

UMWELTnanoTECH

Projektverbund · Umweltverträgliche
Anwendungen der Nanotechnologie

Abschließende Ergebnisse im Projektverbund Umweltverträgliche Anwendungen der Nanotechnologie

3rd International Congress
Next Generation Solar Energy Meets Nanotechnology
23 - 25 November 2016, Erlangen

Optimierung der Analytik nanostrukturierter Schichten

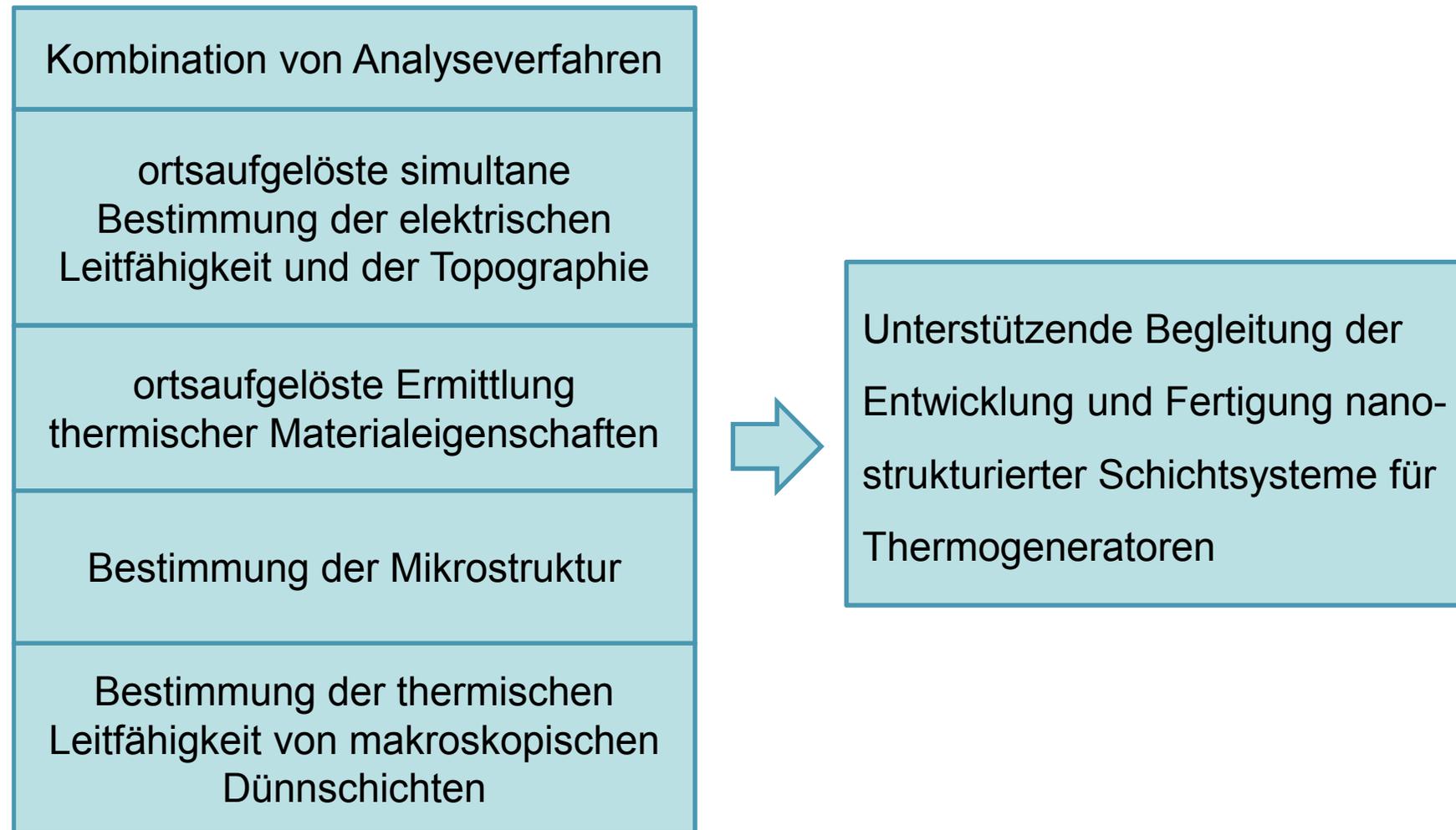
Prof. Dr. Günther Benstetter
Alexander Hofer, M. Eng.

Technische Hochschule Deggendorf
Fakultät EMI

finanziert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



- ❖ Thermische und elektrische Eigenschaften nanostrukturierter Schichten?
- ❖ Ziel: Hochauflösende Charakterisierung von Materialparametern
- ❖ Methoden der Raster-Sonden-Mikroskopie (RKM), Messplatz zur Bestimmung der thermischen Leitfähigkeit und Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM)

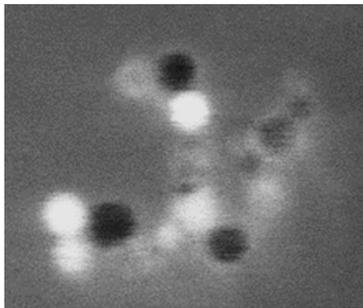
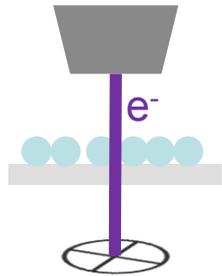


Überblick

Verwendete Methoden

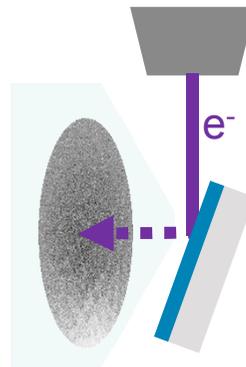
Scanning Transmission Electron Microscopy

- Nanopartikel
Charakterisierung



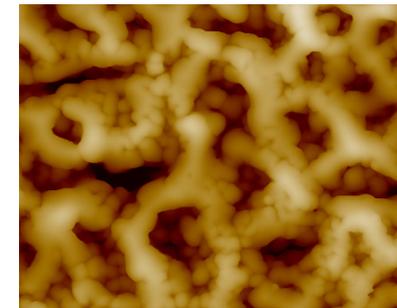
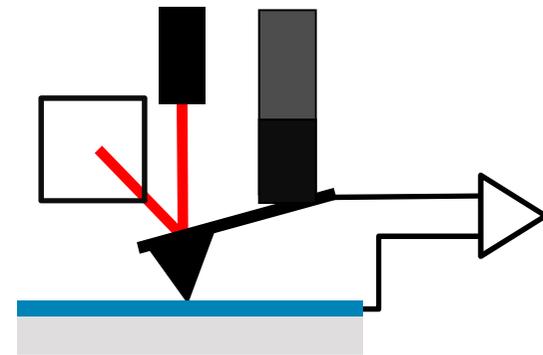
Electron Back Scatter Diffraction

- Gefügestruktur

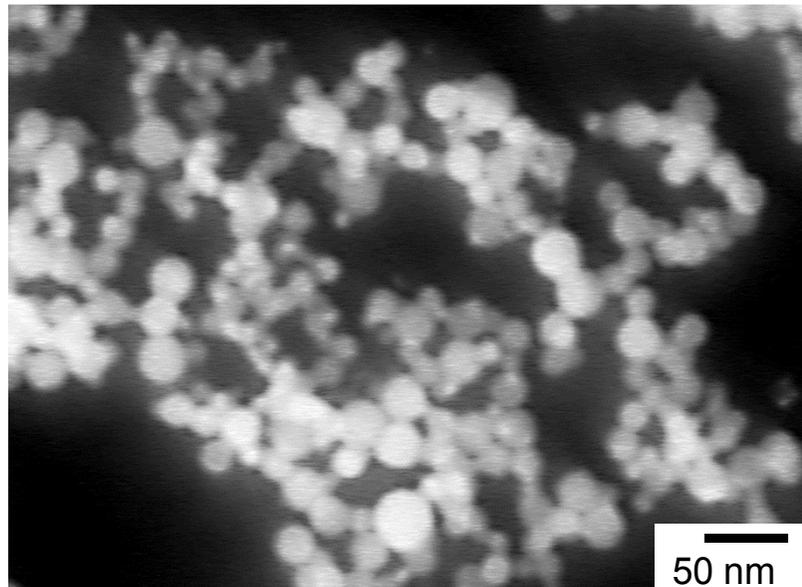


Scanning Probe Microscopy

- Topographie und
elektrische Leitfähigkeit

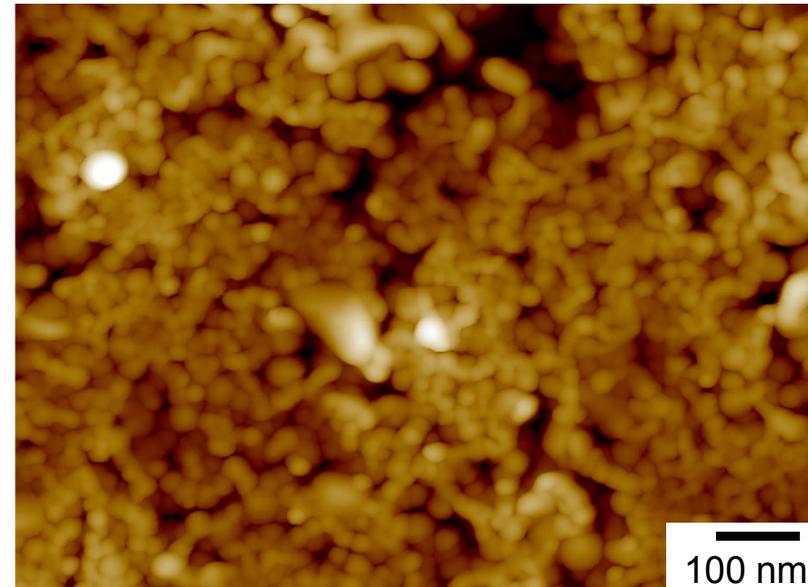


STEM Aufnahme (Dunkelfeld)



- Nanopartikel auf TEM Gitter
- Partikel Größe ist 16 +/- 2 nm

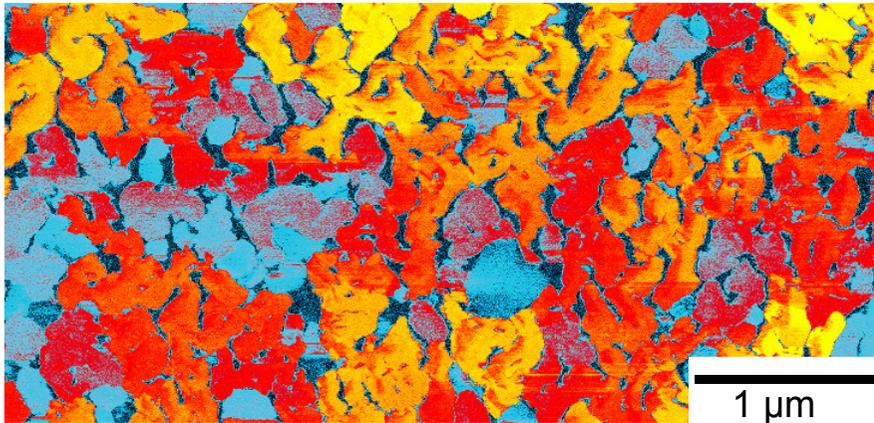
Topographie im intermittierenden Kontaktmodus



- Nanopartikel auf Saphirsubstrat
- Partikel Größe ist 20 +/- 2 nm
- Größere Partikel und Agglomerate erkennbar

Artefakte

Laser-induzierter Photostrom

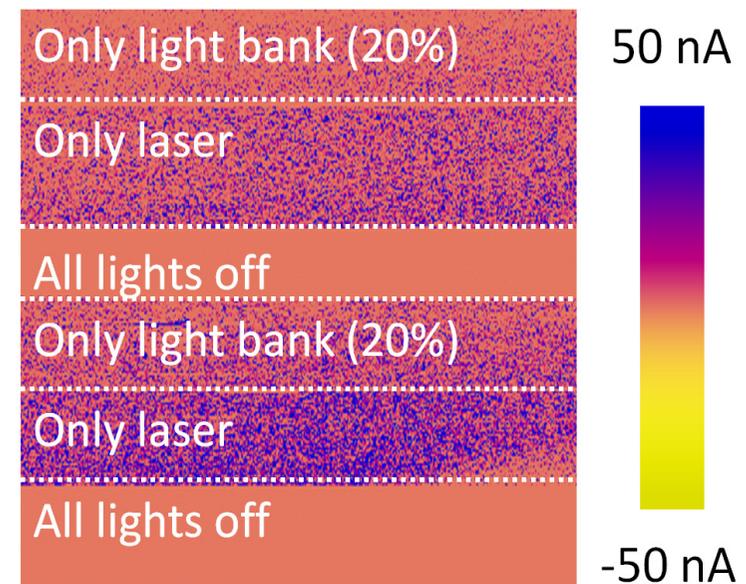
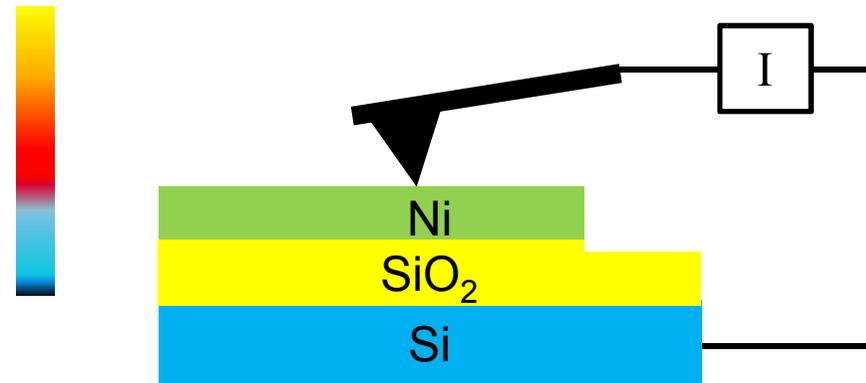


Bei CAFM entstehen reproduzierbar messbare Ströme ohne angelegtes Potential

Messprozedur:
Aufnahme der CAFM Mappings bei verschiedenen Beleuchtungsstärken 0...100% und bei deaktivierten Laser (Dark-Lift Modus)

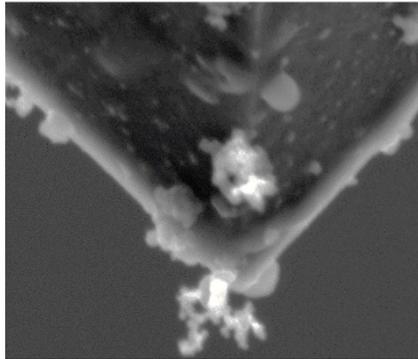


Kooperation mit der Soochow Universität

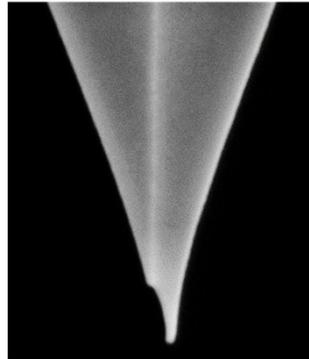


Spitzenevaluierung

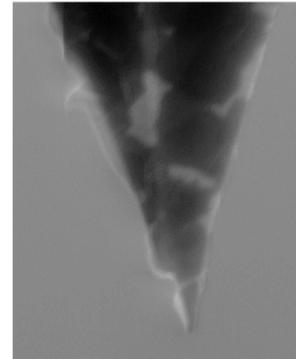
Beschichtung mit Graphen



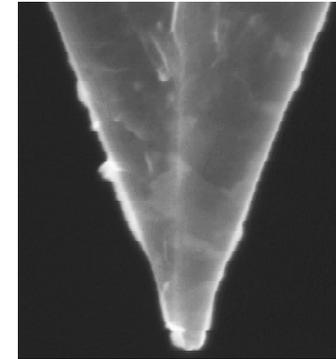
Benutzte
Volldiamantspitze



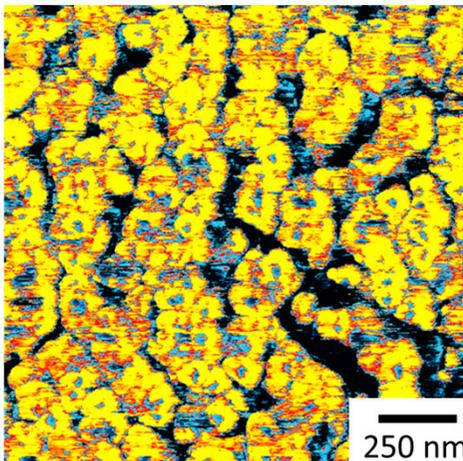
Neue PtIr-
beschichte
Spitze



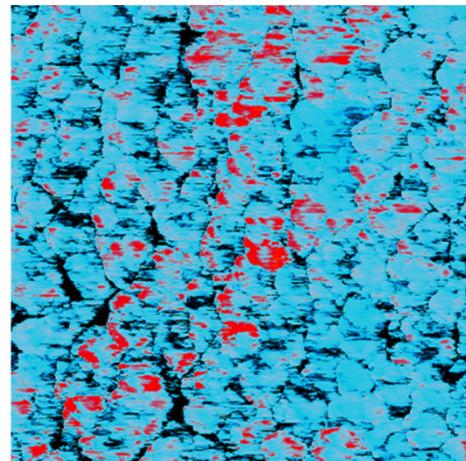
PtIr-Spitze
direkt nach der
Beschichtung
mit Graphen



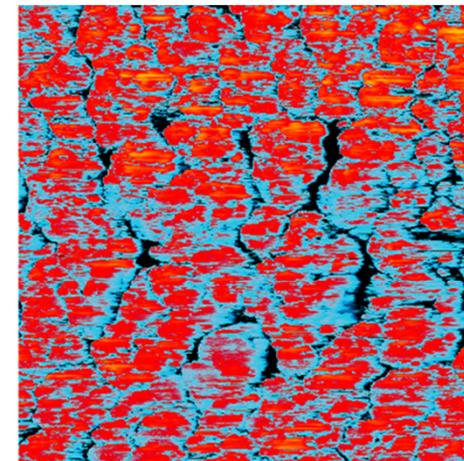
Graphen beschichtete
PtIr-Spitze nach 42
Scans



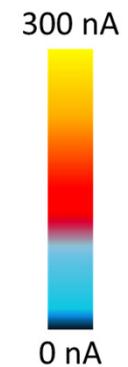
12^{er} Scan



35^{er} Scan



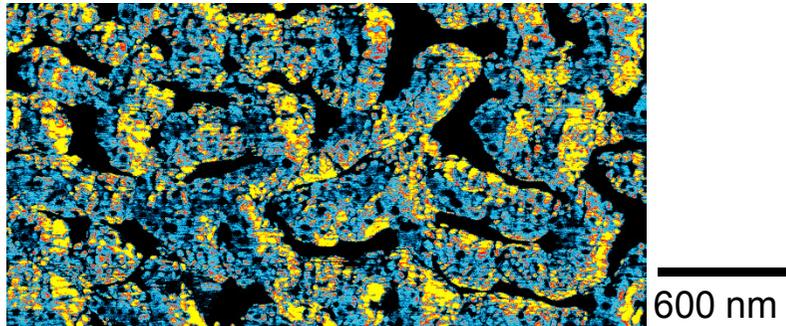
42^{er} Scan



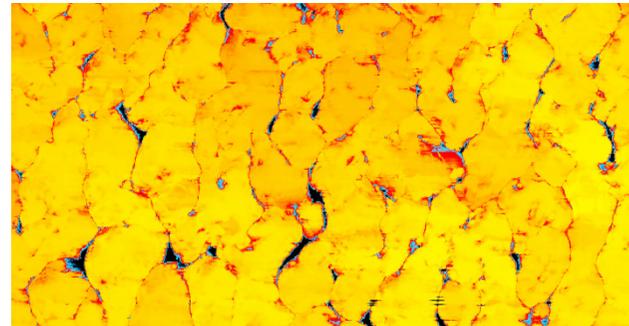
Spitzenevaluierung

Graphen beschichtete Spitze und Diamantspitze

Graphen beschichtete PtIr Spitze



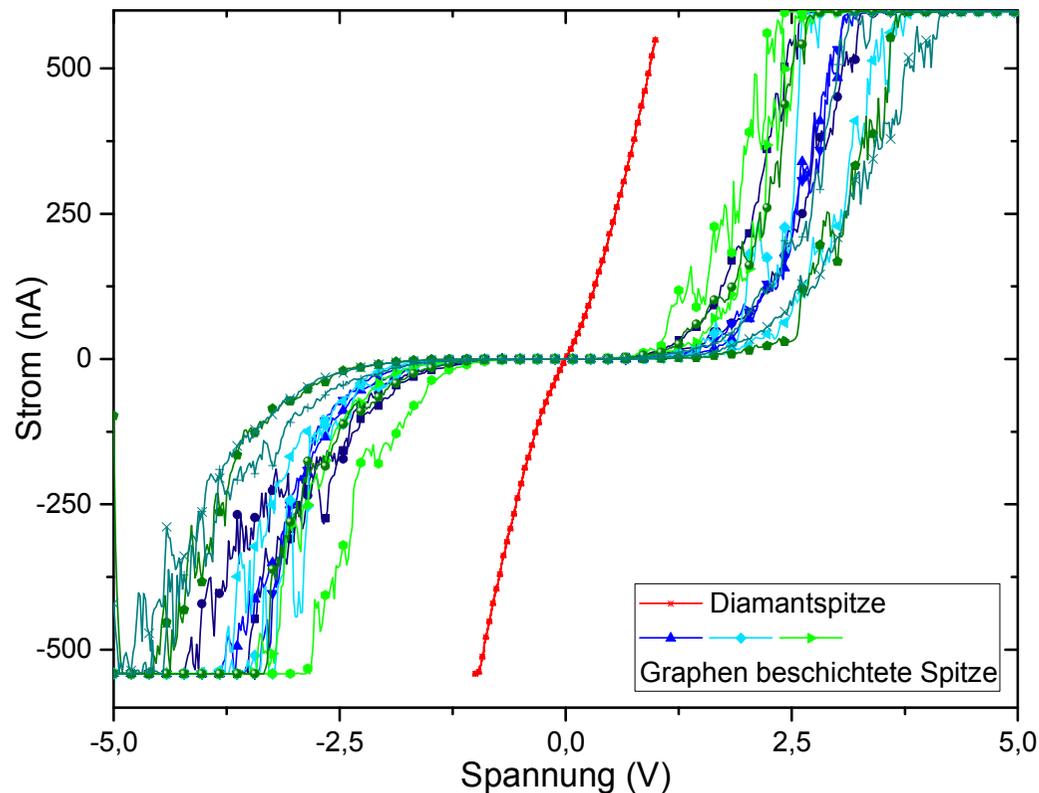
Volldiamantspitze



300 nA



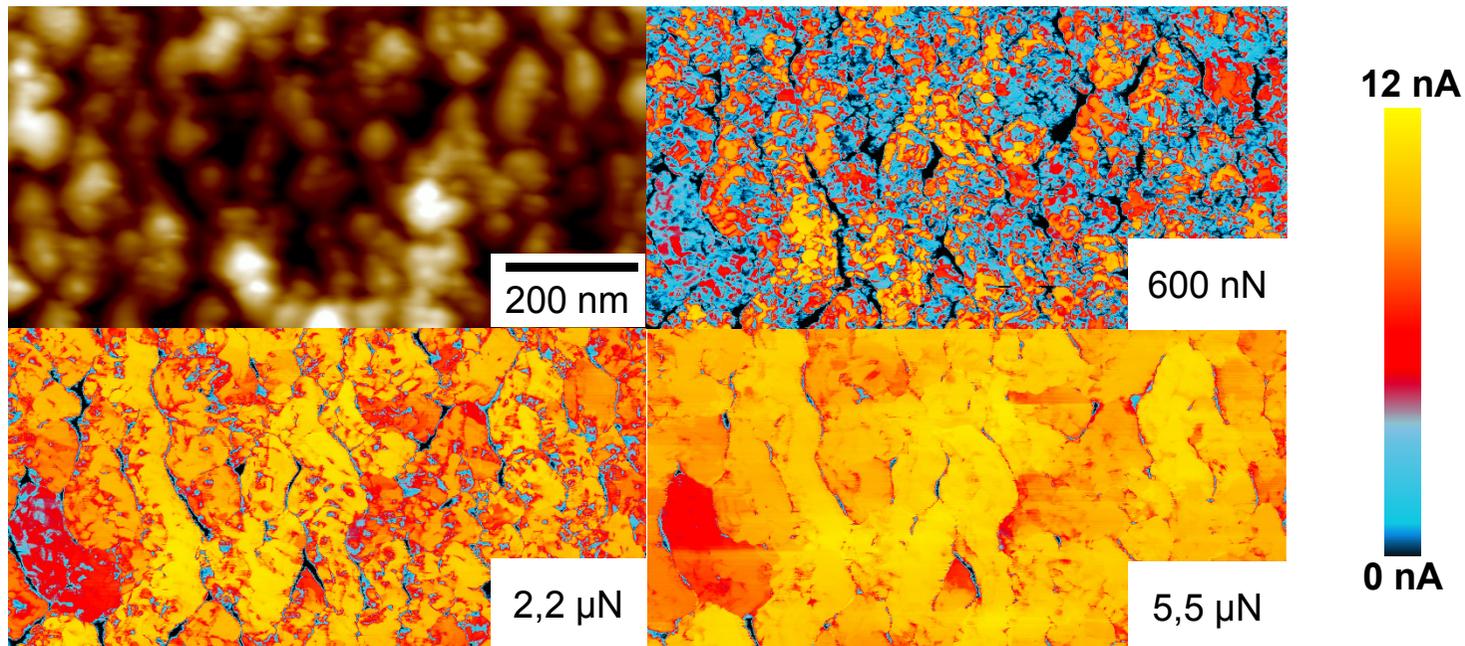
0 nA



- ❖ Beschichtung kann zu Artefakten führen
- ❖ Erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung
- ❖ Beschichtung mit Graphen führt zu keiner merkbaren Erhöhung des Spitzenradius
- ❖ Erhöhte laterale Auflösung

RKM-basierte Charakterisierung

2D-Stromverteilung



2D-Stromverteilung ist dominiert von Verschleiß

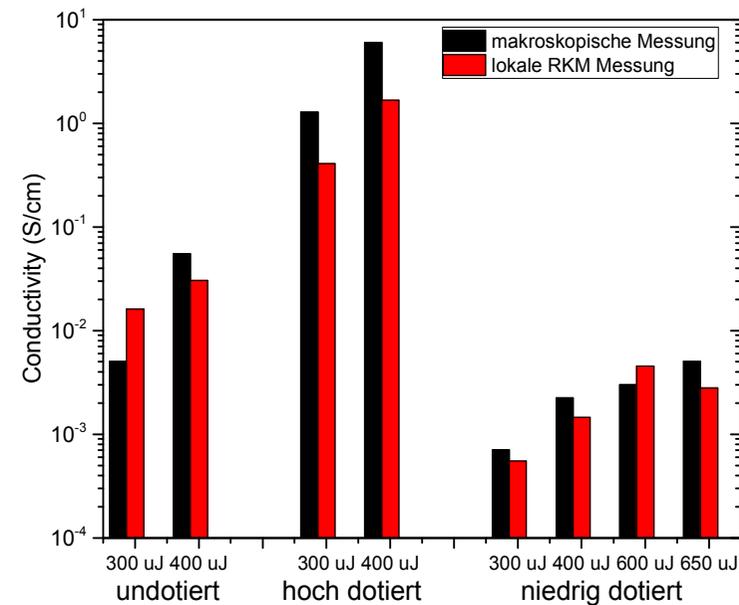
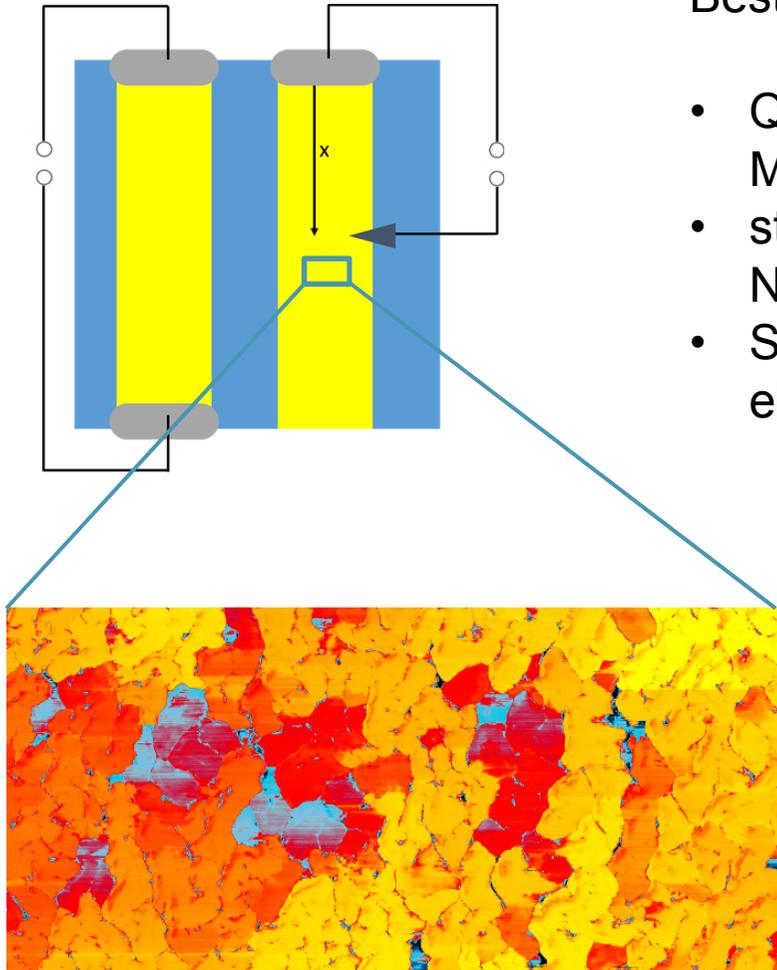
Niedrige Kraft	Nanopartikel	normal
Hohe Kraft	Mesoskopische Mäanderstruktur	Sehr hoch

RKM-basierte Charakterisierung

Elektrische Leitfähigkeit

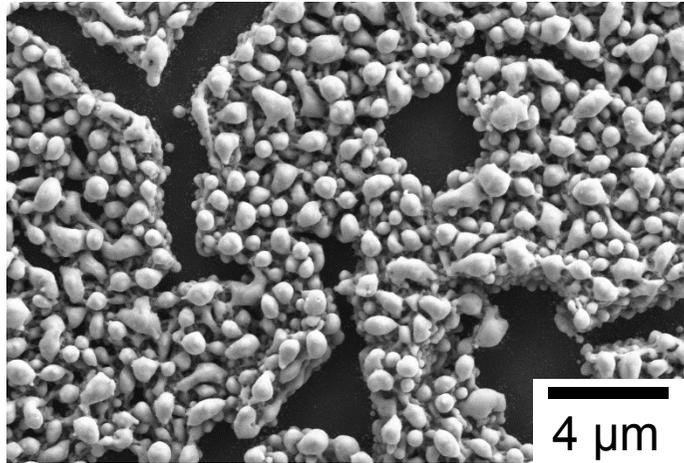
Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

- Quantitativ vergleichbar mit makroskopischen Messungen
- starke Schwankungen auf Mikro- und Nanometerskala
- Starker Einfluss der Strukturgröße auf die elektrische Leitfähigkeit

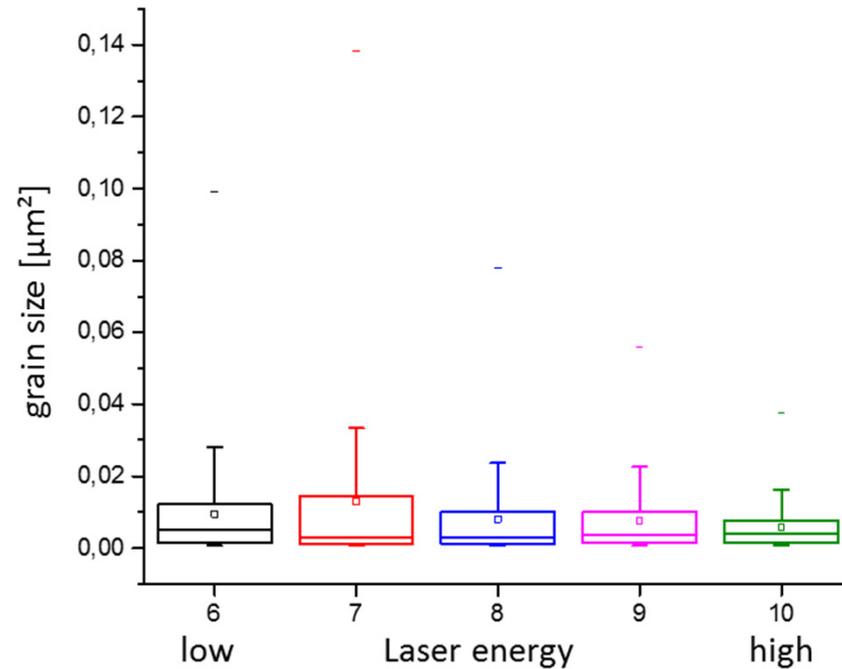
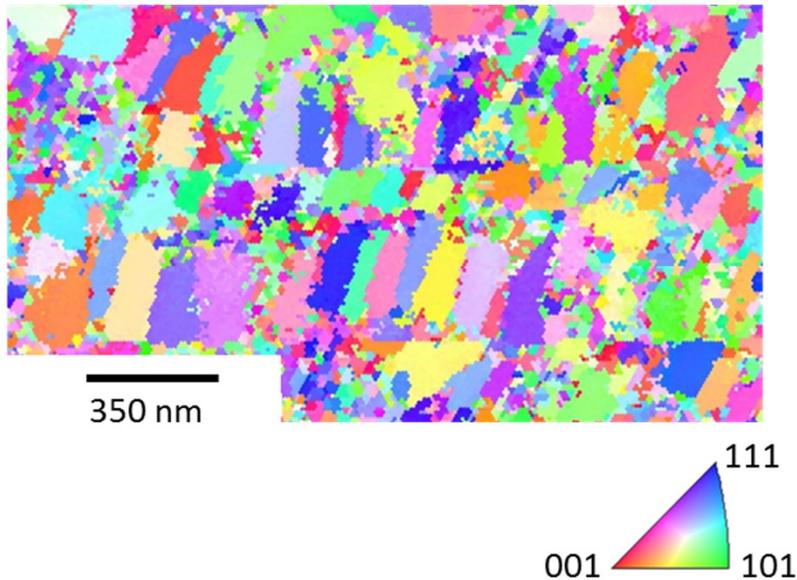


REM-basierte Charakterisierung

Kornanalyse mit EBSD



- Durch die Nanostruktur ergeben sich viele Bereiche, denen keine eindeutige Orientierung zugewiesen werden kann
 - Bedingt durch die Mäanderstruktur
 - Überlagerung mehrerer Kikuchi-Muster
- Korngrößen sind nicht von der verwendeten Laserenergie beim Sintern abhängig



Raster-Sonden-Mikroskopie

- Graphen beschichtete Spitzen als Alternative für Diamantspitzen
- Erfolgreiche Bestimmung der quantitativen elektrischen Leitfähigkeit
- starke Schwankungen auf Mikro- und Nanometerskala
- Starker Einfluss der Strukturgröße auf die elektrische Leitfähigkeit

Raster-Elektronen-Mikroskopie

- Bestimmung der Struktur von Nanopartikelschichten möglich
- Korngrößen sind weitgehend unabhängig von der mesoskopischen Struktur des Gefüges
- Untersuchung der Nanostruktur sowie der Kristallorientierung in ursprünglich von der Oberfläche entfernten Bereichen