

Kornhausbrücke

1 Objektbeschreibung

Die Kornhausbrücke liegt im Herzen von Bern und wurde von August 1895 bis Juni 1898 erbaut. Sie besteht aus den acht unabhängigen Teiltragwerken:

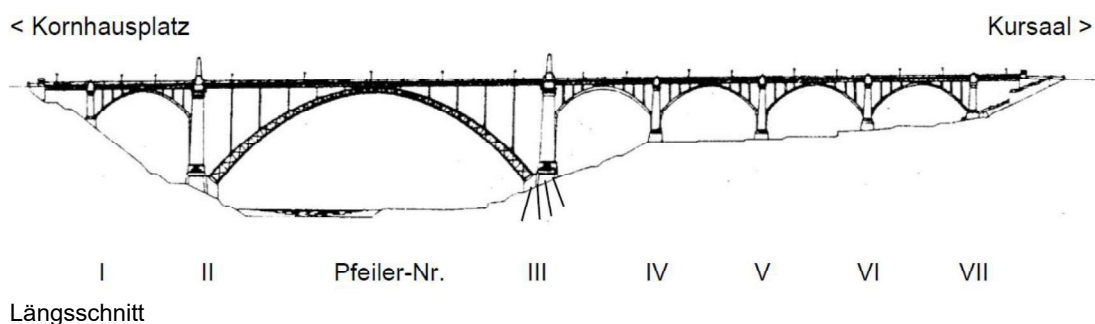
- Grosser Bogen mit aufgesetztem Überbau
- Fünf kleine Bogen mit aufgesetztem Überbau
- Endfeld Seite Kornhausplatz und Endfeld Seite Kursaal

Die beiden Widerlager und die massiven Pfeiler I bis VII sind aus Granit- und Kalksteinblöcken gemauert, die Pfeiler zudem innen mit Beton gefüllt. Die Pfeiler II und III sind begehrbar. Über sämtlichen Pfeilern sind Dilatationsfugen und bei den Endwiderlagern sind Trennfugen angeordnet.

Die vorhandenen fünf Tragstrukturen der kleinen Bogen mit Überbau sind identisch, ebenso die beiden Endfelder.

Die ganze Konstruktion besteht aus einfachen und zusammengesetzten Stahlprofilen (Flussstahl), im Allgemeinen voll vernietet. Ausnahmen bilden Verstärkungs- und Ersatzprofile aus Baustahl mit Schraubverbindungen. Der Beton der Fahrbahnplatte wirkt voll im Verbund mit den Obergurten der Hauptlängsträger (HLT), Hauptquerträger (HQT) und Zwischenlängsträger (ZLT).

Im Laufe der Jahre fanden verschiedene Umnutzungen, Verstärkungen und Instandstellungen statt. Eine Gesamterneuerung der Kornhausbrücke erfolgte im Jahr 1997/98. Dabei wurden nebst dem Unterbau (neue Betonplatte im Verbund mit der Stahlkonstruktion) und der Abdichtung auch die Gleise und der Belag ersetzt. 2012 sowie 2019 fanden Instandsetzungsarbeiten an der Fahrbahn statt, die aber die Tragstruktur nicht beeinflussten.



2 Verfasser der Überprüfung

ingenta ag
Laubeggstrasse 70, 3006 Bern

Sachbearbeiter: ada, gam

3 Grundlagen

Als Grundlage des vorliegenden Korreferates stellte uns der Auftraggeber das folgende Dokument zu:

- Kornhausbrücke, Bern - Erdbebenüberprüfung Stufe 2, Version 4.0, 23.10.2020
- Kornhausbrücke, Bern - Erdbebenüberprüfung Stufe 2, Beilage 2:
Stellungnahme zur Beurteilung der Erdbebensicherheit (ACS Partner) 23.12.2020

Im Weiteren lagen uns zahlreiche Pläne sowie Auszüge aus den statischen Berechnungen vor, die wir aber nicht im Detail prüften.

4 Berechnungsmodell, Berechnungsmethode

Für die Berechnungen zum Stahltragwerk setzt der Verfasser ein 3D-Stubmodell (Computerprogramm AXIS VM X5) ein. Die Brückenüberbauten werden jeweils getrennt und unabhängig von den Pfeilern modelliert. Die Pfeiler werden als eigenständige Kragarme modelliert und mit dem Computerprogramm Statik-8 der Cubus AG berechnet.

In einem zweiten Schritt (Ergänzungen vom 23.12.2020) setzt der Verfasser ein kombiniertes Modell ein, wobei er das Hauptfeld sowie zwei Nebenfelder mit den dazwischenliegenden Pfeilern im AXIS modelliert.

Die Auswirkungen werden mit dem Antwortspektrenverfahren bestimmt.

Für die Bestimmung der Erdbebeneinwirkungen setzt der Verfasser die folgenden Werte an:

Erdbebenzone: Z1b
Bauwerksklasse: BWK II-i
Baugrundklasse: BGK E (bzw. C, Ergänzung vom 23.10.2020)
Verhaltensbeiwert: $q = 1.5$

5 Beurteilung des Verfassers

Der Verfasser beurteilt die Erdbebensicherheit aller Brückenteile bis auf die Verbindungen im Scheitelpunkt als normgemäss gegeben (d.h. $\alpha_{\text{eff,min}} \geq 1.0$). Die Führungslager weisen jedoch ungenügende Erfüllungsfaktoren auf, wobei der Verfasser die Absturzsicherheit der Brücke im Falle eines Lagerversagens als ausreichend beurteilt.

Der Verfasser empfiehlt eine Verstärkung der Verbindungen im Scheitelpunkt mittels eines Ersatzes der Schrauben durch HV-Schrauben.

6 Stellungnahme zur Überprüfung

6.1 Berechnungsmodell, Berechnungsmethode

Das gewählte Berechnungsmodell eines räumlichen Stabmodells ist grundsätzlich zweckmässig. Ob dabei die Modellierungsgenauigkeit in Bezug auf die Stabanschlüsse (Exzentrizitäten) ausreichend ist, kann anhand der uns vorliegenden Unterlagen nicht geprüft werden..

6.2 Einwirkungen

Die gewählten Parameter sind grundsätzlich korrekt und entsprechen der neusten Ausgabe von SIA 261 von 2020.

6.3 Auswirkungen

Für die Erdbebenüberprüfung beschränkt sich der Verfasser auf die Berechnung der maximalen Spannungen infolge der Erdbebeneinwirkung für sämtliche Brückenstahlteile. Zudem weist er die äussere Tragsicherheit der Pfeilerfundation nach.

6.4 Widerstände

Die Überprüfung der Tragwiderstände der Stahlkonstruktion erfolgt über den Vergleich der berechneten Spannungen mit der Fließsspannung. Dabei wird aber der Bemessungswert von Fließgrenze und Zugfestigkeit zu hoch angesetzt. Gemäss SIA 269/3 betragen diese:

$$f_{yk} = 220 \text{ N/mm}^2 \text{ (nicht } 240 \text{ N/mm}^2) \quad f_u = 335 \text{ N/mm}^2 \text{ (nicht } 360 \text{ N/mm}^2)$$

Zudem muss der Korrekturbeiwert von $k_{\gamma M} = 1.05$ auch bei γ_{M2} für die Verbindungen berücksichtigt werden. Die Begründung der eingesetzten Werte mit Bezug auf die SBB Weisung I-AM 08/02 und den Ausnahmeantrag der SIA-Normen ist nicht korrekt, da diese Weisung älter ist als die Norm SIA 269 und sich auf die älteren Tragwerksnormen (SIA 160 ff) bezieht, welchen ein anderes Sicherheitskonzept zugrunde liegt.

Die Überprüfung der Stabilität (Knicken) erfolgt anhand einer Excel-Tabellenkalkulation.

Eine Überprüfung der Verbindungen wird nicht durchgeführt.

Der Grundbruchnachweis für die Pfeiler erfolgt für eine Flachfundation, ohne Berücksichtigung eines Grundwasserspiegels. Aus unserer Sicht müsste bei den Foundationen der Hauptpfeiler der Einfluss des Grundwassers berücksichtigt werden. Zudem ist der Pfeiler III auf Pfählen fundiert, d.h. hier wäre ein Nachweis der Pfahltragfähigkeit erforderlich. Da die Resultierende ausserhalb des Kerns zu liegen kommt, treten bei den äusseren Pfählen Zugkräfte respektive ein Abheben des Fundaments von den Pfahlköpfen auf. Dies ist in der Beurteilung der Erdbebensicherheit zu berücksichtigen.

7 Fazit

Der vorliegende Bericht zur Erdbebensicherheit lässt noch einige Fragen offen. Auch wenn wir die Aussage des Verfassers, dass der Erfüllungsfaktor α_{eff} für alle Bauteile ausser den Lagern über 1 liegt, nicht bestätigen können, so erscheint es uns plausibel, dass die Kornhausbrücke eine nach SIA 269 akzeptierbare Erdbebensicherheit aufweist.

Wir empfehlen, die Verhältnismässigkeit eines Ersatzes der Führungslager zu prüfen. Auch wenn ein Versagen dieser Lager noch nicht zu einem Einsturz der Brücke führen würde, so entstehen aufgrund deren tiefer Erfüllungsfaktoren schon bei mittleren Erdbeben bedeutende Schäden.