

TEC21

Mit
SIA-FORM
Fort- und
Weiter-
bildung



Durch Gneis und Granit: der längste Bahntunnel

«Wir feiern bald den Höhepunkt unserer Arbeit»
Der Gotthard-Basistunnel ist...
Signale aus dem Herzen des Gotthards

Wettbewerbe

5. Award für Marketing
und Architektur

Panorama

Feinjustierung eines Bahnviadukts
Feuersicherheit im Tunnel

sia

«Ingenieure, ihr bewegt so viel!»

Feinjustierung eines Bahnviadukts

Wie sollen Schnellzüge auf einem Viadukt fahren, der sich wegen des schlechten Baugrunds um bis zu einem halben Meter setzen würde? Die Ingenieure des Projekts erläutern ihr anspruchsvolles Konzept.

Text: Raffaele Filippini, Pietro Brenni, Thomas Bühler



Im Vordergrund die Ceneri-Basistunnelportale. Aus dem linken kommt der Viadukt Lugano-Bellinzona. Der tiefer liegende, parallel verlaufende Viadukt für die Gegenrichtung ist ähnlich gestaltet, konzeptionell aber wesentlich anders.

Der Ceneri-Basistunnel verbindet als Teil der neuen Gotthard-Alpentransversale (vgl. TEC21 32-33/2015) die Agglomerationen von Bellinzona im Norden und Lugano im Süden. Beim komplexen Verkehrsknoten Camorino verbindet der 1 km lange Viadukt Lugano-Bellinzona das Nordportal des Ceneri-Basistunnels mit der bestehenden Bahnlinie Bellinzona-Locarno-Luino. Das Bauwerk ist das

Ergebnis einer interdisziplinären Ingenieur- und Architektenleistung und wurde im Rahmen des ersten «Building Award» in der Kategorie Grund-, Tief- und Infrastrukturbau zusammen mit vier anderen Projekten nominiert. Neben der sorgfältigen Einbindung in die Landschaft waren verschiedenste Bahn- und Strasseninfrastrukturen zu berücksichtigen, die sich zum Teil noch in Planung befinden, wie etwa der

Ausbau der zweiten NEAT-Phase oder die Stadterweiterung mit der Stazione Ticino. Der Viadukt wird zusammen mit dem Ceneri-Basistunnel voraussichtlich Ende 2020 in Betrieb genommen.

Gleise ohne Dilatationen

Die Tessiner Ingenieurgesellschaft CIPM integrierte die bahntechnischen und ungünstigen lokalen Randbedingungen in ein anspruchsvolles Viadukt-konzept (ein ausführlicher Bericht zur Planung findet sich in TEC21 41/2008, «Il Nodo di Camorino»): Für Schnellbahnstrecken mit Geschwindigkeiten über 140 km/h müssen vertikale Verformungen und differenzielle Rotationen (unter 0.6‰) bei den Überbaudilatationen strikt begrenzt werden. Die Gleise mit 850 m Kurvenradius mussten undilatiert und ohne Schienenauszugsvorrichtungen ausgeführt werden. Zugleich ist der Baugrund mit mächtigen Schichten aus organischen Tonen stark setzungsempfindlich und die Interaktion des Viadukts mit den benachbarten Infrastrukturen gross (Abb. unten).

Diese widersprüchlichen Rahmenbedingungen bewältigte die Ingenieurgesellschaft mit unkonventionellen Lösungen: Der Viadukt wurde in 78 m bis 152 m lange Sektoren unterteilt. Als statisches Grundsystem wählte man eine Kombination von Rahmentragwerken

und Sprengwerken mit zwei oder drei Spannweiten, die die Anfahr- und Bremskräfte aufnehmen und Längsverschiebungen bei den Dilatationen auf maximal 20 mm begrenzen. Die Pfeilerstiele sind gelenkig auf den Fundationen aufgelegt und in der Regel mit dem Überbau monolithisch verbunden. An den Sektorenrändern sind die Pfeilerstiele durch Betongelenke (vgl. Kasten S. 16) mit dem Überbau verbunden, um die Schnittkräfte infolge der horizontalen Belastung zu begrenzen.

Der Überbau ist als Kastenquerschnitt ausgebildet und für die Bemessungssituation mit häufig auftretenden Nutzlasten voll vorgespannt. Sämtliche Vorspannkabel mit 31 bis 37 Litzen weisen einen Korrosionsschutz der Kategorie C auf. Ihre beweglichen Verankerungen sind alle in der Mitte der Sektoren angeordnet, womit die Ausführungsreihenfolge der verschiedenen Sektoren flexibel gestaltet werden konnte. Um den Kippnachweis für den Lastfall Erdbeben zu erfüllen, sind am Fuss der höheren Pfeiler zusätzliche Kabel angeordnet, die in

den Fundationen verankert sind. Die Pfeiler sind auf einer kombinierten Pfahl-Platten-Gründung fundiert (Abb. unten). Trotz den extrem ungünstigen Bodeneigenschaften lassen sich die Setzungen infolge ständiger Lasten auf insgesamt 30 mm begrenzen.

Vorbelasteter Baugrund

Der setzungsempfindliche Boden war die grösste Herausforderung: Drei Jahre vor Baubeginn des Viadukts wurden temporäre, pyramidenförmige Vorbelastungen bei jeder Pfeilerachse erstellt und mit Extensometer überwacht, mit dem Ziel, rund 80% der potenziellen Setzungen vor Baubeginn zu erzeugen. Damit die tolerierbaren Grenzwerte des Überbaus sicher eingehalten werden, kann der Überbau über ihre Auflagerelemente nachträglich um 100 mm angehoben werden (Abb. S. 16). Diese sind am Pfeilerfuss angeordnet, um Unterhaltsarbeiten und Anhebeinterventionen zu vereinfachen. Sie bestehen aus zwei Topflagern und einem Schubdorn-



Bauherrschaft
AlpTransit Gotthard, Luzern/Bellinzona

Projektierung
Ingenieurgesellschaft Piano di Magadino (CIPM), Biasca; Filippini & Partner Ingegneria, Biasca; Studio d'Ingegneria G. Dazio & Associati, Cadenazzo; Studio d'Ingegneria Bernardoni, Lugano; brenni engineering, Mendrisio

Architektur
Beratungsgruppe für Gestaltung (BGG)

Örtliche Bauleitung
Ingenieurgesellschaft dspp, Bellinzona; Spataro Petoud Partner, Bellinzona; dsp Ingenieure & Planer, Greifensee

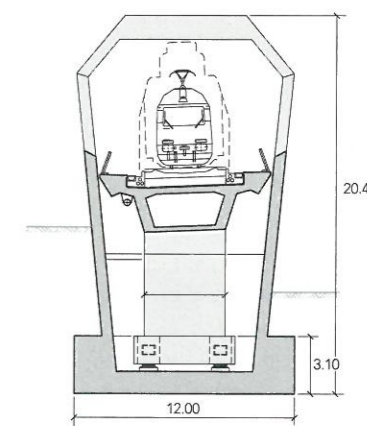
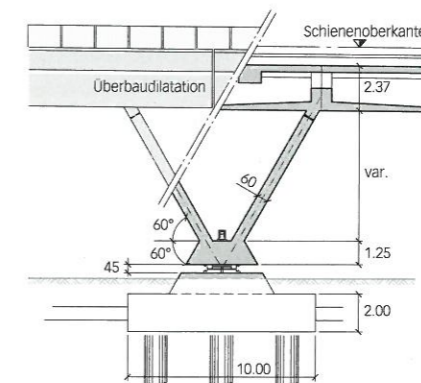
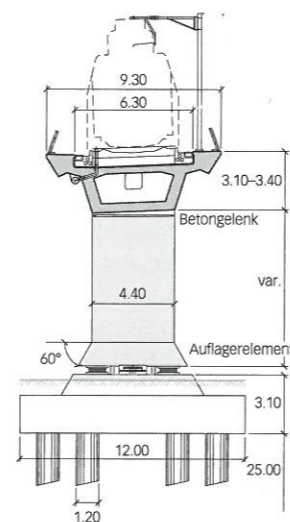
lager, die die vertikalen respektive horizontalen Kräfte ($N_{ser} = 10-17 \text{ MN}$, $V_{ser} = 4-8 \text{ MN}$) aufnehmen.

Belastungsversuche dienten als Grundlage für die Bemessung der Pfahlfundationen. Die Tragfähigkeit konnte mit bis zu 8000 kN getestet werden. Dabei wurden die absolute Verschiebung am Pfeilerkopf und die internen Deformationen mittels «sliding micrometers»

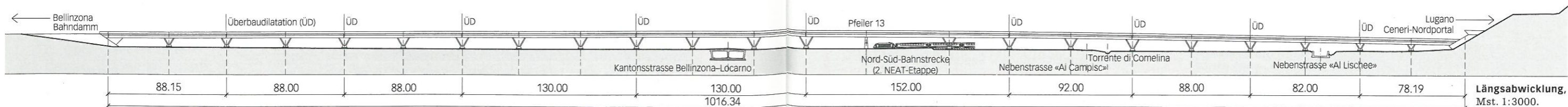
→ Fortsetzung S. 16

Visualisierung: AlpTransit Gotthard AG

Pläne: CIPM



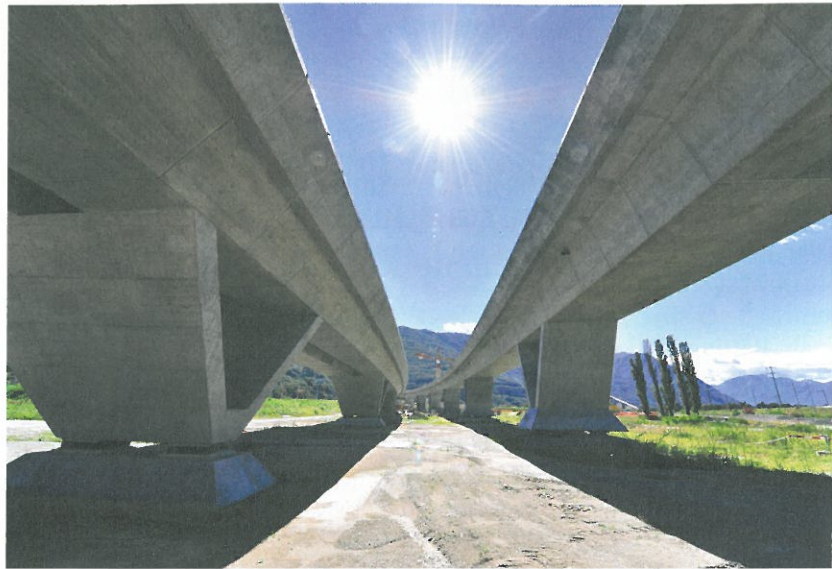
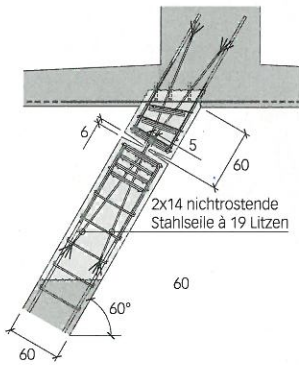
Von links nach rechts: Quer- und Längsschnitt bei den V-Pfeilern, Querschnitt beim Portalbauwerk. Mittels kombinierter Pfahl-Platten-Gründung und anhebbaren Auflagern bleiben die Verformungen des Überbaus innerhalb der tolerierbaren Grenzen. Mst. 1:400.



Betongelenk

Die Gelenke am Kopf der Pfeilerstiele der Sektorenstiele der Sektorenränder wurden nach dem anerkannten Berechnungsmodell von Fritz Leonhardt definiert, dessen Gültigkeit im Zusammenhang mit Versuchen der Empa am Harturmviadukt geprüft wurde. Die Forschungsarbeit «Betongelenke im Brückenbau» des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins wies die Übertragung des Modells auf die heutige Normengeneration 2010 nach.

Nach eingehender Analyse der verschiedenen Last- und Verformungsfälle wurde die Gelenkbreite mit 5 cm gewählt, um den erzielten dreiachsigen Spannungszustand zu gewährleisten. Anhand von zwei Prototypen im Massstab 1:1 wurden die ausführungstechnischen Prozeduren optimiert. Insbesondere wurde auf die Betonrezeptur, die genaue Verlegung der Bewehrungen, die Bauphasen und die Definition des Kontrollplans speziell geachtet. Die Ausführung der 22 Betongelenke des Viadukts bereiteten keine nennenswerten Schwierigkeiten. •



Die **Brückenaufleger** können nachträglich um bis zu 100 mm angehoben werden.

analysiert. Zusätzlich dienen Längsträger als Zugbänder zwischen den Fundamenten, um die Restrisiken in Bezug auf allfällige Horizontalverschiebungen abzudecken.

Einheitliche Erscheinung

Die Beratungsgruppe für Gestaltung (BGG) stand der Ingenieurgemeinschaft während des gesamten Bauvorhabens zur Seite. Als Autorin der gestalterischen Richtlinien der ganzen Gotthardachse nahm sie Einfluss an den Gesamtentwurf. Sie setzte sich für die charakteristischen, scheibenartigen V-Pfeiler ein, die der bei Bahnbrücken oft vorhan-

denen Massivität entgegenwirken. Die Tunnelröhre beim südlichen Abschluss des Viadukts übernimmt die Formensprache der danebenliegenden doppelspurigen Hauptröhre. Diese Einheit des Portals stellt ein architektonisch und landschaftlich starkes Element am Fuss des Hangs unter der Autobahn dar. •

Raffaele Filippini, Dipl. Bauing. ETH/SIA, Gesamtprojektleiter CIPM, Filippini & Partner Ingegneria; raffaele.filippini@filippini-ing.ch

Pietro Brenni, Dr. sc. techn., Projektleiter Überbau CIPM, brenni engineering; pietro@brenni.ch

Thomas Bühler, Dipl. Bauing. ETH/SIA, Abschnittsleiter Süd AlpTransit Gotthard; thomas.buehler@alptransit.ch