

Transiente Simulation von elektrochemischen Bearbeitungsprozessen zur Herstellung von Oberflächenstrukturen in hochfesten Werkstoffen

Sascha Loebel

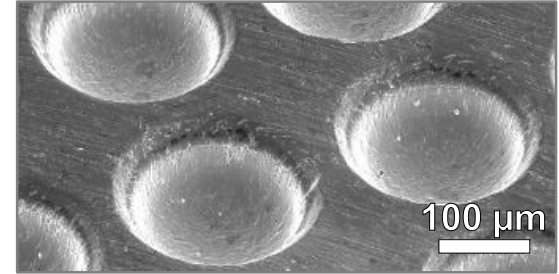
01.10.2020



- Endbearbeitung hochfester Materialien für zukünftige Anwendungen in Automobil- und Luftfahrtindustrie
- Kraftfreie Fertigung durch elektrochemisches Abtragen
- Simulationsbasierte Prozessgestaltung am digitalen Zwilling
 - Verkürzung der Entwicklungszeiten
 - Steigerung der Ressourceneffizienz

Anwendungsfälle

1. Tribologische Oberflächenfunktionalisierung eines Bauteils aus der Mg-Leichtmetalllegierung WZ73
2. Fertigung eines Zentrifugal-Laufrades aus der Ni-Superlegierung Inconel 713C



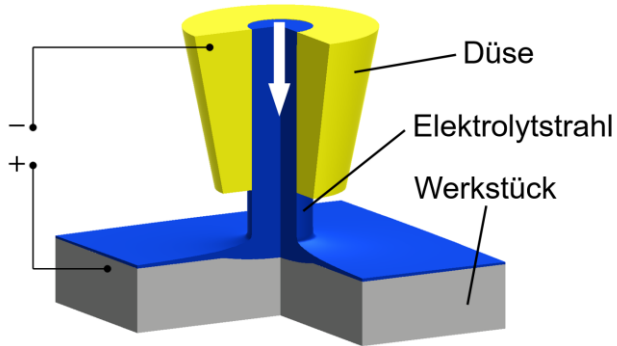
Mikrokalotten als Schmiermittelspeicher
[Fraunhofer IWU]



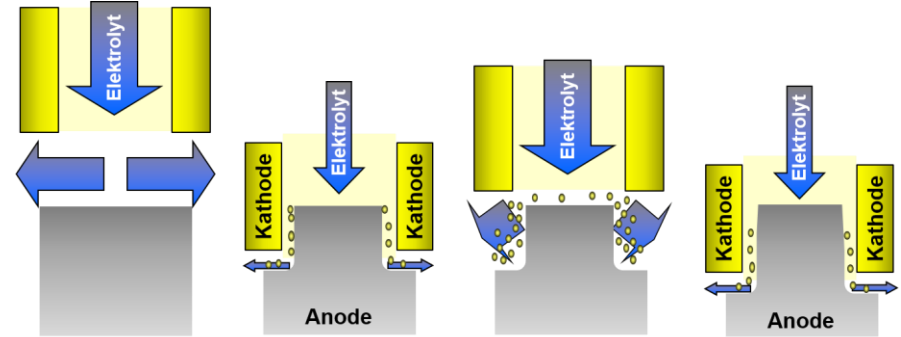
Elektrochemisch gefertigte Zentrifugal-Laufräder [PemTec]

- **Anodische Metallauflösung** als Wirkprinzip der elektrochemischen Bearbeitung (ECM)

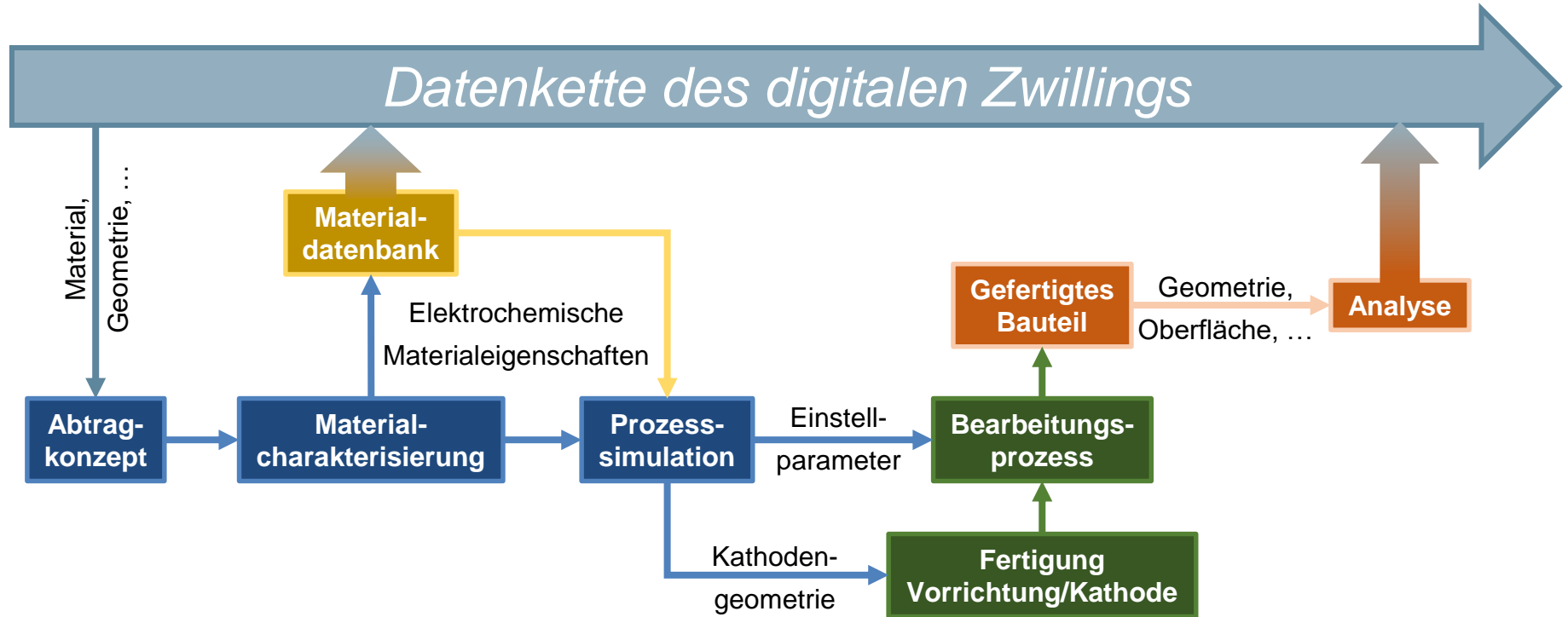
Jet-ECM



PECM



- Wechselwirkende Mechanismen: Elektrodynamik, Fluidodynamik, Thermodynamik, Reaktionskinetik
- Prozesssimulation erfordert Materialdaten: Leitfähigkeit, Viskosität, **elektrochemische Eigenschaften**, ...

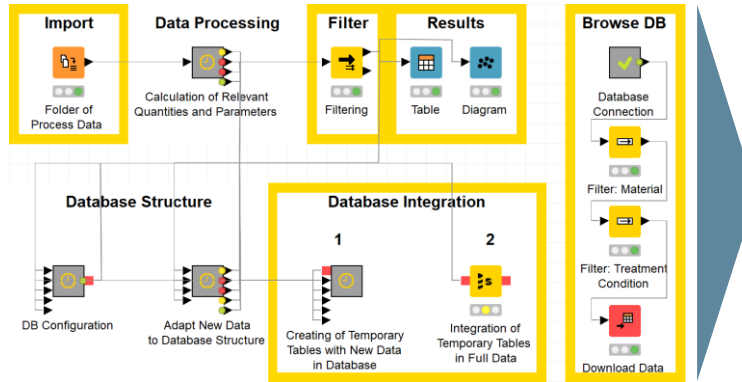


Materialcharakterisierung – Datenverarbeitung

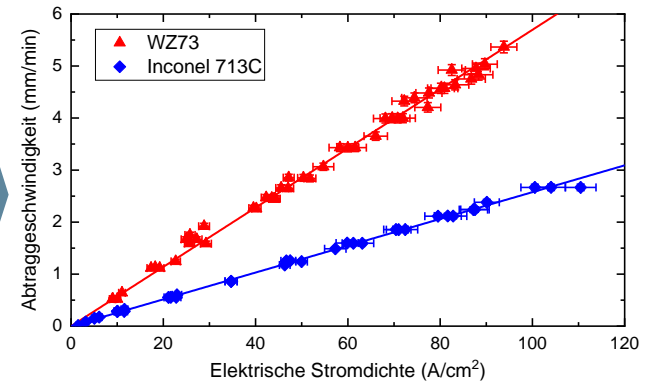
- Entwicklung einer Datenverarbeitungskette in KNIME Analytics Platform
 - Berechnung elektrochemischer Materialeigenschaften
 - Integration der ausgewerteten Daten in PostgreSQL-Datenbank
 - Herunterladen der Materialdaten in geeignetem Format zur Integration in Simulationssoftware



Vorrichtung Materialcharakterisierung



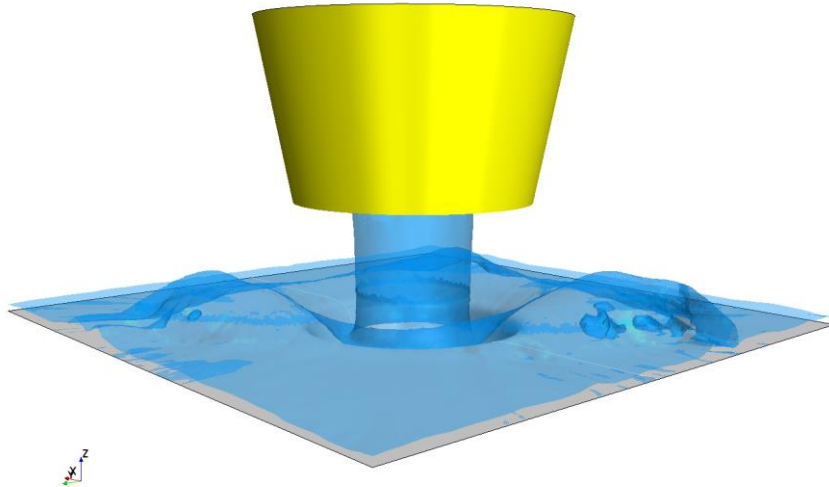
Berechnung und Datenbankintegration elektrochemischer Materialeigenschaften



Abtraggeschwindigkeiten als Funktionen der elektrischen Stromdichte

Jet-ECM für Mikrokalotten in WZ73

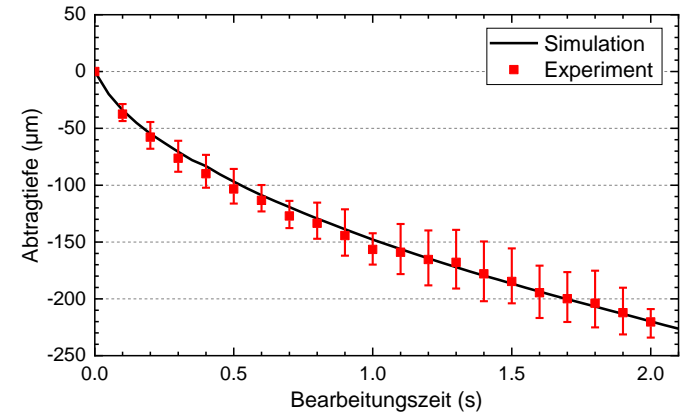
- 3D-Prozesssimulation in StarCCM+
- Experimentelle Validierung der simulierten Abtragtiefen



Abtraggeometrie und Elektrolytfluss bei $t = 0.25$ s



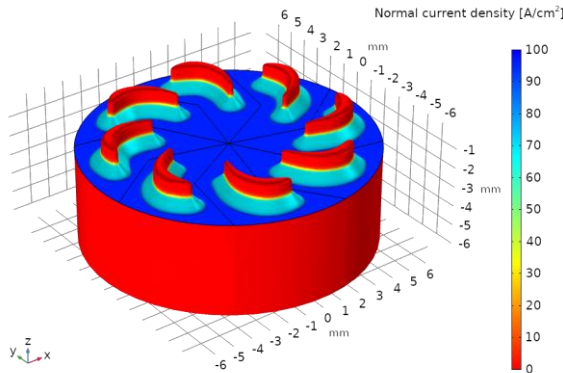
WZ73-Probekörper mit Mikrokalotten nach Bearbeitungszeiten t von 0,1 s bis 2 s



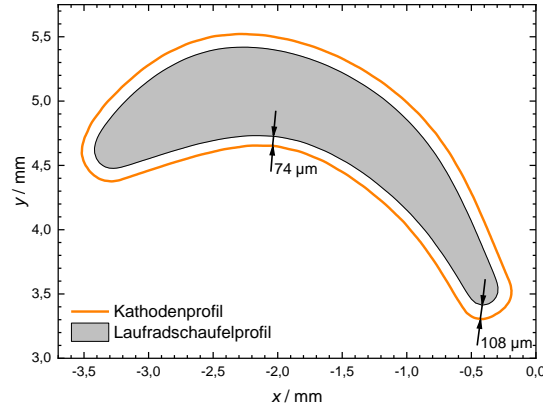
Vergleich simulierter und gefertigter Mikrokalotten

PECM für Zentrifugal-Laufrad aus Inconel 713C

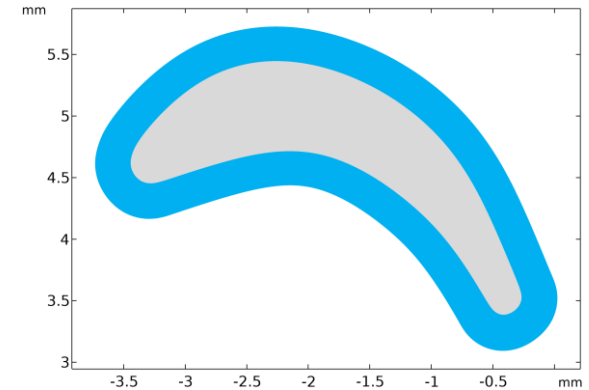
- 3D-Prozesssimulation in COMSOL Multiphysics
- Ableitung eines 2D-projizierten Reduced-Order-Modells zur zeiteffizienten Bestimmung von Einstellparametern



Geometrie und Stromdichteverteilung auf Werkstückoberfläche bei $t = 180$ s



Laterales Profil der Laufradschaufel (3D-Modell)



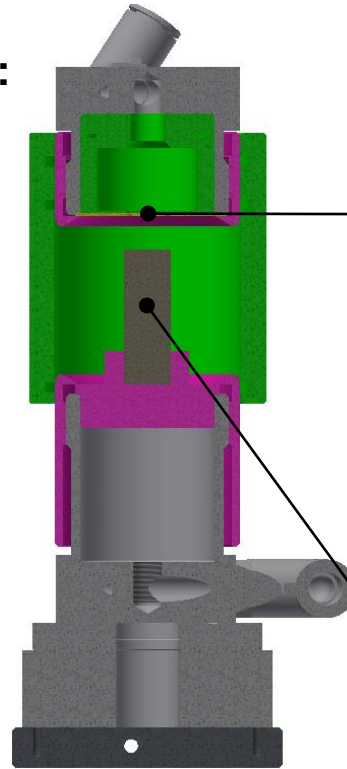
Laterales Profil der Laufradschaufel (Reduced-Order-Modell)

PECM für Zentrifugal-Laufrad aus Inconel 713C: Experimentelle Validierung

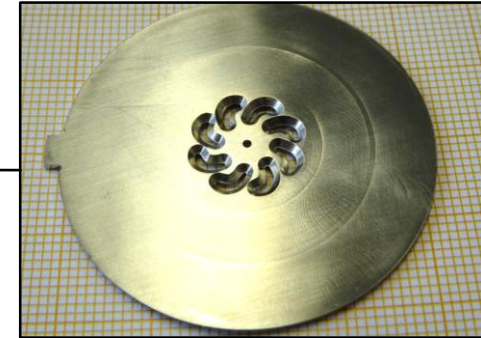
- Konstruktion und Fertigung aller Vorrichtungsteile und Werkzeuge abgeschlossen
- Durchführung der Abtragexperimente ausstehend

Ordnungsreduzierung von ECM-Simulationsmodellen

- Rigorose Definition und Herleitung der verwendeten Projektionsmethoden
- Folgeprojekt mit Industriepartner(n) angestrebt



Gesamtvorrichtung



Kathode (Dicke 0,8 mm)



Werkstück (Durchmesser 14 mm)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.amareto.info

Dieses Projekt wird gefördert von der Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie aus Landesmitteln des Freistaats Sachsen.



Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

STAATSMINISTERIUM
FÜR WISSENSCHAFT
UND KUNST



Freistaat
SACHSEN