

Hochaufgelöste Materialanalysen für die Additive Fertigung

Günther Maier, Materials Center Leoben Forschung

Materials Center Leoben Forschung GmbH

Roseggerstrasse 12

8700 Leoben

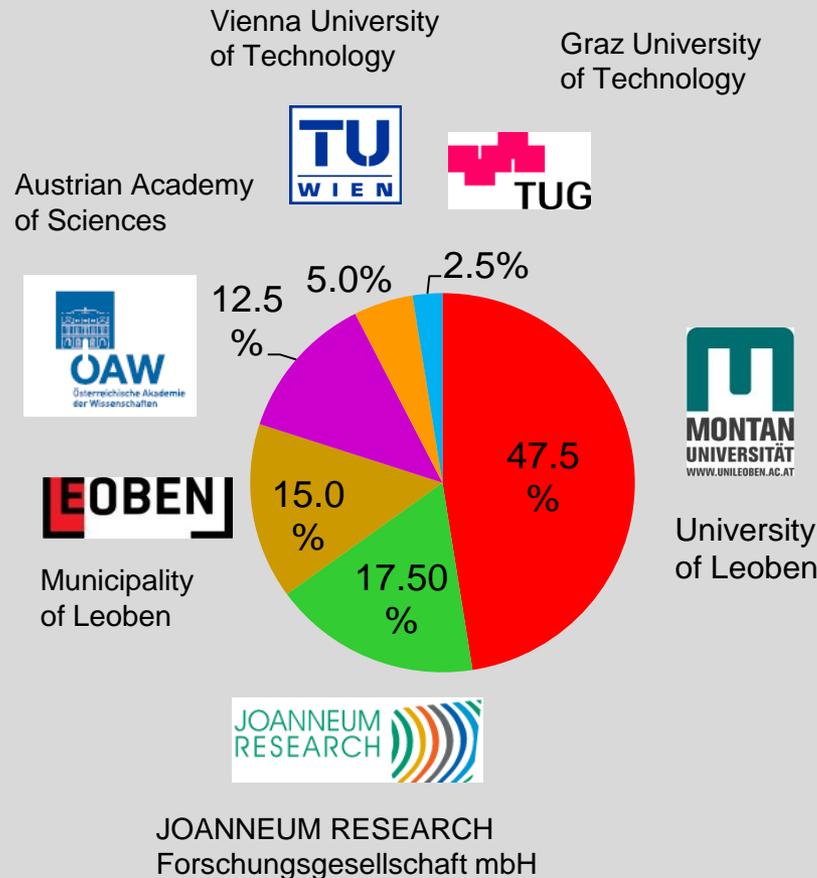
guenther.maier@mcl.at

+43 3842 45922 11

MCL is a Limited (GmbH) Research Company

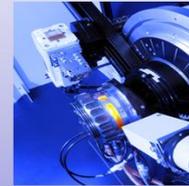
Turnover 2018: 15.4 Mio€

Shareholders of MCL



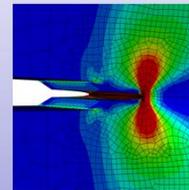
• Research Center

Material Technology



3 Departments
appr. 150 People

Materials Simulation



Materials for microelectronics



• Cooperation platform

Comet K2 Center
IC-MPPE

Additive Fertigung ermöglicht

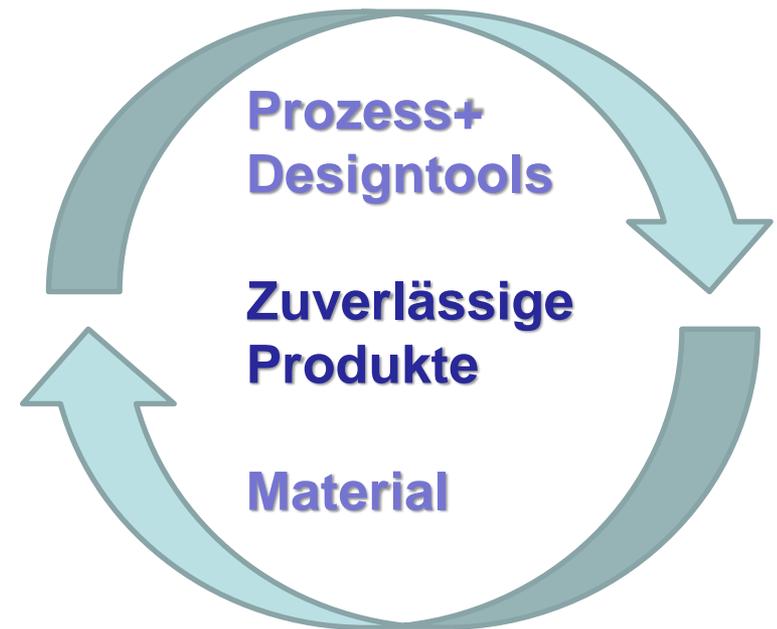
Unterschiedliche Materialien gezielt zu kombinieren
Neue Geometrien für spezielle Anwendungen zu realisieren
Schichtförmigen Aufbau komplexer Bauteile

Design und Fertigung

Verbund beherrschen
Geometrie mit prozessabhängigen
Materialparameter
Beherrschen der Technologie

In der Fertigung entstehen geometrieabhängig

Poren
Defekte
Spannungen
Grenzflächen



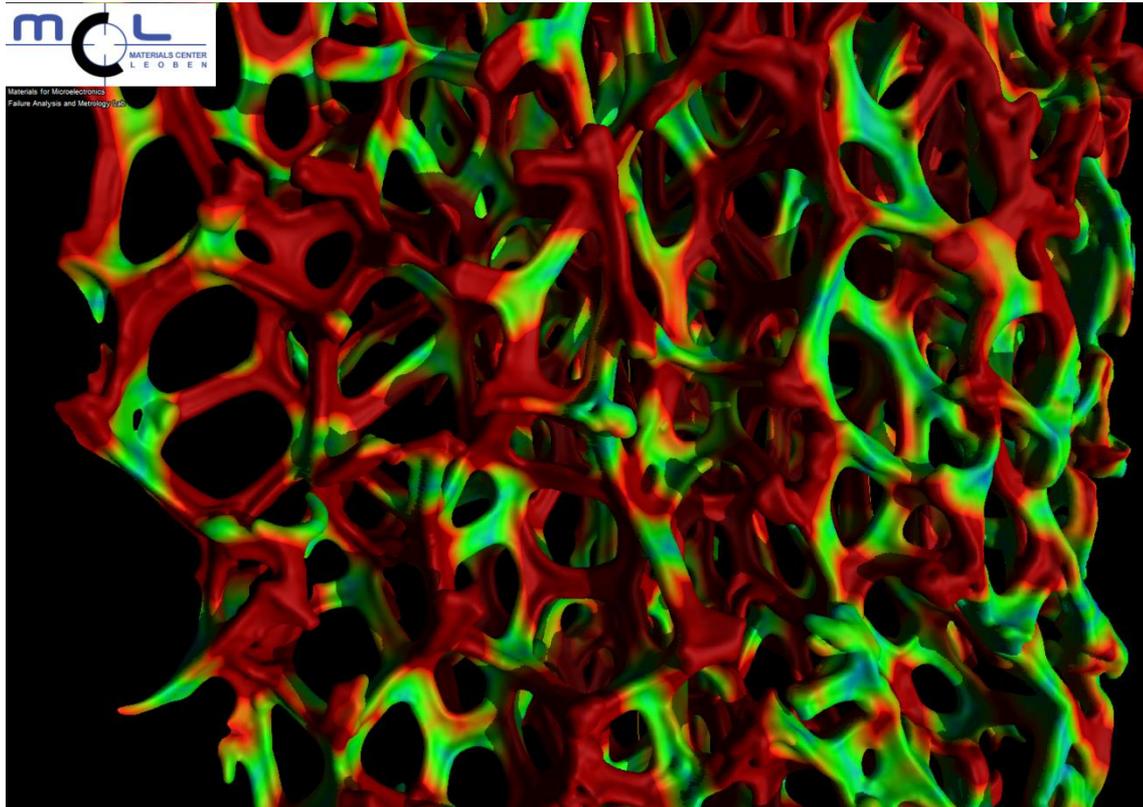
*K2 Center Integrated
Computational Materials -
Processes -Products*

Emöglichen Charaterisierung der lokalen Verteilung der Strukturellen / physikalischen Eigenschaften

Poren, Homogenität

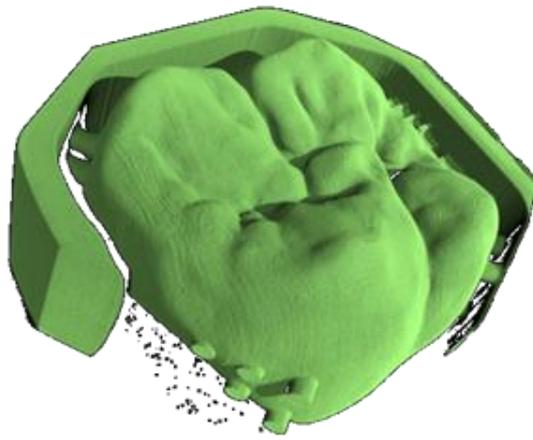
Mechanische Parameter (Spannungen, Härte, Modul, Festigkeit...)

Wärme- und elektr. Leitfähigkeit, Zusammensetzung



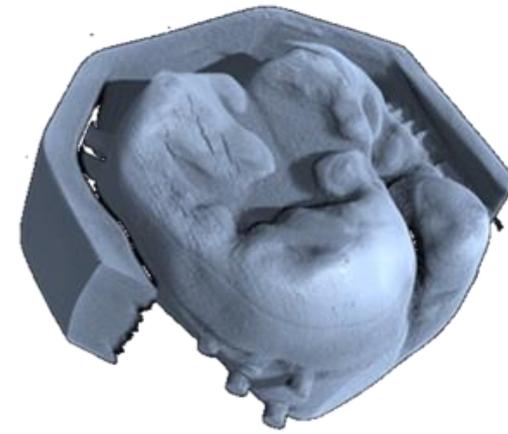
3D Analyse vom mm- bis in den sub- μ m-Bereich

Analyse von Bauteilen und Prozessen mit Computertomographie



Zahnkrone grün

15mm



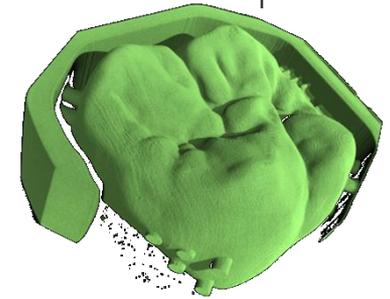
Zahnkrone gesintert

12mm

Form – Poren – Risse für die Material und Prozessoptimierung

3D Analyse vom mm- bis in den sub- μ m-Bereich

Analyse von Bauteilen und Prozessen mit Computertomographie

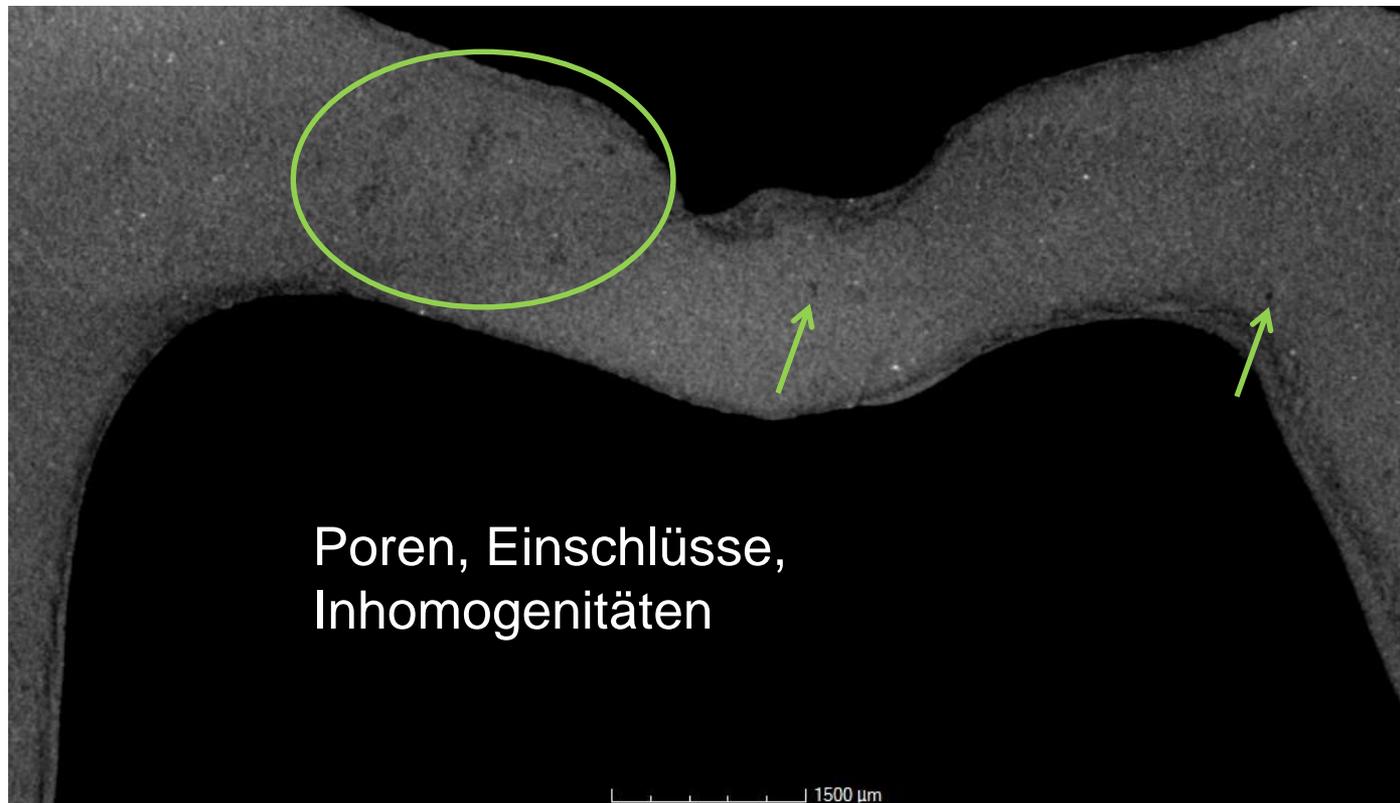


Zahnkrone grün

15mm

- Auffindung und Analyse von Strukturen und Defekten:
Porosität und Gefüge im Druckprozess
- Analyse quantitativ:
Vermessungen, Poren-/Einschlussdetektionen, Soll/Ist-Vergleiche, In situ Versuche

Voxelgröße 10 μ m

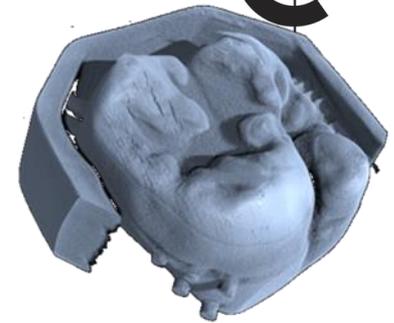


Poren, Einschlüsse,
Inhomogenitäten

3D Analyse vom mm- bis in den sub- μ m-Bereich

Analyse von Bauteilen und Prozessen mit Computertomographie

- Auffindung und Analyse von Strukturen und Defekten:
Brüche und Defekte durch Sinterprozess
- Analyse quantitativ:
Vermessungen - Geometrieänderungen, Poren-
Einschlussdetektionen, Soll/Ist-Vergleiche ...



Zahnkrone gesintert

12mm

Indikator 7: 7726 in (770 / 685 / 728 voxel)

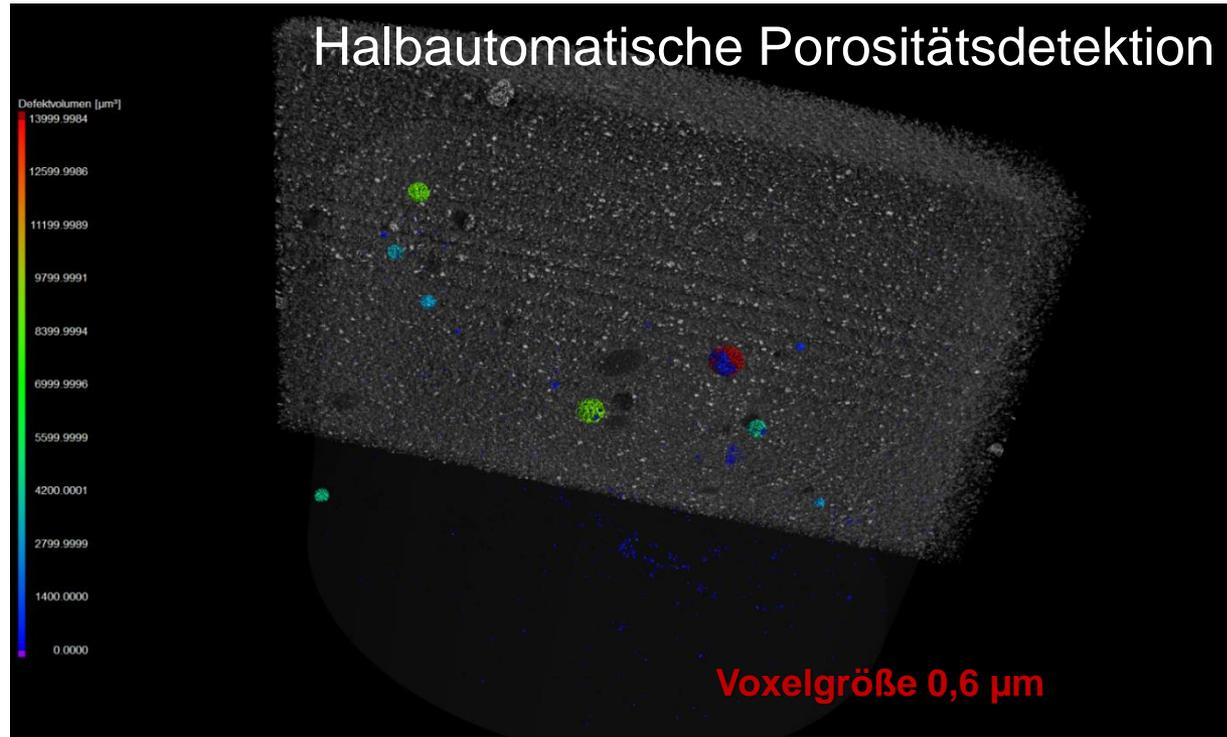
**Inhomogenität
bereits vor dem Sintern detektiert!**

Voxelgröße 10 μ m

1000 μ m

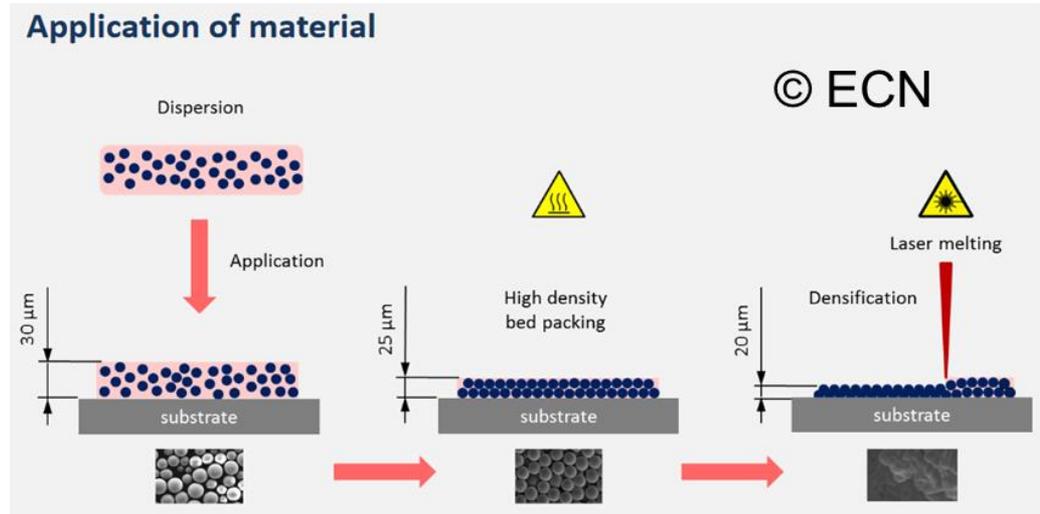
Quantifizierung von Poren und deren örtliche Zuordnung

- Analyse quantitativ:
Vermessungen - Geometrieänderungen, Poren-
Einschlussdetektionen, Soll/Ist-Vergleiche ...



➔ Information überleiten in FE-Modelle

Analyse von lokalen mechanischen Eigenschaften: Additive Prozesse für die Oberflächenveredelung



In Kooperation mit:
MU-Leoben + ESI
<https://www.oeaw.ac.at/esi/>
<https://www.unileoben.ac.at/>

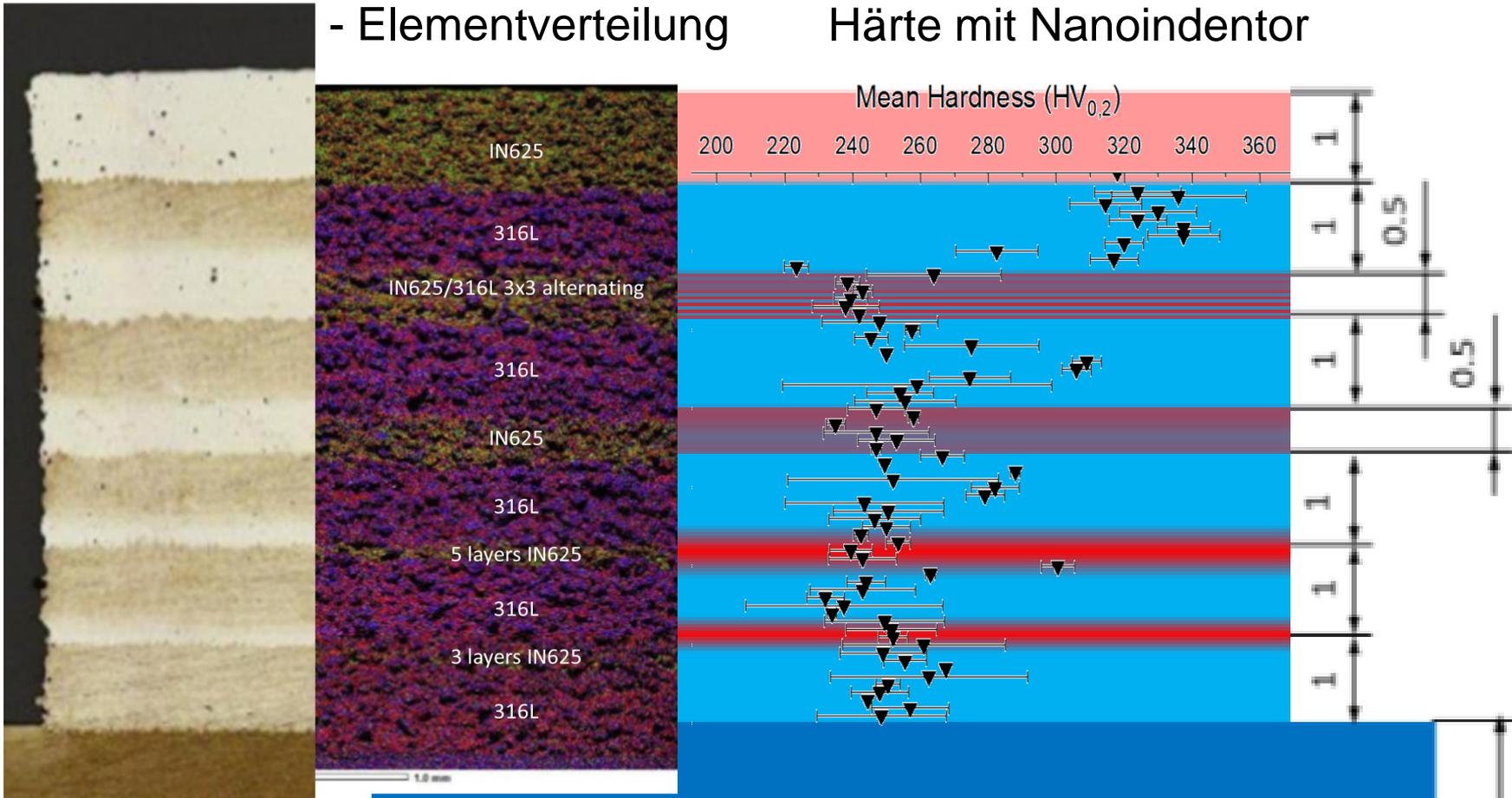
Struktur – Festigkeit – Spannungen für die Prozess- und Einsatzoptimierung

Analyse von lokalen mechanischen Eigenschaften:

Additive Prozesse für die Oberflächenveredelung – Hybrid aus Stahl und Inconel

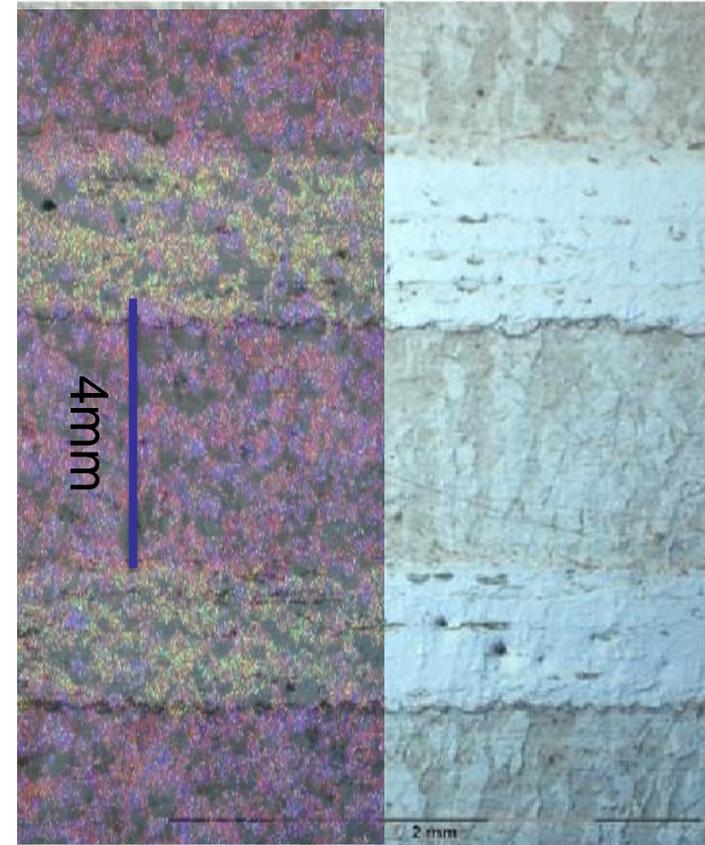
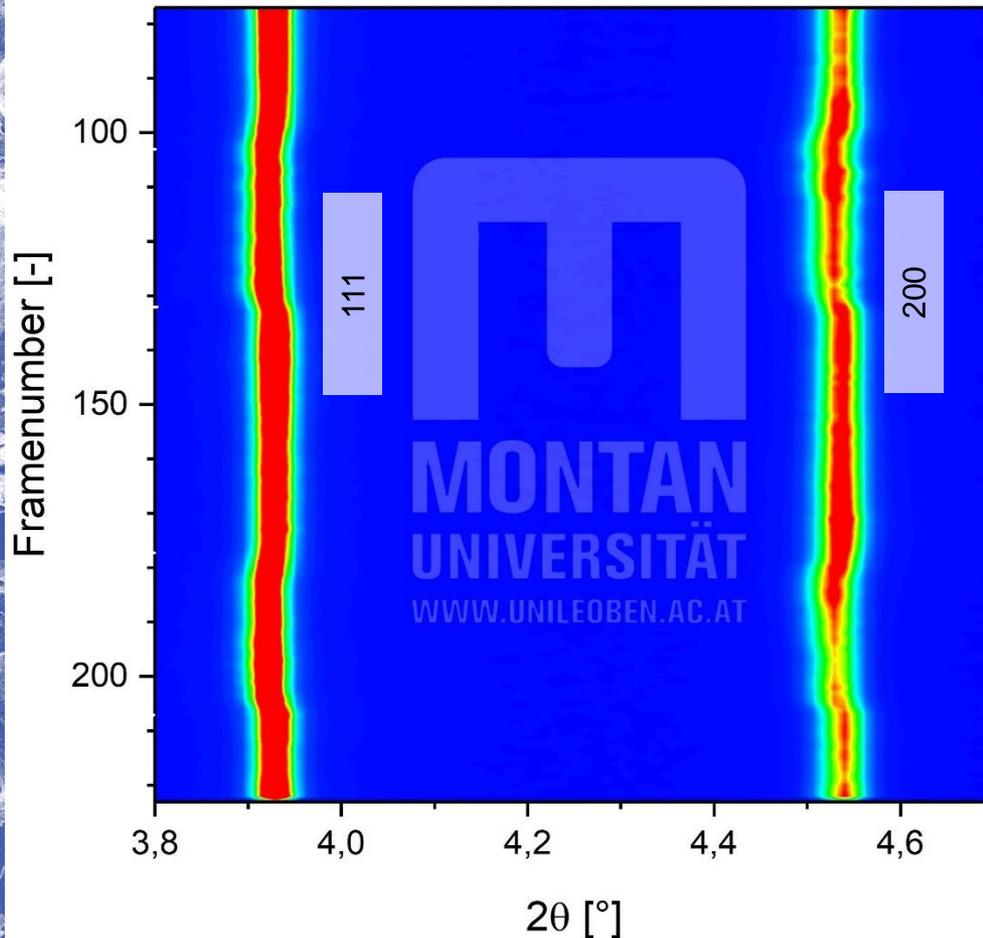
REM basiertes EDX
- Elementverteilung

Härte mit Nanoindentor



In Kooperation mit:
MU-Leoben + ESI
<https://www.oeaw.ac.at/esi/>
<https://www.unileoben.ac.at/>

Synchrotron basierte XRD Analysen mit $0,1\mu\text{m}$ Ortsauflösung!



Transition Zone 3 and 4 – 25x

Spannungen, Textur und Phasen

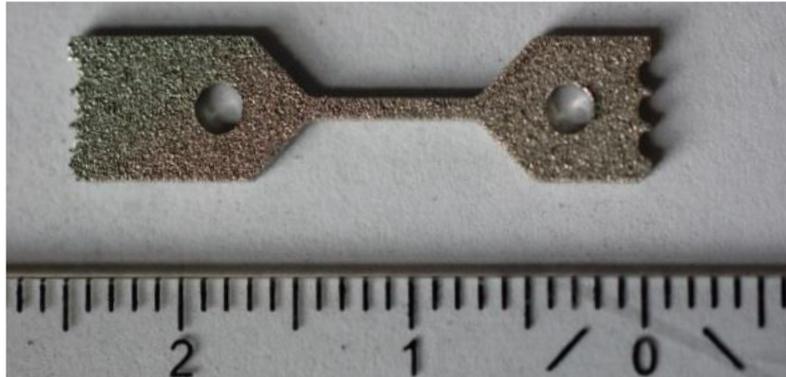
➔ Information überleiten in FE-Modelle

Analyse von lokalen mechanischen Eigenschaften:

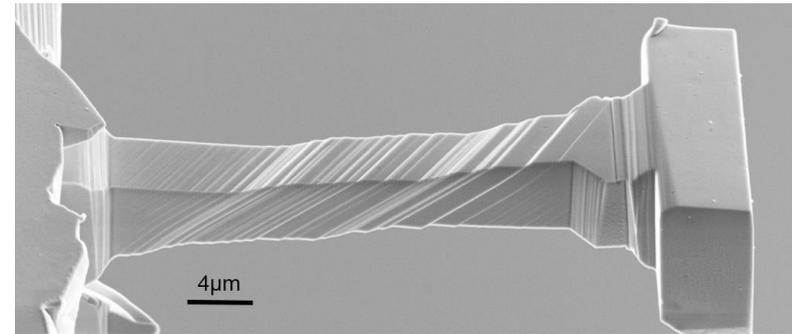
Multiskale Charakterisierung der Mechanischen Eigenschaften



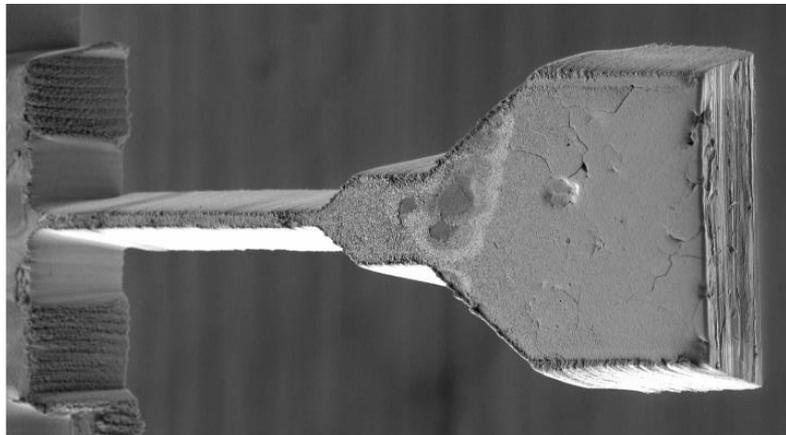
Querschnitt ~mm



Querschnitt ~0.5-10µm



Querschnitt ~20-100µm

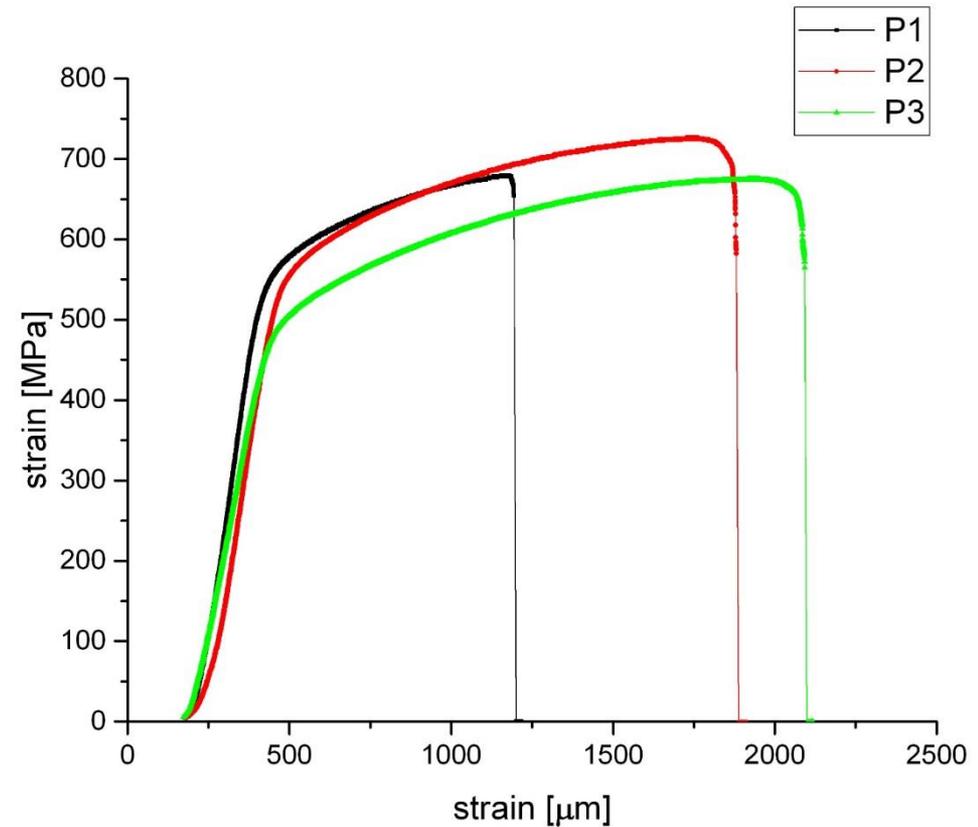
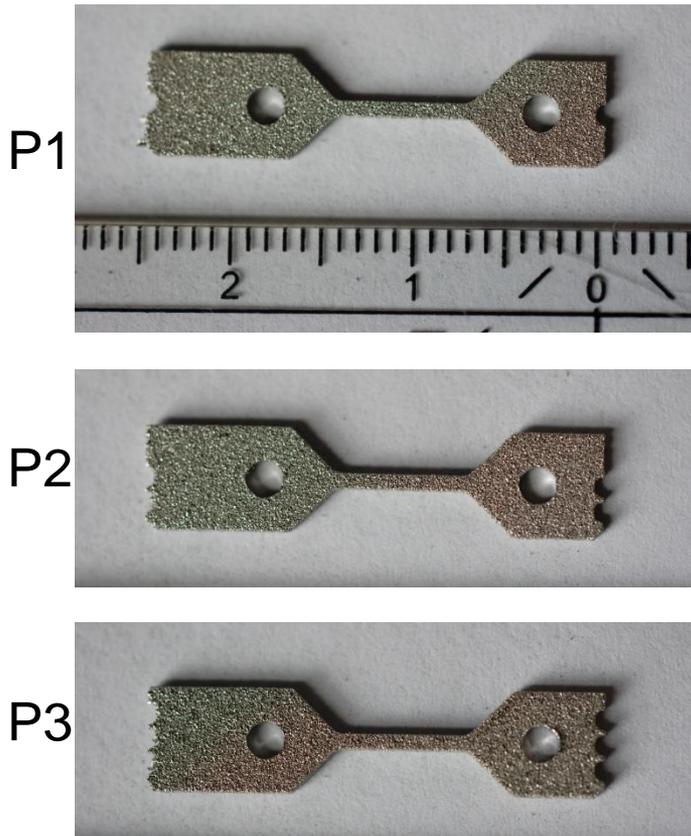


Querschnitt ~100-500nm

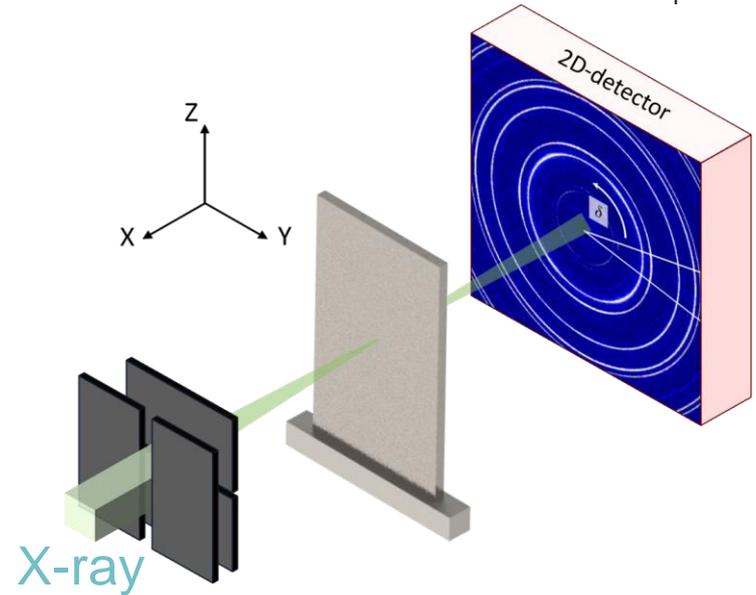
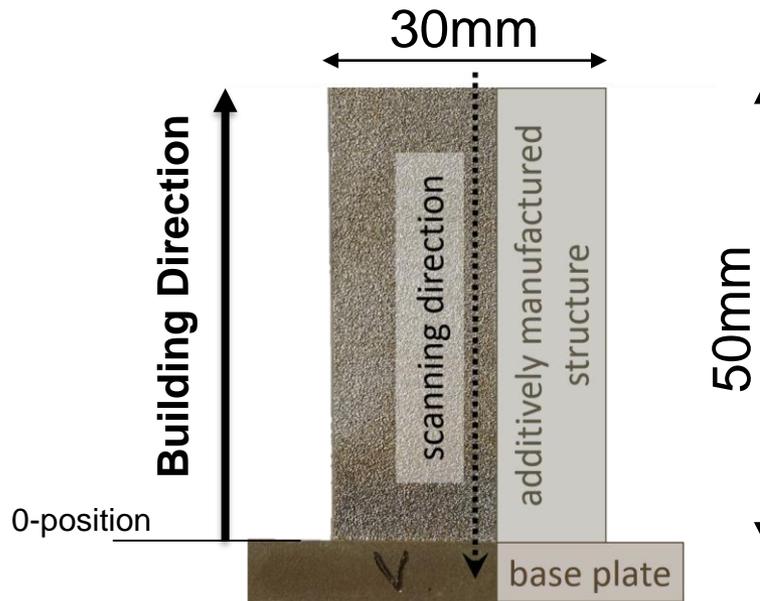


In Kooperation mit:
MU-Leoben + ESI
<https://www.oeaw.ac.at/esi/>
<https://www.unileoben.ac.at/>

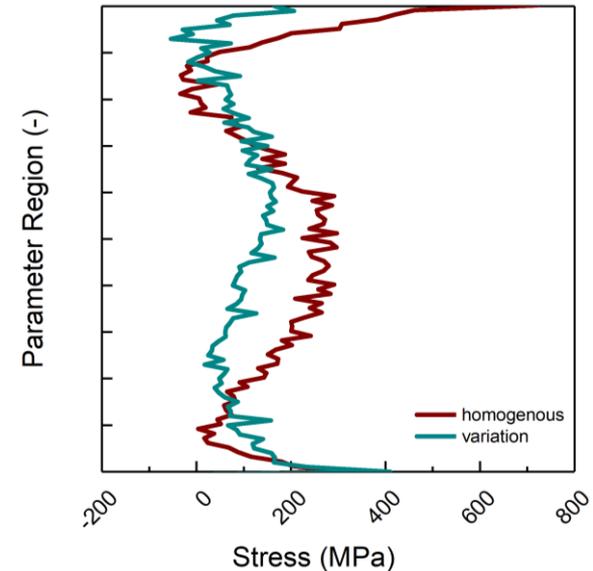
Analyse von lokalen mechanischen Eigenschaften: Prozessparameter Studie



Analyse von lokalen mechanischen Eigenschaften: Eigenspannungskarakterisierung an der DESY in Hamburg



- Type I: **homogenous** parameter set along built structure
- Type II: **variation** of energy input along built structure (decreasing)



Analyse von lokalen Eigenschaften

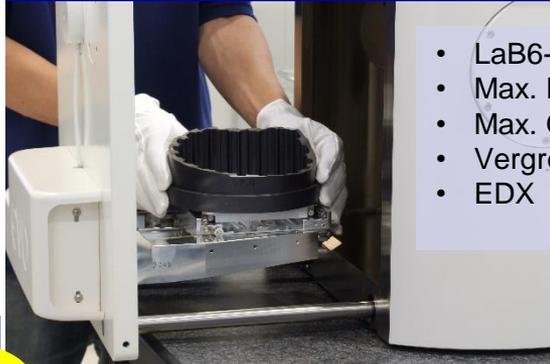
Die REM Familie am MCL



Softwarepakete

- Partikelanalyse
- Avizo image analysis
- Alicona 3D software
- Digital image correlation

Großraum-REM



- LaB6-REM
- Max. Probenabmessungen: 100 – 200 mm
- Max. Gewicht: ~ 10 kg
- Vergrößerungen: max. 5000 – 10.000x
- EDX

Modul - HREM

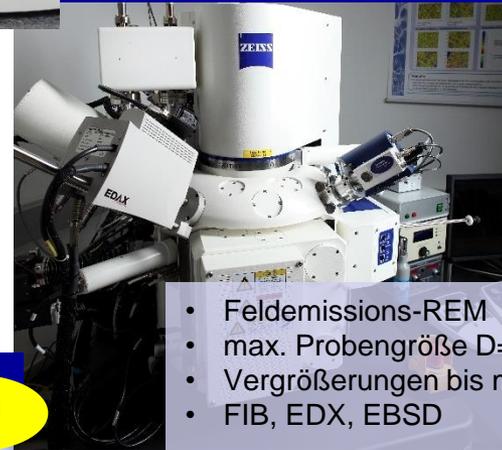
NEU



- Feldemissions-REM
- max. Probengröße D=30mm
- Vergrößerungen bis max. 100.000
- EDX, EBSD
- Zug-Druck (10kN)
- SPM integration
- Nanoindenter
- Kühl-Heizplatte -140 - 400°C

Operators

REM-FIB



- Feldemissions-REM
- max. Probengröße D=30mm
- Vergrößerungen bis max. 300.000
- FIB, EDX, EBSD

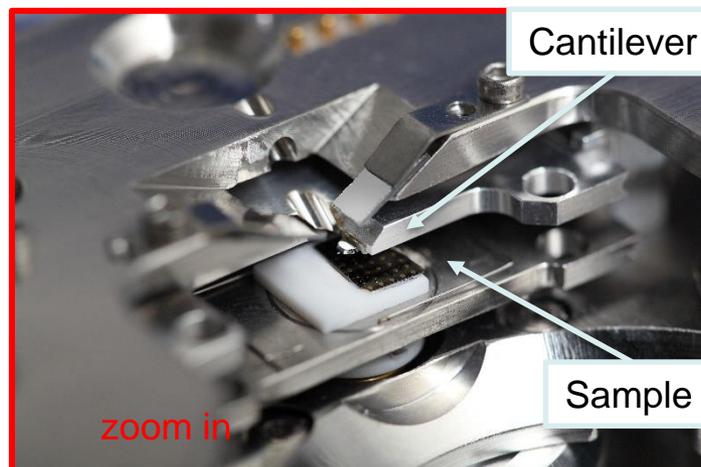
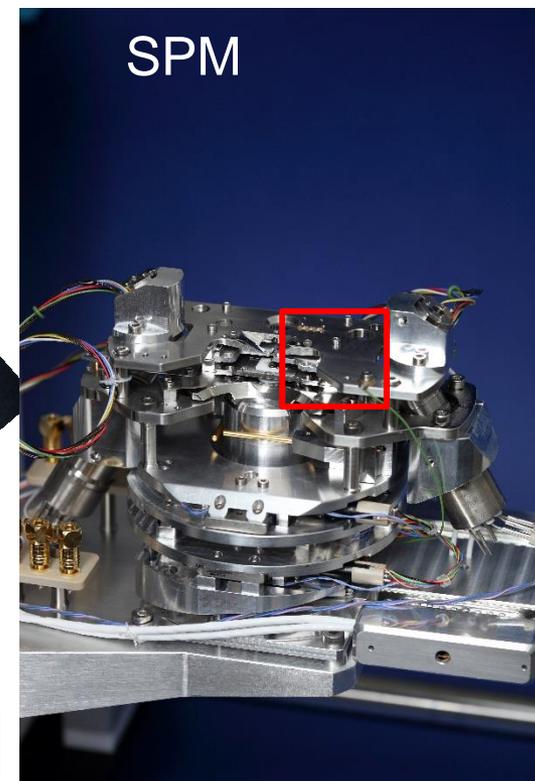
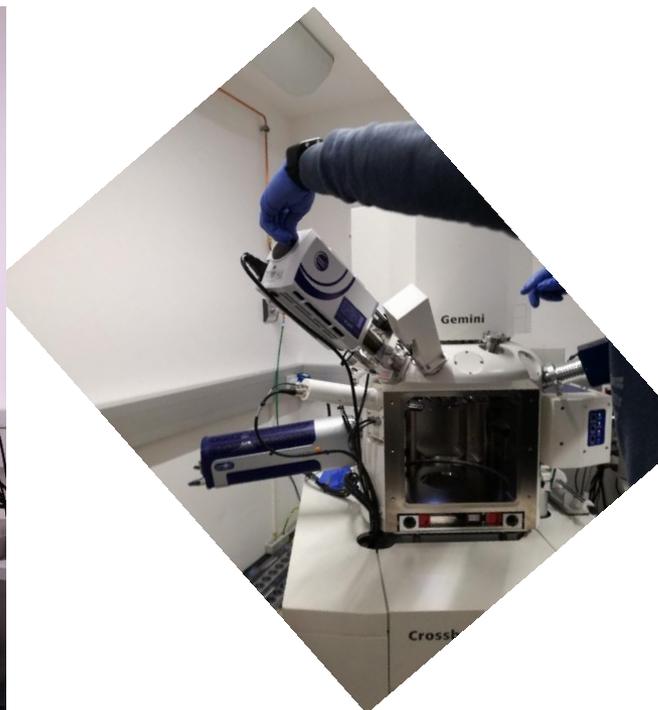
Analytik - HREM

NEU



- Probenschleuse, max. Probengröße D=30mm
- Vergrößerungen bis max. 300.000
- HR-EDX, WDX, RFA, EBSD

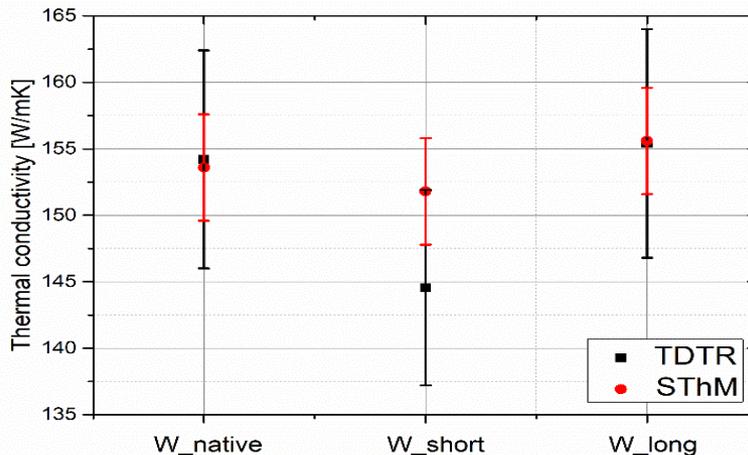
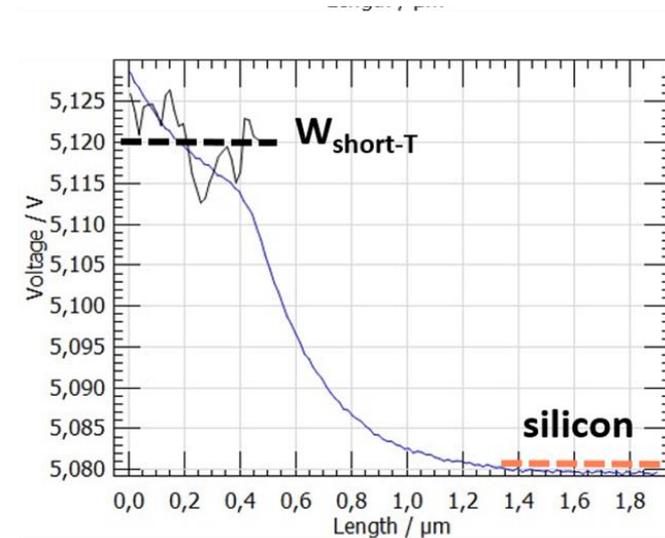
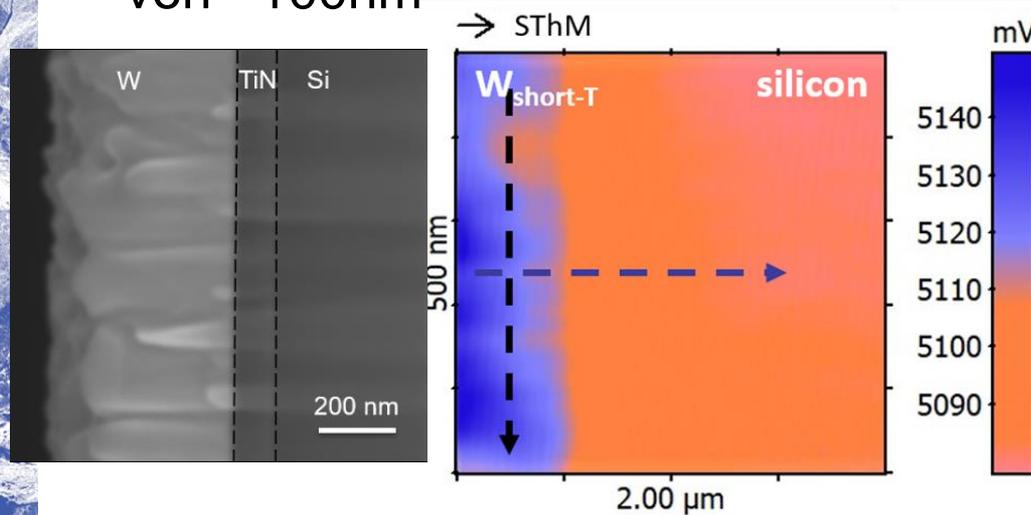
Analyse von lokalen Eigenschaften: Strom- und Wärmeleitung



Einmalige
Kombination aus
FE-SEM mit EBSD,
EDX und SPM

Wärmeleitung

Charakterisierung der Wärmeleitfähigkeit mit einer Auflösung von $\sim 100\text{nm}$



Entscheidende Information für die Berechnung der effektiven Wärmeleitfähigkeit unter Berücksichtigung der Grenzflächenwiderstände

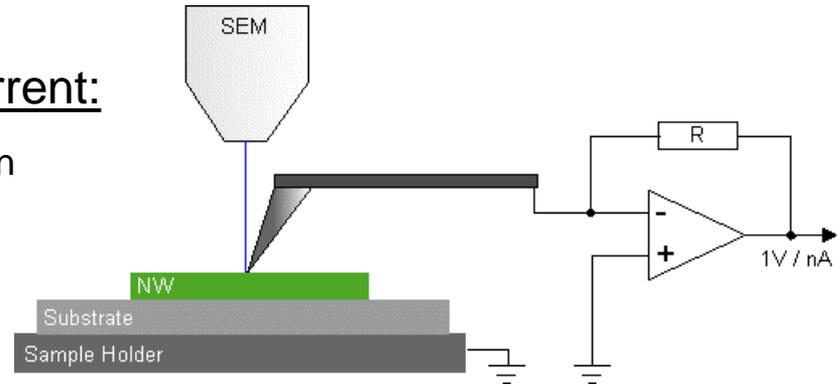
Analyse von lokalen Eigenschaften:

Stromleitungsvermögen und Strompfadbestimmung im nm Bereich

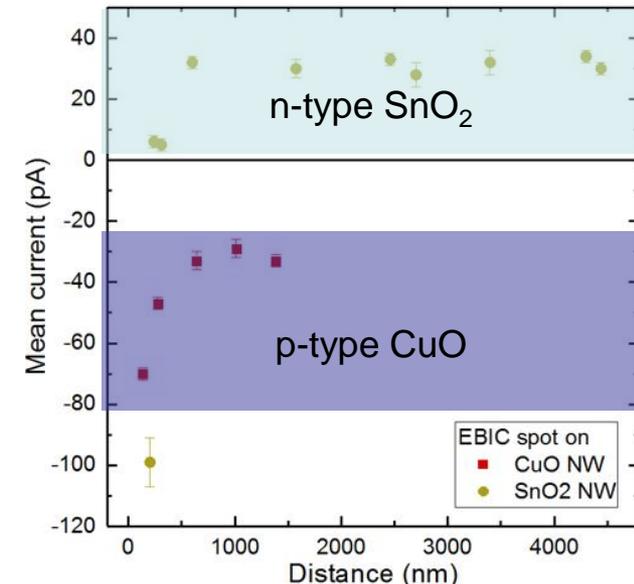
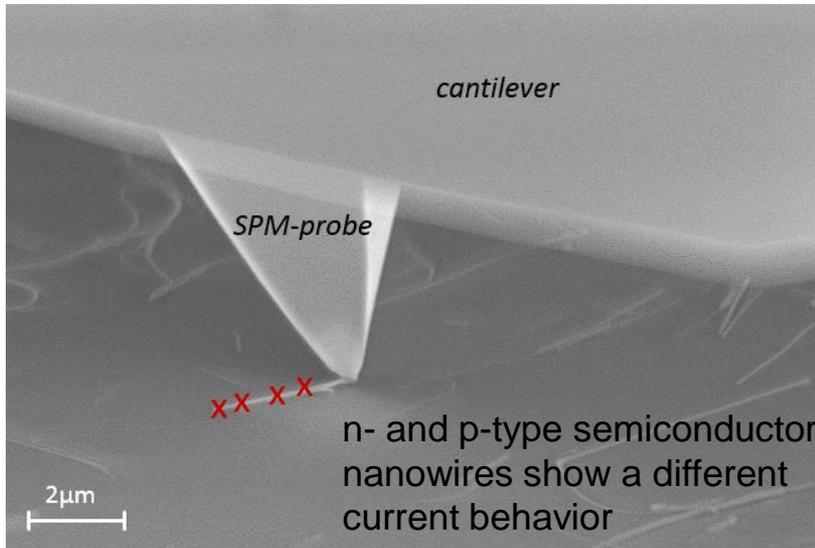


EBIC – Electron Beam Induced Current:

- Einführen von elektrischen Ladungsträgern mittels REM
- Detektor = SPM probe



Leitgeb et al: doi:10.3390/proceedings2130701



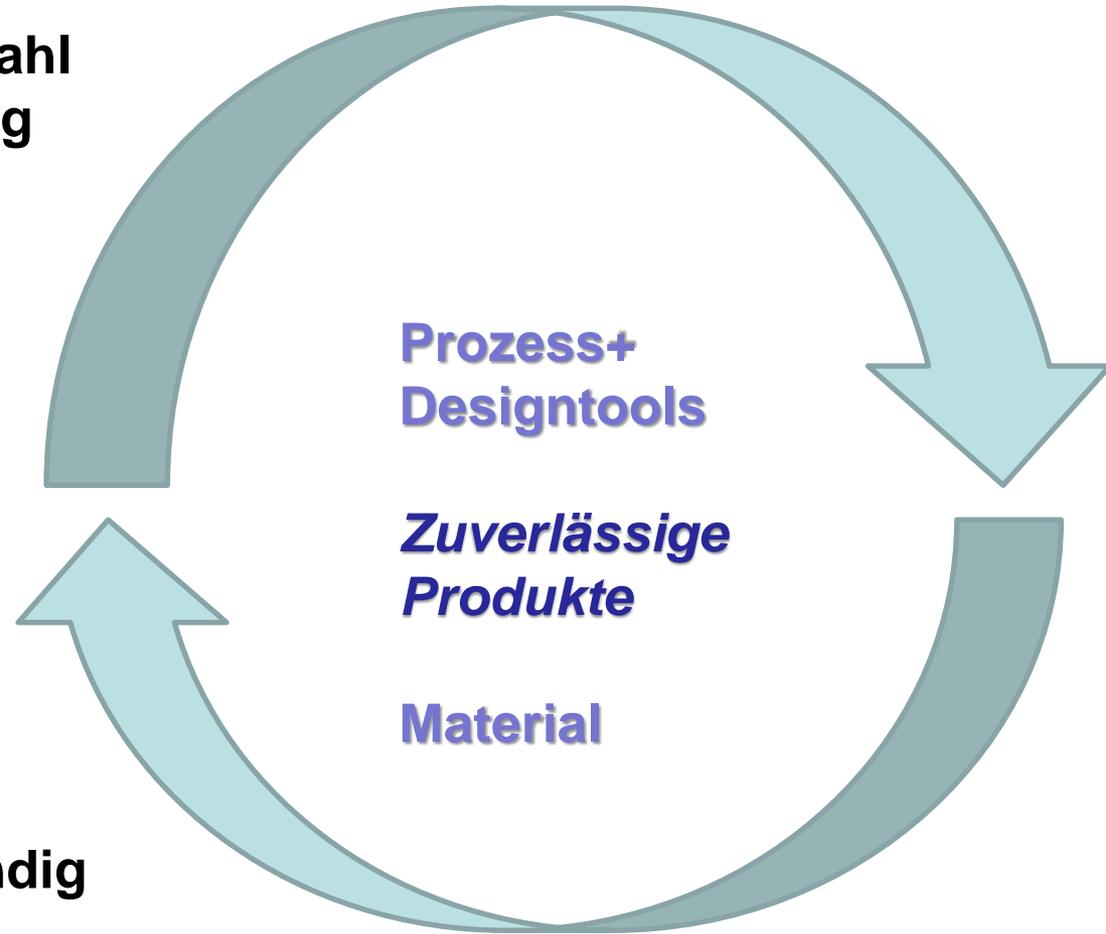
Charakterisierung von lokalen Inhomogenitäten und Phasen

➔ Information überleiten in FE-Modelle

**Daten für Materialauswahl
und Materialoptimierung**

**Daten für Design und
Designoptimierung**

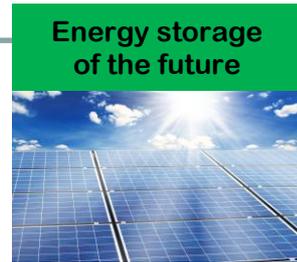
**Unterstützend / Notwendig
bei der integrierten
Entwicklung von
zuverlässigen Produkten**



***K2 Center Integrated
Computational Materials -
Processes -Products***

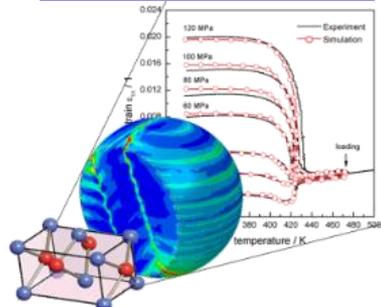
International Conference
Integrated Computational Materials, Process and Product Engineering

20.&21.& 22. Nov. 2019 Leoben, Austria



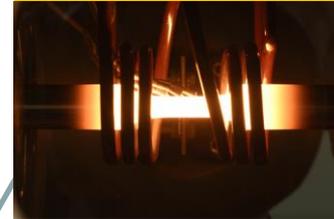
Competence Centers for Excellent Technologies

Computational multiscale materials design

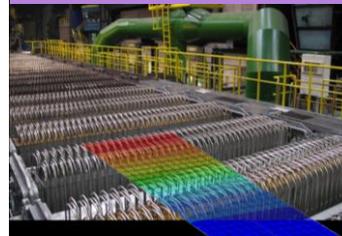


IC-MPPE 2019

Materials under extreme loading conditions



Model based condition monitoring, maintenance and process control



Materials Center Leoben Forschung GmbH
Roseggerstrasse 12
8700 Leoben
<https://www.mcl.at/>
Guenther.maier@mcl.at
+43 3842 45922 11

[ic-mppe2019.mcl.at](https://www.mcl.at/ic-mppe2019)