

Berichte aus der Bauinformatik

**Ulrich Heisserer**

**High-order finite elements for material and  
geometric nonlinear finite strain problems**

Shaker Verlag  
Aachen 2008

**Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2008

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7703-1

ISSN 1612-6262

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • e-mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

### Zusammenfassung (Deutsch)

Finite Elemente hoher Ordnung (p-Version) werden zur Simulation von geometrisch und materiell nichtlinearen Problemen angewandt. Neben hyperelastischen Materialien wird ein viskoplastisches Modell mit inneren Variablen verwendet. Das Algebra-Differentialgleichungssystem, welches aus der räumlichen Diskretisierung der schwachen Form entsteht, wird mit der Backward-Euler Methode zusammen mit dem Mehrebenen-Newton-Verfahren gelöst. Um den Prozess des kalt-isostatischen Pressens effizient abzubilden, werden ein axialsymmetrisches Element für große Dehnungen, Reaktionskräfte und Folgelasten für die p-Version der Finiten Elemente abgeleitet. Analytische Vergleichslösungen zeigen, dass die p-Version volumetrisches Locking auch für große Dehnungen überwindet. Die effiziente Anwendung der entwickelten Methoden auf einaxiales und isostatisches Pressen von Metallpulvern wird demonstriert. Ein komplexes Validierungsbeispiel zeigt gute Übereinstimmung mit dem Experiment.

### Abstract (Englisch)

For the simulation of geometric and material nonlinear problems implicit high-order (p-version) displacement-based finite elements are applied. Beside hyperelastic materials a finite strain viscoplasticity model with internal variables is considered. We apply the combination of Backward-Euler integration and Multilevel-Newton algorithm to solve the system of differential algebraic equations resulting from the space-discretized weak form. For an efficient modeling of the cold isostatic pressing process an axisymmetric finite strain element, reaction forces and follower loads are derived in the p-version context. We demonstrate that the p-version can overcome volumetric locking also in the finite strain case. An adaptive time-stepping algorithm is presented to perform simulations of metal powder compaction. We report applications to die-compaction and isostatic pressing processes, and a complex validation example where a good agreement to experimental data is achieved.