



Prototyp Zugprobe



Prototyp Fußklammer



Prototyp Wirbelsäulenimplantat



Prototyp Dentalbracket



Prototyp Zahnimplantat



Prototyp Hüftschale

## Pulvermetallurgische Herstellung von porösem Titan und von NiTi-Legierungen für biomedizinische Anwendungen

Martin Bram

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)  
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1)

# **Pulvermetallurgische Herstellung von porösem Titan und von NiTi-Legierungen für biomedizinische Anwendungen**

Martin Bram

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 171

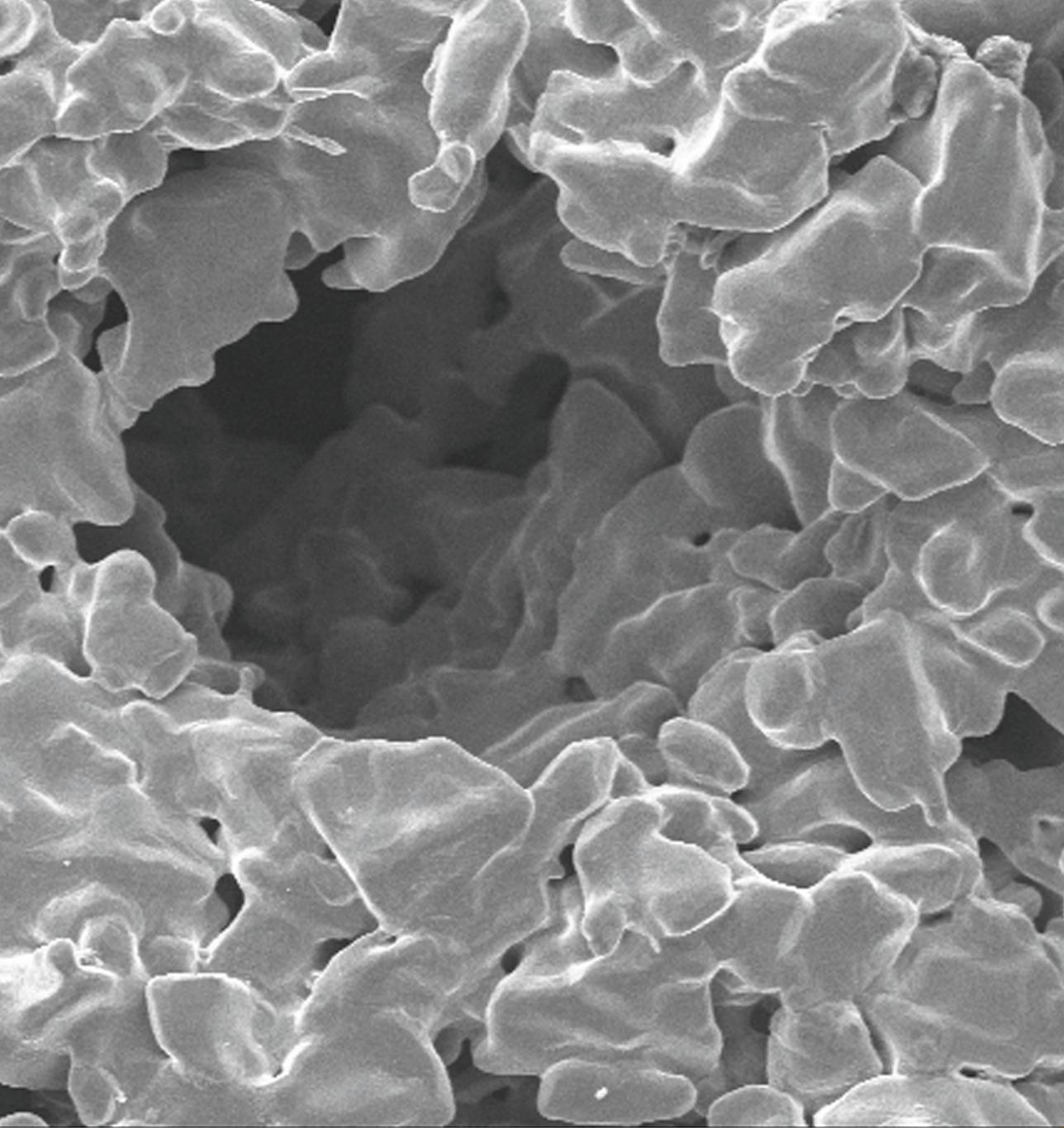
---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-866-2

## **Inhalt**

<b>1. Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
<b>2. Stand der Technik</b>	<b>5</b>
2.1 Eigenschaften des menschlichen Knochens	5
2.2 Anforderungen an Knochenimplantate	9
2.3 Metallische Implantatwerkstoffe	14
2.4 Herstellungsmethoden poröser Implantatwerkstoffen	33
<b>3. Experimenteller Teil</b>	<b>41</b>
3.1 Endkonturnahe Formgebung von porösem Titan durch Bearbeitung von Presskörpern im ungesinterten Zustand (Grünbearbeitung)	41
3.2 Endkonturnahe Formgebung von porösem Titan durch Metallpulver-Spritzguss (Metal Injection Moulding MIM)	54
3.3 Endkonturnahe Formgebung von NiTi-Bauteilen durch Metallpulver-Spritzguss	66
3.4 Charakterisierungsmethoden	74
<b>4. Pulvermetallurgie von porösem Titan</b>	<b>87</b>
4.1 Optimierung der Grünbearbeitung von Presskörpern	87
4.2 Optimierung der Verfahrenstechnik Metallpulver-Spritzguss	110
4.3 Mechanische Eigenschaften von porösen Titanformkörpern	122
4.4 Biologische Eigenschaften von porösem Titan	131
<b>5. Bewertung und Schlussfolgerungen zur Pulvermetallurgie von porösem Titan</b>	<b>135</b>
5.1 Herstellungsverfahren	135
5.2 Wissenschaftliche Ergebnisse	139
5.3 Vermarktungspotentiale	144
5.4 Offene Fragestellungen und Ausblick	149
<b>6. Pulvermetallurgie von NiTi</b>	<b>151</b>
6.1 Optimierung der Verfahrenstechnik Metallpulver-Spritzguss	151
6.2 Mechanische Eigenschaften von pulvermetallurgischen NiTi-Formkörpern und Formgedächtniseffekte	169
6.3 Biologische Eigenschaften und Korrosion	187
<b>7. Bewertung und Schlussfolgerungen zur Pulvermetallurgie von NiTi</b>	<b>191</b>
7.1 Herstellungsverfahren	191
7.2 Wissenschaftliche Ergebnisse	196
7.3 Vermarktungspotentiale	202
7.4 Offene Fragestellungen und Ausblick	204
<b>8. Zusammenfassung</b>	<b>206</b>
<b>9. Literatur</b>	<b>210</b>
<b>10. Inhaltsverzeichnis</b>	<b>232</b>



**Energie & Umwelt / Energy & Environment**  
**Band / Volume 171**  
**ISBN 978-3-89336-866-2**

