



### Aufgabenstellung

#### Hintergrund

- Stahlverbundbrücken sind eine attraktive Alternative zu Spannbeton- und Stahlbrücken
- die Verbundwirkung zwischen Stahl- und Betonquerschnitt wird durch die Anordnung von Verbundmitteln erzeugt
- vorteilhafte Berechnungsmodelle sind ein wichtiges Werkzeug für die Bemessung der Verbundmittel

### Theoretische Grundlagen

#### Verbundmittel

- im Regelfall wird die schubfeste Verbindung zwischen Stahl und Beton durch Kopfbolzendübel sichergestellt
- die Verbunddübelleiste bietet seit ihrer Zulassung (2013) eine wettbewerbsfähige Alternative zu den Kopfbolzendübeln
- im Zuge der Anwendung der Verbunddübelleiste wurden neuartige Querschnittsformen, wie z.B. VFT-Rail- oder PreCoBeam-Träger entwickelt

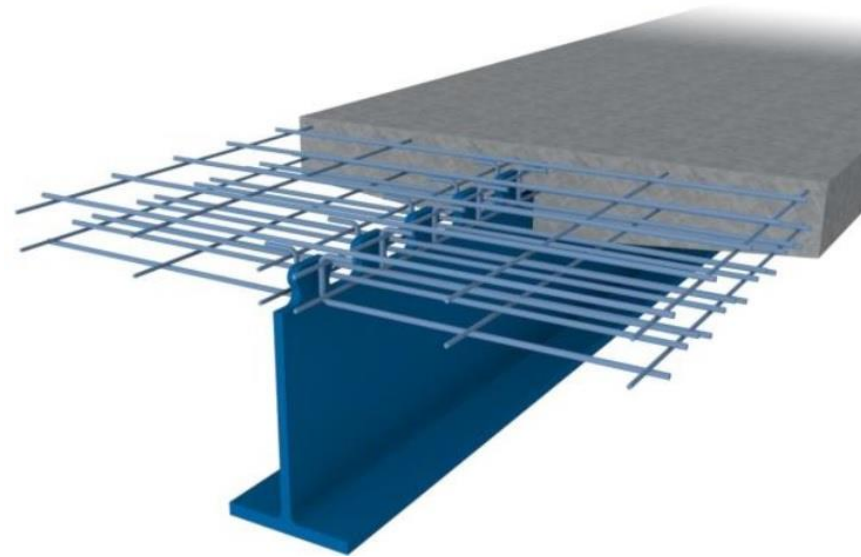


Abb. 1: Oberflanschloser Stahlträger mit Verbunddübelleiste [1]



Abb. 2: VFT-Rail-Träger [2]

### Anwendung und Ergebnisse

#### Systemkenngrößen

- u.a. Untersuchungen an einem Einfeldträger mit  $L = 10,00$  m
- Betonplatte:  $B \times H = 2,00 \times 0,25$  m, C35/45
- Stahlträger: OG (200 x 14 mm), Steg (14 x 500 mm), UG (300 x 30 mm), S355
- Belastung: Flächenlast  $q_k = 2,00$  kN/m<sup>2</sup>

#### Berechnungsmodelle

- Modell 1 - Händische Ermittlung mittels Gesamtquerschnittsverfahren
- Modell 2 - FEM-Stabwerksmodell mit InfoCAD

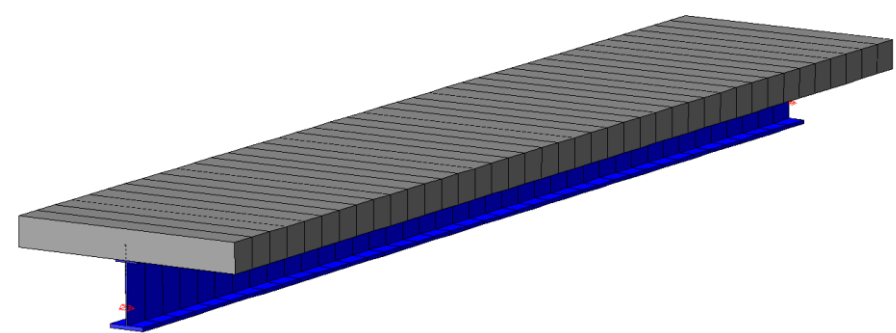


Abb. 3: Volumendarstellung

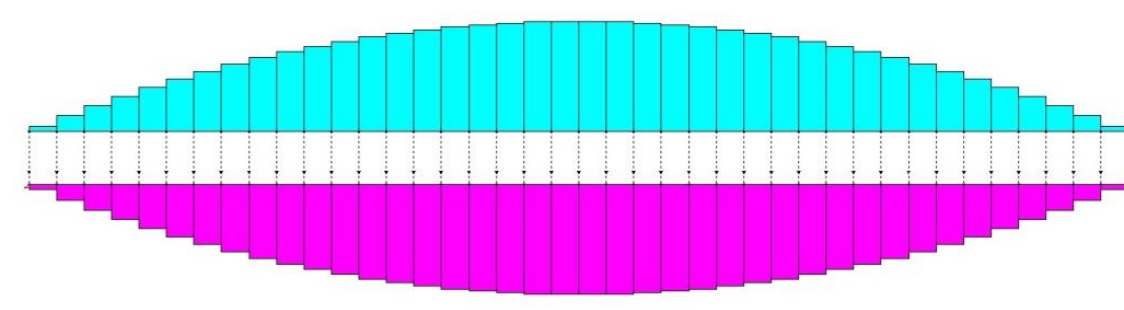


Abb. 4: Normalkraftverlauf im Betongurt (Druck) und Stahlträger (Zug)

- Modell 3 - FEM-Stabwerksmodell/FEM-Schalenmodell mit RFEM

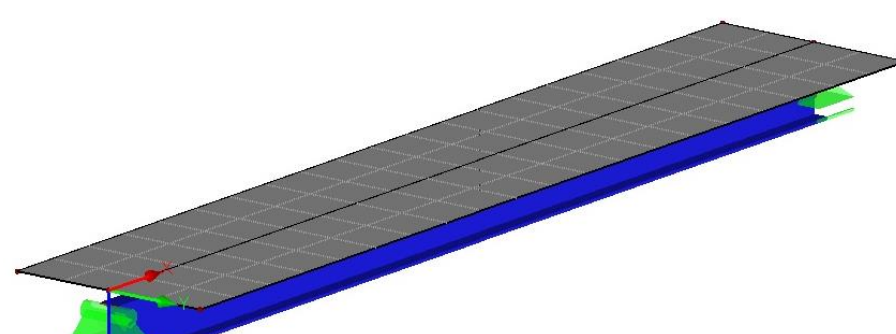


Abb. 5: Betonplatte als Schalenelemente, Stahlträger als Rippe (Stab)

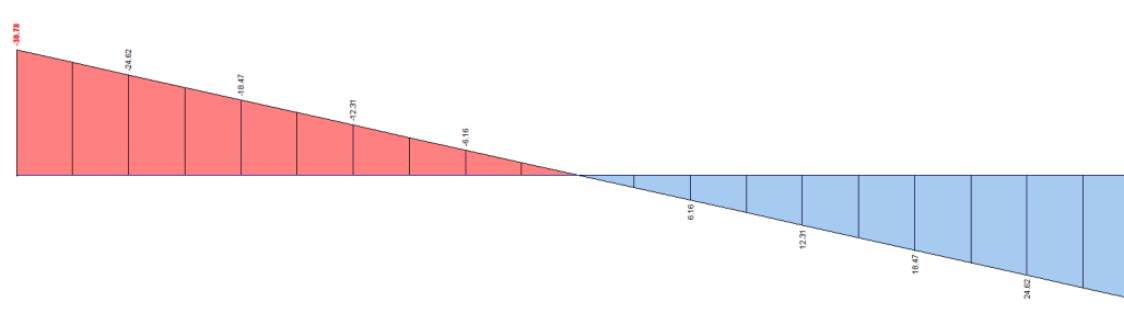


Abb. 6: Längsschubflussverlauf in der Verbundfuge

- Modell 4 - FEM-Schalenmodell mit InfoCAD

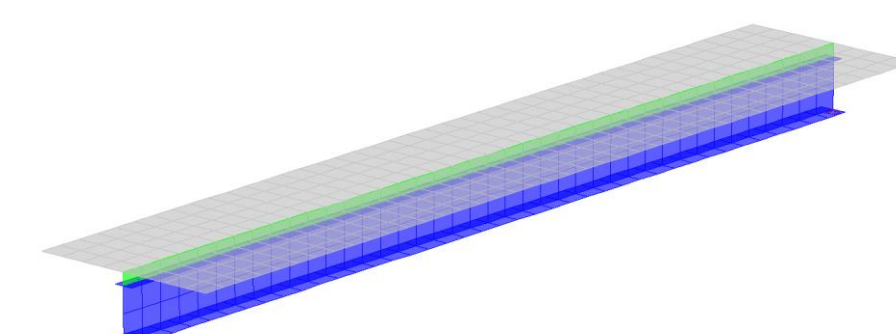


Abb. 7: Schalenmodell (Schubsteg – grün)

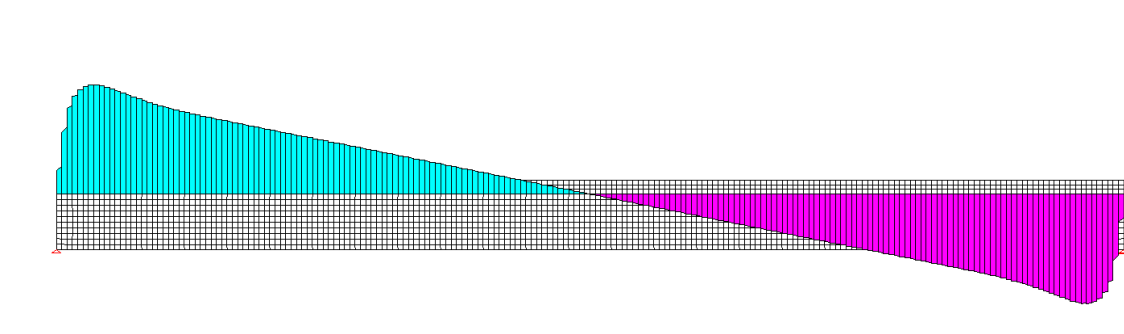


Abb. 8: Längsschubflussverlauf in der Verbundfuge

### Zielsetzung und Schwerpunkte

- für die Bemessung von Verbundmitteln gibt es verschiedene Berechnungsansätze und Modellierungsmöglichkeiten
- diese Diplomarbeit zeigt vergleichende Untersuchungen für verschiedene Berechnungsmodelle
- folgende Schwerpunkte wurden besonders beachtet:
  - Teilschnittgrößen- und Gesamtquerschnittsverfahren
  - Modellierung als FEM-Stabwerks- und FEM-Schalenmodell
  - Zeitabhängiges Materialverhalten des Betons

### Ermittlung der Längsschubkraft bzw. Längsschubfluss

- Bemessung der Verbundmittel erfolgt mit der Längsschubkraft
- es bestehen drei Möglichkeiten für deren Ermittlung
  - Normalkraftänderung im Betongurt oder Stahlträger zwischen kritischen Schnitten
  - Querkraftverlauf und Querschnittswerte (Dübelformel)
  - direkte Ausgabe des Längsschubflusses mit Hilfe eines FEM-Modells

### Berechnungsansatz

- für die Berechnung von Verbundträgerquerschnitten stehen zwei Verfahren zur Verfügung
  - Teilschnittgrößenverfahren
  - Gesamtquerschnittsverfahren
- die FEM-Modellierung basiert auf dem Teilschnittgrößenverfahren
- FEM-Programme ermöglichen die programminterne Ermittlung der Schnittgrößen am Gesamtquerschnitt
- Verbindung der Teilquerschnitte wird durch programminterne Kopplungselemente oder dünnen Flächenelementen (Schubsteg) modelliert

### Längsschubfluss und resultierende Längsschubkraft

Modell	Längsschubfluss $v_L$ [kN/m]	Längsschubkraft $V_L$ [kN]
1	30,89	77,23
2	30,88	77,19
3	30,78	76,95
4	30,83	77,77

Tab. 1: Ergebnisvergleich der verschiedenen Berechnungsmodelle

- die Berechnungsergebnisse weichen weniger als 1,1 % voneinander ab
- diese Abweichung wird als sehr gering eingestuft und ist nicht bemessungsrelevant

### Schlussfolgerungen der Ergebnisse

- Modelle 1 bis 4 weisen sehr ähnliche Berechnungsergebnisse infolge einer vertikalen Gleichlast auf
- bei Modell 4 beeinflusst die Dicke des Schubstegs die Ergebnisse der Längsschubkraft
  - es wird eine Dicke von rund 2 cm empfohlen
- das Maximum des Längsschubflusses stellt sich bei Modell 4 nicht direkt am Auflager ein
  - Ausbildung einer Druckstrebe, ähnlich wie bei der Querkraftbemessung im Stahlbetonbau

### Die Besonderheit des Schwindens

- das Schwinden verursacht bei den Modellen 1, 2, 3 keine Längsschubkraft
- bei dem FEM-Schalenmodell (Modell 4) stellt sich ein Längsschubflussverlauf infolge des Lastfalls Schwinden ein

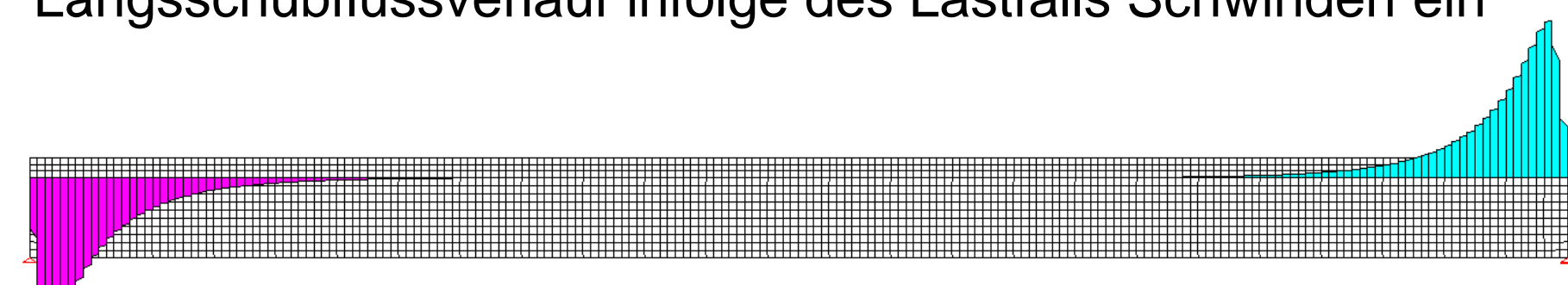


Abb. 9: Längsschubflussverlauf in der Verbundfuge infolge Schwinden

- Längsschubkraft infolge Schwinden wirkt der Längsschubkraft aus einer vertikalen Last entgegen, somit werden diese nicht überlagert
- das Auftreten der konzentrierten Längsschubkräfte an den Trägerenden ist in DIN EN 1994-2, 6.6.2.4 beschrieben, da diese nicht bei allen Berechnungsmodellen ersichtlich werden