



ThermoOptische Messanlage TOM\_air

## Kontakt

Dr. Holger Friedrich  
Tel.: +49 921 78510-300  
holger.friedrich@isc.fraunhofer.de

Heiko Ziebold  
Tel.: +49 921 78510-393  
heiko.ziebold@isc.fraunhofer.de

Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL  
Gottlieb-Keim-Straße 62  
95448 Bayreuth  
www.htl.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V.,  
München 2021

## Leistungsangebot

Das Fraunhofer-Zentrum HTL bietet unterschiedliche Leistungen zum Entbindern (Binderausbrand, Pyrolyse) in allen industrierelevanten Ofenatmosphären an:

- Optimierung von Temperatur-Zeit-Zyklen für kleine Bauteile mittels In-situ-Messungen und Kinetic Field-Technik
- Optimierung von Temperatur-Zeit-Zyklen für große Bauteile mittels experimentellen Untersuchungen und FE-Simulation
- Übertragung von Entbinderungszyklen auf Industrieöfen
- Optimierung von Setzplänen und Gasströmungen
- Bewertung von kommerziell verfügbaren Bindern
- Bewertung der Grünprobenqualität

Bei Bedarf können am Fraunhofer-Zentrum HTL auch weitere Wärmebehandlungsschritte untersucht und optimiert werden. Dazu zählen die Trocknung von Grünkörpern, die Dehydratation von Silikatkeramiken oder das Sintern und Infiltrieren von Keramiken und Pulvermetallen.



Das Fraunhofer-Zentrum HTL  
ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert



Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

# Optimierung von Entbinderungsprozessen

Hohe Temperaturen – Effiziente Lösungen

# Optimierung von Entbinderungsprozessen

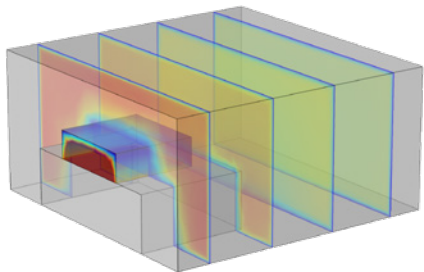
Das Entbindern von Grünkörpern geht einher mit erwünschten oder auch unerwünschten physikalischen und chemischen Vorgängen. Damit verbunden sind prozessbedingte Probleme, die es zu vermeiden gilt:

- Gefügeschäden
- Unvollständige Entbinderung
- Strukturveränderungen
- Lange Prozessdauer

Um diesen Problemen entgegen zu wirken, sind genaue Kenntnisse des Entbinderungsprozesses und des zu untersuchenden Werkstoffes nötig. Mit speziell am Fraunhofer-Zentrum HTL entwickelten Methoden können Entbinderungsprozesse charakterisiert und präzise optimiert werden. Dabei gliedert sich das Vorgehen in folgende Schritte:

- In-situ-Charakterisierung
- FE-Simulation
- Optimierung der Entbinderungsparameter

Unter Zuhilfenahme dieser Methoden lassen sich Entbinderungsprozesse hinsichtlich ihrer Kosten- und Energieeffizienz sowie ihrer Produktqualität optimieren.



Simulation  
der Entbinderung  
eines Feuerfeststeins



## In-situ-Charakterisierung

Mit herkömmlichen Thermoanalyseverfahren und speziellen ThermoOptischen Messanlagen (TOM) werden Grünkörper während der Entbinderung charakterisiert. Dies ermöglicht die Berechnung von Temperaturzyklen mit konstanten Entbinderungsraten. Die gerade noch sichere maximale Entbinderungsrate wird dann experimentell bestimmt. Dazu wird die Schädigung von Proben oder kleinen Bauteilen während der Entbinderung mittels Schall- oder Gasemission detektiert. Bei größeren Bauteilen ist eine Finite-Elemente (FE)-Simulation der Entbinderung erforderlich.

## FE-Simulation

Das Fraunhofer-Zentrum HTL verfügt über ein gekoppeltes FE-Modell, mit dem thermische Effekte, Reaktionskinetik, Gasströmung und -diffusion sowie mechanische Spannungen beim Entbindern berechnet werden. Zusätzlich zu den In-situ-Messdaten benötigt die Simulation weitere experimentelle Daten zur Zusammensetzung des organischen Binders, Permeabilität der Porenkanäle, Temperaturleitfähigkeit und Grünfestigkeit. Damit können Entbinderungen für größere Bauteile berechnet und Entbinderungszyklen optimiert werden.

## Technische Verfahren

### Messverfahren für die Optimierung der Entbinderung

- Masseverlust (Thermogravimetrie)
- Reaktionswärme (Dynamische Differenzkalometrie)
- Gasanalyse (Massenspektrometrie / CO<sub>2</sub>-Detektion)
- Optische Überwachung (Optische Dilatometrie)
- Akustische Überwachung (Schallemissionsanalyse)
- Temperaturleitfähigkeit (Laser-Flash-Analyse)
- Binderzusammensetzung (Elementaranalyse)
- Grünfestigkeit (z. B. Ball on Ring-Methode)
- Binderbenetzung (Optische Kontaktwinkel-Analyse)
- Gasdurchlässigkeit (Permeationsmessung)

### Gekoppelte FE-Simulation

- Thermische Berechnungen (COMSOL, ANSYS)
- Kinetikmodelle (COMSOL)
- Strömungsmechanische Berechnungen (COMSOL)
- Strukturmechanische Berechnungen (COMSOL, ANSYS)