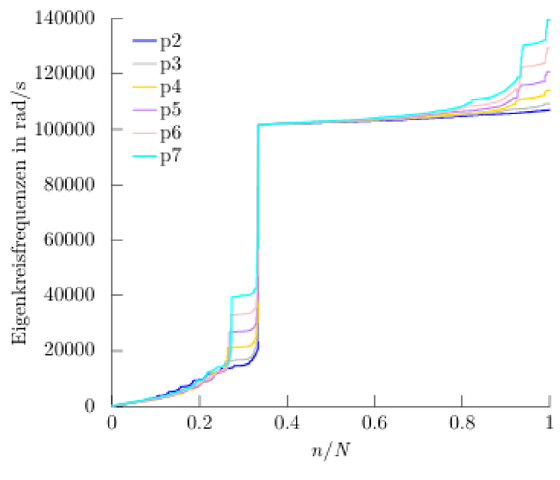
Universität Stuttgart
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Untersuchung und Behandlung von Ausreißerfrequenzen bei Isogeometrischer Analyse

A. Gleinser

Problemstellung

Bei Berechnung von Eigenfrequenzen mittels Isogeometrischer Analyse und hohem Polynomgrad treten im hinteren Bereich des Spektrums starke Anstiege auf, bezeichnet als Ausreißerfrequenzen. Dies führt zu einer Effizienzabnahme in expliziten Zeitintegrationsverfahren, da der kritische Zeitschritt von der höchsten Eigenfrequenz abhängt. Entstehungsfaktoren der Ausreißer und Strategien zu deren Abminderung werden anhand von Reissner-Mindlin-Platten untersucht.



Frequenzspektren Platte 10 x 10 m

Lösungsmöglichkeiten

- Lumping
- Veränderung Kontrollpunktgewichte
- Nichtlineare Parametrisierung
- Deflation technique

Lumping

Das Lumping ist ein Verfahren zur Diagonalisierung der Massenmatrix. Ausreißer können lediglich bei bestimmten Diskretisierungen verhindert werden, zudem führt dieses Verfahren zu einer Unterschätzung der Frequenzen.

Veränderung Kontrollpunktgewichte

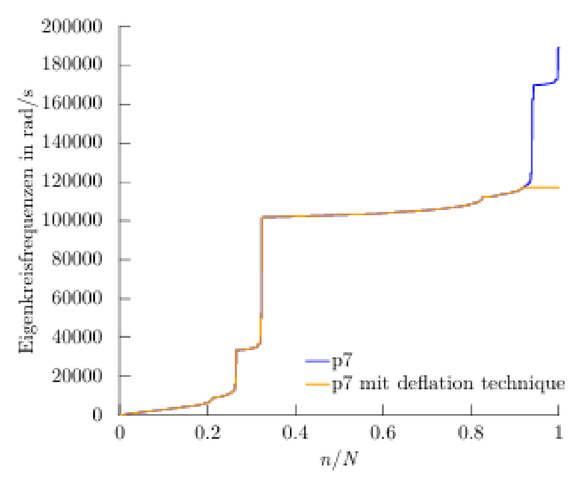
Eine Vermutung ist, dass die Basisfunktionen der Randelemente für Ausreißer verantwortlich sind (J. A. Cottrell). Aus diesem Grund sind verschiedene Fälle mit an den Rändern niedriger gesetzten Kontrollpunktgewichten untersucht worden. Bei hohen Polynomgraden ist es zum Teil möglich, die Ausreißerfrequenzen zu reduzieren, allerdings werden dadurch bei niedrigen Polynomgraden künstlich Ausreißer erzeugt. Zudem wird das Netz erheblich verzerrt.

Nichtlineare Parametrisierung

Bei der nichtlinearen Parametrisierung werden die Kontrollpunktgewichte in gleichem Abstand gesetzt (J. A. Cottrell). Nachteilig ist, dass die Biegefrequenzen weniger genau getroffen werden (R. R. Hiemstra). Diese Methode liefert für dynamische Problematiken gute Ergebnisse, die maximale Eigenfrequenz sinkt.

Deflation technique

Die Methode ist charakterisiert durch die Kappung des Frequenzspektrums an der letzten physikalisch relevanten Eigenfrequenz (Y. Voet). Bei den Untersuchungen zeigt sich, dass mit Kappung der letzten 8 % der Frequenzen eine sichere Eliminierung der Ausreißer erreicht wird unabhängig von Geometrie und Diskretisierung. Die Umsetzung erfolgt durch eine Veränderung der Massenmatrix, sämtliche anderen Systemeigenschaften bleiben unberührt. Es werden lediglich die Ausreißerfrequenzen getilgt, weitere Einflüsse auf das Frequenzspektrum bestehen nicht.



Frequenzspektren Platte 10 x 10 m mit deflation technique

Fazit

Die deflation technique bietet für Probleme mit einzelnen wenigen Ausreißerfrequenzen am Ende des Spektrums eine optimale Möglichkeit, Ausreißer zu tilgen. Eine Eliminierung der letzten 8 % der Frequenzen erweist sich dabei als sinnvoll. Die Ergebnisse der transienten Analyse unterscheiden sich nicht, wenn man diese mit oder ohne Ausreißerfrequenzen durchführt. Allerdings ist erkennbar, dass sich die Rechenzeit ohne Vorhandensein der Ausreißer erheblich verkürzt.

Literatur

Voet, Y., Sande, E., Buffa, A., 2024. Robust mass lumping and outlier removal strategies in isogeometric analysis [Accepted Manuskript] https://arixiv.org/abs/2402.14956.

Betreuung:

M.Sc. Lisa-Marie Reinken
M.Sc. Henrik Jakob

Baustatik und Baudynamik