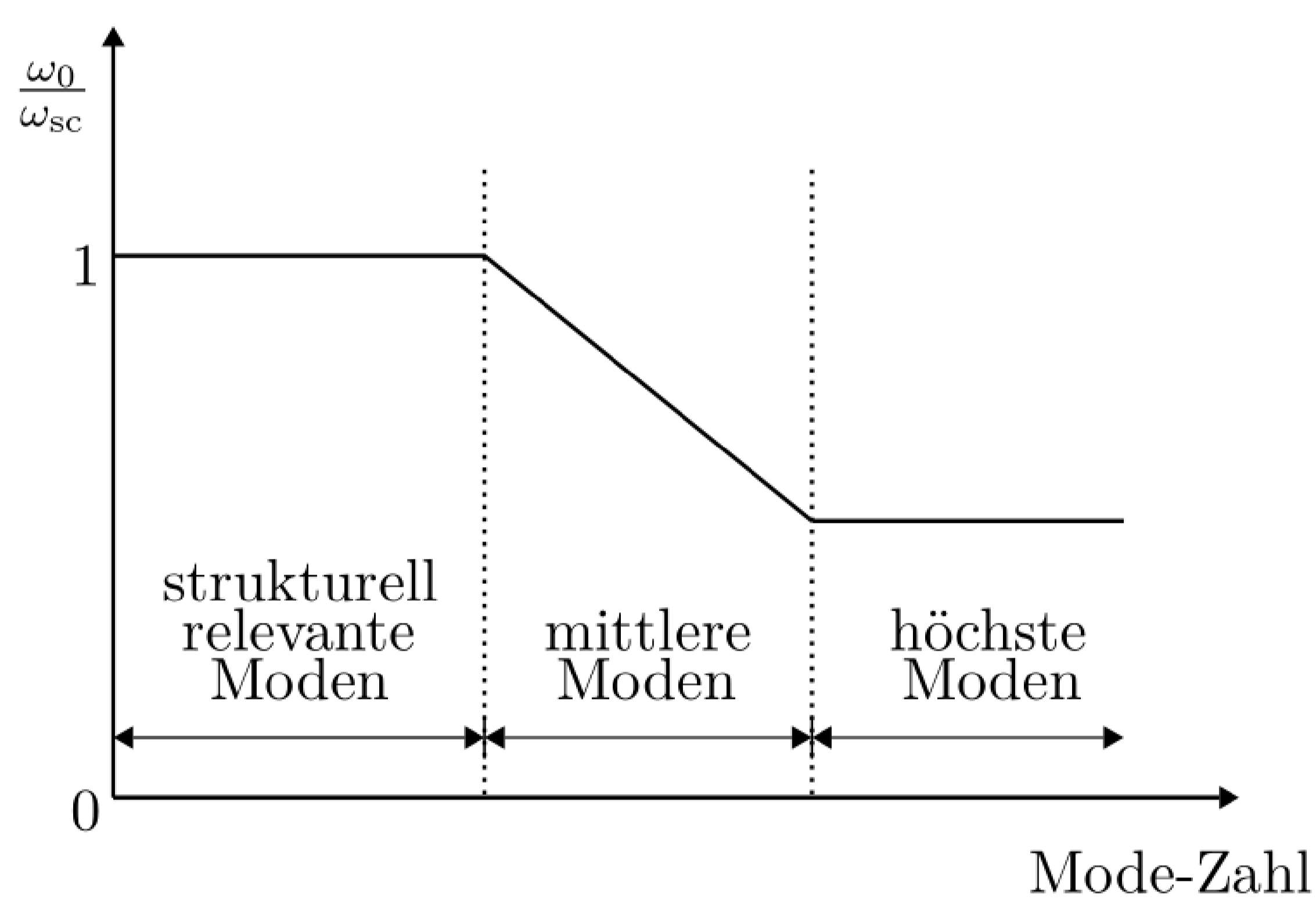


Problemstellung

Die selektive Massenskalierung hat beim Timoschenkobalken eine Reduzierung der hochfrequenten Schubmoden zur Vergrößerung des kritischen Zeitschritts bei gleichzeitiger Erhaltung der Genauigkeit im niederfrequenten Bereich zum Ziel. In der v - φ -Standardformulierung ist dies auch unter Anwendung von aufwendigen selektiven Methoden der Massenskalierung nur sehr begrenzt möglich. Hinzu kommt Schublocking, welches bei schlanken Elementgeometrien zu einer Überschätzung der biegedominanten Frequenzen führt.



Ziel einer effektiven Massenskalierung

Lösungsansatz

Hierarchische und einige gemischte Elementformulierungen bieten aufgrund ihrer Konstruktion die Möglichkeit, einerseits frei von Locking zu sein und andererseits folgende Bedingungen für eine effektive Massenskalierung zu erfüllen:

- Trennung von Biege- und Schubrotationen
- Translatorische und rotatorische Trägheiten sind klar voneinander getrennt

Dadurch ist die direkte Skalierbarkeit der höherfrequenten Schubmoden intrinsisch auf einfache Weise möglich.

Elementformulierungen

Hierarchische Formulierungen durch Reparametrisierung der Verschiebungsgrößen:

Primärvariablen	v, φ	v, γ	v, v_s	v_b, v_s
Kinematik	$\gamma = \varphi + v_{,x}$ $\kappa = \varphi_{,x}$	$\gamma = \gamma$ $\kappa = \gamma_{,x} - v_{,xx}$	$\gamma = v_{s,x}$ $\kappa = v_{s,xx} - v_{,xx}$	$\gamma = v_{s,x}$ $\kappa = -v_{b,xx}$
Verschiebungsgrößen	$v = v$ $\varphi = \varphi$	$v = v$ $\varphi = \gamma - v_{,x}$	$v = v$ $\varphi = v_{s,x} - v_{,x}$	$v = v_b + v_s$ $\varphi = -v_{b,x}$

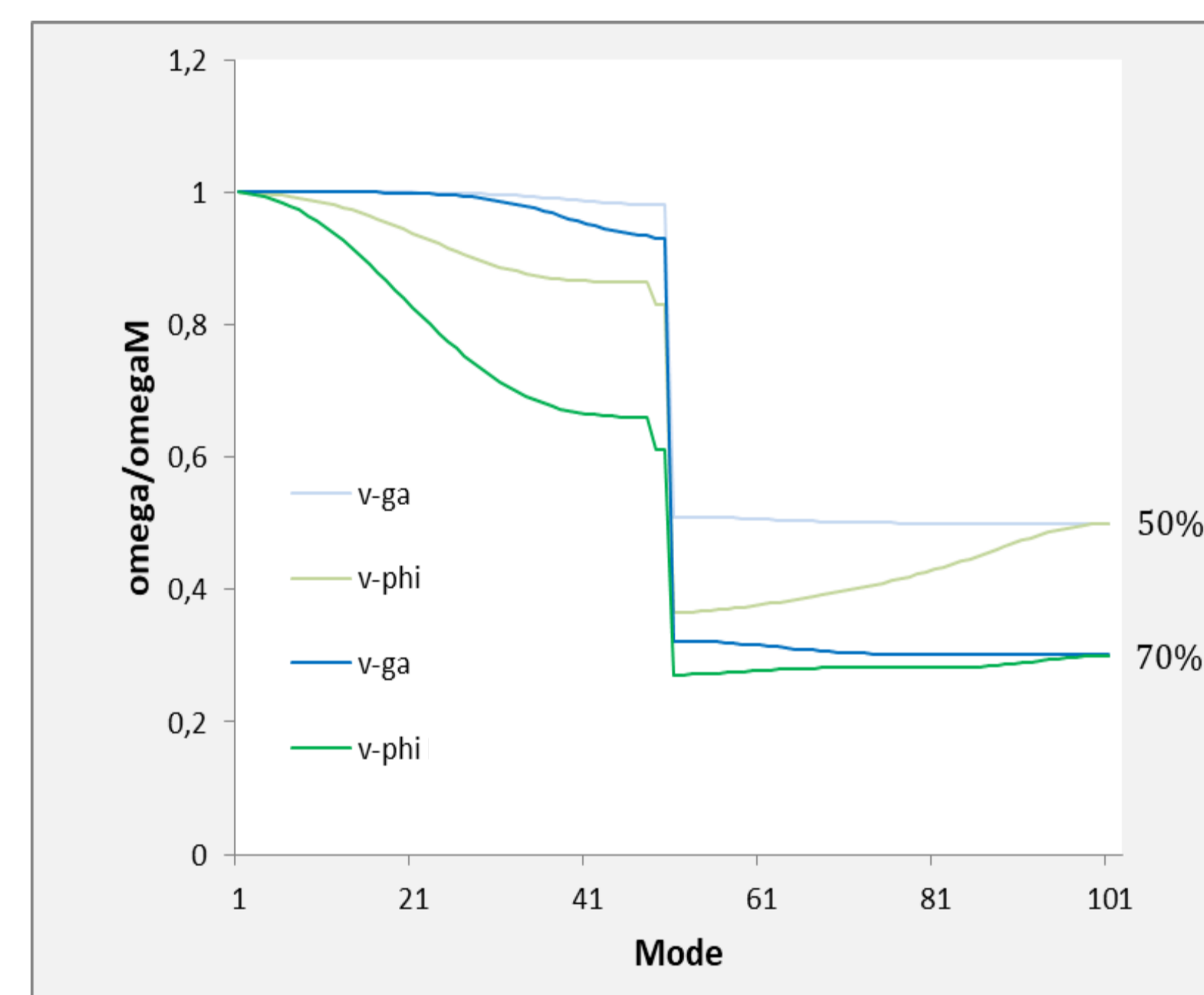
Gemischte Formulierungen durch zusätzliche Felder:

Primärvariablen	v, φ, γ	v, φ, v_s
Kinematik	$\gamma = \varphi + v_{,x}$ $\tilde{\gamma} = \tilde{\gamma}$ $\kappa = \varphi_{,x}$	$\gamma = \varphi + v_{,x}$ $\tilde{\gamma} = v_{s,x}$ $\kappa = \varphi_{,x}$
Verschiebungsgrößen	$v = v$ $\varphi = \varphi$	$v = v$ $\varphi = \varphi$

Betreuer: Dr.-Ing. Bastian Oesterle

Numerisches Beispiel

Vergleich von selektiver Massenskalierung bei der v - φ -Standardformulierung und konventioneller Massenskalierung bei der hierarchischen v - γ -Formulierung am Beispiel eines Einfeldträgers



Verhältnis von skalierten zu nicht skalierten Eigenfrequenzen für selektiv skalierte v - φ - bzw. konventionell skalierte v - γ -Formulierung. Reduktion der maximalen Eigenfrequenz um 50 bzw. 70 %.

Fazit

- Es gibt Voraussetzungen für eine effiziente Massenskalierung
- Sehr gute Skalierbarkeit bei der v - v_s - und der v - γ -Formulierung
- Weniger gute selektive Skalierbarkeit der Schubmoden bei den gemischten Formulierungen

Literatur

- B. Oesterle; Intrinsisch lockingfreie Schalenformulierungen, Doktorarbeit, Bericht Nr. 67, IBB Stuttgart, 2018.
- S. Bieber, B. Oesterle, E. Ramm, M. Bischoff; A variational method to avoid locking – independent of the discretization scheme, IJNME 114, Nr. 8, S. 801-827, 2018.
- L. Olovsson, K. Simonsson, M. Unosson; Selective mass scaling for explicit finite element analyses, IJNME 63, Nr. 10, S. 1436-1445, 2005.