

Berichte aus dem Apparatebau

**Benedikt Postberg**

**Beitrag zum Ratcheting-Verhalten von Komponenten  
der Druckbehälter- und Kraftwerkstechnik**

D 290 (Diss. Universität Dortmund)

Shaker Verlag  
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Postberg, Benedikt:*

Beitrag zum Ratcheting-Verhalten von Komponenten  
der Druckbehälter- und Kraftwerkstechnik/Benedikt Postberg.

Aachen : Shaker, 2000

(Berichte aus dem Apparatebau)

Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-7581-4

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-7581-4

ISSN 1437-7667

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

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

## **Zusammenfassung**

In der Chemie- und Kraftwerkstechnik kann es bei zyklisch beanspruchten Apparaten zum Versagen aufgrund von Ratcheting (Fortschreitender Plastischer Deformation) kommen. Als Grundvoraussetzung zur Berechnung dieses bisher zumeist unerwartet auftretenden Versagens wurde das nichtlinear kinematische Werkstoffmodell von Ohno&Wang aus dem Jahr 1993 erstmals in eine kommerzielle und weltweit verfügbare Finite-Elemente-Software implementiert.

Dazu war die Weiterentwicklung eines Algorithmus zur numerischen Integration der bisher analytisch nicht lösbaren, nichtlinearen Differentialgleichung des Modellansatzes notwendig. Die programmierte implizite Vorgehensweise reduziert die Lösung des nichtlinearen Gleichungssystems auf die Lösung einer einzigen nichtlinearen Gleichung, so dass der Rechenaufwand reduziert wird und eine systematische Verifizierung und ein praktischer Einsatz des Modells von Ohno&Wang erstmals möglich ist.

In der umfangreichen Verifizierung anhand von zwei experimentellen Untersuchungen der internationalen Ratcheting-Forschung erfüllte der Modellansatz von Ohno&Wang alle aufgrund von theoretischen Voruntersuchungen postulierten Erwartungen und zeigte sich anderen aktuellen Ansätzen gegenüber eindeutig überlegen.

In eigenen Experimenten wurde ein linearer Einfluss unterschiedlicher Hauptspannungsverhältnisse bei gleicher Vergleichsspannung nach von Mises auf das Ratcheting-Verhalten nachgewiesen. Darüber hinaus zeigte sich, dass der Modellansatz von Ohno&Wang auch ein neues Hilfsmittel in der Ratcheting-Forschung ist, da die Suche nach weiteren Einflussfaktoren jetzt durch vorgeschaltete Simulationen effizienter erfolgen kann.

Dass das Modell von Ohno&Wang zur Berechnung von Ratcheting in der Praxis sehr gut geeignet ist, wurde am Beispiel des axial geneigten Stützens auf zylindrischem Grundkörper präsentiert. Trotz komplexer Geometrie und eines 3D-FE-Modells mit über 22.000 Elementen konnte das Ratcheting-Verhalten mit akzeptablen Zeitaufwand vorausberechnet werden.

Eine Analyse aller durchgeführten Simulationen ergab, dass zur Gewährleistung einer notwendigen Genauigkeit der Berechnungsergebnisse die in einem Lastschritt akkumulierte plastische Dehnung einen Wert von 0,1 % nicht überschreiten sollte.

Mit der Simulation einer zyklisch instationären Temperaturbelastung eines dickwandigen Rohres wurden die derzeit noch bei der Berechnung von thermischem Ratcheting bestehenden Grenzen im Hard- und Softwarebereich aufgezeigt.