



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Professur Mikrofertigungstechnik
Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse
Fakultät für Maschinenbau



Multiphysiksimulation des elektrochemischen Präzisionsabtragens mit oszillierender Kathode

Art der Arbeit:	Masterarbeit
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. (FH) Ingo Schaarschmidt M.Sc.
Studiengang:	Maschinenbau
Betreuende Person:	Dipl.-Ing. Gunnar Meichsner
Zweiter Prüfer:	PD Dr.-Ing. habil. Dipl.-Phys. Matthias Hackert-Oschätzchen
Betreuender Hochschullehrer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Schubert

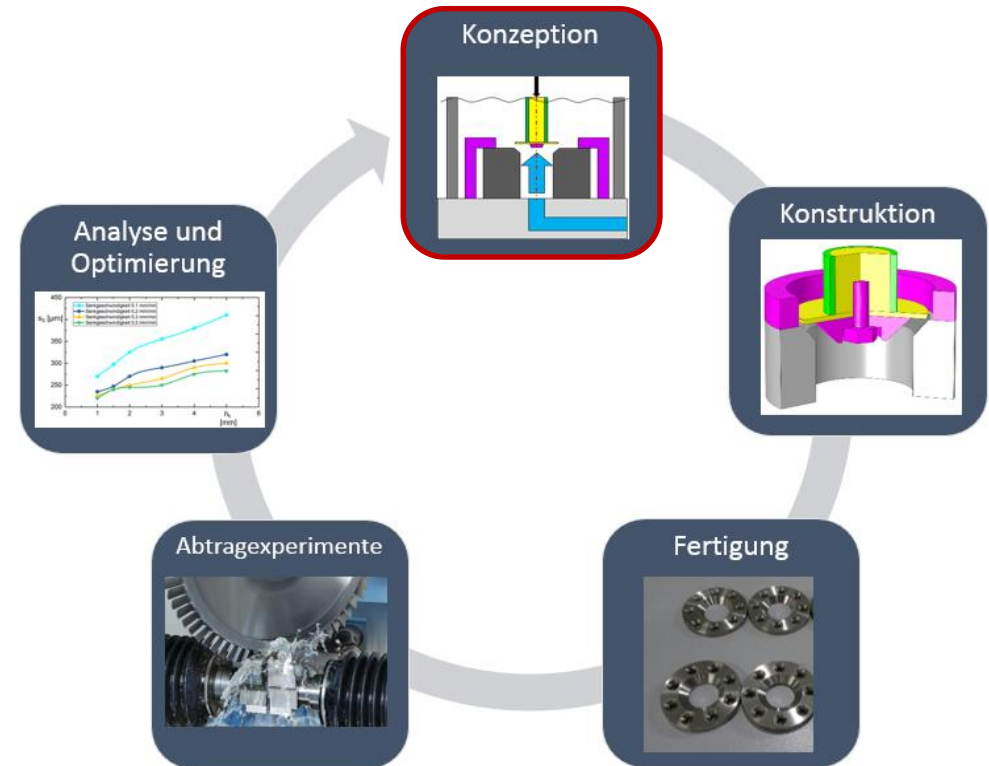
Gliederung

- 1. Motivation und Handlungsbedarf**
- 2. Herausforderung, Herangehensweise und Lösungsweg**
- 3. Multiphysikalisches Modell – Vorrichtungskonzept und Geometrie**
- 4. Simulationsergebnisse**
- 5. Zusammenfassung**

1. Motivation - Prozessgestaltung

- Prozessgestaltung iterativer Vorgang
 - Zeit- und Ressourcenaufwand

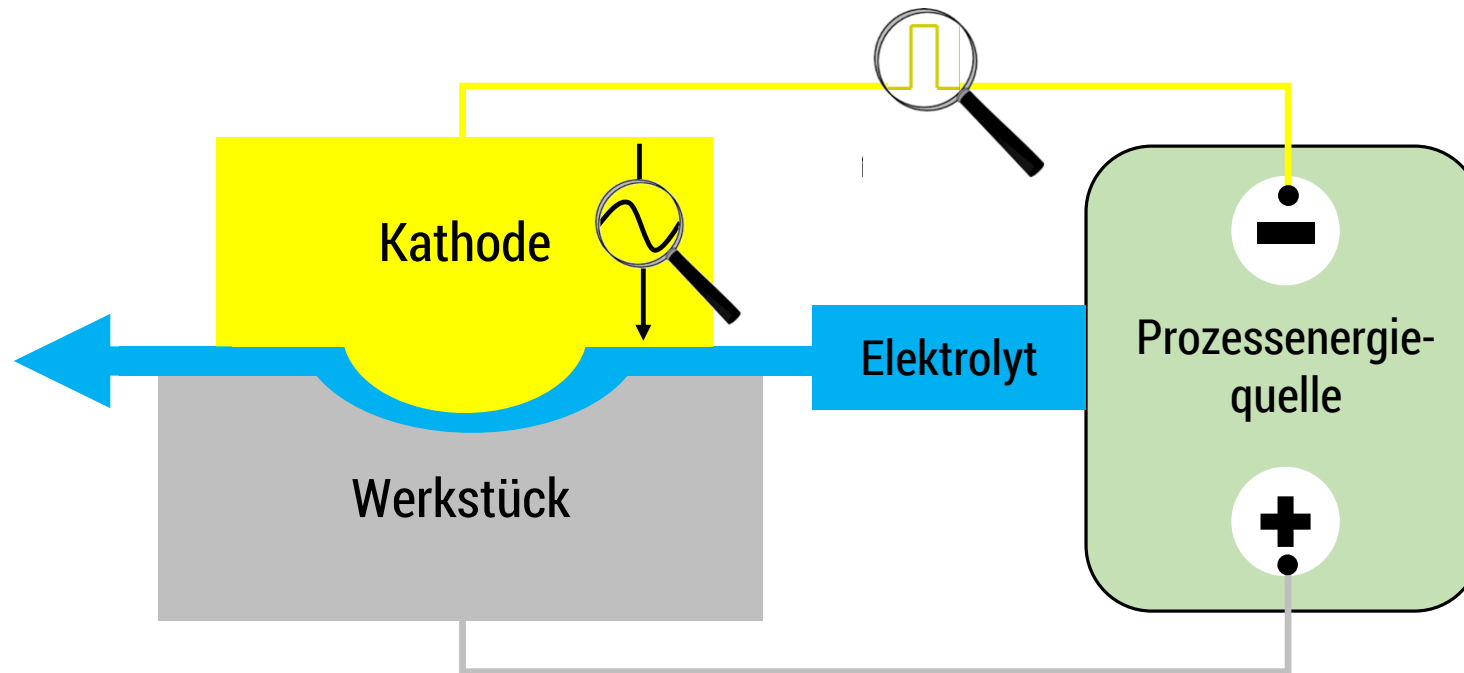
- Großes Potential Ressourcenersparnis bietet Simulation:
 - Computergestützte Berechnung von Abtraggeometrien, Kathodenkonzepte und Prozessparameter



Ablauf einer Prozessgestaltung des elektrochemischen Abtrags

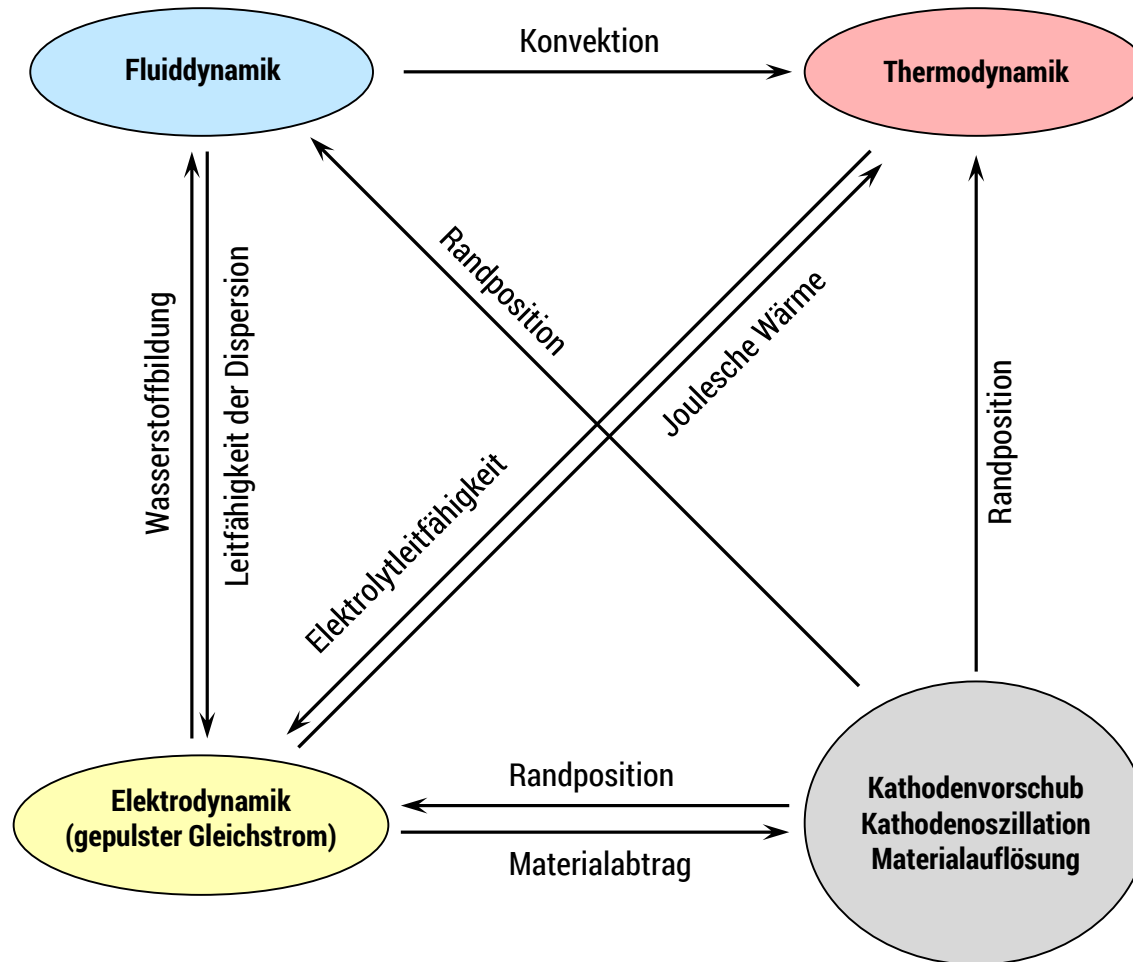
1. Handlungsbedarf – Simulationsmethodik

- **Verfahrensvariante: Gepulstes elektrochemische Abtragen mit oszillierender Kathode**

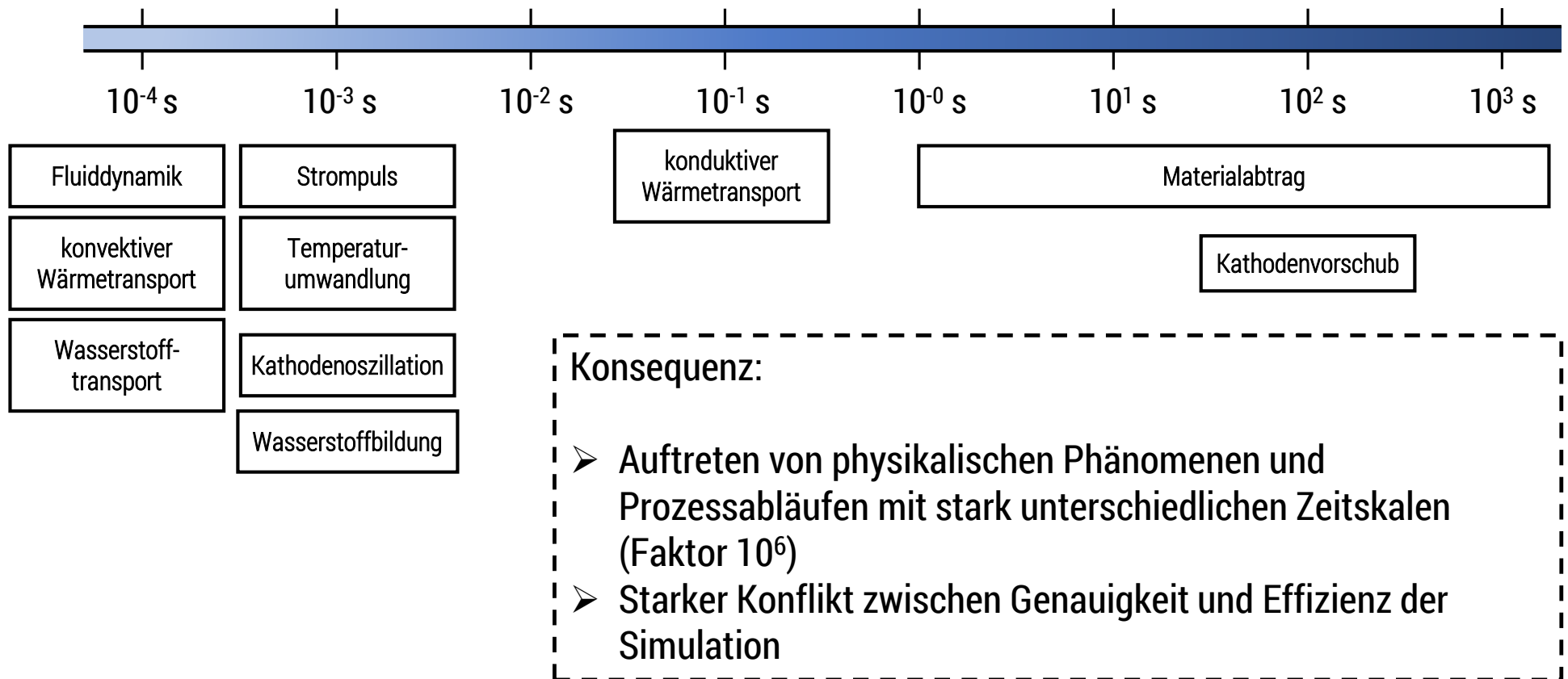


- **Multiskalen-Multiphysiksimulationen von PECM mit Kathodenszillation unter Berücksichtigung der physikalischen Phänomene und der Materialauflösung notwendig**

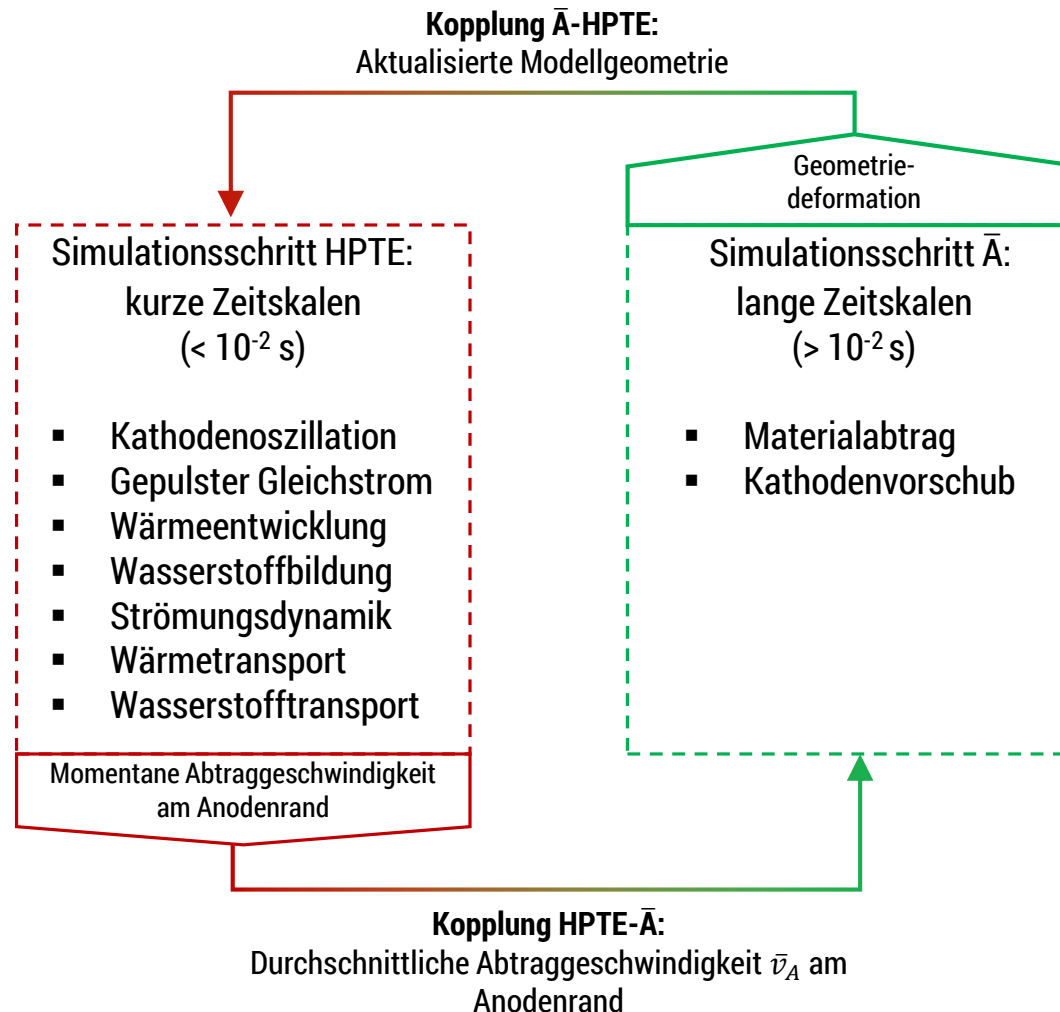
2. Herausforderung: Physikalische Phänomene



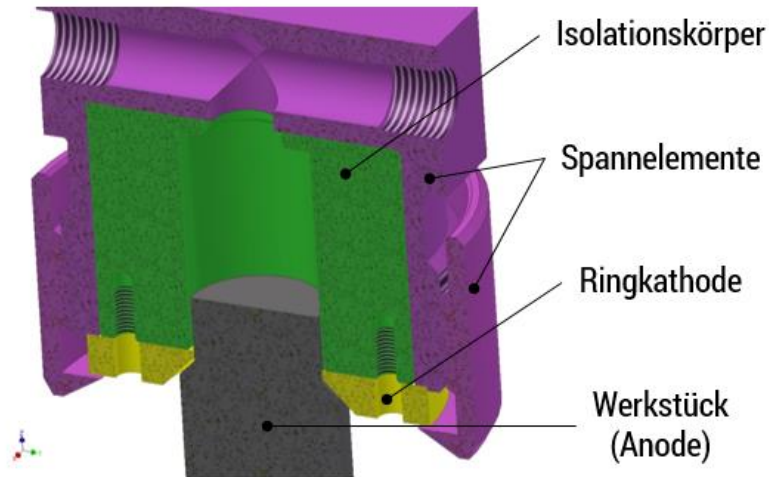
2. Herausforderung: Zeitskalen beim PECM mit oszillierender Kathode



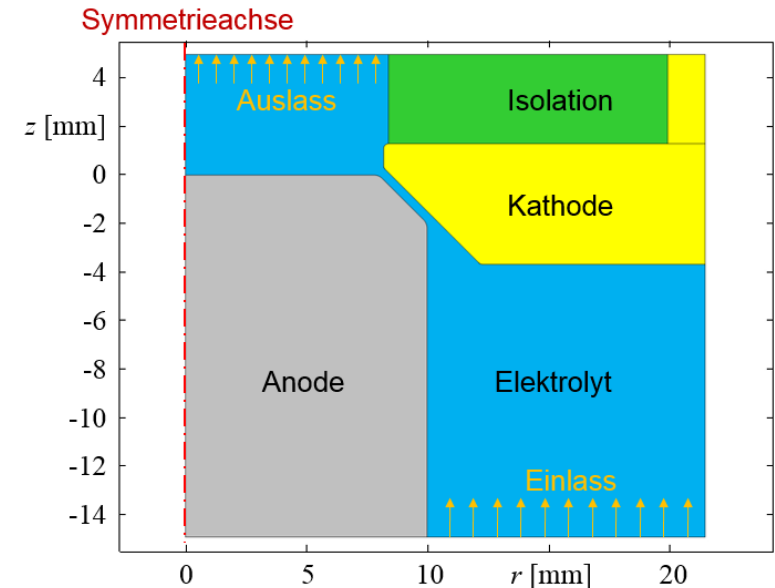
2. Herangehensweise und Lösungsweg – Zeitskalenseparation



3. Multiphysikalisches Modell – Vorrichtungskonzept und Geometrie



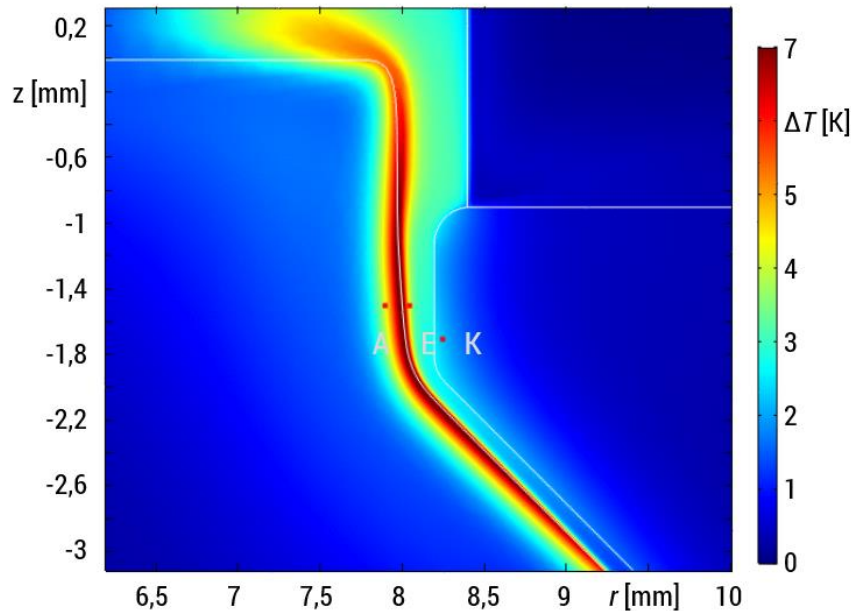
3D-Geometrie; Vorrichtungskonzept zur Außenformgebung durch umlaufende PECM-Bearbeitung



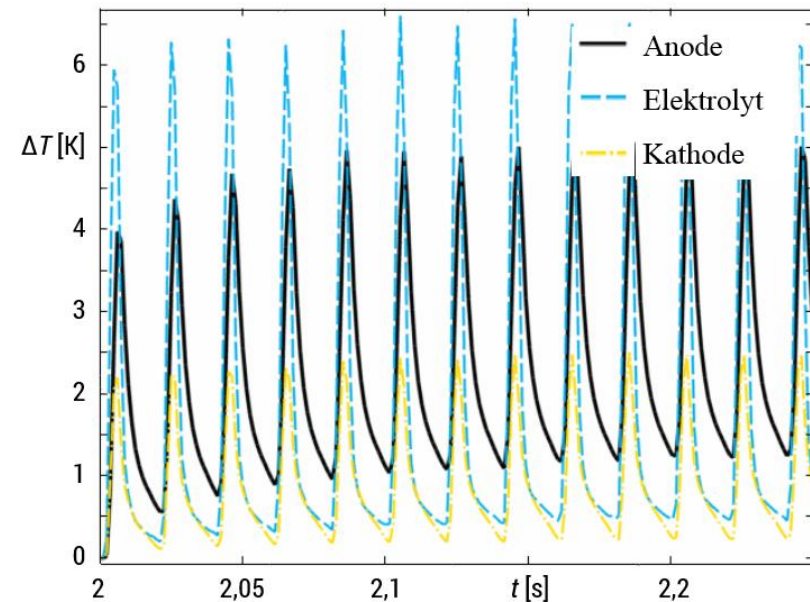
Initiale abgeleitete 2D-Axialgeometrie und Zuordnung der Rand- und Gebietsbedingungen

4. Simulationsergebnisse – Simulationsschritt HPTE

Temperaturverhalten über mehrere Pulse



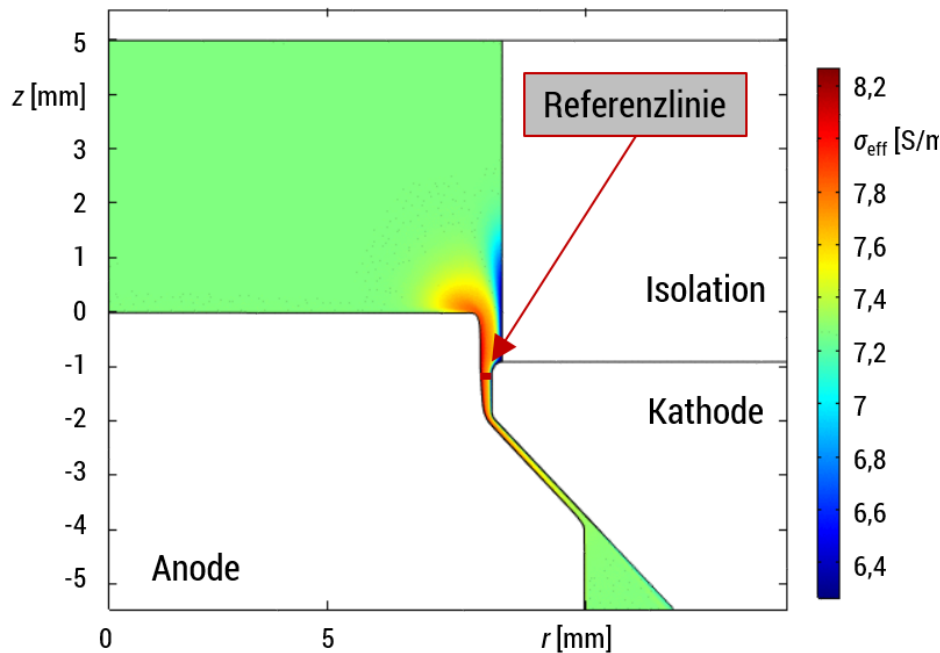
Falschfarbendarstellung: Temperaturdifferenz für Einzelpulsfolge (10 Pulse); Referenzpunkte für Anoden-, Kathoden- und Elektrolytttemperatureauswertung



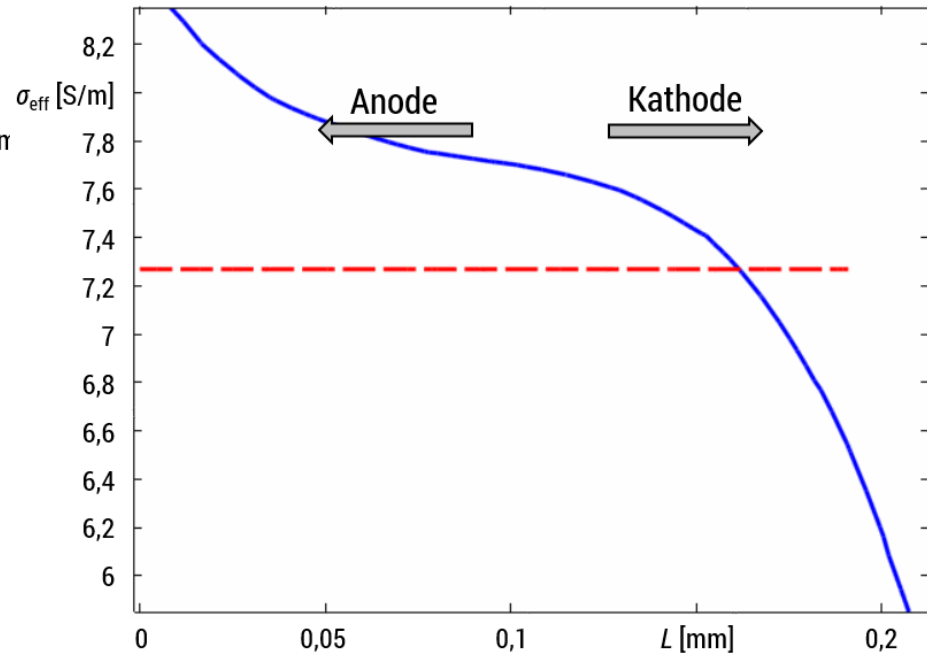
Auswertung der Temperaturerhöhung über der Zeit in den Messpunkten A, E, K

4. Simulationsergebnisse – Simulationsschritt HPTE

Detaillierte Betrachtung der effektiven elektrischen Leitfähigkeit (1202,00 s – 1202,02 s)



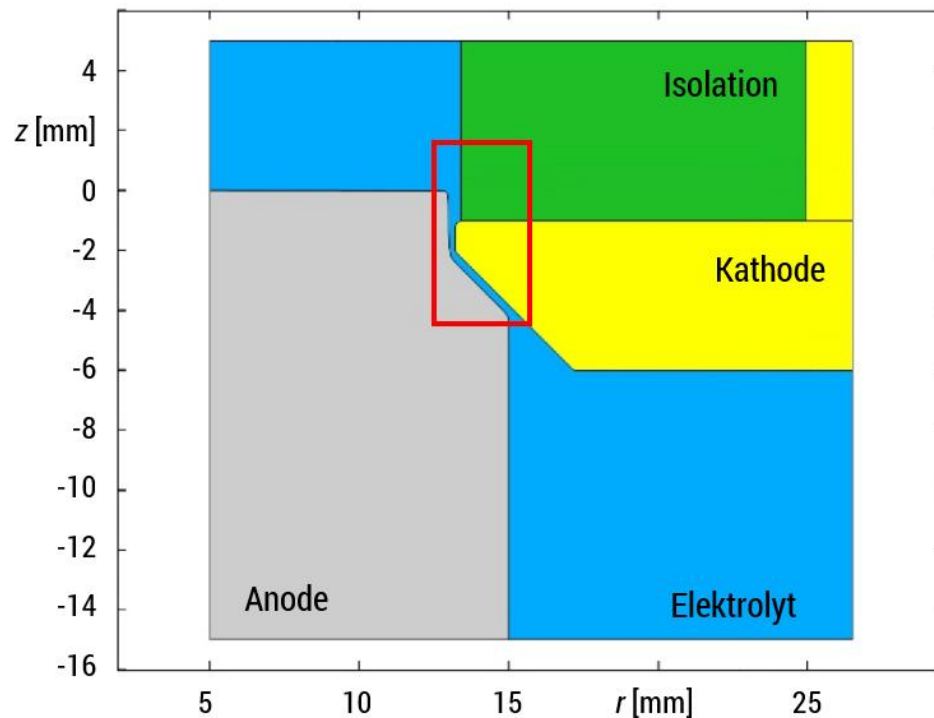
Falschfarbendarstellung: resultierende elektrische Leitfähigkeit σ_{eff} des Elektrolyten infolge Wärme- und Wasserstoffbildung



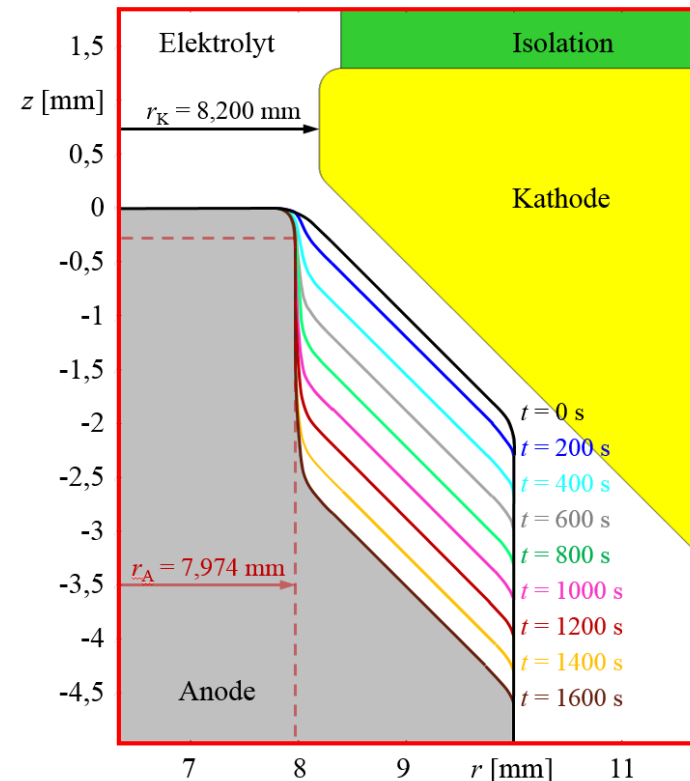
Resultierende elektrische Leitfähigkeit σ_{eff} entlang der Referenzlinie ($z = -1,25$ mm)

4. Simulationsergebnisse – Simulationsschritt \bar{A}

Formgebung über den umlaufenden inneren Arbeitsspalt (0 s – 1600 s)



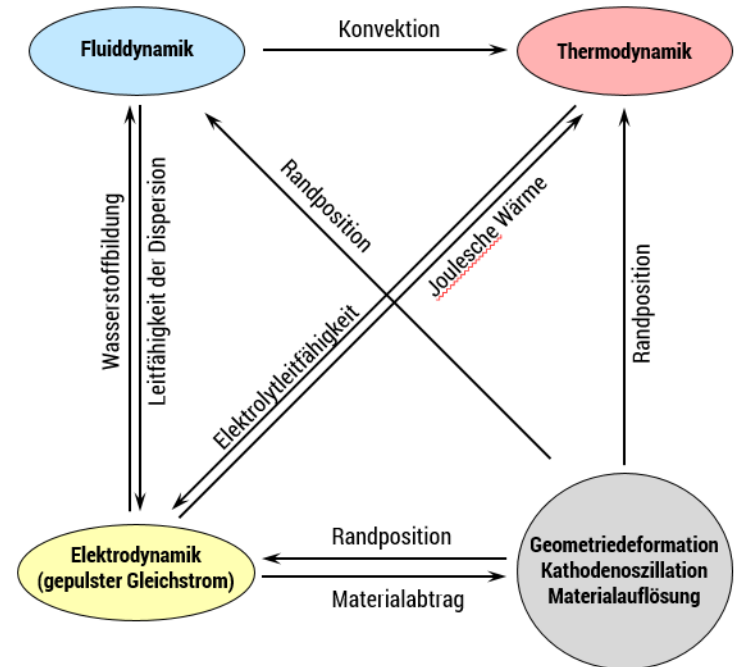
Resultierende Geometrie infolge des Materialabtrages nach einer Prozesszeit von 1600 s



Resultierende Geometrie infolge des Materialabtrages nach einer Prozesszeit von 1600 s (Detailansicht)

5. Zusammenfassung

- Multiphysiksimulation des PECM mit oszillierender Kathode erfolgreich umgesetzt
 - Entwicklung und Implementierung einer geeigneten Methodik und Kopplungsstrategien auf Basis der Zeitskalenseparation
 - Abtragsimulation unter Variation der Prozessparameter und Auswertung relevanter Prozessgrößen
- Detaillierungsgrad der Simulationsmethodik erhöht
 - Numerischer Aufwand (Berechnungszeitdauer) verringert
 - Detaillierte Abbildung der physikalischen Phänomene kurzer und langer Zeitskalen in einem ganzheitlichen Simulationsmodell
 - Einflüsse der Prozessparameter auf die resultierende Abtraggeometrie abbildbar



Physikalische Phänomene und Wechselwirkungen des PECM mit oszillierender Kathode