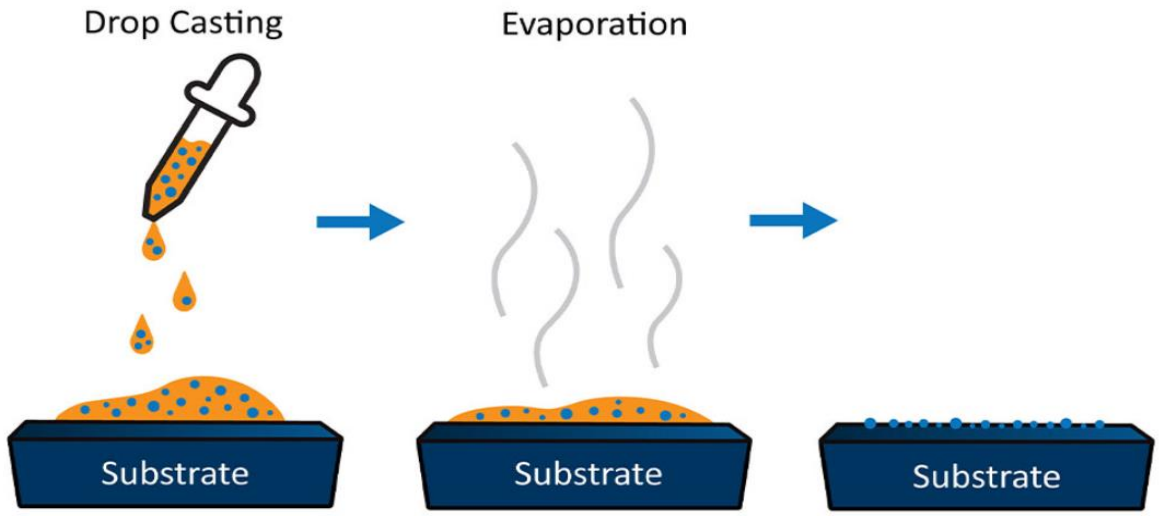
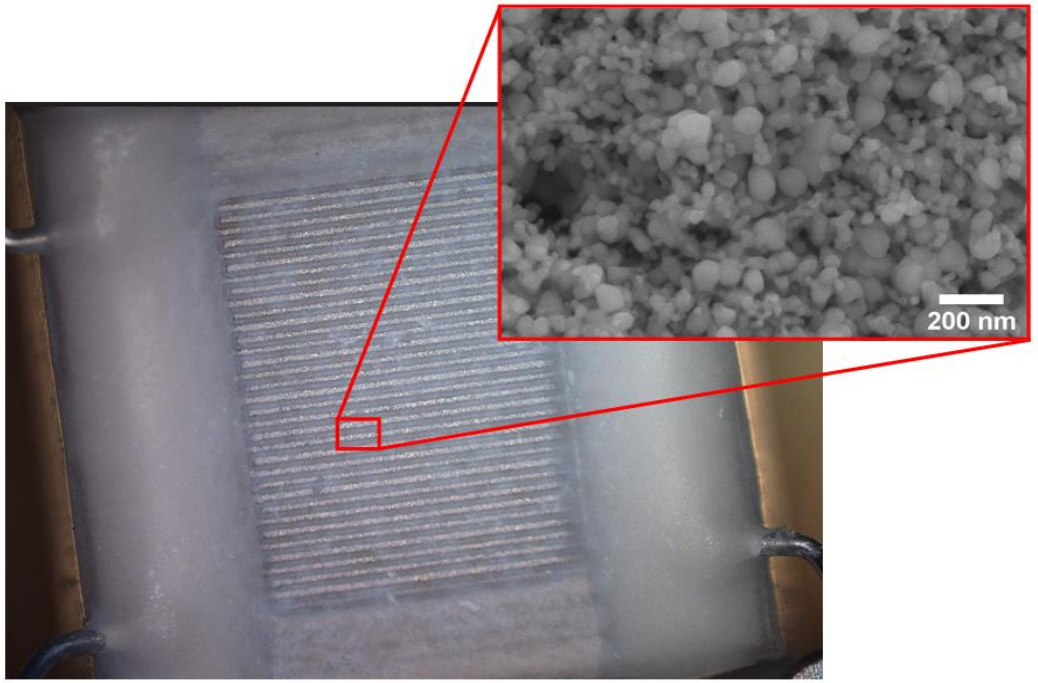
STEIGERUNG DER REPRODUZIERBARKEIT IM DROP-CASTING PROZESS

Ingo Weyrauch – DLR PI

Drop-Casting Prozess





Vorteile:

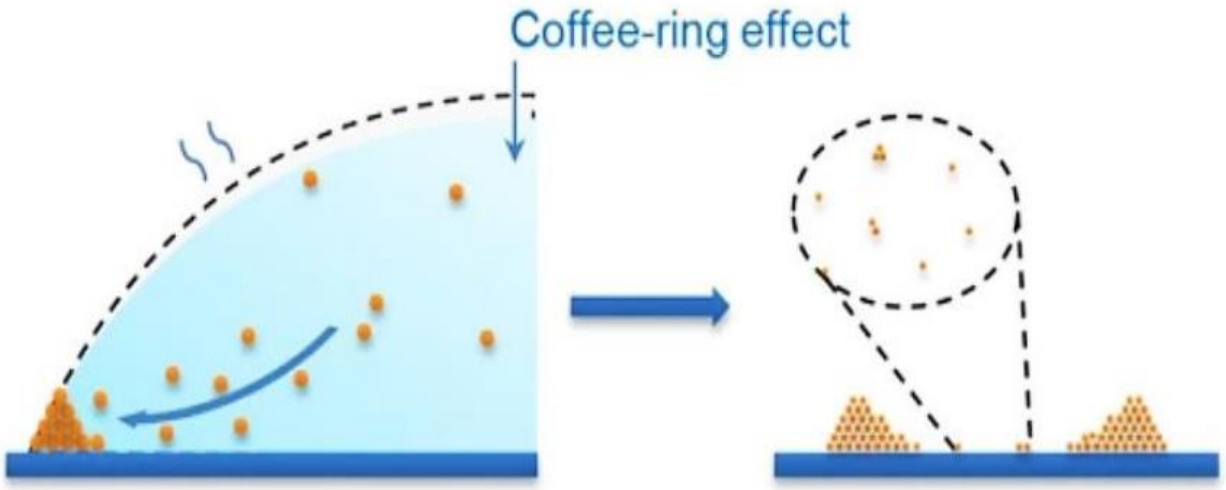
- Einfache Herstellung von Sensorschichten
- Schnelle Ergebnisse
- Keine großen Maschinen notwendig

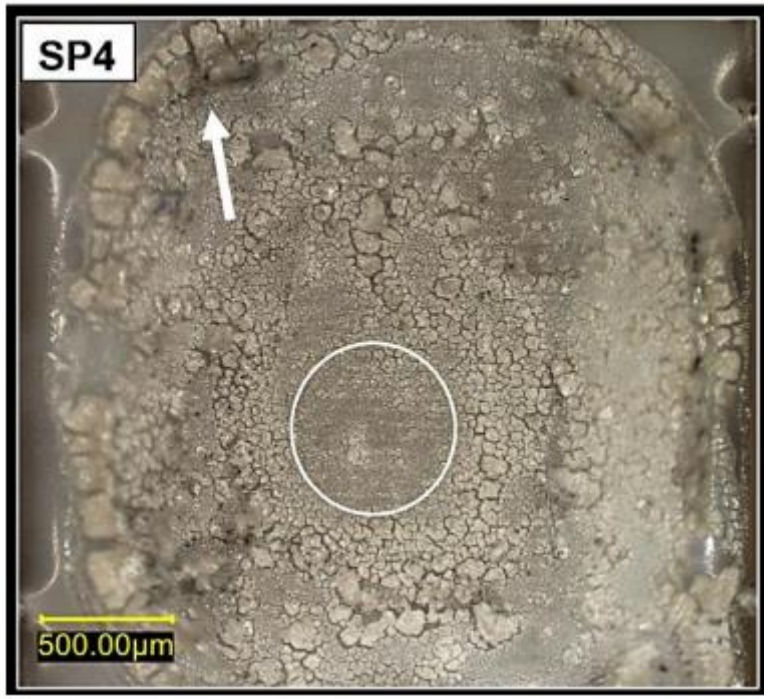
Nachteile:

- Geringe Reproduzierbarkeit
- Schlechte Löslichkeit von MOX

Coffee-Ring Effekt

- Trocknungseffekte führen zu inhomogener Materialverteilung

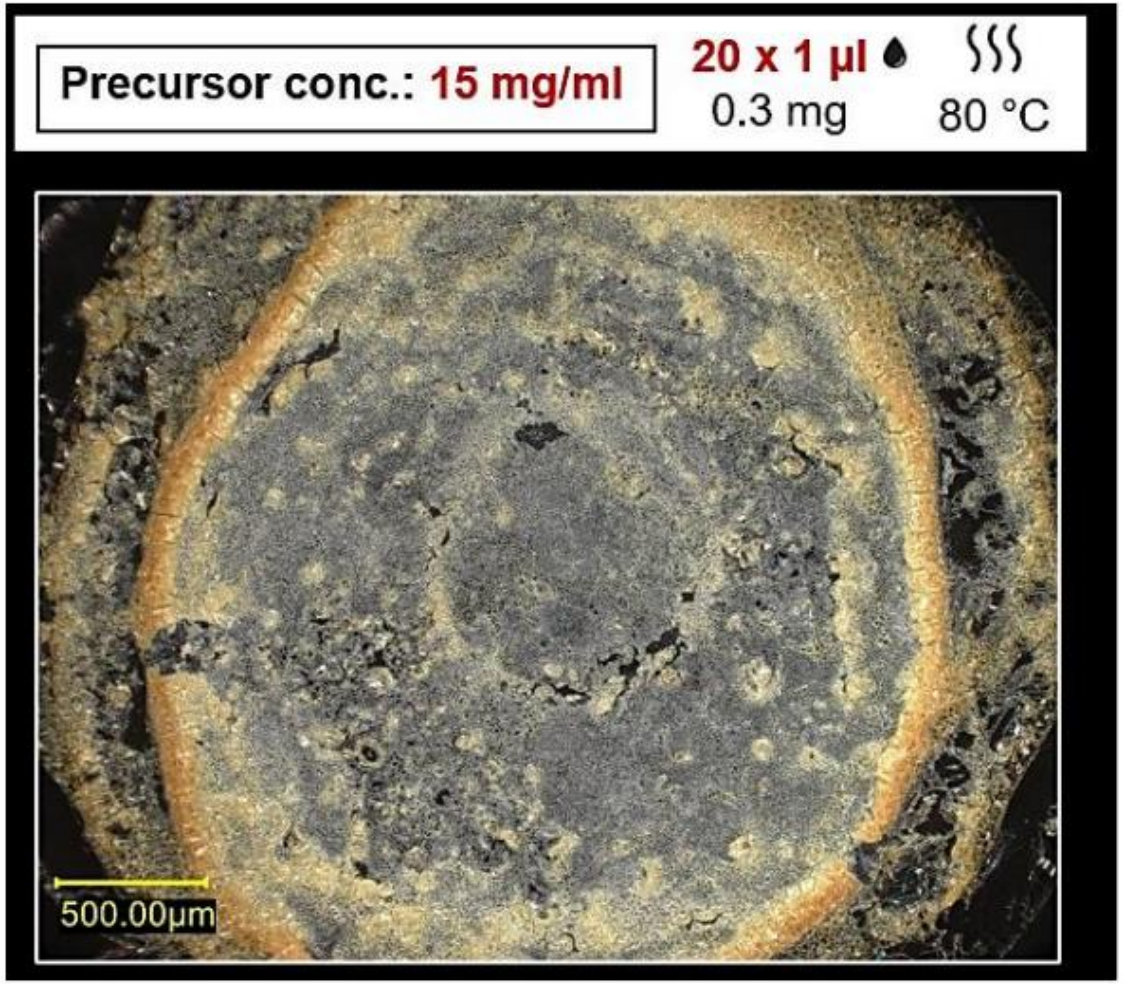




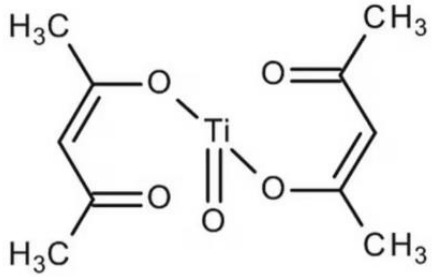
- Materialwanderung nach außen führt zu höherer Partikeldichte am Substratrand
- Negativer Einfluss auf die Reproduzierbarkeit + Leitfähigkeit

→ Untersuchung verschiedener Einflussfaktoren zur Reduktion des Effektes

Optische Untersuchung auf Glasslides



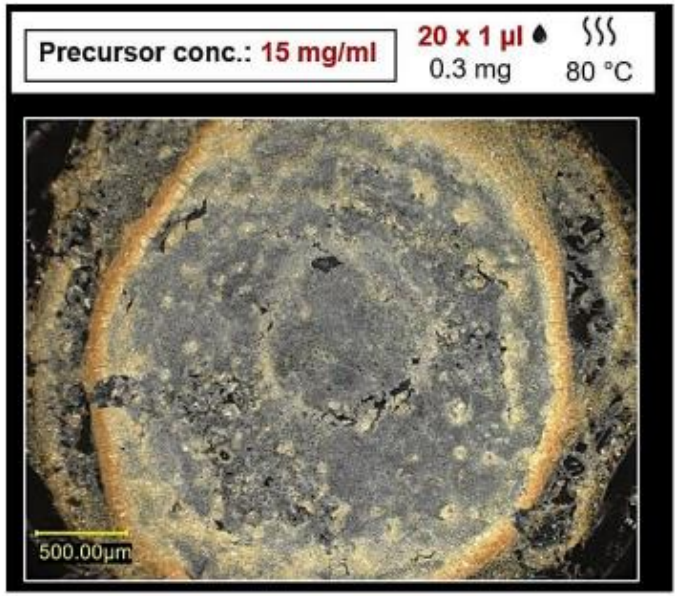
- Precursor: Titanacetylacetonat

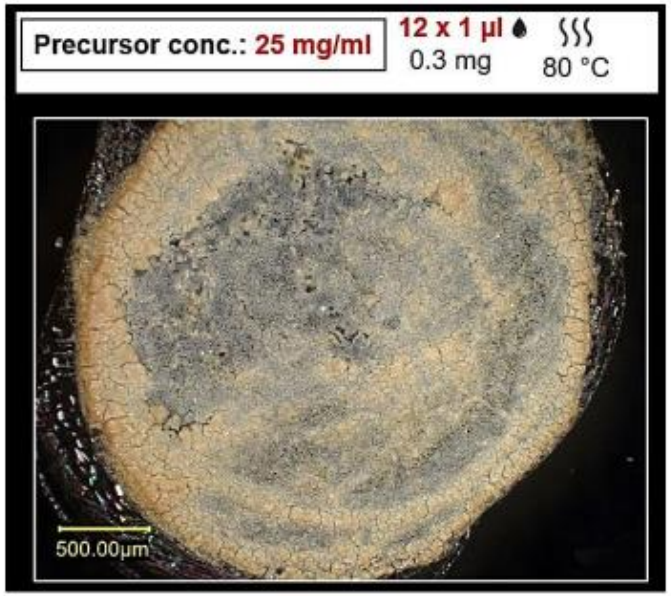


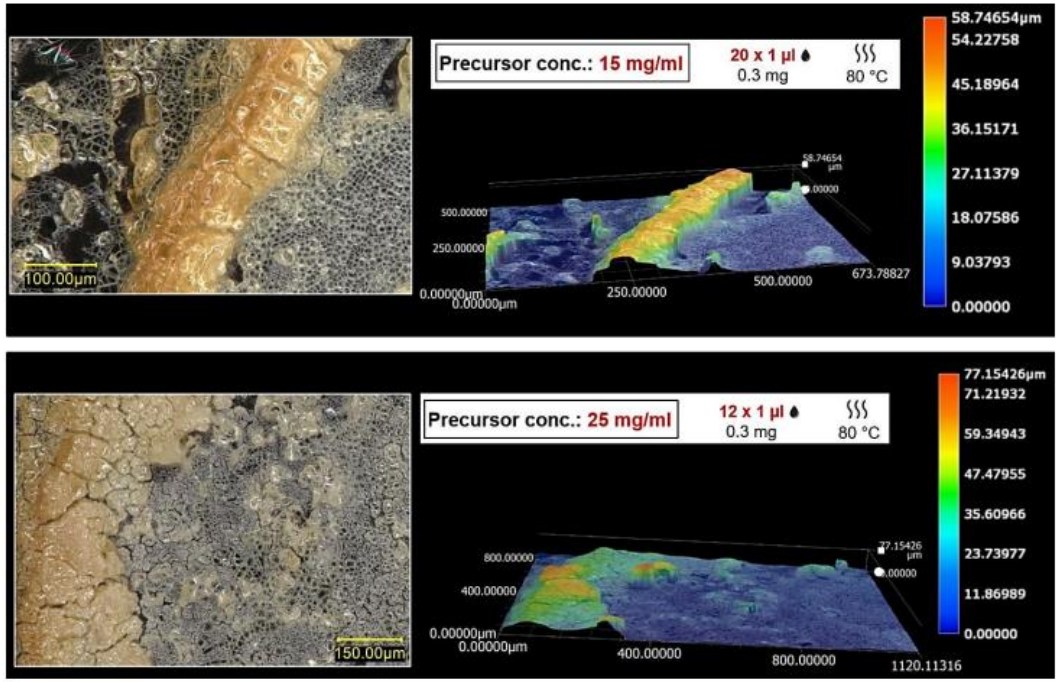
- c(Prec) = 15 mg/mL
- Lösemittel = H_2O + Essigsäure
- V_{ges} = 20 µL in 1µL Schritten
- Trocknen für 2 h bei 80 °C

Faktor 1: Konzentration/Tropfenanzahl

- Theorie: Häufigeres Auftropfen verschlimmert den Coffee-Ring Effekt





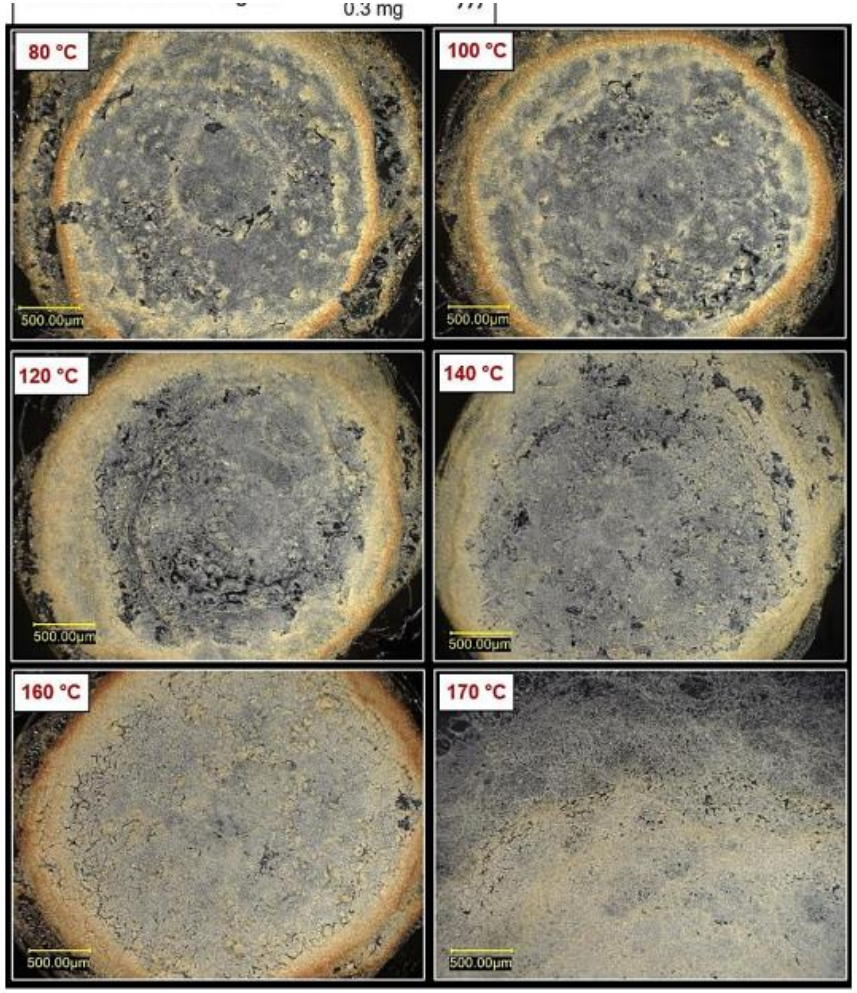


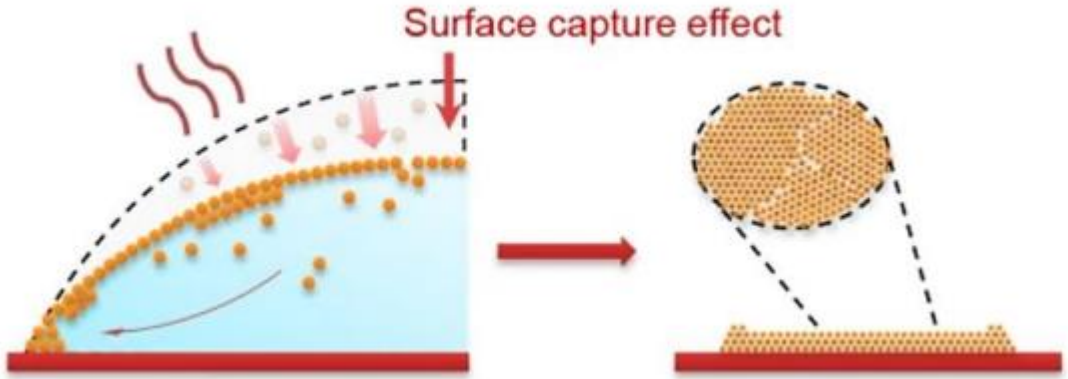
→Konzentration der Lösung aufs Maximum angehoben/Tropfenzahl verringert

→ Deutlich verbesserte Materialverteilung im Zentrum des Substrats

Faktor 2: Substrattemperatur

- Beschleunigte Verdunstung kann Materialmigration entgegenwirken

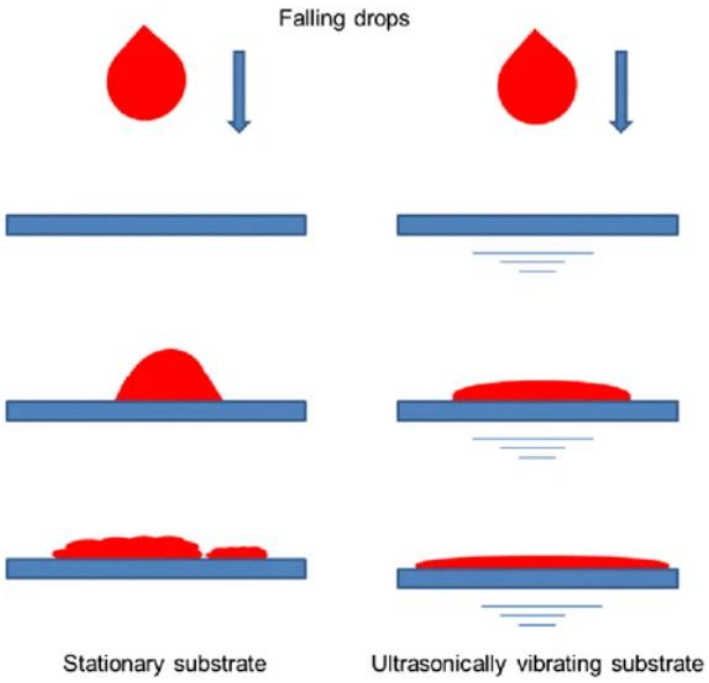


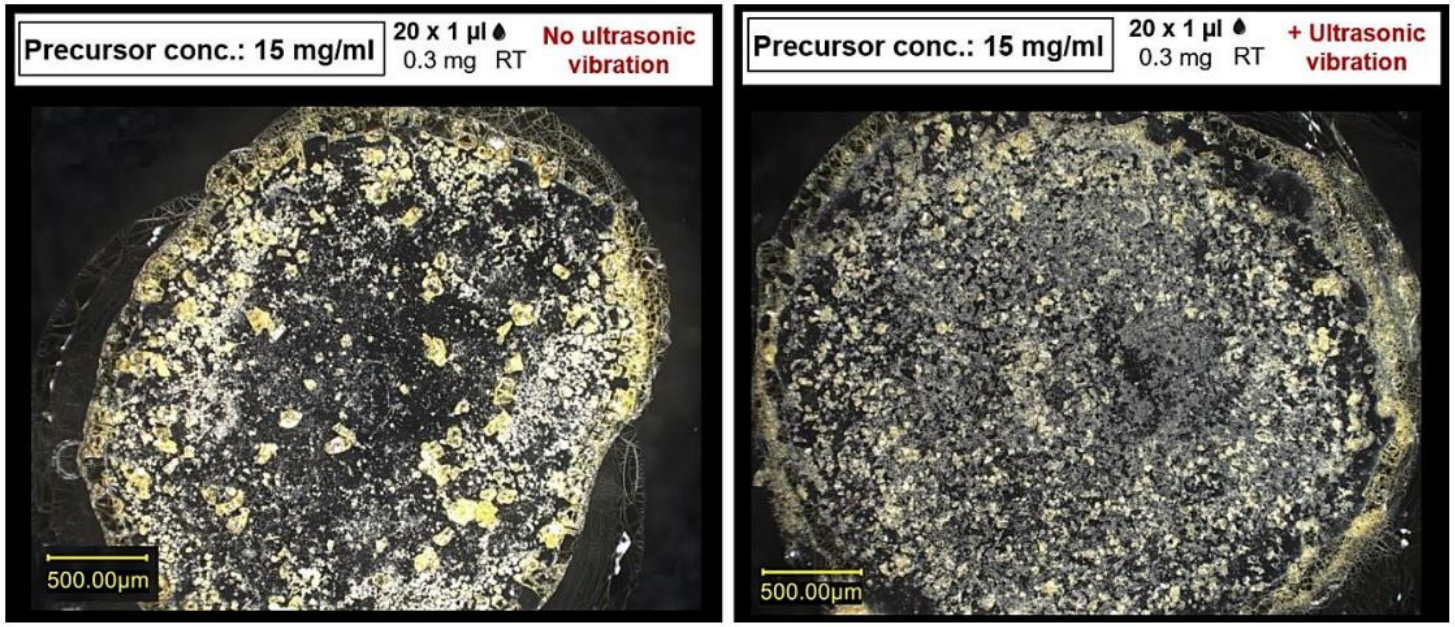


- Schnelle Verdampfung verändert Strömungsverhalten der Partikel
- Höhere Substrattemperaturen führen zu homogenerer Verteilung
- Gilt über den Siedepunkt des Lösemittels hinaus!

Faktor 3: Ultraschallunterstützung

Hintergrund: Durch Vibration konnte Leitfähigkeit von Dünnschichten für Solarzellen verbessert werden





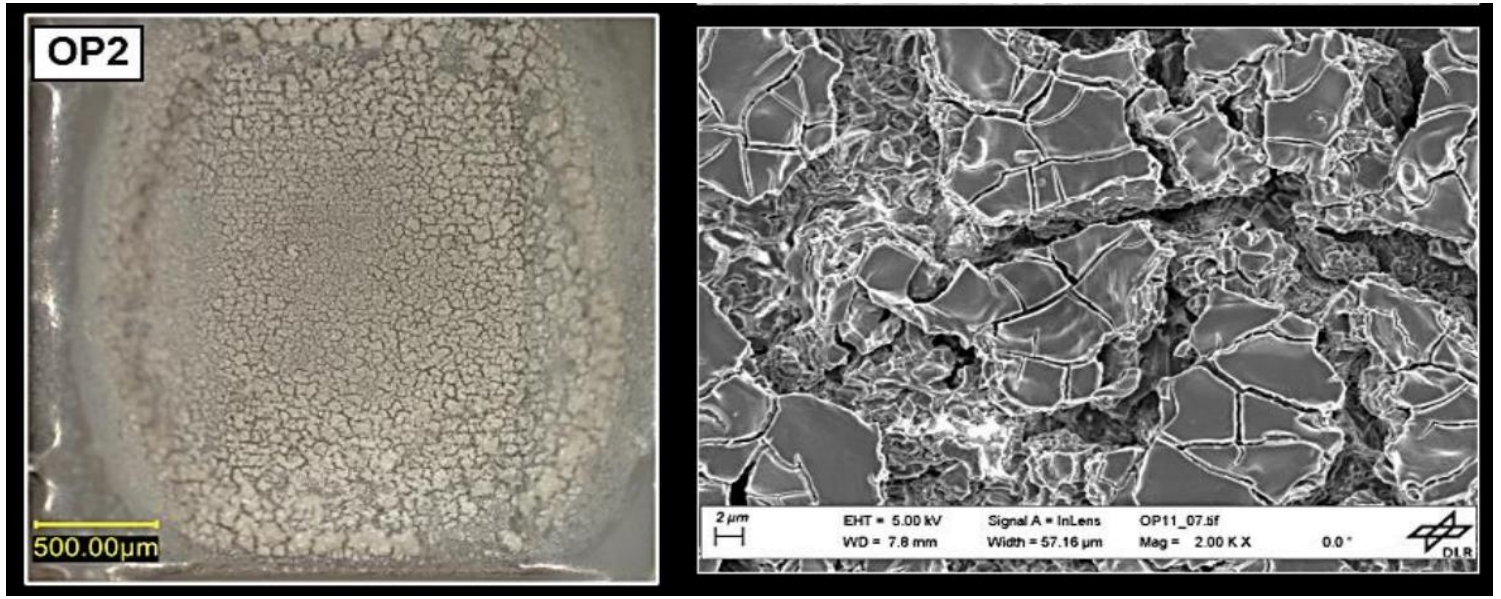
Umsetzung auf Heizplatte nicht möglich – daher Trocknung bei RT

- Ultraschallunterstüzung scheint sich positiv auf Homogenität der Schichten auszuwirken

Übertragung auf Leersubstrate

- Parameter nach Anpassung:
- c(Precursor) = 35 mg/mL
- T(Substrat) = 140 °C
- Ultraschallunterstützung

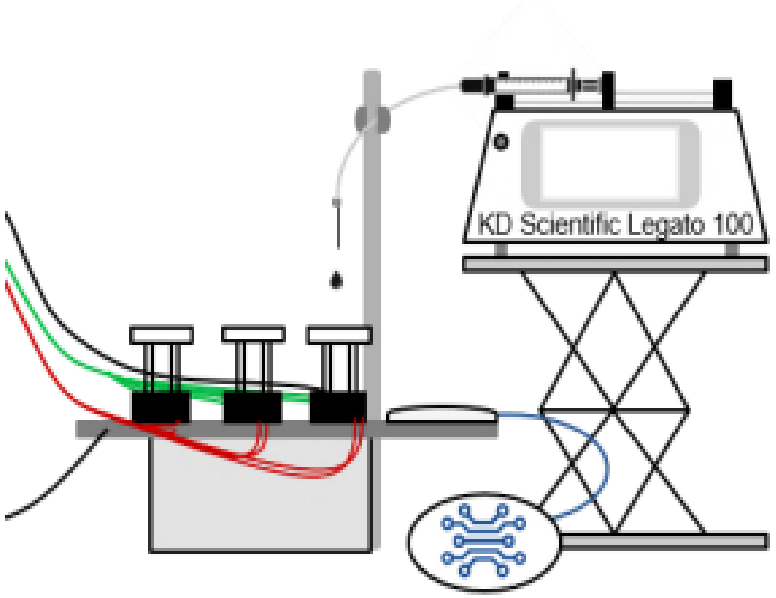
- IDE deutlich besser bedeckt
- Widerstand im Messbaren Bereich
- Coffee-Ring immer noch sichtbar!

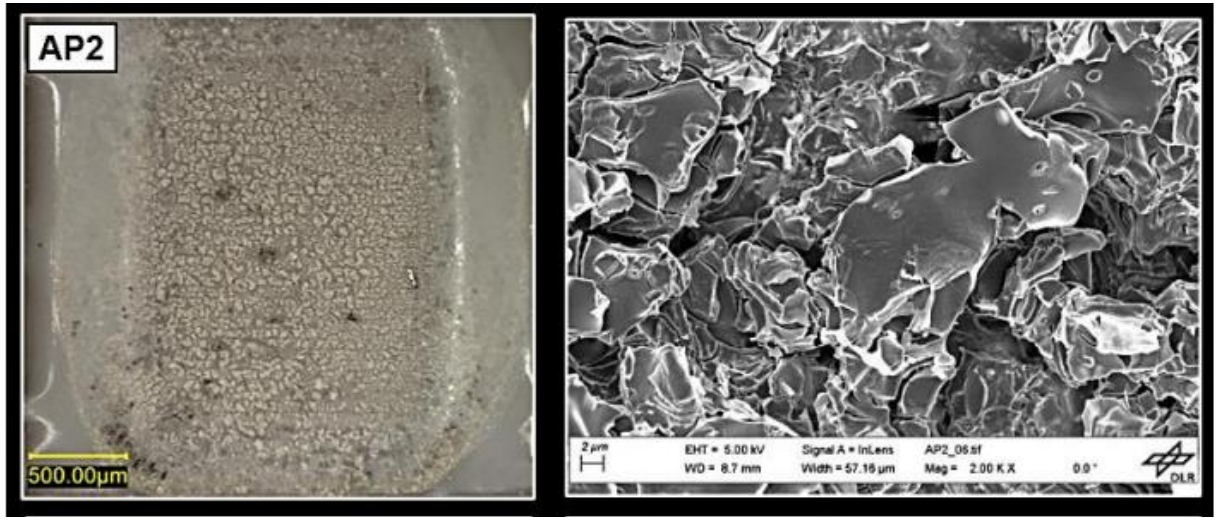


Sensor	Mean base resistance [Ω]	Stdv.[1] [Ω]	Rel. dev.[2] [%]
OP1+3	1.2×10^8	2.3×10^7	19.2

Halbautomatisierte Lösung mit Spritzenpumpe

- Manuelles Pipettieren als Teil der reduzierten Reproduzierbarkeit





Sensor	Mean base resistance [Ω]	Stdv.[1] [Ω]	Rel. dev.[2] [%]
OP1+3	1.2 x 10^8	2.3 x 10^7	19.2
AP2+3	6.7 x 10^8	2.3 x 10^7	3.4

Fazit

1. Coffee-Ring Effekt lässt sich durch Anpassungen beim Drop-Casting vermindern
   - Precursorkonzentration/Tropfenanzahl
   - Substrattemperatur
   - Ultraschall
2. Manuelles Pipettieren hat weiterhin einen großen Einfluss auf Reproduzierbarkeit
   - Automatisierte Verfahren! Allerdings nur mit löslichen Stoffen