

# Herstellung von $\beta$ -Tricalciumphosphat Gerüsten durch Gefrierstrukturierung sowie Aufklärung und Evaluation der Methode

**Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades**

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

**vorgelegt dem Rat der Physikalisch-Astronomischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

von Diplom-Ingenieur Stefan Flauder  
geboren am 10. November 1985 in Pößneck

# Inhaltsverzeichnis:

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Gefrierstrukturierung und Diskussion des Erkenntnisstandes</b> .....	<b>3</b>
2.1 Begriffsklärung und Verfahrensübersicht.....	3
2.2 Phänomenologische Beschreibung der Gefrierstrukturierungsmethode.....	6
2.3 Voraussetzungen für die erfolgreiche Gefrierstrukturierung.....	8
2.4 Prozesskontrolle: Einflüsse auf Struktur und Eigenschaften.....	13
2.4.1 Einfluss des Feststoffanteils und der Partikel auf die Gefrierstrukturierung....	13
2.4.2 Einfluss der Erstarrungsgeschwindigkeit.....	17
2.4.3 Weitere Einflussfaktoren.....	20
2.5 Eigenschaften poröser Keramiken und Anwendungsfelder der Gefrierstrukturierung...	23
<b>3 Experimenteller Teil und Methodik</b> .....	<b>24</b>
3.1 Erstarrungsfunktionsansatz.....	24
3.2 EBSD-Messungen an gefrierstrukturierten $\beta$ -TCP Suspensionen.....	27
3.3 $\beta$ -TCP Gerüste.....	28
3.3.1 Gerüsterstellung.....	28
3.3.2 $\beta$ -TCP/PCL Kompositgerüste.....	34
3.3.3 Morphologische und mechanische Charakterisierung.....	36
3.4 Evaluation der Erstarrungsfunktion.....	39

<b>4 Ergebnisse</b>	<b>41</b>
4.1 Überprüfung der Erstarrungsfunktion	41
4.1.1 Indirekter Nachweis	41
4.1.2 Nachweis mit reinem Wasser	43
4.1.3 Nachweis mit $\beta$ -TCP Suspensionen	48
4.2 EBSD-Messungen an gefrierstrukturierten $\beta$ -TCP Suspensionen	50
4.3 $\beta$ -TCP Gerüste	52
4.3.1 Gerüstmorphologie und Strukturgrößen	52
4.3.2 Störungen der Gerüststruktur	61
4.3.3 Druckfestigkeiten	64
4.4 $\beta$ -TCP/PCL Kompositgerüste	66
<b>5 Diskussion</b>	<b>71</b>
5.1 Verknüpfungen von Prozessbedingungen, Struktur und Eigenschaften	71
5.1.1 Kontrolle der Erstarrungsfrontgeschwindigkeit	71
5.1.2 Die Ausbildung der Gerüststruktur	74
5.1.3 Mechanisches Verhalten und Eigenschaften der $\beta$ -TCP Gerüste	82
5.1.4 Mechanisches Verhalten und Eigenschaften der Komposite	85
5.2 Möglichkeiten und Grenzen der Gefrierstrukturierung	90
5.3 Potenzial der Gerüste als Knochenersatz	95
<b>6 Zusammenfassung</b>	<b>98</b>
<b>7 Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>99</b>
<b>8 Anhang</b>	<b>A1</b>