

## Motivation und Zielsetzung

In räumlichen Strukturen können aus einer Torsionsbelastung von Trägern komplexe Effekte im Tragverhalten resultieren. Eine genaue Untersuchung dieser Effekte ist in vielen Fällen essentiell, um eine Aussage über die Tragfähigkeit eines Systems treffen zu können. Kenntnis der zugrundeliegenden Torsionstheorien und der Leistungsfähigkeit von Stabwerkprogrammen ist dabei unbedingt erforderlich. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden auf ein Beispieltragwerk bezogen.

## Lineare Torsionstheorien

### St. Venant'sche Torsionstheorie:

- Verwölbung  $u_x$  stellt sich zwangungsfrei ein:  $\sigma_x(x, y, z) = 0$
- Gesamtes Torsionsmoment  $\sum M_T = M_{T,p}$
- Schubspannungen (nur primär):  $\sum \tau_x = \tau_{x,p}$

### Wölbkrafttorsionstheorie:

- Verwölbung  $u_x$  ist behindert:  $\sigma_x(x, y, z) = \sigma_\omega(x, y, z) \neq 0$
- Wölbmoment  $M_\omega$  aus Wölbnormalspannungen  $\sigma_\omega$
- Gesamtes Torsionsmoment  $\sum M_T = M_{T,p} + M_{T,s}$
- Schubspannungen (primär und sekundär):  $\sum \tau_x = \tau_{x,p} + \tau_{x,s}$

## Nichtlineare Torsionstheorien

### Theorie II. Ordnung:

- Einwirkende Normalkraft  $N$  beeinflusst Verdrehung
- Gesamtes Torsionsmoment  $\sum M_T = M_{T,p} + M_{T,s} + M_{xN}$
- Torsionsmomentenanteil  $M_{xN} = \sigma_x \vartheta' i_p^2$

$N > 0$ : steifigkeitssteigernd  $N < 0$ : steifigkeitsreduzierend

### Vollständig nichtlinear:

- Helix-Torsionseffekt reduziert Verdrehungen
- Gesamtes Torsionsmoment  $\sum M_T = M_{T,p} + M_{T,s} + M_{xN} + M_{xH}$

## Querschnittsklassifizierungen

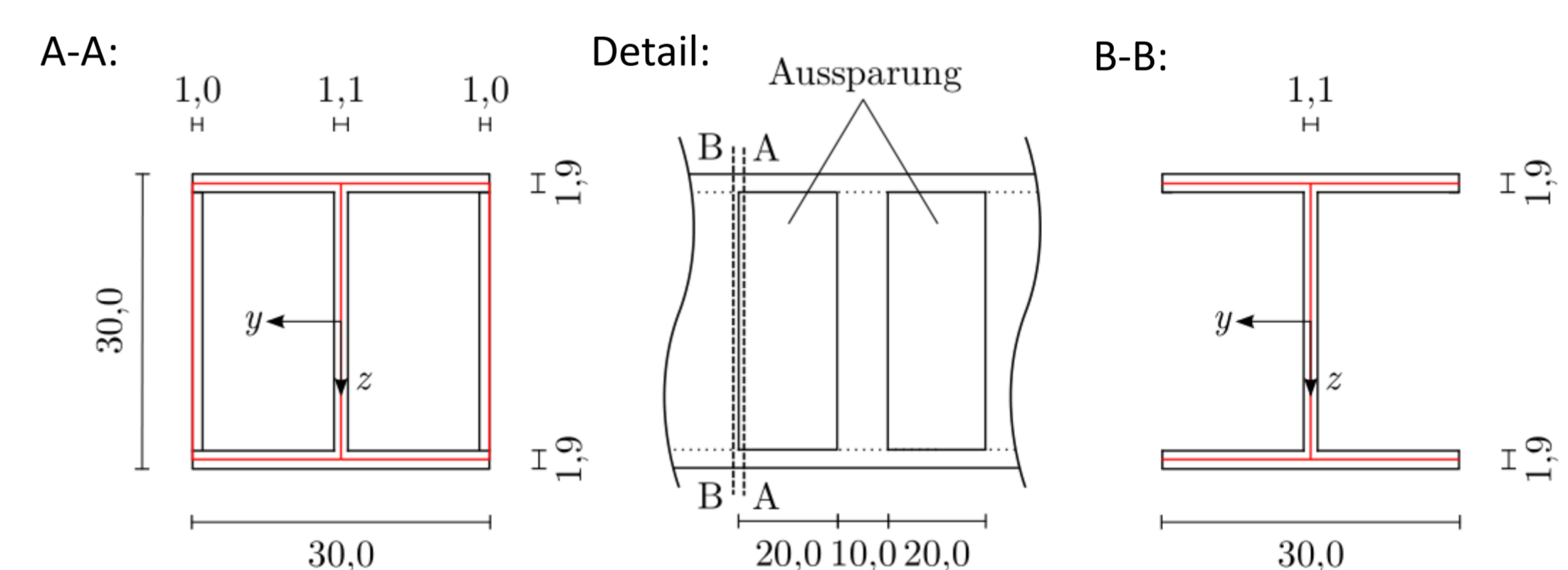
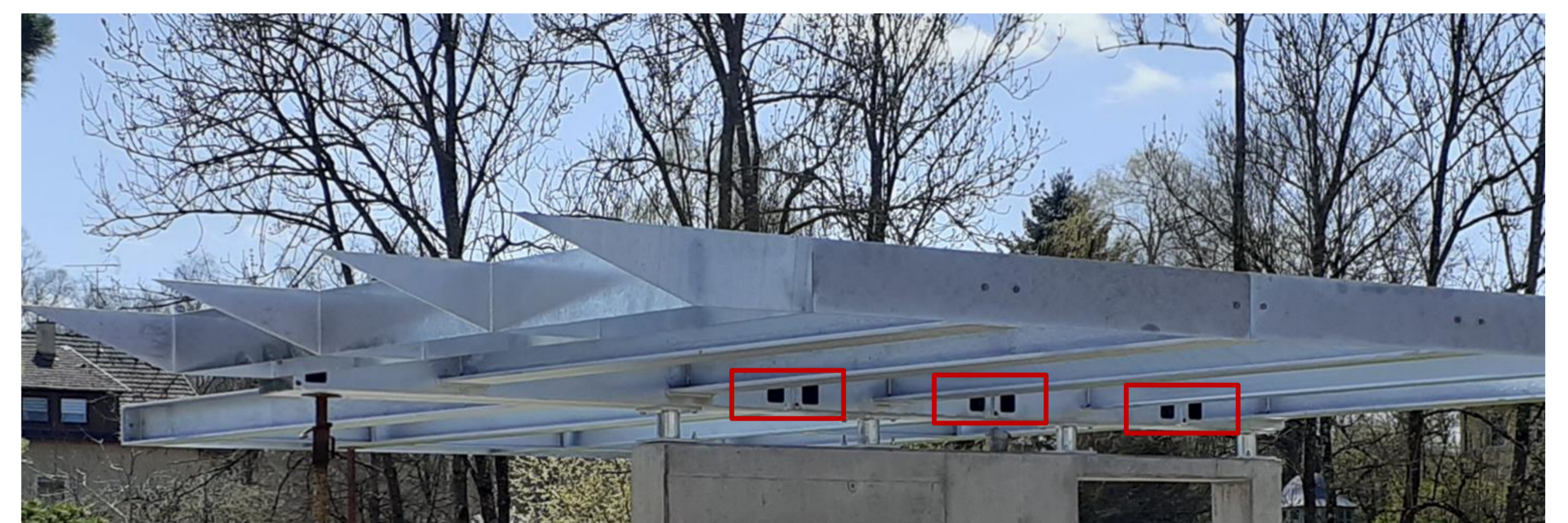
- Wölbfrei: z. B. Kreisquerschnitte, Kreisringquerschnitte
- Wölbarm: z. B. Rechtecke, geschlossene Hohlkästen
- Querschnitt mit Wölbbehinderung: z. B. I-Profile

Betreuung: M. Sc. Florian Geiger

<https://www.ibb.uni-stuttgart.de>

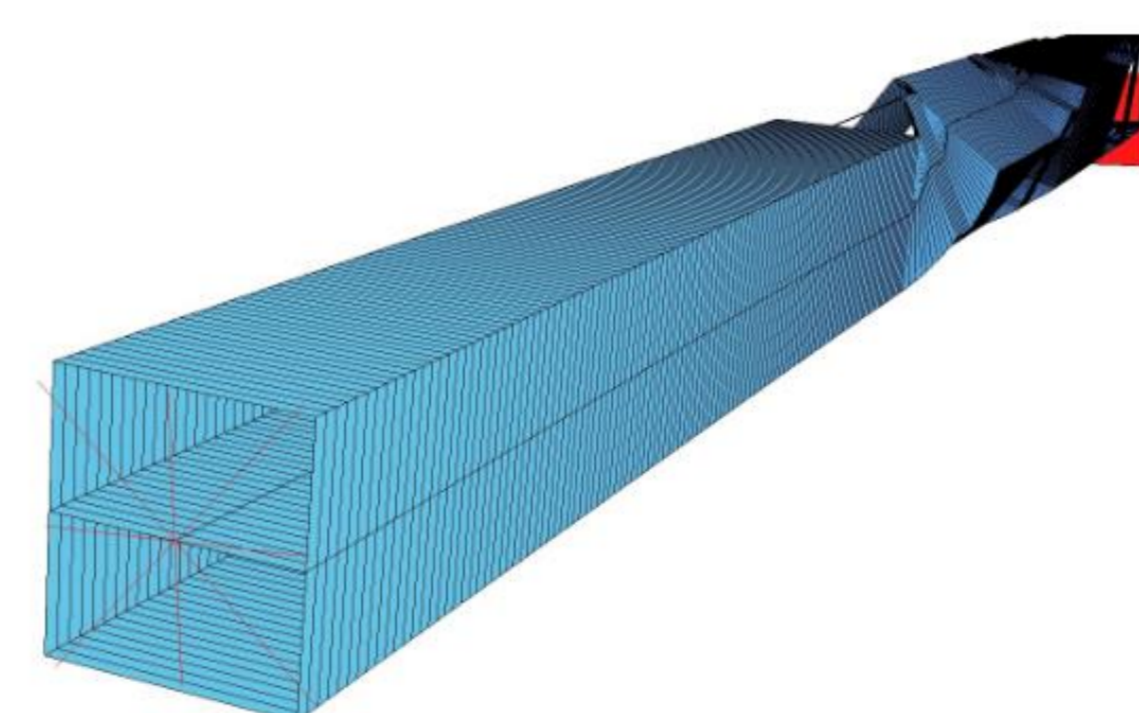
## Beispielbauwerk

### Torsionsbeanspruchter Träger mit Montageaussparungen

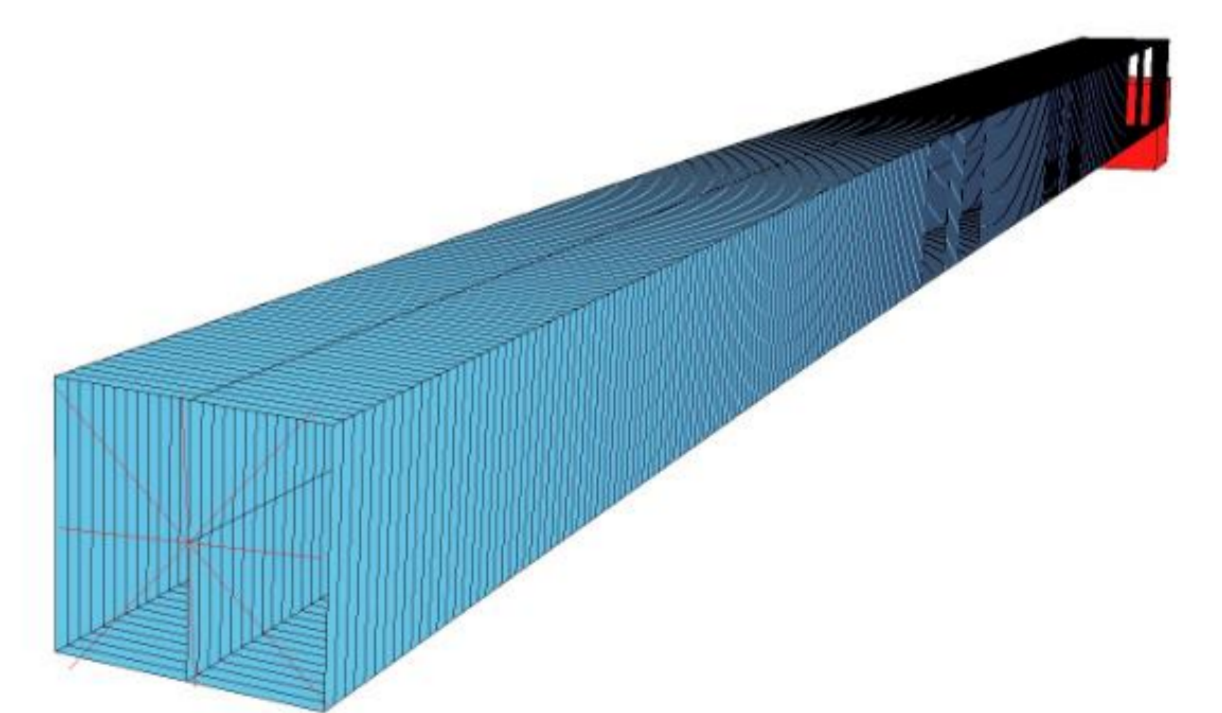


Im Bereich der Aussparungen wird das Torsionsmoment durch ein torsionsweiches I-Profil abgetragen. Nach der St. Venant'schen Torsionstheorie resultiert daraus eine ca. 213-fache Zunahme der Verdrehung im Vergleich zum I-Profil mit Steifen (wölbarm). Durch Berücksichtigung der Wölbkrafttorsionstheorie kann die Verdrehung um 95,45 % reduziert werden.

→ Verdrehung (10-fach überhöht):



St. Venant'sche Torsion



Wölbkrafttorsion

## Literatur

- Francke, W.; Friemann, H.: Schub und Torsion in geraden Stäben. Friedr. Vieweg und Sohn, Wiesbaden, 2005
- Lumpe, G.; Gensichen, V.: Evaluierung der linearen Stabstatik in Theorie und Software - Prüfispiele, Fehlerursachen, genaue Theorie. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 2014