

AMT NÖ STRASSENBRÜCKE: B41.09-TÜ SCHÜTZBERG

Das Projekt "SAFEBRIDGE" hat das Ziel, ein fortgeschrittenes Verfahren zur numerischen Bewertung von Brücken auf der Grundlage der Zuverlässigkeitstheorie (auf Basis von EN 1990 und der österreichischen Norm ÖN B4008-2) zu entwerfen und dieses für mehr Ingenieurbüros und Straßen- und Eisenbahninfrastrukturbetreiber in Wien, Niederösterreich und Mähren verfügbar zu machen. Eine der ausgewählten Brücken (5 in Österreich und 5 in der Tschechischen Republik) wird vorgestellt, einschließlich Bauwerksdetails, FE-Modell, Lastmodellen und ausgewählten Ergebnissen.

Bauwerksdetails

- Neunfeldrige Brücke
- Vorgespannte Hohlkastenbrücke
- Lichte Spannweite = 28,5 m (Endfeld) und 39,0 m (Regelfeld)
- Gesamtbreite: 13 m
- Krümmungsradius: 1250 m
- Errichtet 1979



Abbildung 1: Ansicht der Brücke

Abbildung 1 zeigt die Ansicht der Brücke. Es handelt sich um eine vorgespannte durchgehende Hohlkastenbrücke. Der Querschnitt kann Abbildung 2 entnommen werden.



Abbildung 2: Querschnitt des Tragwerks [1]

Die Brücke ist sowohl mit schlaffer Bewehrung als auch mit Kabeln bewehrt. Die Spanngliedführung verläuft äquivalent der Momentenlinie (siehe Abbildung 3) bzw. als zentrische Vorspannung in Fahrbahn- und Bodenplatte. Die Abstände der Kabelauslässe zu den Außenkanten sind Abbildung 4 zu entnehmen. Die Pfeiler weisen einen Rechteckquerschnitt von 540 cm

auf 220 cm auf (siehe Abbildung 5). Die Wandstärke beträgt $d=30$ cm.

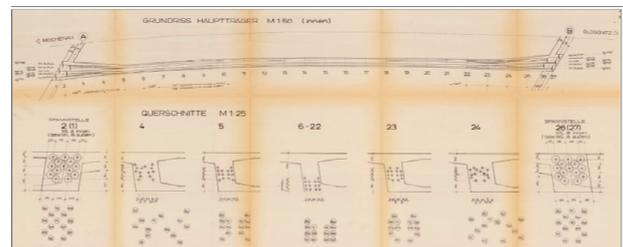


Abbildung 3: Spanngliedführung [1]

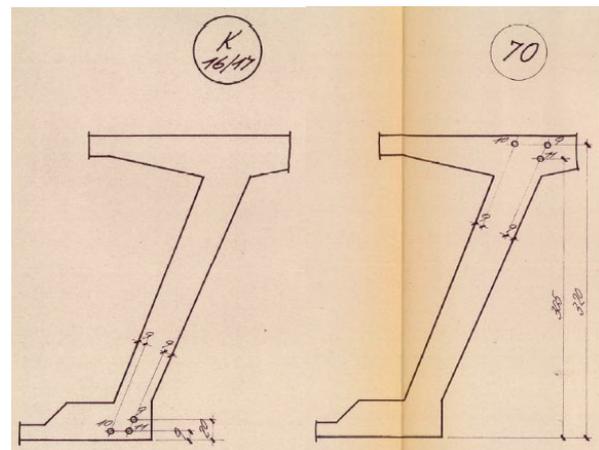


Abbildung 4: Abstand der Kabel zu den Querschnitts Außenkanten [1]

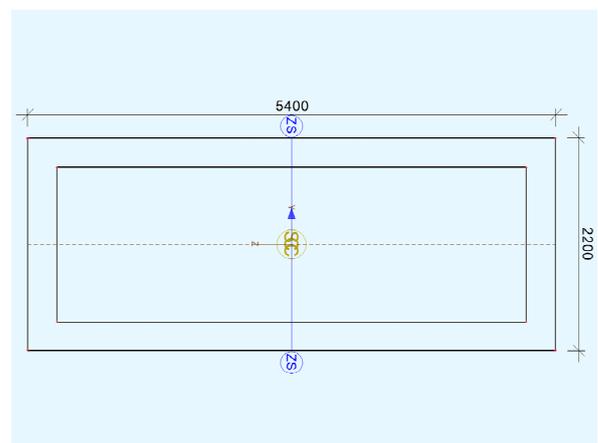


Abbildung 5: Querschnitt Pfeiler [1]

Lineares FE-Modell

Die lineare Nachrechnung erfolgte mithilfe der FE – Software SOFiSTiK [2]. Ein 3D-Modell der Brücke ist in Abbildung 6 dargestellt.

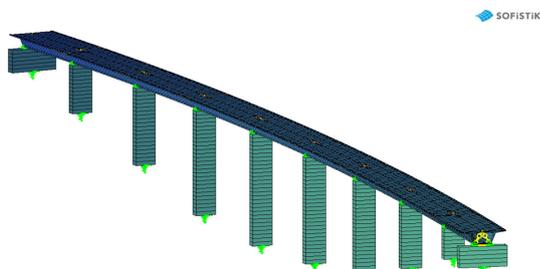


Abbildung 6: FE-Modell

Berechnung Level 1 und Level 2

Die Brücke wurde in einem ersten Schritt als Stab modelliert, siehe Abbildung 6. Dabei wurden die Materialien gemäß den Plänen [1] angesetzt, auf Level 2 wurde zusätzlich noch der Einfluss der Betonnacherhärtung berücksichtigt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die umfangreiche Modellierung der Vorspannglieder im SOFiSTiK Modul TENDON gelegt, siehe Abbildung 7.

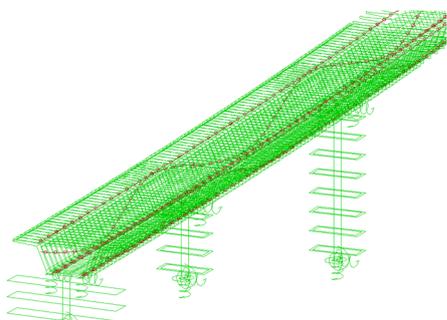


Abbildung 7: Modellierte Spannstränge im SOFiSTiK-Modell

Als Lasten wurden das Eigengewicht des Querschnitts und aus Auflasten (Belag, Randbalken), das Verkehrslastmodell LM 1 (ÖNORM EN 1991-2 [3]), sowie Lasten aus Temperatur (ÖNORM EN 1991-1-5 [4]) und Wind (ÖNORM EN 1991-1-4 [5]) angesetzt. Eine Darstellung des LM 1 ist in Abbildung 8 gezeigt.

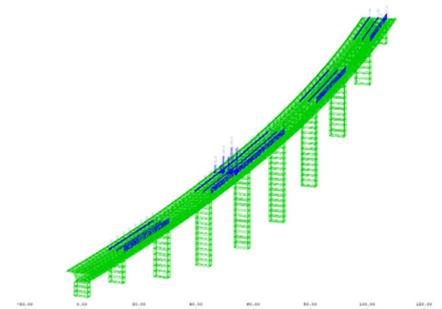


Abbildung 8: Verkehrslastmodell LM 1 [3]

Die Ergebnisse der Berechnungen auf Level 1 und 2 konnten mit der vorhandenen Nachrechnung [6] verglichen werden und decken sich mit dieser.

Berechnung Level 3 – probabilistische Analyse

Für die probabilistische Analyse am linearen Modell wurden drei kritische Details definiert, für die in weiterer Folge unter Verwendung der Software FReET [7] bzw. des Interfaces SoFi [8] die erforderlichen Nachweise auf Level 3 durchgeführt wurden.

Die folgenden Details wurden näher untersucht:

- Nachweis Biegung im Feldbereich (Feld 8)
- Nachweis Teilflächenbelastung bei Einleitung der Auflagerkraft in die Widerlagerbank (Achse 100)
- Nachweis Querkzug bei Einleitung der Auflagerkraft in die Widerlagerbank (Achse 100)

Für jedes Detail wurde im Zuge der Analyse neben der Berechnung des Zuverlässigkeitsindex β auch eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Die für den probabilistischen Biegenachweis verwendeten Verteilungen der Materialparameter können Tabelle 1 entnommen werden. Die Werte wurden dem JCSS Probabilistic Model Code [9], einschlägigen Normen [10] sowie einschlägiger Literatur [11] entnommen. Um zu entscheiden, welche Parameter durch ihre Verteilungsfunktionen beschrieben werden sollten wurde in einem ersten Schritt eine Parameterstudie am deterministischen Modell durchgeführt. Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse dieser Parameterstudie beispielhaft für die Betondruckfestigkeit und die Fließgrenze des Bewehrungsstahls.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Eingangswerte für die probabilistische Analyse – Nachweis Biegung Feldbereich [9], [10], [11]

BASIS-VARIABLE	VERTEILUNG	MITTELWERT (N/mm ²)	CoV
Druckfestigkeit Beton	LN	41,9	0,17
E-Modul Beton	LN	31900	0,15
Fließgrenze Bewehrungsstahl	LN	540	0,05
Fließgrenze Spannstahl	LN	1700	0,05

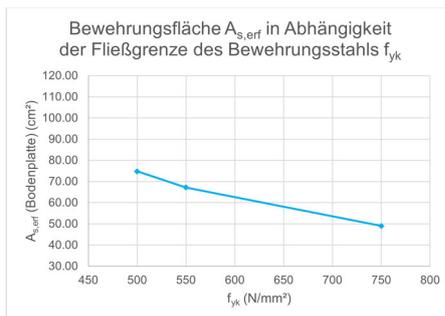
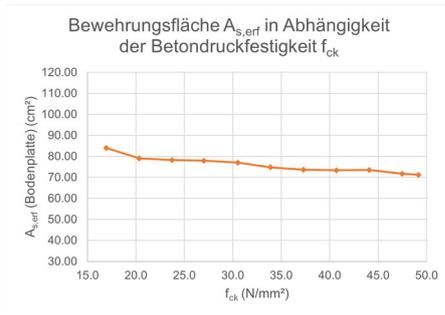


Abbildung 9: Parameterstudie am deterministischen Modell, um die relevanten Basisvariablen für die probabilistische Analyse zu definieren. Oben: Betondruckfestigkeit, unten: Fließgrenze Bewehrung

Für die Nachweise am Widerlager Achse 100 (Ausbildung siehe Abbildung 10) wurden zusätzlich zu den Materialkennwerten auf der Widerstandsseite auch die Lasten auf der Einwirkungsseite variiert, diese sind in Tabelle 2 aufgelistet.



Abbildung 10: Lasteinleitung in die Auflagerbank bei Achse 100 [1]

Tabelle 3: Zusammenstellung der Eingangswerte für die probabilistische Analyse – Nachweise Teilflächenbelastung und Querzug [3], [9]

BASIS-VARIABLE	VERTEILUNG	MITTELWERT	CoV
Doppelachslast TS Spur 1 (kN)	LN	207	0,25
Doppelachslast TS Spur 2 (kN)	LN	138	0,25
Doppelachslast TS Spur 3 (kN)	LN	69	0,25
Flächenlast UDL Spur 1 (kN/m²)	LN	6,2	0,25
Flächenlast UDL Rest (kN/m²)	LN	1,74	0,25

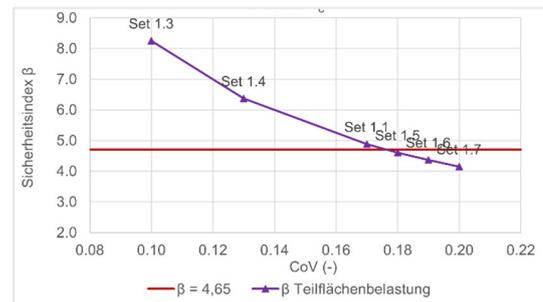


Abbildung 11: Zuverlässigkeitsindex β in Abhängigkeit des CoV der Betondruckfestigkeit.

Im Zuge der Sensitivitätsanalyse (Abbildung 11) wurde ersichtlich, ab welchen Streuungen der Materialparameter der vom Eurocode [12] geforderte Zuverlässigkeitsindex nicht mehr eingehalten werden kann.

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich wird, konnte für die drei betrachteten Details in der probabilistischen Analyse am linearen Modell eine ausreichende Zuverlässigkeit ($\beta > 4,7$) erreicht werden.

Tabelle 3: Ergebnisse der drei betrachteten Details im mehrstufigen Nachweiskonzept

BIEGUNG	AUSLASTUNG η bzw. ZUVERLÄSSIGKEITSINDEX β
Level 1	$\eta = 0,95$
Level 2	$\eta = 0,72$
Level 3	$\beta = 5,28$
TEILFLÄCHEN-BELASTUNG	
Level 1	$\eta = 0,62$
Level 2	$\eta = 0,60$
Level 3	$\beta = 4,88$
QUERZUG	
Level 1	$\eta = 0,82$
Level 2	$\eta = 0,81$
Level 3	$\beta > 10$

Quellen

- [1] Originalpläne aus dem Jahr 1978 (Amt der niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Brückenbau)
- [2] SOFISTIK AG, SOFISTIK 2019
- [3] ÖNORM EN 1991-2:2012 03 01: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken
- [4] ÖNORM EN 1991-1-5:2012 01 01: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen
- [5] ÖNORM EN 1991-1-4:2011 05 15: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- [6] FCP Fritsch, Chiari und Partner ZT GmbH: Objekt B41.09 - Talübergang in Schützenberg. Brückennachrechnung gemäß ONR 24008:2014. 2017
- [7] Červenka Consulting: FReET M/A User Manual (Program Documentation: Revision 6/2006, FReET version 1.4). 2006
- [8] Slowik, Ondřej: SOFISTIK-FReET interface (SoFi). 2019
- [9] JCSS - Joint Committee on Structural Safety: Probabilistic Model Code. <https://www.jcss-lc.org/jcss-probabilistic-model-code/>. Version: 2001
- [10] ÖNORM B 4008-2:2019 11 15: Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke - Teil 2: Brückenbau
- [11] Strauss, Alfred: Stochastische Modellierung und Zuverlässigkeit von Betonkonstruktionen. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien, 2003
- [12] ÖNORM EN 1990:2013 03 15: Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung