

# Hilfsbrücken für 160 km/h

**Moritz Menge**  
Schimetta Consult Ziviltechniker Ges.m.b.H

**Zoran Bruschetini-Ambro**  
ÖBB-Infrastruktur AG

## 1. Einleitung

Die ÖBB unterhält eine große Zahl von Brückenprovisorien, die regelmäßig bei Bauarbeiten unter dem Gleis zum Einsatz kommen, wenn der Bahnbetrieb dauerhaft aufrechterhalten werden muss. Der Ein- bzw. Ausbau einer Hilfsbrücke lässt sich in den meisten Fällen innerhalb einer Betriebssperre von wenigen Stunden durchführen.

Auf Basis der aktuellen Normen sowie von Erkenntnissen aus dem bisherigen Betrieb wurde nun eine neue Generation von Hochleistungshilfsbrücken (HHB) entwickelt [1].

Dabei haben diese Hilfsbrücken eine Vielzahl deutlich höherer Anforderungen zu erfüllen, als es bei den bereits bestehenden Konstruktionen der Fall ist. Diese Anforderungen sind unter anderen:

- Bauhöhe (UK Schiene bis UK Tragwerk) soll möglichst klein sein, folglich eine möglichst große Schlankheit der Konstruktion.
- Reduzierung des Brückeneigengewichts für die bauseitige Manipulation mit Eisenbahnkränen.
- Belastung gemäß ÖNORM EN 1991-2 [2] und ÖNORM B 1991-2 [3] mit Lastmodell LM71 mit Lastklassenbeiwert  $\alpha = 1,00$  sowie Schwerwagen SW/2.
- $V_{\max} = 160$  km/h als zulässige Überfahrtsgeschwindigkeit.
- Gleisbogen  $R \geq 400$ m. Bei kürzeren Stützweiten bis zu  $R \geq 300$ m.
- Nutzungsdauer von 50 Jahren bei einer Streckenbelastung von  $12,5 \times 10^6$  to/a (Ermüdung).
- maximale Vertikalbeschleunigung infolge Zugüberfahrt von  $\gamma_{df} = 8$  m/s<sup>2</sup>.
- möglichst hohe Robustheit gegenüber Baustelleneinwirkungen.

Nach diesen Anforderungen wurden acht Typen der HHBs mit Längen zwischen 10,9 m und 29,1 m entworfen, wobei sich die jeweilige Längenabstufung von 2,6 m aus einem 4-fachen Schwellenabstand ableitet.

Die erste Hilfsbrücke des Typs HHB 265 wurde hergestellt und umfangreichen Tests im Probestand und im Baustelleneinsatz unterzogen.

Diese Tests beziehen sich besonders auf die Tauglichkeit der Brücke unter hohen Überfahrtsgeschwindigkeiten bis 160 km/h bei Einsatz der eigens konzipierten Schwingungstilger. Die hohe Überfahrtsgeschwindigkeit war somit ein wesentliches Merkmal der Weiterentwicklung der Hilfsbrückenkonstruktionen im Vergleich zum Bestand der ÖBB.

## 2. Beschreibung der Konstruktion

Die neue Brückenkonstruktion besteht wie vorangegangene Hilfsbrückenkonstruktionen aus vier Hauptträgern als geschweißte I-Profile (Abb. 1).

Die einzelnen Hauptträger sind über Querträger miteinander verbunden. Unter der Schiene sind diese Querträger gleichzeitig die Schienenstühle als Schwelle im Abstand von 650 mm. Sie bestehen aus einem stehenden Blech und aus einem liegenden Blech als oberem Flansch.

Auf diesen Querträgern wird die Schiene im Schienenschuh verschraubt. Durch Langlöcher quer zum Gleis können die einzelnen Schienen in jedem Kreisbogen mit  $R \geq 400$ m sowie in Übergangsbögen montiert werden.

Je zwei Hauptträger stützen so eine Schiene und werden wiederum in der Gleisachse miteinander im Abstand von  $e = 2600$  mm starr verbunden. Diese Verbindung besteht aus zwei Laschenblechen ( $t = 20$  mm), die über 2 x M36, 10.9 gleitfest miteinander verbunden sind.

Der freizuhaltende Lichtraum für den Spurkranz etc. ist bei diesen Hilfsbrücken aufgrund der variablen Lage der Schiene im Bogen keine Konstante. Diese unterschiedliche Lage ist ebenso zu berücksichtigen wie die möglichen unterschiedlichen Schientypen (inkl. Überhöhung), die den Lichtraum in seiner relativen Höhenlage zur Konstruktion bestimmen.

Aus statischer Sicht wurde diese geometrische Flexibilität für alle möglichen Fälle bei der Dimensionierung der Brückenkonstruktion berücksichtigt. Somit waren auch sämtliche möglichen Kombinationen aus Radius, Überhöhung und Geschwindigkeit für die verschiedenen Lastmodelle statisch zu bewerten.

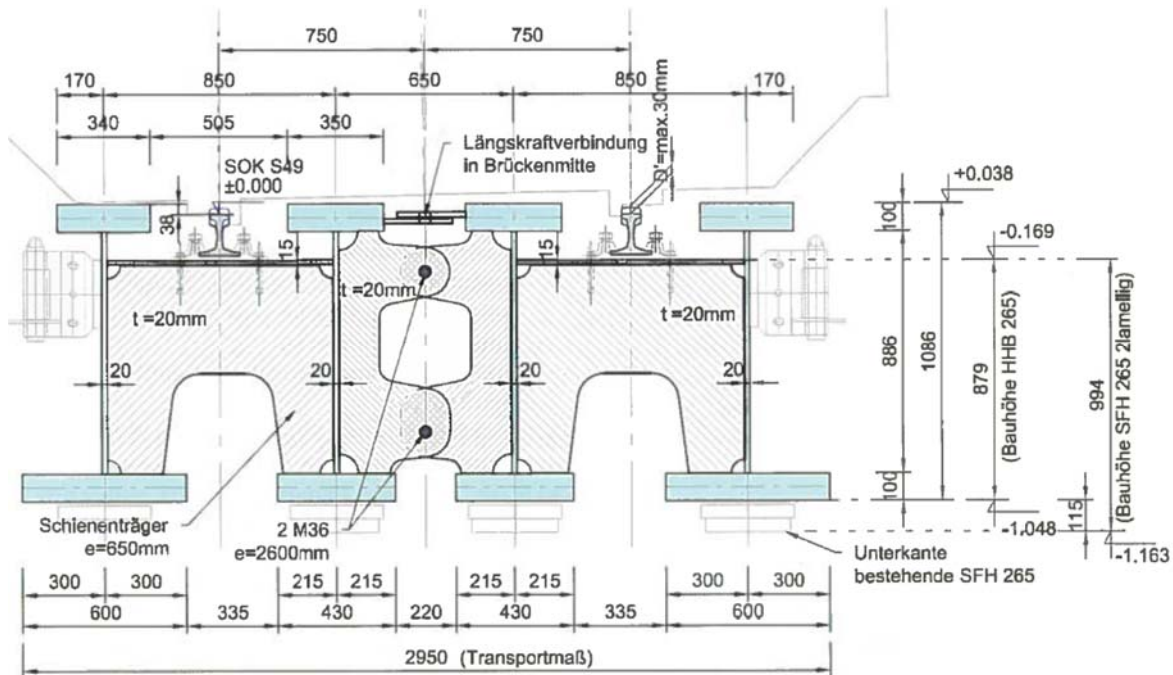


Abb.1 Querschnitt der HHB 265 in Feldmitte

Die eingehende Analyse der dynamischen Eigenschaften bei Zugüberfahrt zeigte, dass zur Einhaltung der Anforderungen an die vertikale Tragwerksbeschleunigung bei bestimmten Zugstypen und der daraus resultierenden Schnittgrößen die Anordnung von Schwingungstilgern notwendig ist. Als wesentliches, ergänzendes Bauteil ermöglicht der Schwingungstilger letztlich die hohen Überfahrtsgeschwindigkeiten.

### 3. Dynamisches Verhalten

Der Einsatz von Schwingungstilgern im Brückenbau hat sich inzwischen von einer nachträglichen Sanierungslösung durch die vermehrte Realisierung leichter und schwingungsanfälliger Konstruktionen bereits als Ansatz im Planungsstadium gut etabliert.

Die Schwingungstilger werden dazu so abgestimmt, dass sie je nach Masse und Positionierung unterschiedliche Eigenschwingungsformen beeinflussen können. Im vorliegenden Fall konnte im Zuge der Berechnung bestimmt werden, dass die 1. Eigenfrequenz für die Größenordnung der vertikalen Beschleunigung maßgebend ist und durch einen Tilger („Tuned-Mass-Damper“) die erste vertikale Eigenschwingungsform bedämpft werden muss. Da diese Schwingform den Schwingungsbauch bzw. die größte Amplitude in Feldmitte aufweist, ist ein effektiver Tilger auch an dieser Stelle vorzusehen. Somit können sie Resonanzen derart dämpfen, dass auch bei höheren Geschwindigkeiten sämtliche Nachweisbedingungen eingehalten werden. Zusätzlich lassen sich noch weitere Eigenschwingungen abdämpfen, z.B. die 2. Biegeeigenform, durch Positionierung von Tilgern in den Viertelpunkten der Stützweite. Dies gilt in gleicher Weise auch für eine allfällige Torsionsschwingung des Überbaus wenn diese im entsprechenden Frequenzbereich des Tilgers liegt.

Für die Hilfsbrücken wurde somit ein solcher Schwingungstilger für diesen Hilfsbrückentyp entwickelt, indem die geometrischen sowie die dynamischen Charakteristika festgelegt wurden. Mit diesem Tilger wurden an der Brücke im Sommer 2015 umfangreiche Versuche unter Prüfstandbedingungen im Brückenwerk durchgeführt, um den Tilger danach entsprechend optimieren zu können. Im Frühsommer 2016 wurde der Prototyp mit Schwingungstilgern dann im ersten Baustelleneinsatz unter realen Bedingungen getestet.

#### 4. Messungen an der HHB 265 in Brückenwerk Wörth

Um die Einsatzfähigkeit nachzuweisen und die rechnerisch getroffenen Annahmen zu verifizieren wurden dynamische Messungen an der HHB 265 im ÖBB-Brückenwerk St.Pölten durchgeführt. Die Hilfsbrücke wurde auf Fertigteilfundamente gelagert. Die Anregung der Brücke erfolgte über einen Schwingungserreger (MoSeS von AIT). Dieser Schwingungserreger wurde in Feldmitte der Brücke aufgestellt. An diesen Prüfstand wurden zahlreiche Versuche mit und ohne Tilger, sowie mit und ohne Zusatzlasten an der Brücke (Gehweg) und unterschiedlichen Systemen (Variation der Stützweite) und Anregungen (u.a. Exzentrizität) durchgeführt.

Folgende wesentliche Erkenntnisse konnten aus den Messergebnissen gewonnen werden:

- Die tatsächlichen Eigenfrequenzen sind etwas niedriger als berechnet.
- Das Tragsystem ohne Schwingungstilger hat eine sehr geringe Eigendämpfung ( $\zeta = 0,4\%$ ). Die Schwingungstilger erhöhen die Dämpfung auf bis zu 1,1%.
- Änderungen der Zusatzmassen bei den Tilgern in der Größenordnung von  $\pm 3\%$  haben keine Auswirkungen auf die Eigenfrequenz des Tragwerkes.
- Allfällige Einbauungenauigkeiten bei den Lagern ( $\pm 5$  cm) haben keinen nennenswerten Auswirkungen auf die Eigenfrequenzen des Tragsystems.

#### 5. Messungen an der HHB 265 beim Ersteinsatz in Vöcklabruck

Die HHB 265 mit zwei Schwingungstilger wurde am km 249,322 auf der Strecke Wien – Salzburg im Abschnitt Attnang-Puchheim – Salzburg Hbf. am Gleis 2 eingebaut. Die Hilfsbrücke wurde ohne Begleitwege montiert und wurde in einer Gerade positioniert.

Gemessen wurden die Gleishöhenveränderung in den Anschlussbereichen, die Auflagerhöhen und das dynamische Verhalten der Hilfsbrückentragwerke bei Zugüberfahrten. Mit einem FOS – basierendem Kamerasystem wurde die Örtlichkeit aus der Ferne beobachtet.

Um das dynamische Verhalten der Brücke im eingebauten Zustand zu erfassen, wurden zwei getrennte Messungen durchgeführt. Eine erste Messung erfolgte direkt nach dem Einbau und der Verkehrsfreigabe bei Überfahrten mit 80 km/h. Beim zweiten Messeinsatz einige Wochen später wurden Zugüberfahrten bis 120 km/h Fahrgeschwindigkeit erfasst.

Die 1. Biegeeigenfrequenz lag bei 4,83 Hz und somit etwas höher als bei den Messungen im ÖBB-Brückenwerk Wörth (4,76 Hz). Die Dämpfung wurde aus dem Ausschwingvorgang nach Zugüberfahrt und nach Impulsanregung mittels Sandsack ermittelt. Dabei konnte ein Lehr'sches Dämpfungsmaß von 0,6 % bis 0,7 % ermittelt werden. Dieser Wert liegt etwas unter den Dämpfungswerten aus den Messungen im Brückenwerk (1,1 %). Da vor Ort keine der erfassten Zugüberfahrten Resonanz erzeugt hat, wurden auch die maximalen Dämpfungswerte aus dem Versuch nicht erreicht.

#### Ausblick

Bisher sind ÖBB-Hilfsbrücken mit maximal 120 km/h befahrbar. Im Jahr 2020 ist es geplant, zwei Hochleistungshilfsbrücken HHB 265 bei einem Bauvorhaben einzubauen. Es ist angestrebt, die Tragwerke bei einer Befahrung mit Geschwindigkeiten über 120 km/h zu testen. Eine laufende Detektion (Monitoring) ist die Voraussetzung für eine Befahrung mit Geschwindigkeiten über 120 km/h. Dabei werden folgende Messverfahren zum Einsatz kommen:

- Ständige Höhenmessungen der Gleise im Übergangsbereich Brücke-Unterbau.
- Setzungen und Verdrehungen der Hilfsbrückenfundamente.
- Schwingungsmessungen des Hilfsbrückentragwerkes.
- Zugbeobachtung mittels Kamera.

#### LITERATUR:

- [1] Menge M., Petraschek T.: *Hochleistungshilfsbrücken. Bauingenieur 90 (2015), Heft 1, S. 1-10.*  
[2] ÖNORM EN 1991-2: Eurocode 1: *Einwirkungen auf Tragwerke Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken. Ausgabe 01.03.2012.*  
[3] ÖNORM B 1991-2: Eurocode 1: *Einwirkungen auf Tragwerke Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken (NAD). Ausgabe 15.04.2011.*