



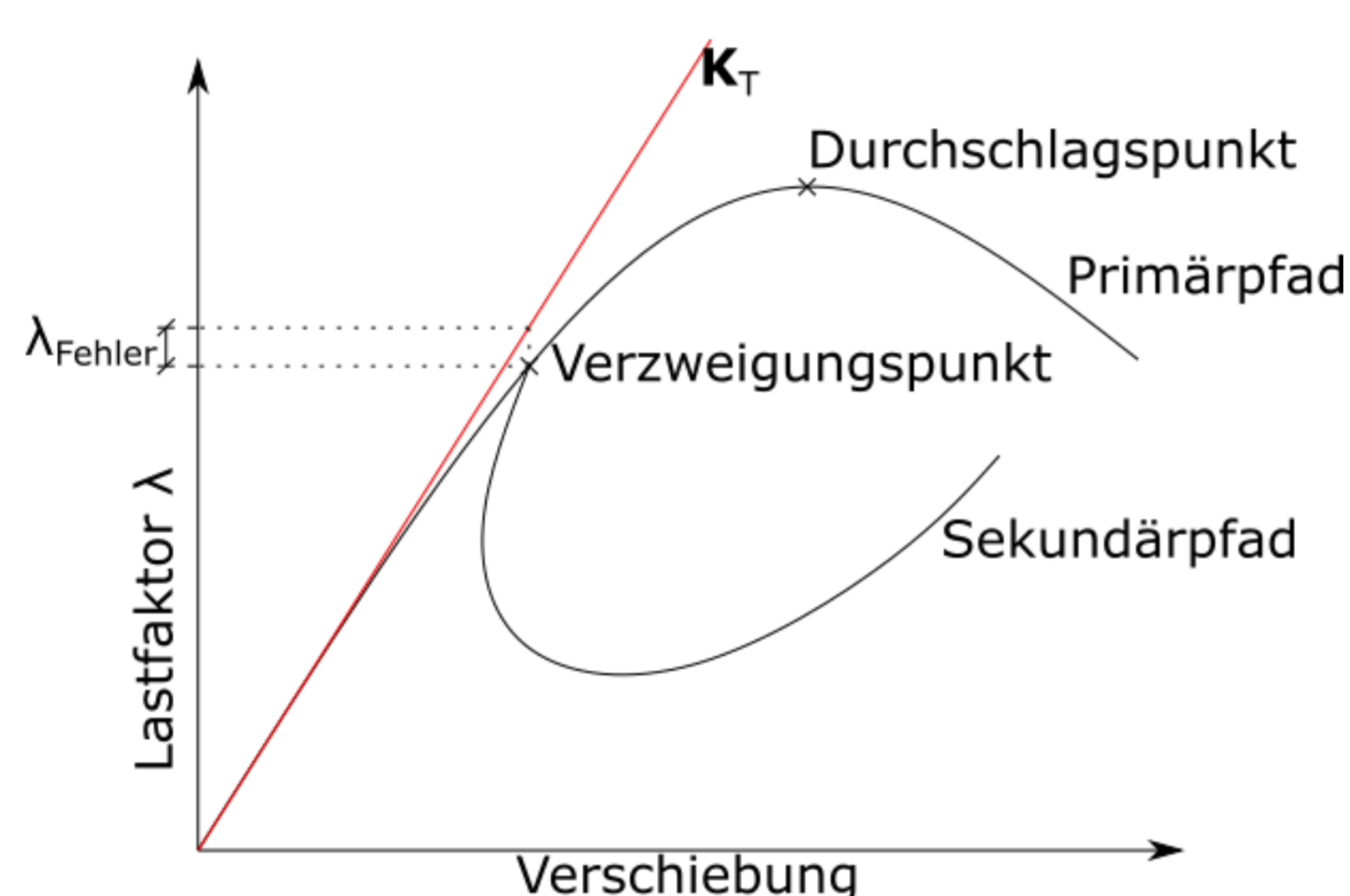
## Motivation und Ziel

Die Schlankheit von Schalenkonstruktionen hat ein kritisches Stabilitätsverhalten zur Folge. Dies tritt ohne Vorankündigung durch größere Verformungen oder Risse in der Konstruktion auf, weshalb keine Verstärkungsmaßnahmen nachträglich angebracht werden können.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin die Ergebnisse einer mit Sofistik durchgeführten Vorbeulanalyse mit Ergebnissen aus ANSYS (OESTERLE U.A. (2021)) und der analytischen Lösung nach DONNELL (1976) zu vergleichen. Hierfür wird die Geometrie einer dünnwandigen zylindrischen Schale verwendet.

## Vorbeulanalyse

Schalen weisen ein kritisches Stabilitätsverhalten auf. Zur Untersuchung dieses Verhaltens wird die Vorbeulanalyse herangezogen. Die Vorbeulanalyse liefert Informationen über das Beulverhalten der Struktur. Durch die Linearisierung der tangentialen Steifigkeitsmatrix  $\mathbf{K}_T$  können die Beulmodi über eine Eigenwertermittlung mit der Bedingung  $\det(\mathbf{K}_T) = 0$  gefunden werden.

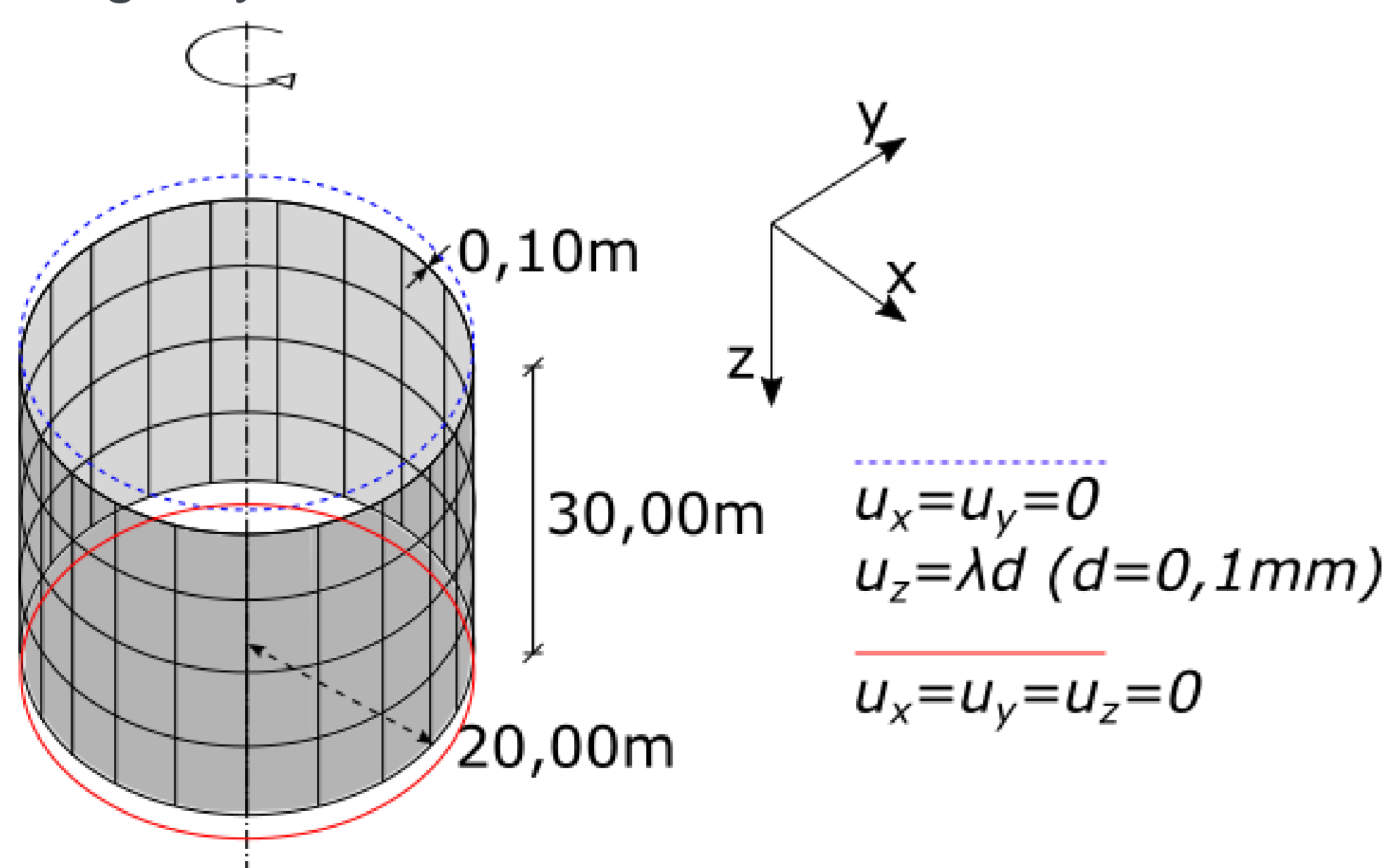


Veranschaulichung eines Last-Verschiebungsdiagramms zur Vorbeulanalyse

## Numerische Beispiele

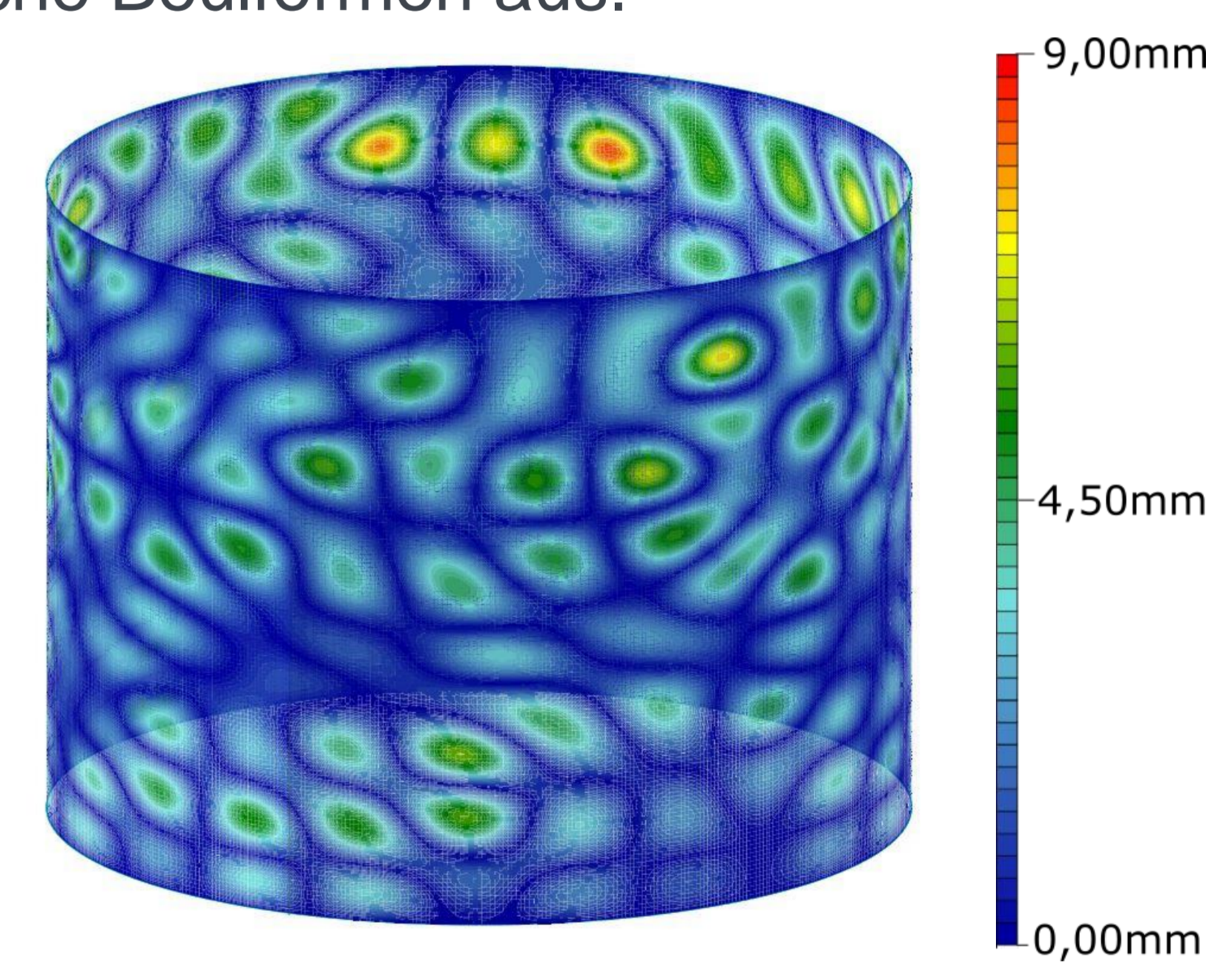
Lastfälle: Die Untersuchungen wurden sowohl unter Einfluss von Kraftlastfällen, als auch Verschiebungslastfällen durchgeführt.

Dünnwandige Zylinderschale:



Geometrie der dünnwandigen Zylinderschale

Untersucht wurde die Konvergenz in einem Freiheitsgradspektrum von 22.806 bis 1.006.428. Dem Eigenwertrechner von Sofistik gelingt es schon mit wenigen Freiheitsgraden, den Wert, gegen den der Lastfaktor  $\lambda$  konvergiert, genau zu approximieren (max. Abweichung 0,4%). Die dazugehörigen Eigenvektoren zeichnen sich durch unsymmetrische Beulformen aus.



Knotenverschiebungen des ersten Beuleigenwertes ( $\lambda=866,71$ ) für 565828 Freiheitsgrade

## Fazit

Der analytische Lastfaktor  $\lambda_{\text{analytisch}}$  nach DONNELL (1976) beträgt 866,03, was einer marginalen Abweichung zu dem von Sofistik gelieferten Ergebnis entspricht.

Bezüglich des Beuleigenvektors unterscheiden sich die durch Sofistik gewonnenen Ergebnisse von den in DONNELL (1976) und OESTERLE U.A. (2021) aufgeführten. Diesbezüglich bedarf es weiteren Untersuchungen.

## Literatur

- Oesterle, B. ; Geiger, F. ; Forster, D. ; Fröhlich, M. ; Bischoff, M: A study on the approximation power of NURBS and the significance of exact geometry in isogeometric pre-buckling analyses of shells (in preparation). 2021
- Donnell, L.H.: Beams, Plates and Shells. 1976. – 386–391 S