

Rekonstruktion einer traditionellen Kragbrücke in Punakha, Bhutan

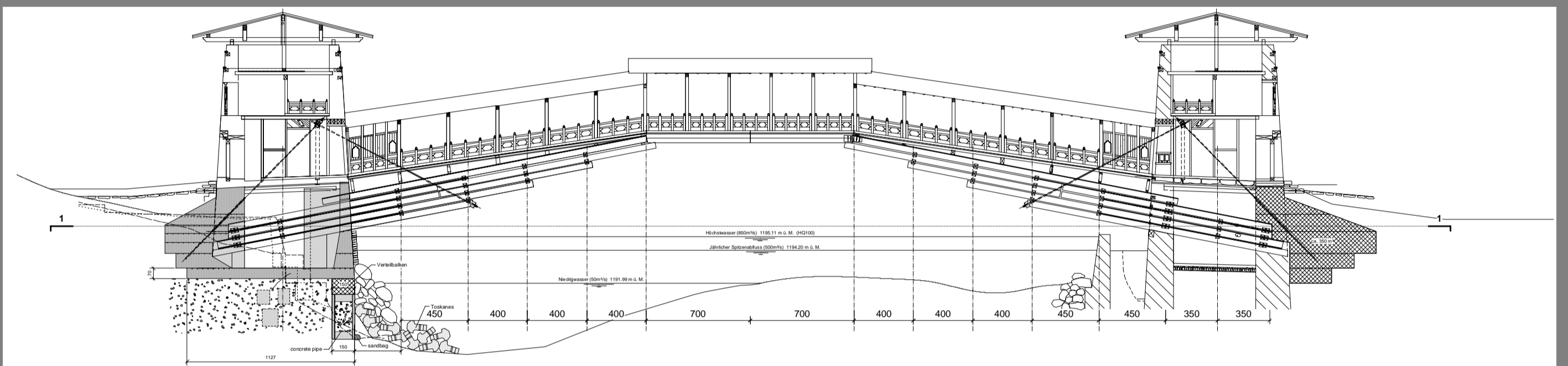
Historischer Hintergrund

Im Himalaya zwischen Indien und Tibet gelegen, ist Bhutan nach wie vor ein geheimnisvolles Land. Das „Land der friedvollen Drachen“ ist stark geprägt vom Buddhismus. Die weltliche und religiöse Geschichte sind sehr eng miteinander verwoben und lassen sich auch beim Bau einer traditionellen Brücke nicht trennen.

Punakha liegt auf ca. 1100m am Zusammenfluss von Pho und Mo, welche durch die Gletscher des Himalaya gespeist werden. Der Dzong (Klosterburg) von Punakha war 300 Jahre lang die Hauptstadt des Landes; noch heute ist er als Winterresidenz Seiner Heiligkeit des Je Kempo (oberster Abt Bhutans), mit bis zu 500 Mönchen, und Sitz des Distrikts-Gouverneurs eines der wichtigsten Klöster des Landes. Hier wurden/werden seit dem ersten König (1907) alle Könige des Landes gekrönt. Das Bersten eines Gletschersees im Hochgebirge löste um 1968 eine Flutwelle des Flusses Mo aus, die die hölzerne Original-Kragbrücke zum Dzong aus dem 17. Jhdt. mit 35m Spannweite wegriß. Der deutsche gemeinnützige Verein „PRO BHUTAN e.V.“, Lörrach, hat es übernommen, mit grosszügiger Unterstützung der „Walt + Galmarini AG“ dieses herausfordernde Projekt schlüsselfertig durchzuführen und über Spenden zu finanzieren.

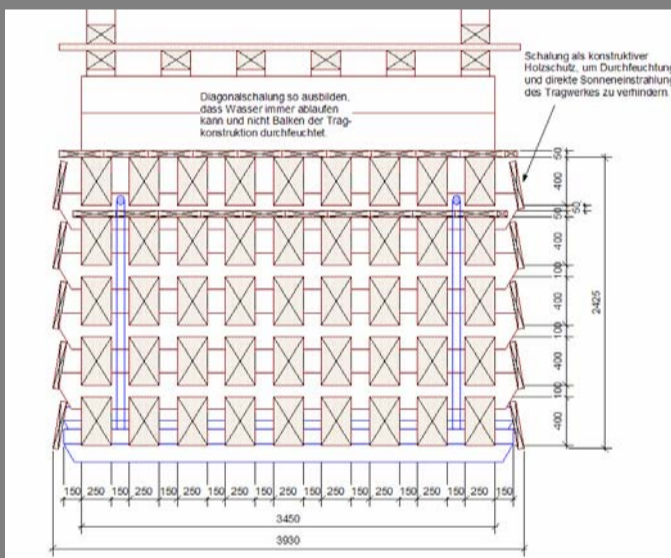
Randbedingungen

- die Spannweite der neuen Kragbrücke in traditioneller Architektur muss wegen der von der Flutwelle verursachten Verbreiterung des Flussbettes auf 56m erhöht werden
- der noch bestehende alte Turm auf der Dzongseite wird in das neue Tragwerk integriert
- äusseres Erscheinungsbild als klassische Kragbrücke aus Holz wie im Himalaya über Jahrhunderte üblich
- Verwendung von einheimischem nicht qualitätsortiertem Vollholz
- geringe Systemsensibilität beim Versagen von Einzelbauteilen
- Setzungsunempfindlichkeit des Tragsystem
- keine bewitterten, unkontrollierbaren Anschlüsse grosser Kräfte
- einfacher, aber effizienter konstruktiver Holzschutz und damit hohe Dauerhaftigkeit
- zuverlässiger Kolkchutz der Foundation gegenüber GLOF (Glacial Lake Outburst Flood) -> der Dzong liegt im „roten Bereich“. Infolge der globalen Klimawärmung sind auch in Zukunft grössere Flutwellen aus Gletscherseen nicht auszuschliessen
- möglichst geringer Beton- und Bewehrungsverbrauch
- einfachste Konstruktionsdetails, da keine Holzbautradition für solche Bauwerke im Land mehr vorhanden ist



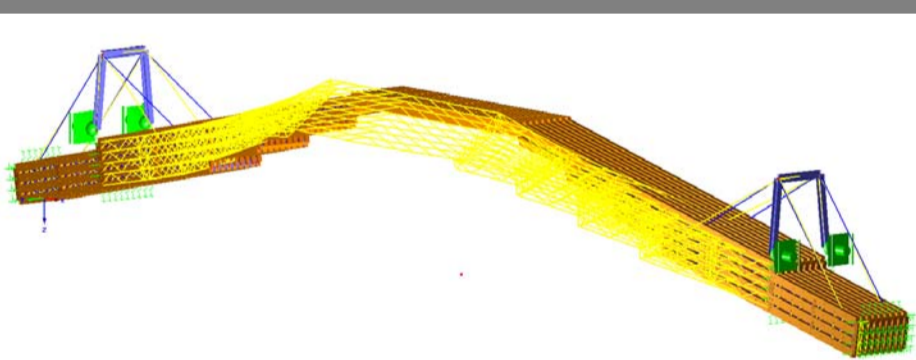
Tragwerkskonzept und Brückenquerschnitt

- Mischsystem aus 2 Kragbalken mit Einhängeträger, Bogenwirkung und zusätzlicher Abspannung:
- durch die Notwendigkeit der Normalkraftübertragung vom Eihängeträger in die Kragbalken für die Abtragung der Horizontallasten ergibt sich zwangsläufig für die vertikalen Lasten eine Bogenwirkung
- die Abspannungen verbessern das Tragverhalten bei unsymmetrischen Lasten, bei unterschiedlichen Setzungen, im Bauzustand (keine temporären Abstützungen im Fluss notwendig), sowie die Verformungen
- der Querschnitt besteht bei der Einspannung in den Turm aus 9 Stapeln mit je 5 Lagen und Einzelquerschnitten von 250x400mm bei Längen der Balken bis zu 22m
- die Balken werden untereinander über spezielle Gewindestangen Ø16mm zu einem (nachgiebigen) Verbundträger verschraubt
- die Queraussteifung erfolgt über eine im Bereich der Einspannung in den Turm auf jeder Lage, sonst nur auf der obersten Lage diagonal verlaufende, genagelte Bretterschalung



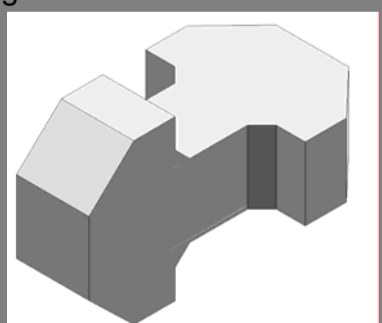
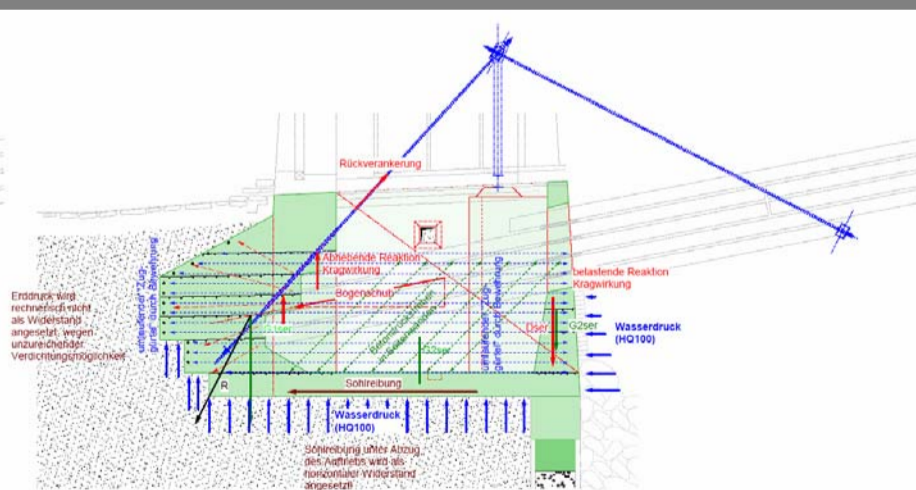
stat. Modell und Schwingungsverhalten

- die Schnittkräftermittlung erfolgte am 3-D-Strukturmodell mit 5170 Stäben wobei die Verschraubung und die Bretterschalung als fachwerkartige Pendelstäbe berücksichtigt wurden
- der Baugrund wurde über Federn modelliert
- es ergab sich ein in horizontaler Richtung relativ weiches und evtl. schwingungsanfälliges System
- es ist zwar eine relativ hohe Dämpfung zu erwarten, Messungen an vergleichbaren Systemen liegen allerdings nicht vor, weshalb das Nachrüsten eines horizontalen Schwingungstilgers vorgesehen wird



Widerlager und Foundation

- die Widerlager bestehen aus einem Betonbauteil und dem typischen Turm aus Mauerwerk der mit seiner Masse die Einspannung der Kragbalken sicherstellt
- als horizontaler Widerstand des Baugrundes für den Bogenschub wird lediglich die Sohlsreibung unter Berücksichtigung des Auftriebes beim HQ100 (= ca. 3m Wasserdruck) angesetzt
- die Foundation der vorderen Turmwand erfolgt direkt ins Flussbett: dazu wurden vorfabrizierte, 3,5m lange und 8t schwere Betonrohre ins fließende Wasser abgestellt, ausgefüllt und flussseitig mit ca. 600 sogenannten Toskanes und einem Blockwurf als Kolkchutz versehen
- die Rückverankerung der Abspannung wird über Ankerplatten im Beton direkt mit dem Balkenstapel kurzgeschlossen
- der Horizontalschub wird im Widerlager durch einen umlaufenden Bewehrungsgürtel in die Seitenwände zurückverankert und so über Betondruckfelder in die Bodenplatte abgetragen



Bauablauf und Fertigstellung

- es wurden 165 Bäume für den Brückenquerschnitt gefällt und roh zugeschnitten zur Baustelle transportiert; sie werden z. Z. dort nach der Trocknung zu den erforderlichen Balken verarbeitet.
- Das Fundament und Widerlager für den neuen Brückenturm sind z. Z. annähernd fertig gestellt
- Am bestehenden Turm wird die Rückseite Wand bis zur Fundamentsohle freigelegt, das Dach temporär auf die ganze Turmhöhe abgefangen und nach dem Rückbau eines Teiles der Wand das neue Fundament mit ins Innere des Turmes integriert
- für das Abbinden der Balkenstapel und das Eindrehen der Gewindestangen werden lediglich Kettensägen und starke Bohrmaschinen benötigt



Die Brücke soll bis Ende April 2008 für die Feierlichkeiten der offiziellen Krönung des neuen Königs im Punakha Dzong fertig gestellt sein