



# Geometrisch nichtlineare Effekte in der Tragwerksplanung

## Motivation

- Berechnung nach Theorie II. Ordnung teilweise in Normen gefordert
  - Aber: unterschiedliche Definitionen
- Berechnung nach Theorie III. Ordnung von Softwareherstellern ohne Definition angeboten
- Keine genauen Angaben über Arbeitsweise der Programme

## Lösungsansatz

Erarbeiten der theoretischen Grundlagen für

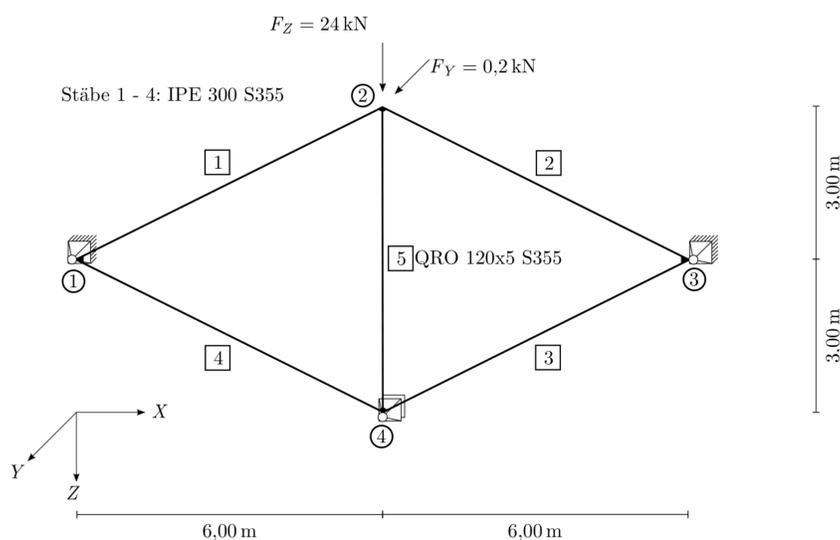
- Theorie II. Ordnung und erweiterte Theorien II. Ordnung
- Theorie III. Ordnung
- Vollständige geometrische Nichtlinearität

Klassifizierung der verwendeten Programme

Vergleichsberechnungen anhand verschiedener ebener und räumlicher Systeme

## Vergleichsbeispiel

Ebenes Rautenfachwerk mit räumlicher Belastung



## Berechnungsergebnisse

Ergebnisse nach Theorie II. Ordnung						
	FRILO (Th.II.O.)	RSTAB8 (Th.II.O.)	SOFISTIK (Th.II.O.)	SAP2000 (P-Delta)	Stahlbau 7777 (TH.II.O.)	ANSYS (ideal eben)
$N_1 = N_2$ [kN] Normalkraft im Stab	-17,37	-17,33	-17,40	-17,37	-17,30	-17,37
$N_3 = N_4$ [kN] Normalkraft im Stab	9,35	9,38	9,30	9,35	9,40	9,35
$N_5$ [kN] Normalkraft im Stab	-8,36	-8,38	-8,30	-8,35	-8,40	-8,35
$v_2$ [cm] Verschiebung in globale Y-Richtung	20,52	19,23	20,55	20,52	≈ 50	0

Ergebnisse nach Theorie III. Ordnung / vollständiger geometrischer Nichtlinearität					
	RSTAB8 (Th.III.O.)	SOFISTIK (TH3)	ANSYS (voll geom nl)	SAP2000 (gr. Verf.)	Stahlbau 7777 (TH.II.O.)
$N_1 = N_2$ [kN] Normalkraft im Stab	-5,60	-6,00	-5,56	-5,59	-3,90
$N_3 = N_4$ [kN] Normalkraft im Stab	21,11	20,80	21,15	21,11	22,80
$N_5$ [kN] Normalkraft im Stab	-18,67	-18,81	-18,82	-18,82	-20,30
$v_2$ [cm] Verschiebung in globale Y-Richtung	7,32	7,20	7,29	7,32	8,20

## Fazit

- Theorie II. Ordnung nur für ebene Systeme genau
  - Nicht in der Lage räumliche Effekte zu koppeln
- Keine einheitlichen Ergebnisse bei Berechnung nach Theorie III. Ordnung
  - Teilweise sehr genaue Ergebnisse für räumliche Systeme
- Grenzen und Fähigkeiten einer Software müssen genauer definiert werden

## Literatur

Gensichen, V.; Lumpe, G.: *Zur Leistungsfähigkeit, korrekten Anwendung und Kontrolle von EDV-Programmen für die Berechnung räumlicher Stabwerke im Stahlbau (Teil 2)*.

In: Stahlbau 77 (2008), Nr. 7, S. 531 – 537