

## Inhärent sicheres Sintern von Oxid-Keramiken

### MOTIVATION

Bei keramischen Hochleistungswerkstoffen ist in vielen Anwendungsfeldern, etwa im Automotive-Bereich, die Zuverlässigkeit entscheidend. Aufgrund thermodynamisch getriebener Entmischungsprozesse während des Sinterns und der resultierenden inhomogenen Mikrostruktur erreicht die Zuverlässigkeit gesinterter Keramiken aber oft bei weitem nicht das theoretisch mögliche Potenzial.

Die Entstehung dieser Inhomogenitäten lässt sich verhindern, wenn inhärent sichere Sinterbedingungen gefunden werden, bei denen die Grenzflächenenergie des Gefüges bei der Verdichtung mindestens gleich schnell abnimmt wie dessen spezifisches Volumen.

### ZIELSETZUNG

Im Projekt wurden inhärent sichere Sinterverfahren für Aluminiumoxid-Keramiken entwickelt. Die damit erreichbare homogene Mikrostruktur sollte die Zuverlässigkeit der gesinterter Keramik gegenüber dem Stand der Technik signifikant steigern. Die Leistungsfähigkeit des Verfahrens sollte für Aluminiumoxid unterschiedlicher Reinheit anhand von ausgewählten Bauteilen aus dem Produkt-Portfolio der drei beteiligten Industriepartner nachgewiesen werden.

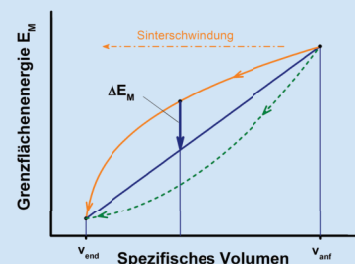
### ERGEBNISSE

Zunächst wurden der Ist-Zustand der Gefügehomoheiten und die daraus in allen Fällen resultierende Festigkeit und Zuverlässigkeit bestimmt. Anschließend wurden die Formgebungsverfahren optimiert, um die bestmöglich homogene Mikrostruktur im Grünzustand als Ausgangspunkt für den Sinterprozess sicherzustellen. Mit Hilfe von Computersimulationen und darauf abgestimmten Laborexperimenten wurde dann untersucht, welche Bedingungen beim Sintern (insbesondere Temperaturführung und Ofenatmosphäre) die Ausbildung von Inhomogenitäten am effektivsten verhindern.

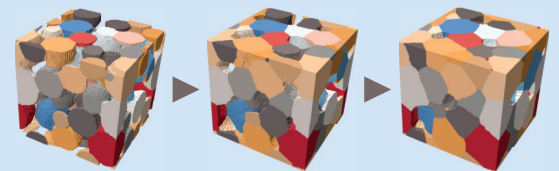
Im Ergebnis konnte durch die Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse zu Formgebungsverfahren und Sinterbedingungen auf die industriellen Produktionsprozesse in allen Fällen eine signifikante Steigerung von Festigkeit und/oder Zuverlässigkeit der Aluminiumoxid-Bauteile erzielt werden. Es hat sich aber auch gezeigt, dass das volle Potenzial an Festigkeit konkreter Produkte durch die homogenen Gefüge nur durch zusätzliche Maßnahmen wie fehlerarmes Schleifen und Polieren und ggf. Nachverdichtung (durch heißisostatisches Pressen) ausgeschöpft werden kann.

### PROJEKTDATEN

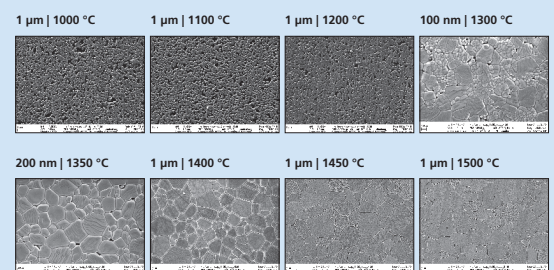
Laufzeit: 1.1.2016 – 31.6.2019  
 Förderung: 409.100 Euro  
 Förderkennzeichen: AZ-1183-15  
 Projektleiter: Dr. Gerhard Seifert



Mögliche Verläufe der Grenzflächenenergie keramischer Gefüge beim Sintern: Konkaver Verlauf (orange) bedeutet eine Tendenz zur lokalen Entmischung, konvex (grün) dagegen einen inhärent sicheren Pfad



Computersimulationen zur Entwicklung des Gefüges in einem repräsentativen Volumenelement (1283 Voxel) beim Sintern für 60 %, 75 % und 90 % der erreichbaren Enddichte (von links nach rechts)



REM-Bilder zur Gefügeanalyse an teilgesinterten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Proben (Versatz: Taimicron DS25 Pulver)