

## SINTERN DÜNNER KERAMISCHER SCHICHTEN

Bei der Herstellung strukturierter Mikrosysteme wie vollkeramischer Mikroheizelemente wird ein Pulver in einem Druckverfahren (Siebdruck oder Ink-Jet) wenige Mikrometer dick auf ein festes Substrat aufgetragen. Nach dem Trocknen und Entbindern entsteht eine poröse Partikelschicht, die beim Sintern verdichtet und dabei schrumpfen will. Durch das steife Substrat tritt jedoch eine horizontale Schwindungsbehinderung auf, und es entstehen Spannungen in der Schicht, die zu Verformungen des Bauteils oder Rissen führen können.

### Simulation mit SimPARTIK

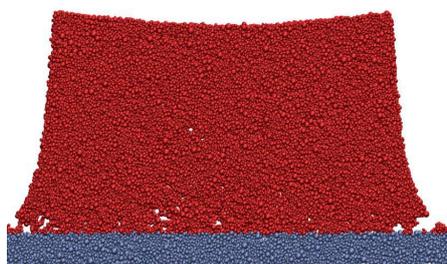
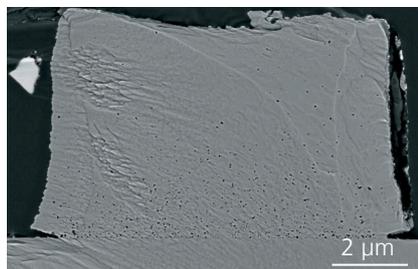
Mittels numerischer Simulation wurde am Fraunhofer IWM der Sintervorgang am Beispiel einer keramischen Schicht im Detail untersucht, um geeignete Maßnahmen zur Vermeidung dieser Defekte ableiten zu können. Dazu wurde das selbstentwickelte, partikel-basierte Simulationspaket SimPARTIK ([www.simpartik.de](http://www.simpartik.de)) angewendet, das für die Untersuchung von Partikelumordnungen oder Rissentstehung auf mikroskopischer Ebene ideal geeignet ist. Dass die Simulation die Realität sehr gut wiedergibt, zeigt die Abbildung. So stimmt sowohl die Außenkontur der gesinterten Schicht als auch das vermehrte Auftreten von Poren in Substratnähe sehr gut mit dem Experiment überein. Und schließlich wird auch das Abheben des Streifens im Randbereich genau vorhergesagt. Diese Art der Simulation bietet sich also als ein leistungsfähiges Werkzeug bei der Entwicklung und Optimierung solcher Mikrosysteme an.

### Variable Prozessparameter

Am Fraunhofer IWM wurden für ein Heizelement, bei dem gedruckte Streifen die Funktion elektrischer Heizleiter über-

nehmen, Geometrieparameter der Streifen in der Simulation systematisch variiert, um die Neigung zur Schichtdelamination zu untersuchen. Dabei ergab sich, dass mit zunehmender Breite die Risse im Randbereich deutlich verstärkt werden, was sich insbesondere bei thermozyklischer Belastung negativ auf die Lebensdauer auswirkt. Der Einfluss der Höhe ist dagegen weniger ausgeprägt. Da für ein funktionsfähiges Heizelement ein bestimmter Mindestquerschnitt notwendig ist, sollten deshalb sehr flache Strukturen vermieden werden. Auch zu weiteren Fragestellungen, wie dem Einfluss der Korngrößen oder der Verteilungsbreite auf die Ausbildung von Defekten, liefert die Simulation aussagefähige Ergebnisse.

Tobias Rasp



1 *Vergleich zwischen Experiment (oben, Quelle: TU Darmstadt) und Simulation (unten) eines gesinterten Keramikstreifens auf festem Substrat (Querschnitt).*