



Multiphysiksimulation des elektrochemischen Präzisionsabtragens von Innengeometrien

Art der Arbeit:	Masterarbeit
Bearbeiter:	Raphael Paul M.Sc.
Studiengang:	Maschinenbau
Betreuer:	Dipl.-Ing. Michael Kowalick
Betreuender Hochschullehrer:	PD Dr.-Ing. habil. Dipl.-Phys. Matthias Hackert-Oschätzchen

Gliederung

- 1. Motivation**
- 2. Betrachteter Bearbeitungsprozess**
- 3. Multiphysikalische Modelle**
- 4. Abtragsimulation**
- 5. Modellbewertung**

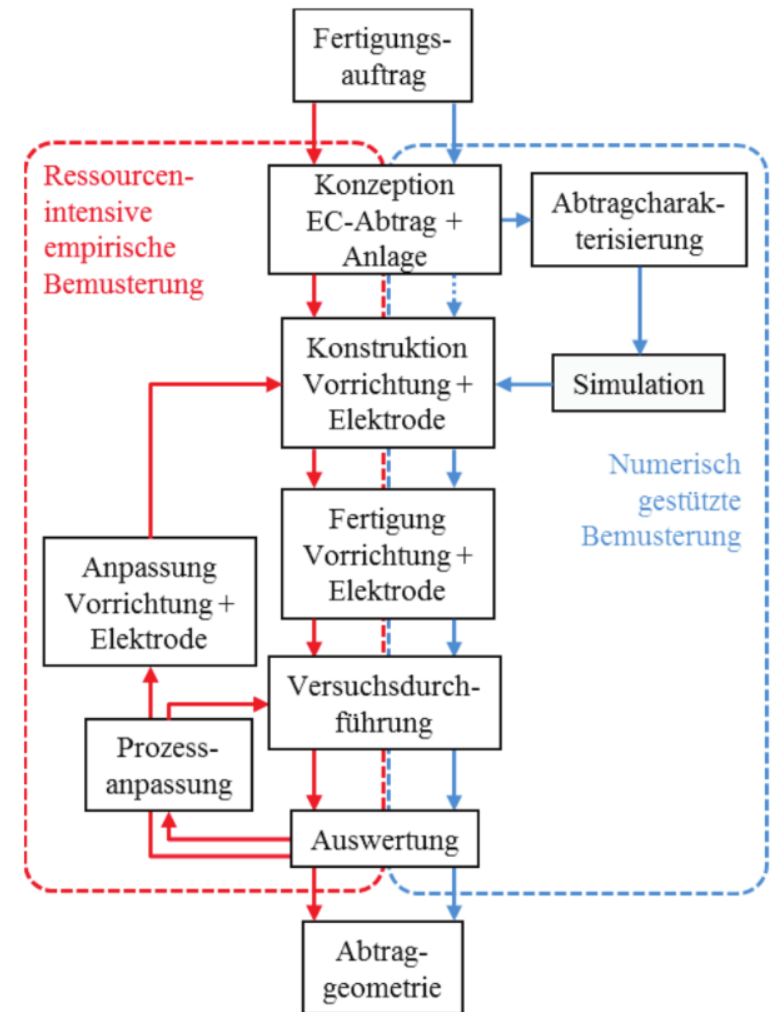
1. Motivation

Gestaltung elektrochemischer Abtragprozesse

- Große Herausforderung, da Prozess komplex
- In Praxis häufig empirische Bemusterung
→ Zeit- und kostenintensiv
- Großes Potential zur Kosten- und Zeitersparnis:

Numerisch gestützte Bemusterung

- Bedarf an Modellen, die PECM-Prozess bei geringem numerischem Aufwand hinreichend genau beschreiben

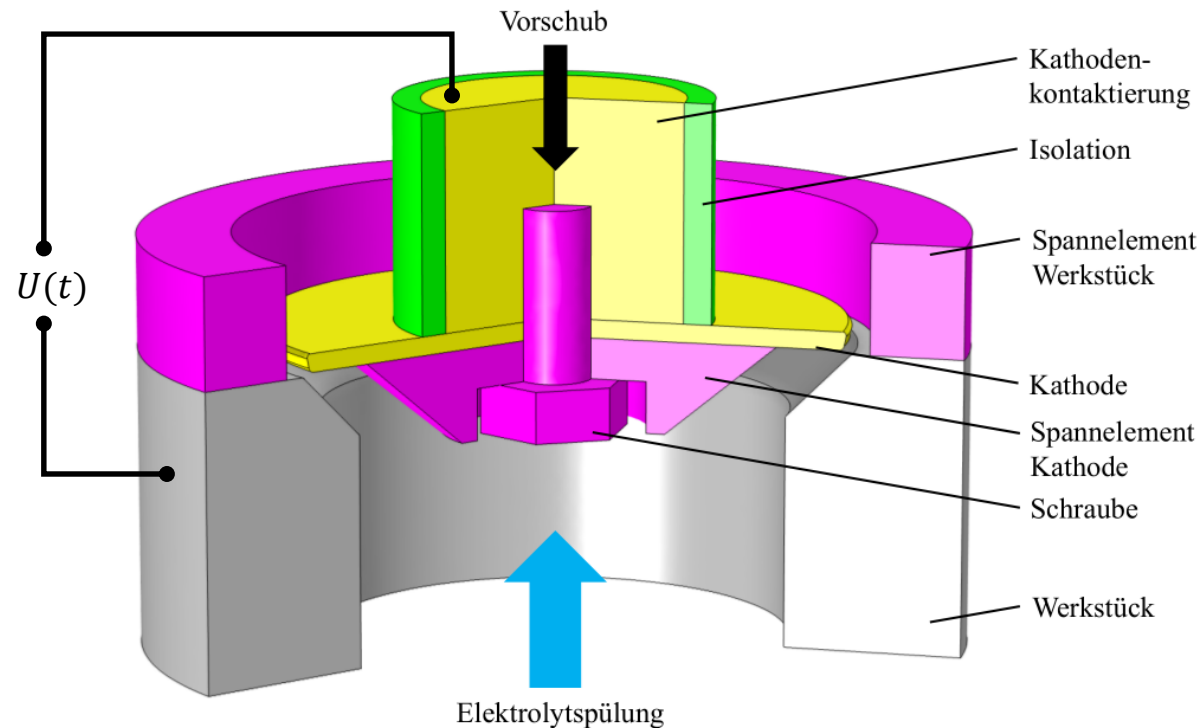


Ablauf der Prozessgestaltung nach [M. Penzel, Masterarbeit, 2013]

2. Betrachteter PECM-Innenbearbeitungsprozess

Prozessparameter der betrachteten Innenbearbeitung

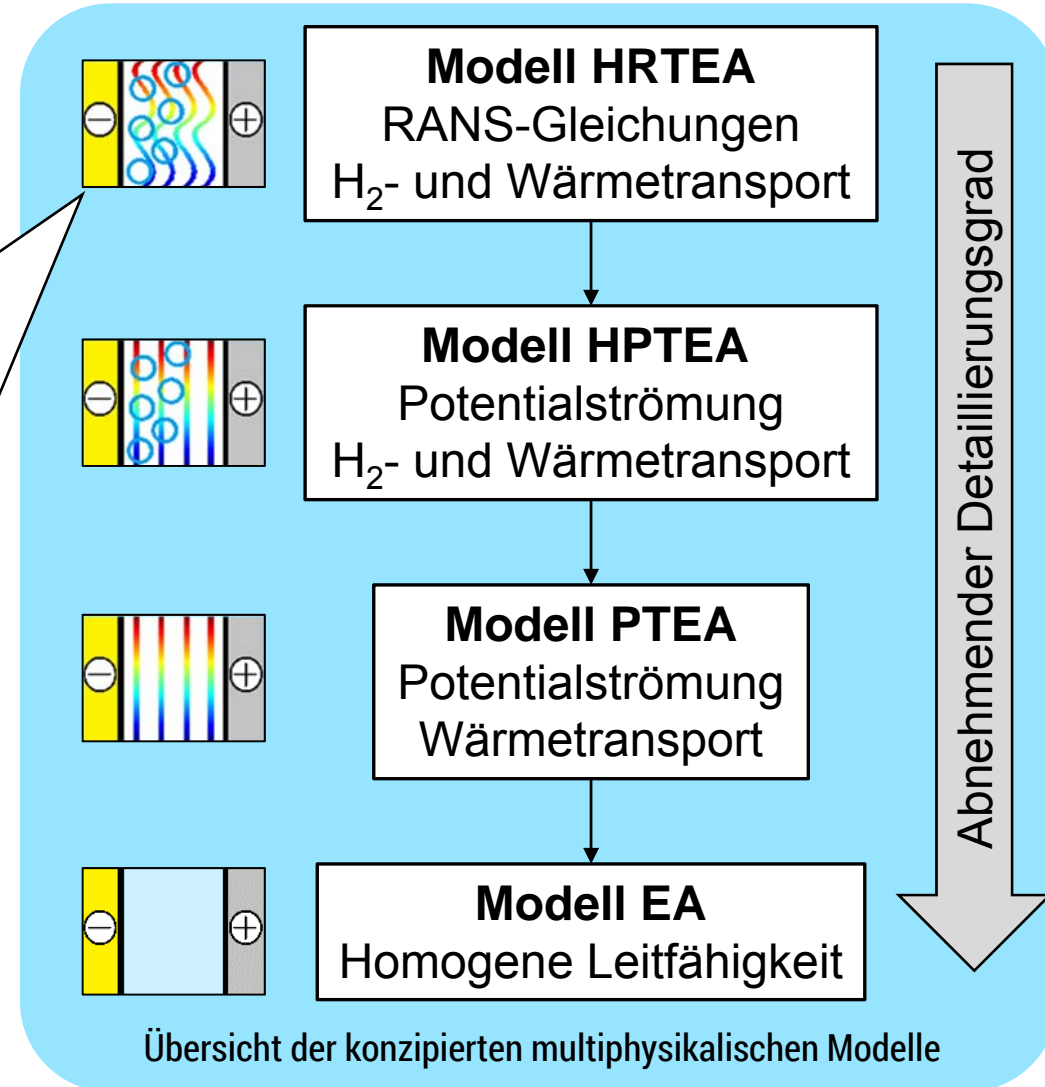
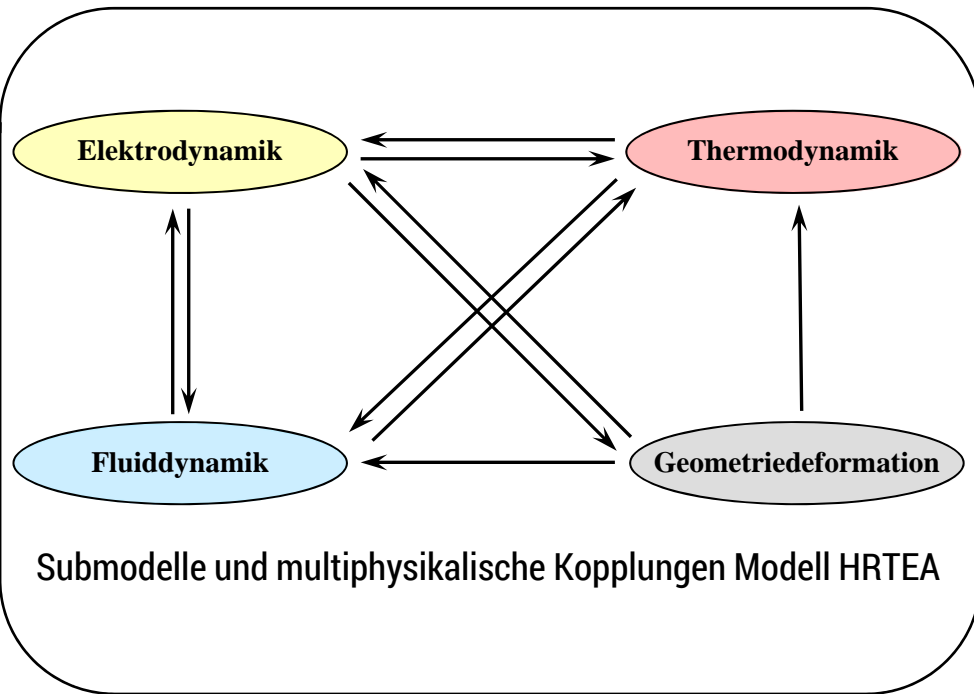
Prozessparameter	Wert
Vorschubgeschwindigkeit	1 mm/min
Spannung	14 V
Tastverhältnis	0,8
Elektrolytvolumenstrom	8 l/min
Absolutdruck am Auslass	5,5 bar
Umgebungstemperatur	20 °C



Betrachteter PECM-Innenbearbeitungsprozess

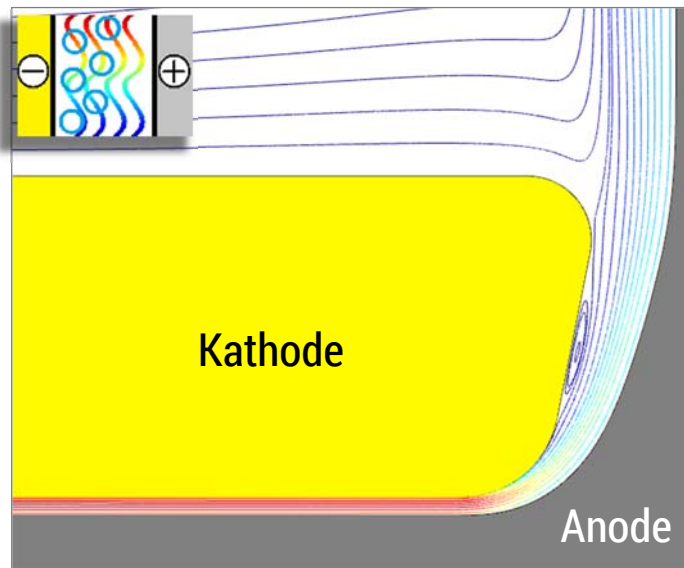
3. Multiphysikalische Modelle

Modellkonzeption

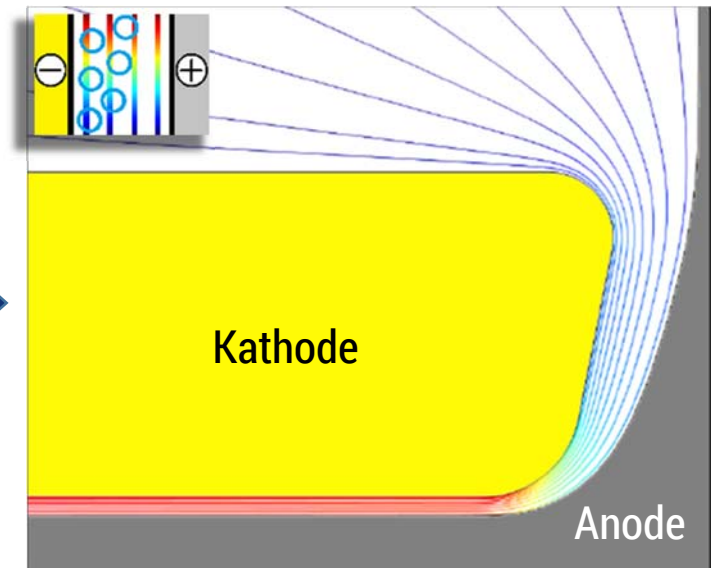


3. Multiphysikalische Modelle

Modellparameter des Potentialströmungsmodells



Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichungen (HRTEA)



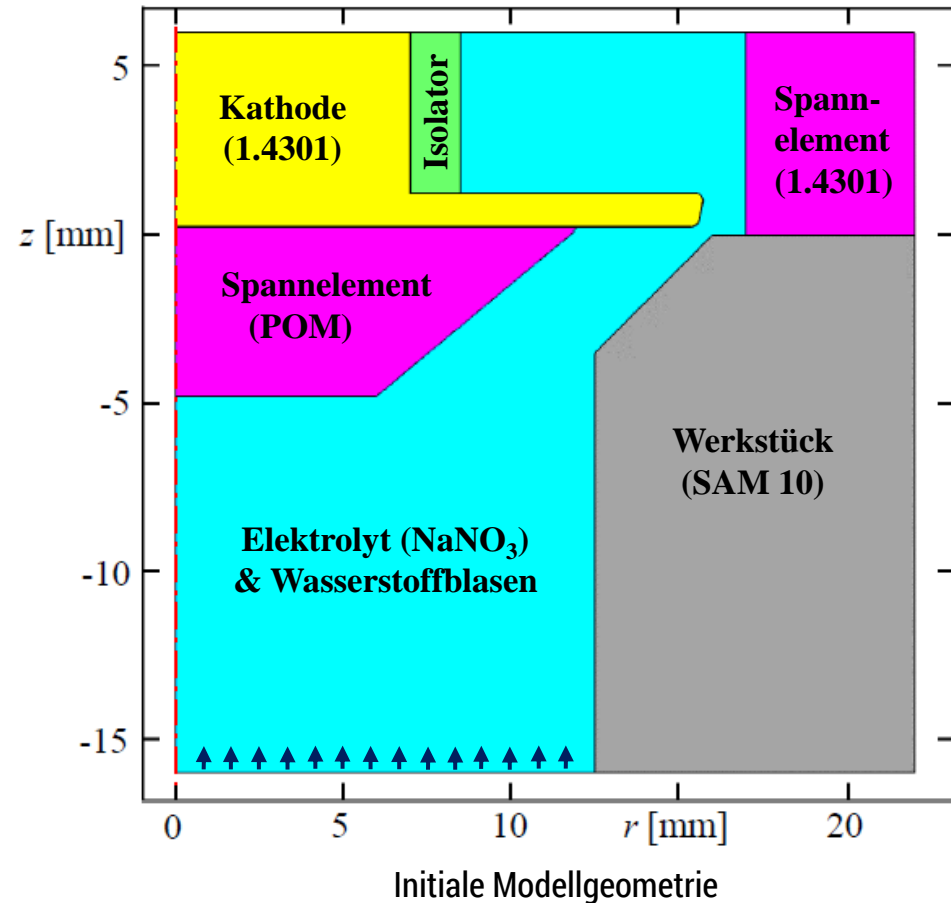
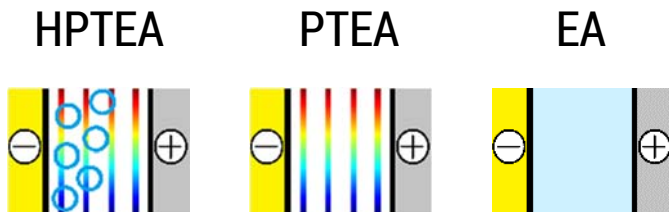
Potentialströmungsmodell (HPTEA)

Verwendung des detaillierten Simulationsmodells (HRTEA) um Modellparameter des vereinfachten fluiddynamischen Modells (HPTEA) zu bestimmen

4. Abtragsimulation

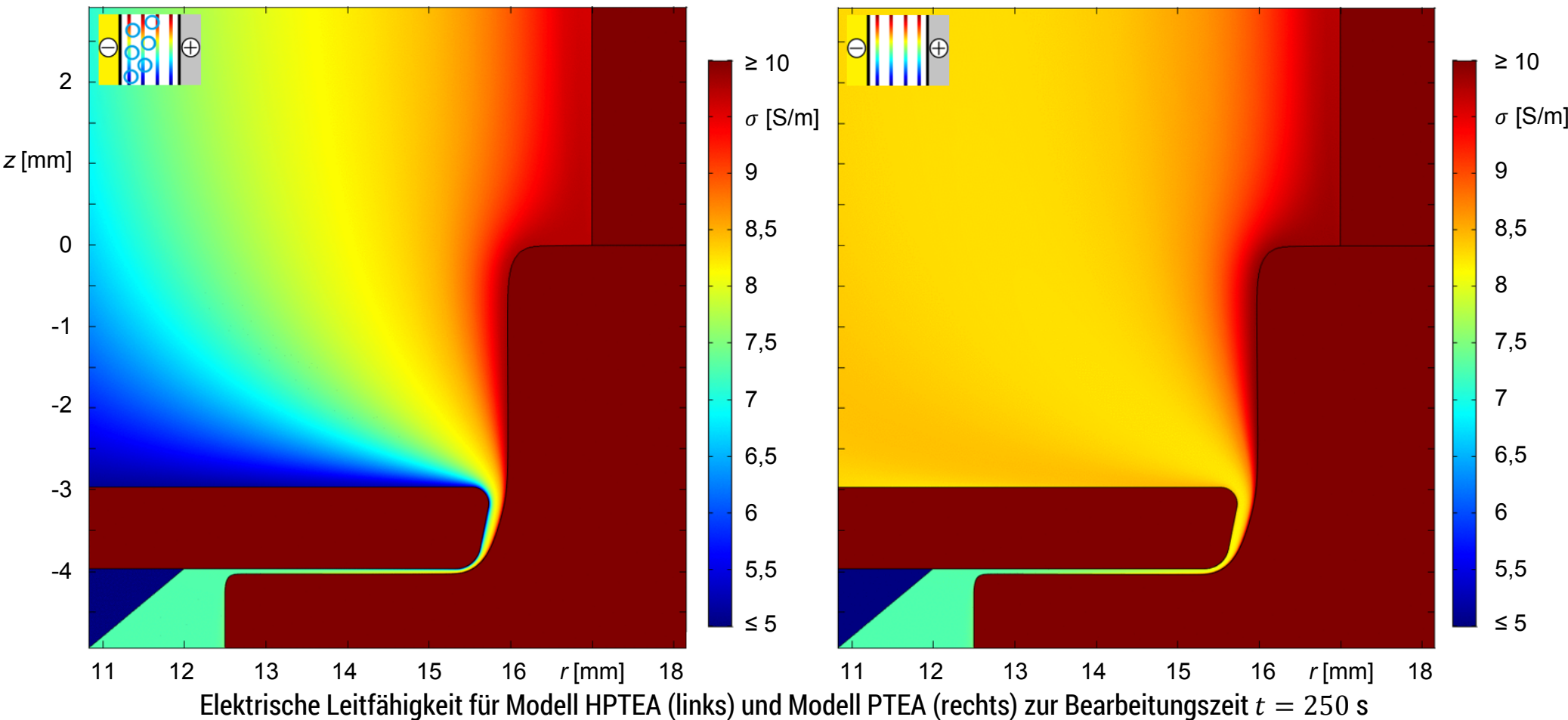
Aufbau der Simulationsmodelle

- Initiale Modellgeometrie
- Multiphysikalische Modelle HPTEA, PTEA und EA
- Ziel Abtragsimulation: Vergleich der Modelle (Seitenarbeitsabstand)



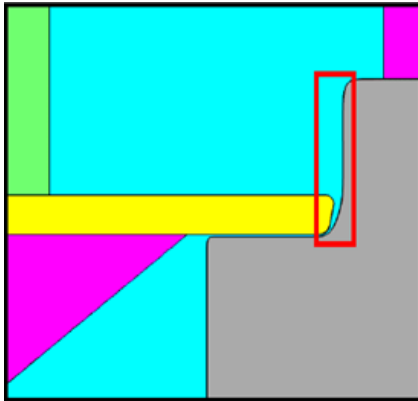
4. Abtragsimulation

Simulationsergebnisse



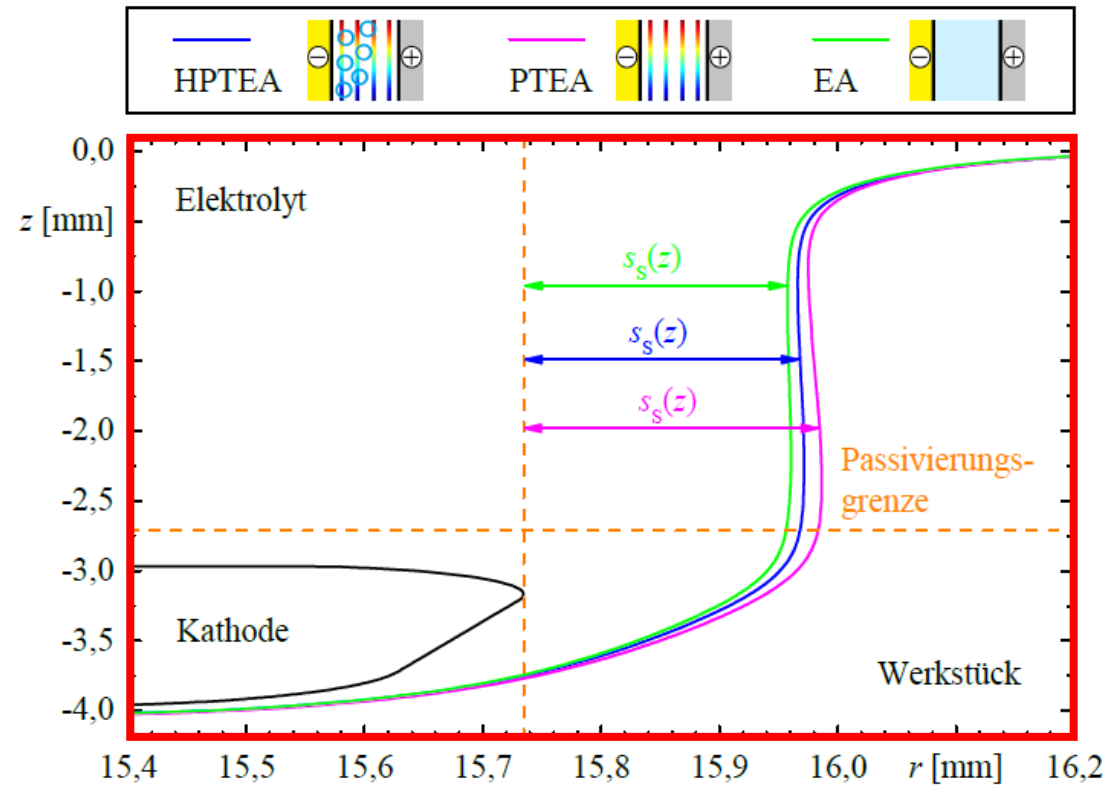
4. Abtragsimulation

Simulationsergebnisse



Seitenarbeitsabstand zur Bearbeitungszeit $t = 250 \text{ s}$

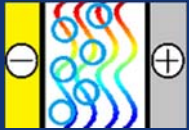
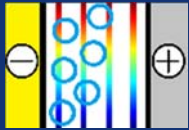

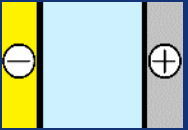
$z \text{ [mm]}$	$s_S \text{ [}\mu\text{m]} \text{ bei Modell}$			$\delta_{s_S,rel} \text{ [\%]} \text{ bzgl. HPTEA}$	
	HPTE A	PTEA	EA	PTEA	EA
-1	231	241	223	4,1	-3,7
-1,5	233	245	224	5,0	-4,2
-2	236	250	225	5,8	-4,6
-2,5	236	251	224	6,5	-4,9



Vergleich der mit den multiphysikalischen Modellen berechneten
Werkstückgeometrien zur Bearbeitungszeit $t = 250 \text{ s}$

5. Modellbewertung

Bewertung der Eignung der multiphysikalischen Modelle für die Prozessgestaltung

Eigenschaft	HRTEA 	HPTEA 	PTEA 	EA 
Detaillierungsgrad des Modells	sehr hoch	mäßig	gering	sehr gering
Anzahl benötigter Parameter	mäßig	hoch	mäßig	gering
Rechenaufwand	sehr hoch	gering	gering	sehr gering
Rechenzeit pseudostationär	22 h	5 min	-	-
Rechenzeit Abtragsimulation	-	3,5 h	2,3 h	1,5 h
Eignung zur Prozessgestaltung	geeignet	sehr gut geeignet	geeignet	gut geeignet