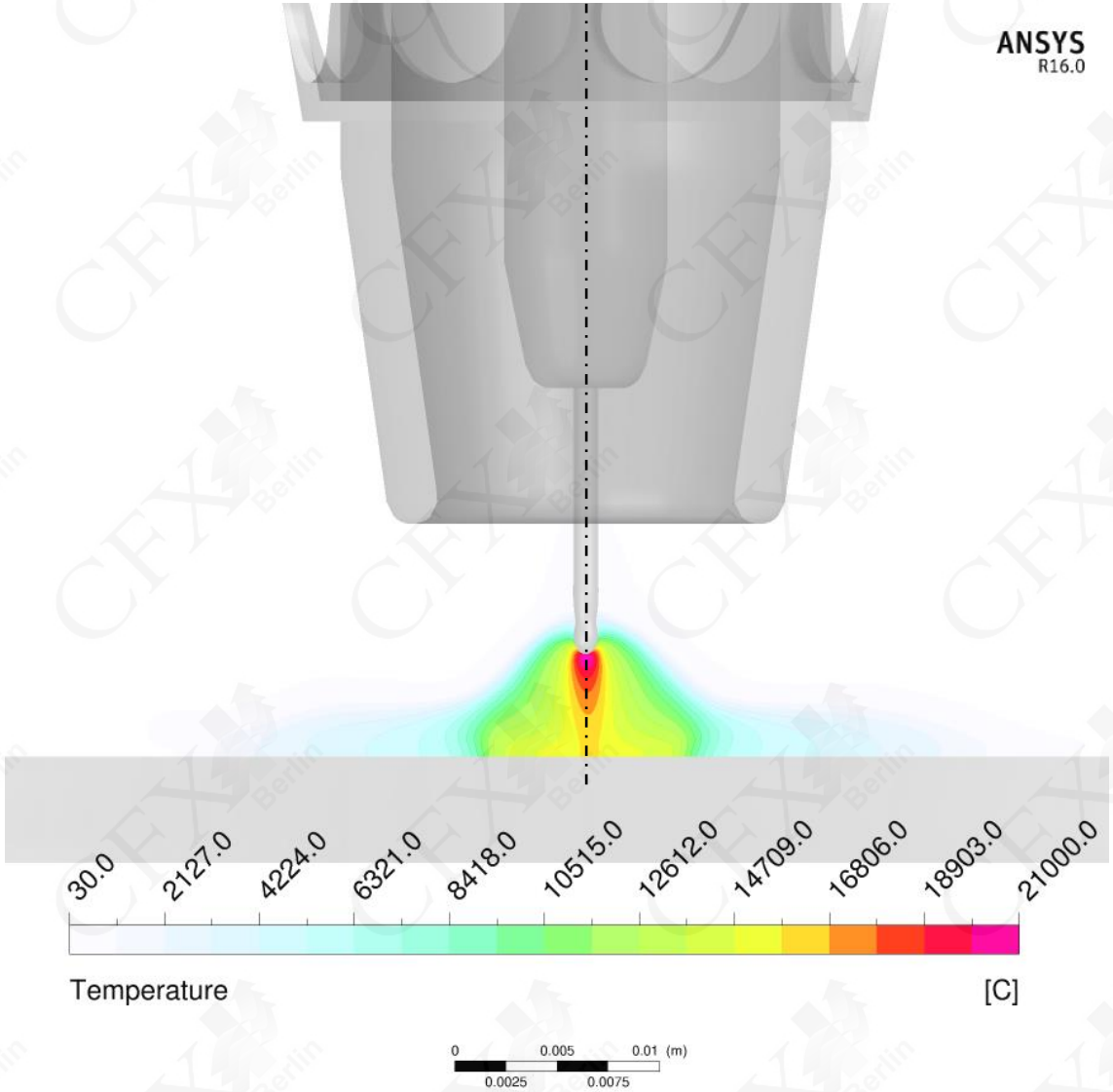
Ergebnis
Strömungsfeld

- Luftkonzentration im Vollmodell
  - Mittelschnitt
  - Lichtbogen komplett mit Argon und Metalldampf bedeckt – keine Kontaminierung durch Luft.
  - 0.2 m/s Wind von links nach rechts.



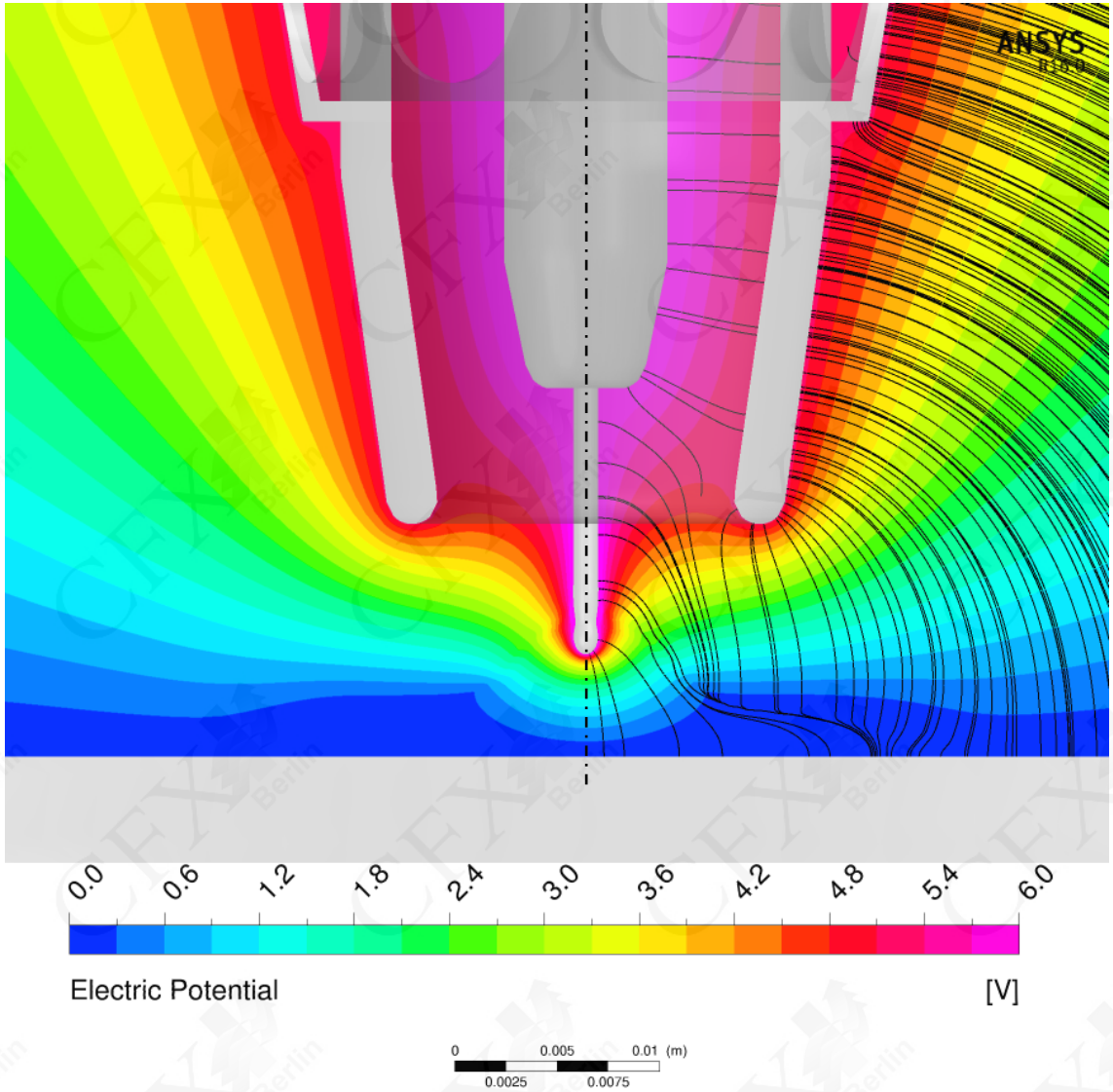
Ergebnis
Strömungsfeld

- Temperatur im Vollmodell
  - Mittelschnitt
  - Maximale Temperatur im System: ca. 21 000°C
  - 0.2 m/s Wind von links nach rechts.



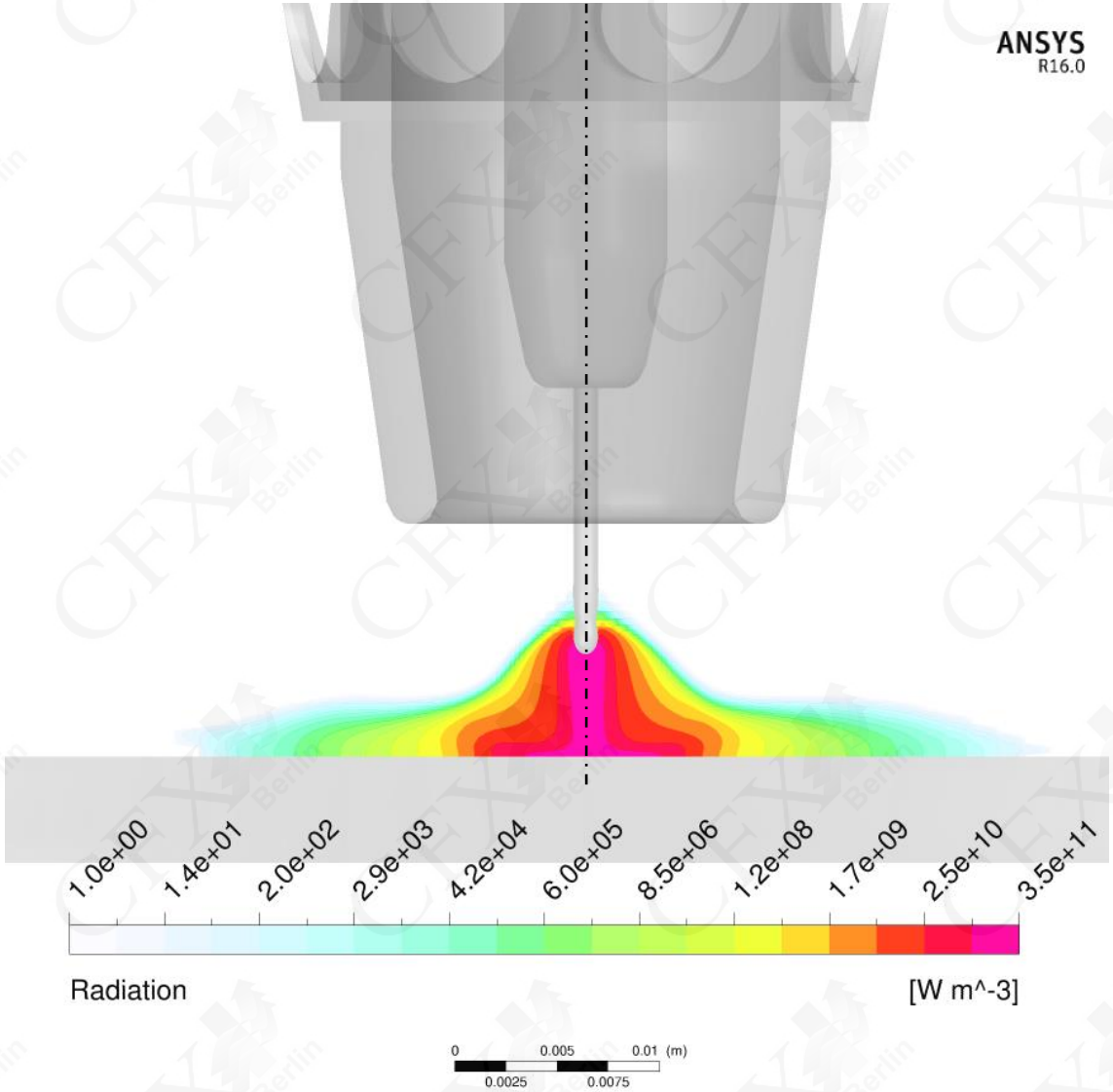
Ergebnis
Strömungsfeld

- Elektrisches Potential, rechts mit Stromfluss-Linien im Vollmodell
  - Mittelschnitt
  - Elektrisches Potential maximal 6.4 Volt
  - Stromlinien entlang des Gradienten des Potentials



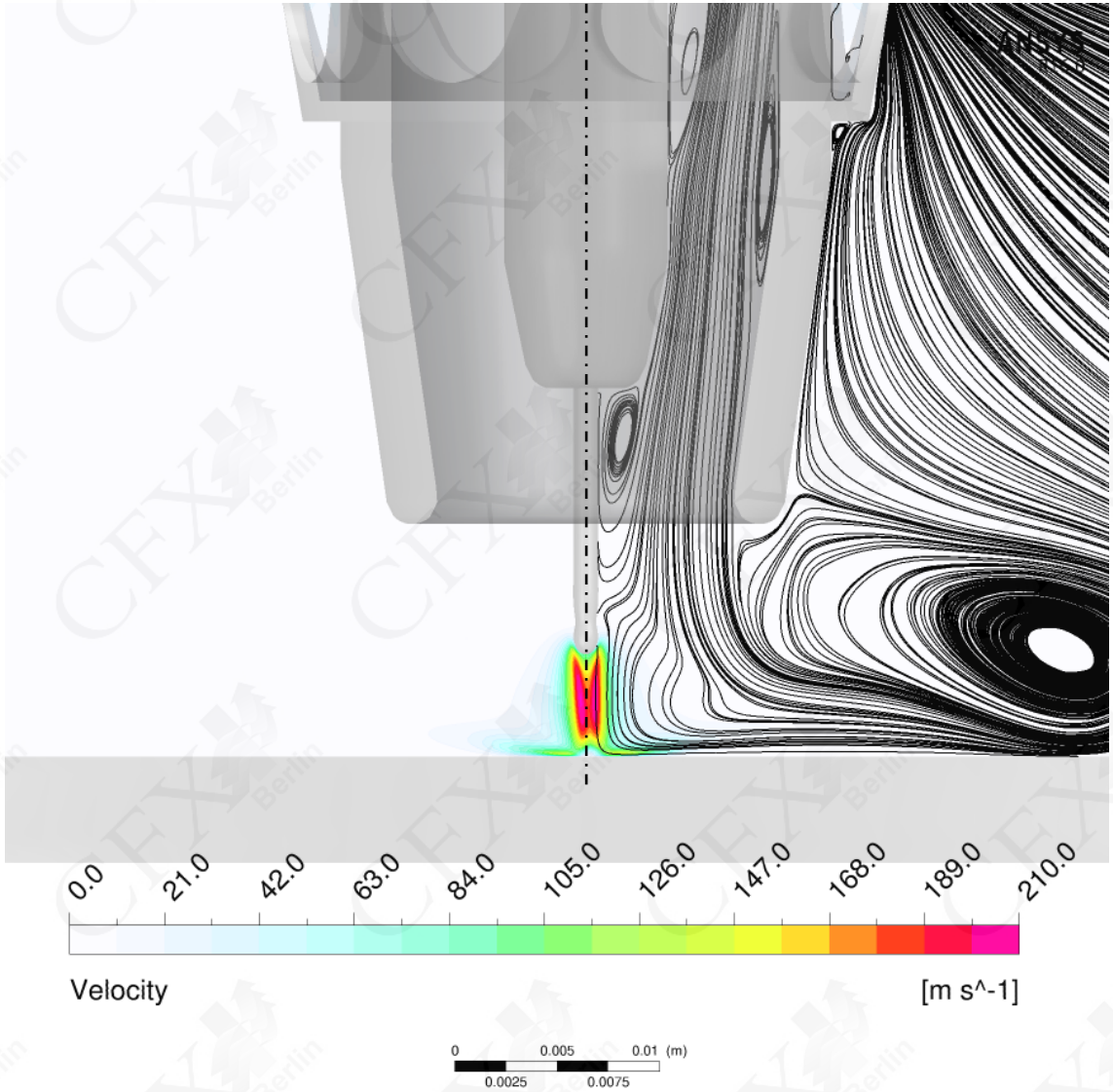
Ergebnis
Strömungsfeld

- Strahlungsverluste im Vollmodell
  - Mittelschnitt
  - Logarithmische Skalierung



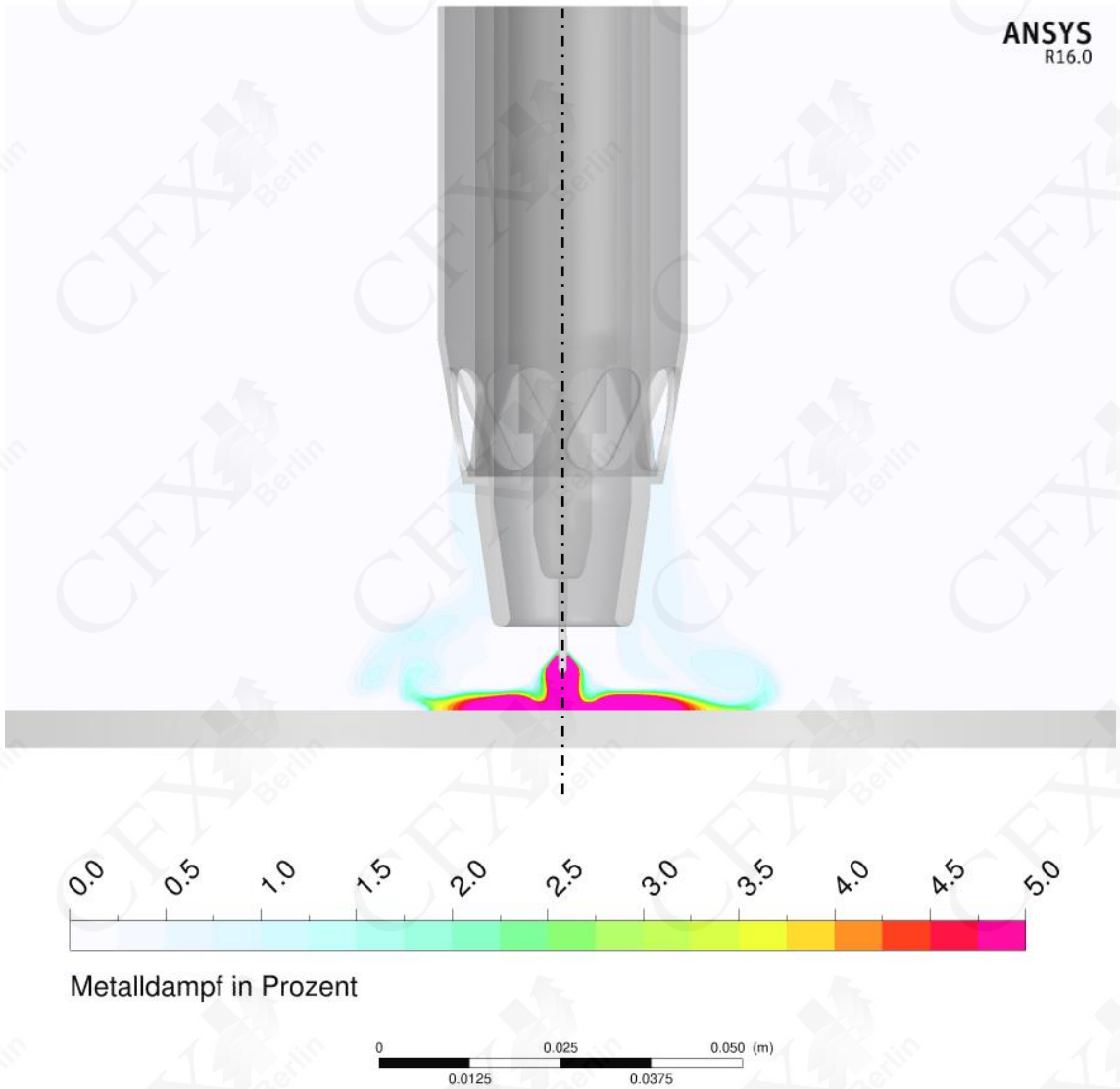
Ergebnis
Strömungsfeld

- Strömungsgeschwindigkeit und -richtung im Vollmodell
  - Mittelschnitt
  - Stromlinienverlauf



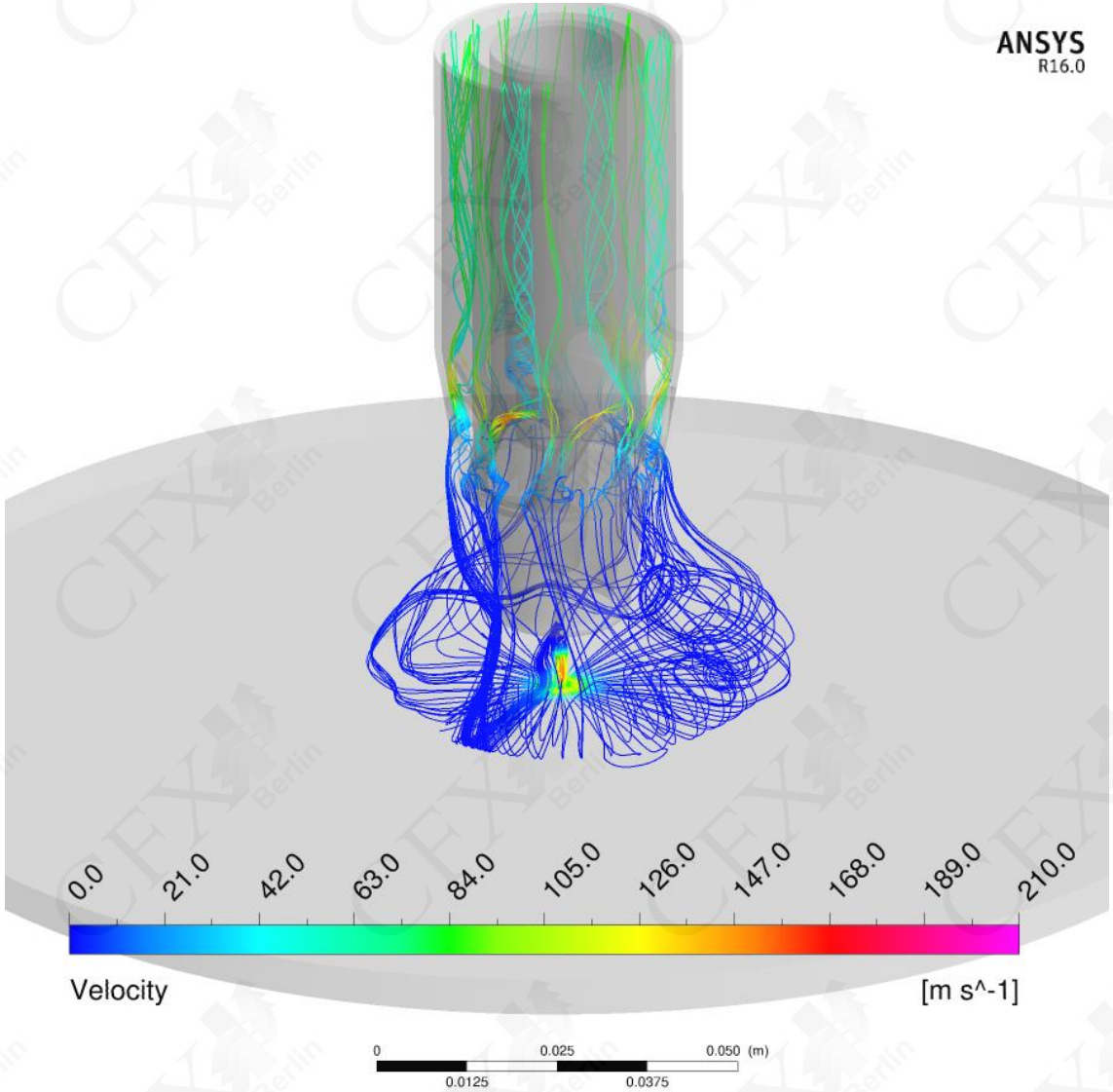
Ergebnis
Strömungsfeld

- Metalldampfverteilung
  - Mittelschnitt
  - 0.2 m/s Strömung von links nach rechts



Ergebnis
Strömungsfeld

- Metalldampfverteilung
  - Isometrische Ansicht
  - 0.2 m/s Strömung von links nach rechts
  - Stromlinien starten an Anodenspitze



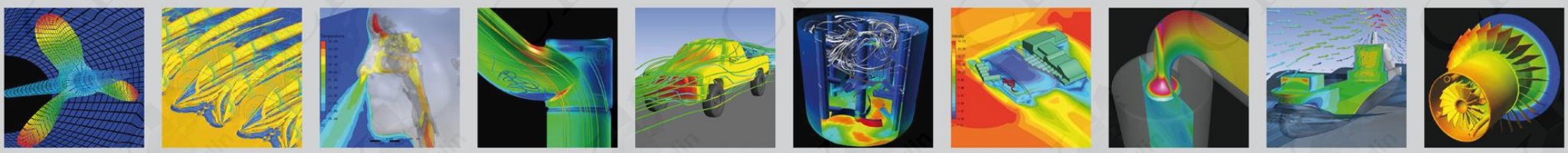
Zusammenfassung und Ausblick

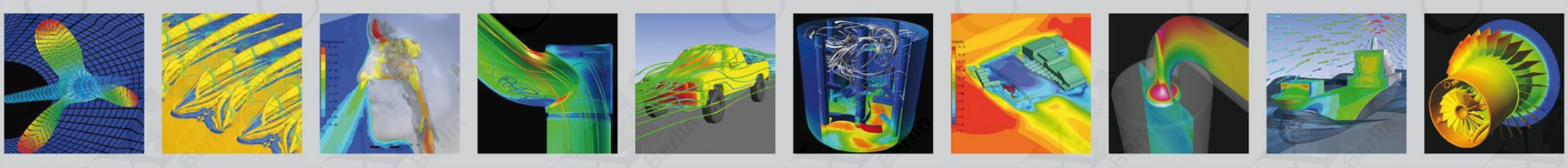
CFX Berlin

- Zusammenfassung
  - Die Düsengeometrie konnte optimiert werden. Ein Düsenradius von 8 mm liefert eine optimale Schutzgasabdeckung bei maximal möglicher Metalldampf-absaugung. Der benötigte Inertgas-Volumenstroms konnte von 15 l/min auf 9 l/min reduziert werden.

- Ausblick
  - Durch spezielle Fallgebietsmodelle kann der Austausch der Ladungsträger zwischen Festkörper und Plasma exakter modelliert werden. Dies resultiert in einer genaueren Bestimmung der Temperaturverteilung in Wandnähe.
  - Komplexere Formulierungen des Strahlungsmodells unter Berücksichtigung von Absorption und Dispersion führen zu einer exakteren Bestimmung der Strahlungsverluste.
  - Die Entstehung von 7.6 mg/s Metalldampf an der Anodenspitze wird im aktuellen Modell berücksichtigt. Diese Größe kann auch abhängig von der dort vorherrschenden Temperatur definiert werden.

CFX Berlin Software GmbH



ist kompetenter Partner für:

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