

Stabilitätsuntersuchungen am imperfekten Schalenmodell für erdbebenbelastete Tankbauwerke

Masterarbeit von Benedikt Hennebühl

Zylindrische Tankbauwerke aus Stahl stellen eine optimale Bauform für die Lagerung von Flüssigkeiten dar. Durch eine günstige Ausnutzung des Materials und die überlegene Festigkeit des Werkstoffs sind besonders wirtschaftliche, da dünnwandige und schlanke, Konstruktionen möglich. Nachteilig ist jedoch die hohe Anfälligkeit für ein Stabilitätsversagen.

Dies ist besonders im Erdbebenfall von Bedeutung. Hierbei treten verschiedene Beulphänomene der Tankwand auf.



Elephant-foot-buckling

Manteldruckbeulen

Ein plastisches Elephant-foot-buckling am Tankfuß tritt auf, wenn die Axialdruckspannungen und Umfangszugspannungen die plastische Tragfähigkeit erreichen.

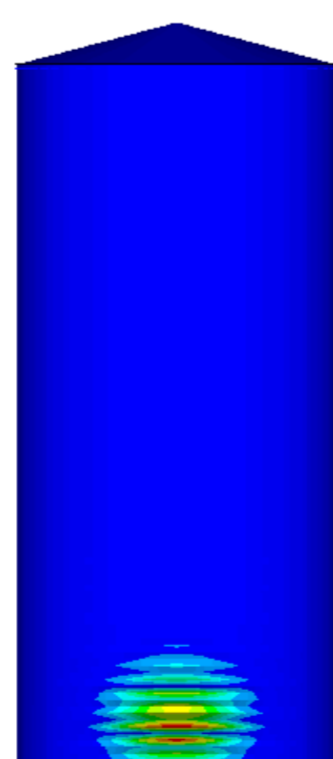
Manteldruckbeulen entsteht hingegen an der Oberkante des Tanks. Hier wirkt die seismische Belastung dem Innendruck entgegen und die Tankwand kann durch den resultierenden Unterdruck beulen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden numerisch basierte Beulnachweise der DIN EN 1993-1-6 in die am LBB entwickelte Berechnungsroutine SALT für das FE-Programm Ansys implementiert und anhand von drei Beispielgeometrien mit einem traditionellen spannungsbasierten Nachweis verglichen.

Ein anwendungsfreundlicher Nachweis auf Grundlage einer materiell nichtlinearen Analyse (MNA) und einer linearen Beulanalyse (LBA) möglich.



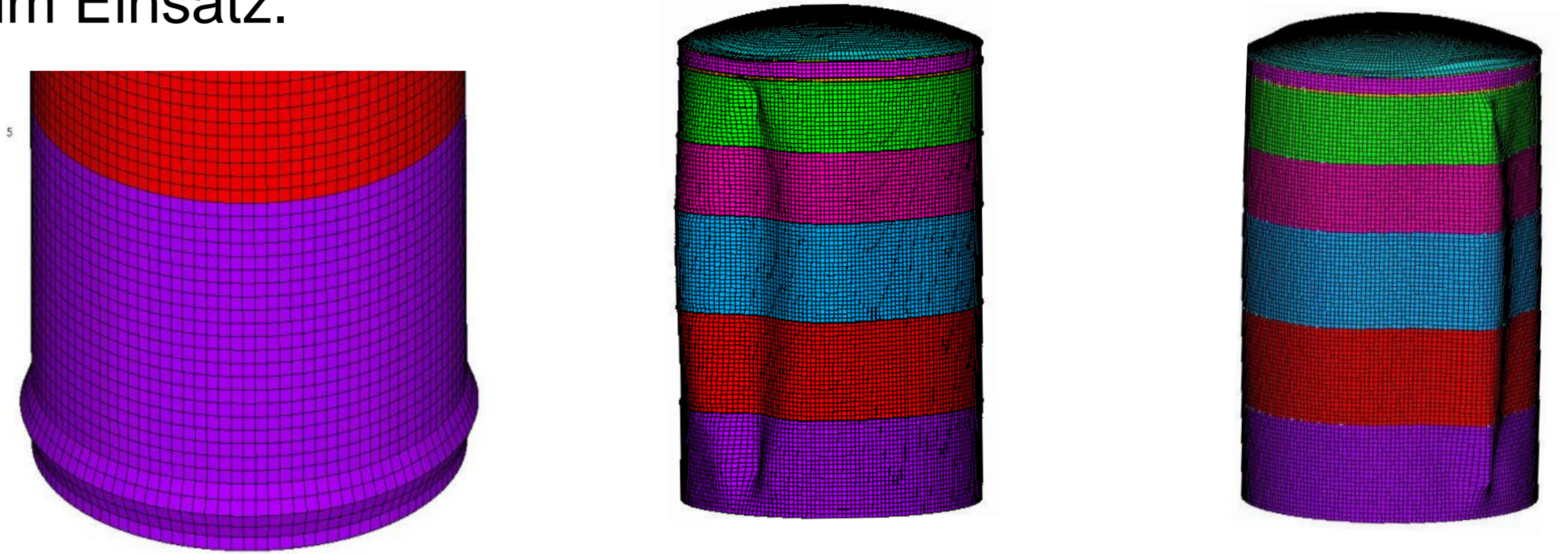
Materiell nichtlineare Versagensform



Linear elastische (Beul-) Eigenform

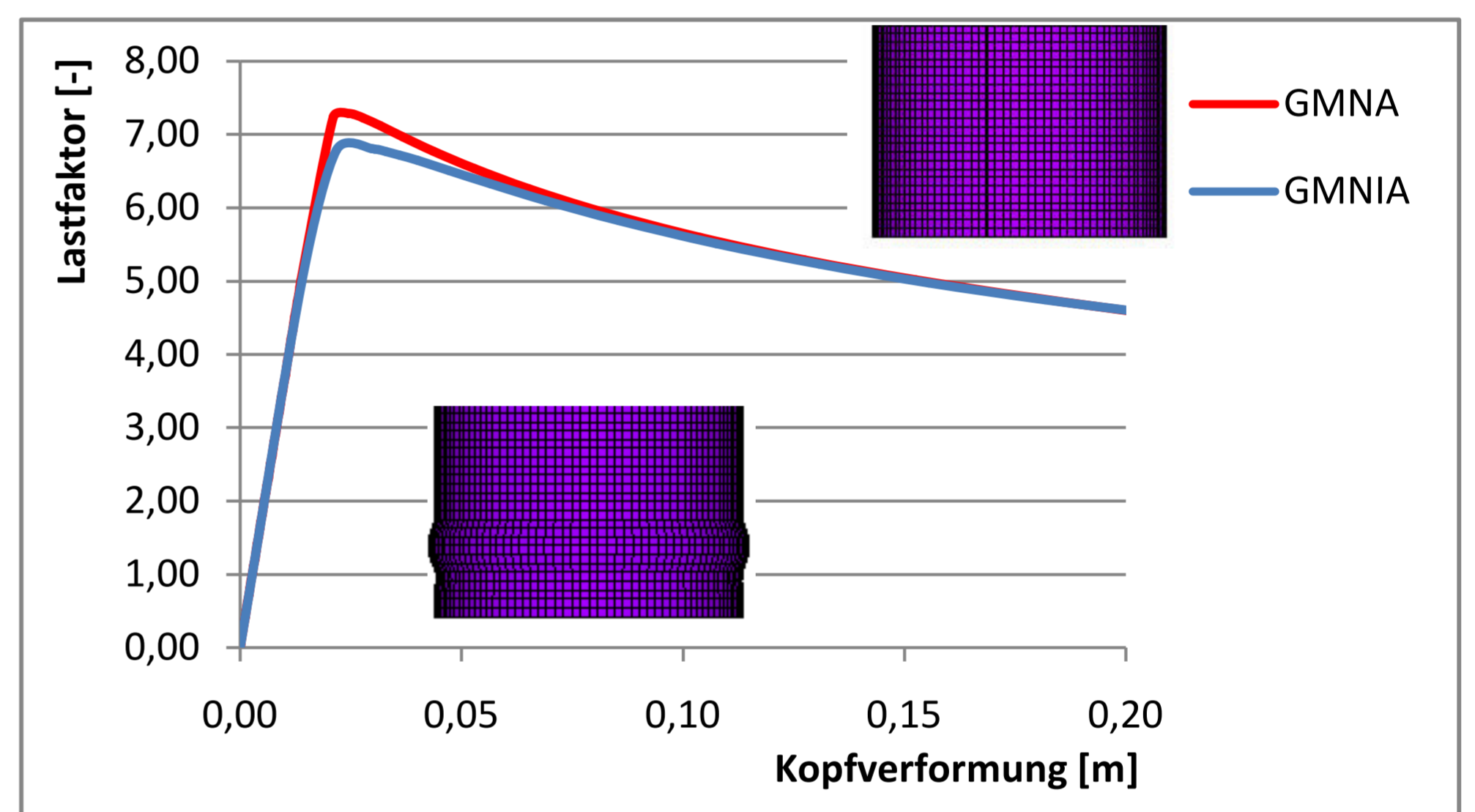
Imperfektionen spielen für das Beulversagen von Schalen eine besondere Rolle, da sie die Tragfähigkeit erheblich reduzieren. Für den Nachweis mittels MNA/LBA wird ihre Wirkung durch Beulabminderungsfaktoren berücksichtigt.

Explizit kann ihr Einfluss in einem geometrisch und materiell nichtlinearen Nachweis der imperfekten Schale (GMNIA) erfasst werden. Bei der Modellierung der imperfekten Schale kommen konsistente geometrische Ersatzimperfektionen zum Einsatz.



Verschiedene geometrische Ersatzimperfektionen

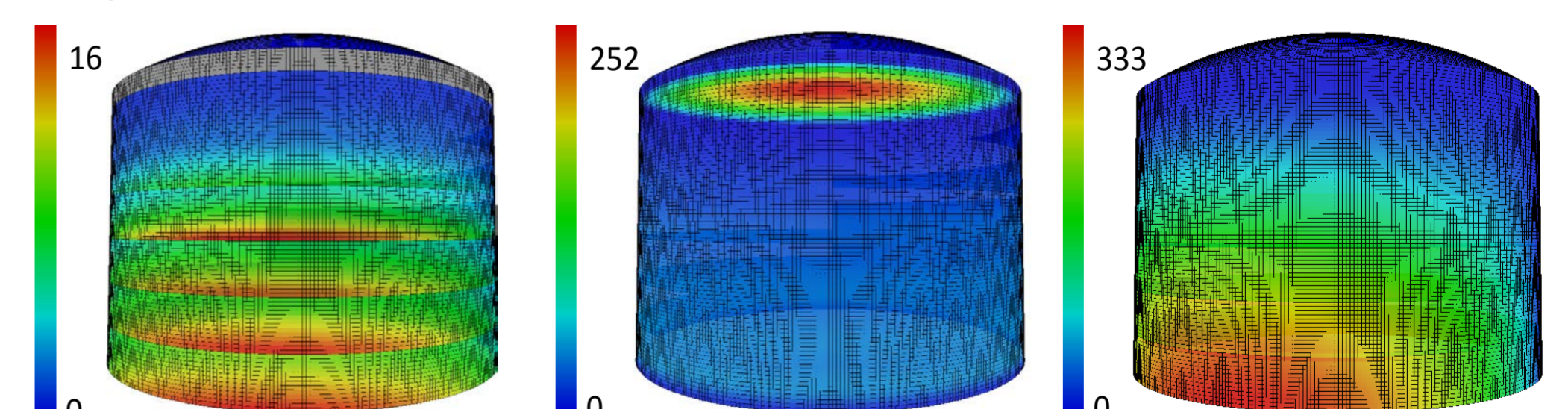
Die geometrischen Ersatzimperfektionen vermindern die Tragfähigkeit auf die gewünschte Art und Weise, was durch Vergleichsberechnungen mit der perfekten Schale (GMNA) nachgewiesen werden kann.



Last-Verformungs-Kurve der perfekten und der imperfekten Struktur

Die Nachweise mittels MNA/LBA und GMNIA erzielen nahezu identische Ergebnisse. Ein Elephant-foot-buckling stellt dabei die dominante Versagensform dar.

Der traditionelle spannungsbasierte Nachweis liefert im Vergleich sehr konservative Ergebnisse. Die beulrelevanten Spannungskomponenten infolge Axial- und Umfangsdruck sowie Schub werden dabei getrennt nachgewiesen. Insbesondere die Bedeutung der Schubspannungen wird deutlich überschätzt. Weder in den numerisch basierten Nachweisen noch in der Realität wurden Schubbeulen beobachtet. Durch eine genauere Berechnung ist es möglich die maximal nachweisbare Tragfähigkeit erheblich zu steigern.



Ausnutzung für Axial- und Umfangsdruck sowie Schub

Dipl.-Ing. Julia Rosin

Raum 626 | 0241-80 25090 | Julia.Rosin@LBB.RWTH-Aachen.de

Dr.-Ing. Christoph Butenweg

Raum 603 | 0241- 80 25863 | Butenweg@LBB.RWTH-Aachen.de