

Berichte aus dem Institut für Statik und Dynamik der  
Tragstrukturen

Band 5

**Werner Schneider**

**Kollapsanalyse  
quasistatisch belasteter  
stählerner Schalentragwerke**

Shaker Verlag  
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Schneider, Werner:*

Kollapsanalyse quasistatisch belasteter stählerner Schalentragswerke / Werner Schneider.

Aachen : Shaker, 2002

(Berichte aus dem Institut für Statik und Dynamik der Tragstrukturen ;  
Bd. 5)

Zugl.: Leipzig, Univ., Habil.-Schr., 2002

ISBN 3-8322-1087-3

Copyright Shaker Verlag 2002

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 3-8322-1087-3

ISSN 1615-8423

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 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)

# Kollapsanalyse quasistatisch belasteter stählerner Schalentragwerke

Werner Schneider

## Kurzfassung

Die meisten Tragwerke werden durch nahezu ruhende Lasten beansprucht. Ihr Tragverhalten im Gebrauchszustand kann deshalb mit statischen Methoden, d.h. unter Negierung von Trägheitskräften beschrieben werden. Statische Lösungsstrategien werden bei quasistatisch belasteten Tragwerken oft auch zur Beschreibung des Kollapsverhaltens verwendet, wodurch inhaltliche Inkonsistenzen und methodische Schwierigkeiten entstehen. Hauptanliegen der Arbeit ist es, das Kollapsverhalten quasistatisch belasteter Tragwerke konsistent zu modellieren.

Im ersten Hauptteil werden zunächst die maßgebenden Probleme beschrieben, die bei der Modellierung und Bewertung von Versagensvorgängen zu beachten sind. Zur Analyse des Kollapsverhaltens wird eine quasistatische Analyse vorgeschlagen, d.h. die dynamische Analyse eines monotonen, gegenüber den charakteristischen Eigenzeiten des Systems langsam verlaufenden Belastungsprozesses. Grundsätzliche Charakteristika werden vorgestellt. Im Vergleich mit Arbeiten anderer Autoren, die ebenfalls dynamische Analysetechniken einbeziehen, wird gezeigt, dass die quasistatische Analyse nicht auf bestimmte Belastungsarten beschränkt ist und dass sie den realen Kollapsprozess wirklichkeitsnäher widerspiegelt, weil die Interaktion zwischen Lasteinwirkung und dynamischer Tragwerksantwort sowie die beim Versagen freigesetzte Energie berücksichtigt werden. Insbesondere sind dadurch Aussagen zum Schädigungspotenzial von Kollapsvorgängen möglich. Im Vergleich von statischer und quasistatischer Analyse wird gezeigt, dass mit beiden Methoden zuverlässige Aussagen über die erste Instabilitätslast getroffen werden können, dass die quasistatische Analyse aber Versagenslasten und -formen zutreffender beschreibt, wenn dem Systemversagen lokale Versagensvorgänge vorausgehen, nach Überwinden des Instabilitätspunktes ein abrupter Abfall des Tragvermögens erfolgt oder das Versagen durch materielle Nichtlinearitäten mitbestimmt wird. Ein weiterer Vorteil der quasistatischen Analyse ist die Verbesserung der Lösungskonvergenz in Fällen, bei denen geclusterte Instabilitäten auftreten. Die getroffenen Aussagen gelten unabhängig von einem bestimmten Werkstoff oder einer speziellen Tragstruktur. Mit besonderem Nutzen kann die quasistatische Analyse aber zur Modellierung des „böartigen“ Versagens von dünnwandigen Schalentragwerken eingesetzt werden.

Nach den grundsätzlichen methodischen Überlegungen werden im zweiten Hauptteil Kollapsanalysen ausgewählter Instabilitätsfälle stählerner Schalen vorgestellt, jeweils im Vergleich der Resultate von statischer und quasistatischer Analyse. Am Beispiel des Basisbeulfalles der axial gedrückten perfekten Kreiszylinderschale wird gezeigt, dass die quasistatische Analyse auch für diesen intensiv erforschten Instabilitätsfall zu substantiell neuen Aussagen über den Versagensprozess führt. Insbesondere zeigt sich, dass auch das Versagen dünnwandiger Schalen, die dem sog. Bereich elastischen Beulens nach der klassischen Beultheorie zugehören, maßgeblich durch materielle Nichtlinearitäten mitbestimmt ist. Da beim Schalenbeulen die Imperfektionsproblematik beherrschend ist, wird diesem Problemkreis besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auch hierbei ergibt sich, dass sogar Basisaussagen zur Imperfektionssensitivität stählerner Schalentragwerke einer Korrektur bedürfen, wenn materielle Nichtlinearitäten in die Untersuchungen einbezogen werden. Ergänzt werden die ausgewählten Kollapsanalysen durch Untersuchungen biegebeanspruchter schlanker Schalen, um gegenwärtig noch bestehende Wissenslücken zu schließen.

Ein Ausblick auf weitere Forschungserfordernisse sowie zusammenfassende Schlussfolgerungen beschließen die Arbeit.