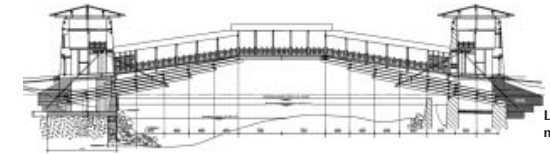


Trotzen hoffentlich: Bis zu 500 Menschen kann die neue Brücke bei festlichen Prozessionen tragen (Fotos und Zeichnungen: Walt + Galmarini AG)



Wiederherstellung einer historischen Holzbrücke in Bhutan

Königsweg



Längsschnitt der neuen Kragbrücke

Es war ein Drama für das kleine Land Bhutan vor gut 40 Jahren, als 1968 die Talseite eines Gletschersees im Himalaja brach. Entfesselte Wassermassen rissen nicht nur Tiere und Menschen im Tal von Punakha mit, sondern auch die alte Kragbrücke der Klosterburg aus dem 17. Jahrhundert. Die Bhutaner selbst nennen ihr Land seit dem 13. Jahrhundert Druk-Yul, das „Land des friedlichen Donnerdrachens“, ihr König trägt den Titel Druk-Gyapo, der „Drachenkönig“. Doch das tödliche Grollen des Wassers droht in naher Zukunft noch öfter über die am Fuß des Himalaya gelegenen Regionen zu kommen, tauen doch auch die dortigen Gletscher aufgrund des Klimawandels in einem beängstigenden Tempo. Die Klosterburg von Punakha ist seit 1637 die Winterresidenz des Je Kempo, des religiösen Oberhauptes Bhutans, und bietet Platz für etwa 500 Mönche. Hier wurde

auch der 5. König von Bhutan, S.M. Jigme Khesar Namgyel Wangchuk, unter Ausschluss der Weltöffentlichkeit am 1. November 2008 gekrönt. Die feierliche Prozession mit mehreren hundert Personen zog dabei in die Klosterburg von Punakha ein – über jene wieder hergestellte Brücke, die vor allem europäischem Engagement zu verdanken ist. Das Aufsehen erregende Projekt wurde im Dezember 2009 auf dem 15. Internationalen Holzbau-Forum in Garmisch-Partenkirchen vorgestellt. Auf Grund der kulturellen und auch religiösen Bedeutung der Brücke als Zugang zur Klosterburg von Punakha war es ein Bedürfnis der bhutanesischen Regierung, diese im traditionellen Stil als Kragbrücke wieder aufzubauen, um den ursprünglichen Zustand der Gesamtanlage wieder herzustellen. Bei einem Besuch in Bhutan im Jahr 2000 hatte die bhutanische Regierung den Verein Pro Bhutan gebeten, den Wiederaufbau der überdachten Holzbrücke in traditioneller Architektur und Bauweise zu übernehmen. Der seit mehr als 15 Jahren vor Ort tätige Schweizer Architekt Fritz Baumgartner, welcher die Projektentwicklung und -leitung vor Ort übernahm, entwarf darauf

hin zusammen mit dem Ingenieurbüro Walt + Galmarini AG, Zürich, die letztlich realisierte Variante der neuen Brücke von Punakha. Es waren neben technischen vor allem auch kulturelle und logistische Herausforderungen zu meistern.

56-m-Kragbrücke verbindet Tradition und Moderne

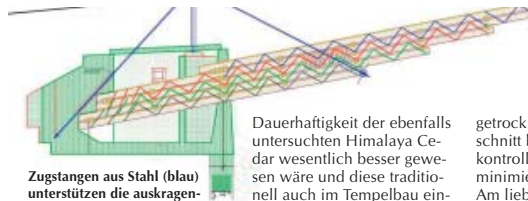
Einfachste Kragbrücken waren und sind im Himalaya weit verbreitet. Ist die Spannweite für einen einfachen Balken zu groß, werden die Baumstämme am Ufer jeweils so mit einer Auflast versehen, dass sie von beiden Ufern auskragend auch noch die Last eines Verbindungsbalkens zu tragen vermöchten. Da sich die Brücken oft an bedeutungsvollen Orten befinden, wurden diese nicht selten wie Tempel und Altäre kunstvoll bemalt. Als Varianten gibt es Brücken nur mit einseitigen Kragbalken, zweigeschossige Turmhäuser, sowie gedeckte und offene Brücken. Geografisch befindet sich die Brücke der Klosterburg von Punakha unmittelbar an der Vereinigung zweier Flüsse auf etwa 1200 m über NN. Nach der Flutwelle von 1968 verbreiterte sich das Flussbett massiv, sodass die Spannweite der alten Kragbrücke von

- Untere Reihe v.l. n.r.:
- Balkenverband aus Chir Pine
 - Bearbeitung der Stämme von Hand
 - Eine starke Uferbefestigung schützt vor Unterspülungen
 - Ein Mönch der benachbarten Klosterburg betrachtet das Schauspiel



35 m nicht mehr ausreichte. Die neue Kragbrücke besitzt nun eine Spannweite von 56 m, dabei hätten die Schweizer Ingenieure sich einen noch größeren Sicherheitsabstand vom Fluss gewünscht. Hätte man über eine komplett neue Brücke mit modernen Baumaterialien nachgedacht, hätte sich eine Spannweite größer 60 m angeboten. Im Fall Bhutan war das anders: Zum einen gab es keine Möglichkeit, Brettschichtholz entsprechender Dimension an den Bauplatz zu bringen bzw. mit der notwendigen Qualität vor Ort herzustellen. Zum anderen war bei der Planung der mittelalterliche Brückenturm der alten Kragbrücke zu berücksichtigen, den die Flut verschont hatte und der nun aus denkmalpflegerischen Gründen erhalten bleiben sollte.

Auf Grund der nahen Wasserlage war neben der beträchtlich größeren Spannweite das Problem der möglichen Unterspülung der beiden Brückentürme zu lösen. Ein zusätzlicher Pfeiler im Fluss wurde von Beginn an wegen der erhöhten Gefahr einer Verklausung, d. h. dem Verschluss durch mitgeschwemmte Stämme, ausgeschlossen. Es wurden deshalb vor Ort vorfabrizierte Betonrohre entwickelt, die in die Flusssohle versetzt nun als „Pfahlwand“ die Lasten des vorderen (Druck)Wider-



Zugstangen aus Stahl (blau) unterstützen die auskragenden Balken

lagers des neuen Turms der Kragbrücke abtragen. Mit ebenfalls einfachen handwerklichen Mitteln wurden vor Ort spezielle Betonteile gegossen, so genannte „Toskanes“, die im Fluss vor einem der beiden Türme versenkt wurden. Sie bilden einen zusätzlichen Schutz für das Fundament des Turms, da die Strömung in der Lage ist, Steine mit einem Gewicht von mehr als 500 kg zu transportieren.

Massive Balken aus mehr als 160 Bäumen

Eigentlich weist Bhutan eine außerordentlich ausgeprägte Holzbautradition vor. Auch die Holzvorräte sind enorm, ein Großteil des Landes mit gemäßigterem Klima ist bewaldet. Dennoch: Sägewerke im größeren Stil und weiterreichende Holzindustrie gibt es nicht.

Die Auswahl der geeigneten Holzart fiel nach einigen Diskussionen über örtliche Erfahrungen und Verfügbarkeit auf Chir Pine (*Pinus roxburghii*). Auf Grund einer Versuchsreihe von Proben an der HSB in Biel entspricht sie den in Europa bekannten Föhrenarten. Obwohl die

Dauerhaftigkeit der ebenfalls untersuchten Himalaya Cedar wesentlich besser gewesen wäre und diese traditionell auch im Tempelbau eingesetzt wird, wurde vor allem unter Rücksichtnahme des Artenschutzes auf diese gefährdete Holzart verzichtet.

Vor Ort erfolgte die Suche nach einer ausreichenden Anzahl verfügbarer Chir-Pine-Baumstämme mit größtmöglichem Durchmesser in entsprechender Höhe. Das Ergebnis war eine Liste mit Bäumen, die es erlaubten, einen effektiven Brückenquerschnitt aus max. 5 x 9 Balken mit einem Querschnitt von 25 x 40 cm bei einer maximalen Länge von ca. 22 m zu verwenden. Insgesamt wurden mehr als 160 Bäume im größeren Umkreis von Punakha in den Gebirgstälern gefällt. Direkt im Wald erfolgte ein Grobzuschnitt, die Rohbalken wurden lediglich mithilfe von Bambusseilen zum Bremsen die Steilhänge hinunter transportiert, dann im Fluss gefloßt bzw. wo möglich jeweils zwei Balken mit Lkw, teilweise mit mehrmaligem Auf- und Abladen infolge der engen Kurven, nach Punakha gefahren. Die Bäume wurden mehr als 16 Monate vor dem Einbau gefällt und dann in einem Zwischenlager bei der Klosterburg überdacht auf die spätere in der Brücke zu erwartende Ausgleichsfeuchte

getrocknet. Ein Entlastungsschnitt bis ins Mark sollte unkontrollierte Schwindrisse minimieren.

Am liebsten hätte die bhutanische Regierung eine Brücke ganz ohne Stahlteile gesehen. Bei der alten Kragbrücke mit ihrer Spannweite von ursprünglich 35 m wäre das auch kein Problem gewesen. Doch bei 56 m in alter Kragbauweise mussten sich die Ingenieure von Walt + Galmarini etwas einfallen lassen. „Erste einfache Handrechnungen ergaben schnell, dass der Bauzustand mit 20 m Auskragung selbst mit vernünftiger Schubverschraubung der Lagen untereinander extrem große und gut wahrnehmbare Verformungen zur Folge gehabt hätte und auch die Bemessungsfestigkeitsgrenzen überschritten worden wären“, beschreibt Wolfram Kübler, Projektleiter bei Walt + Galmarini, Projektleiter bei Walt + Galmarini, die Brisanz der Planungen.

Am Ende kamen zwei Verstärkungen aus Metall zum Einsatz: Zum einen Zugstangen aus Stahl nach dem Prinzip einer Schrägkabelbrücke, zum anderen lange Vollgewindestangen, mit denen die Balkenlagen untereinander nahezu schubfest verbunden wurden. Streng genommen handelt es sich also nun um eine „abgespannte Krag-Bogen-Brücke“ oder, wenn man so will, „Gürtel mit Hosenträger“. Theoretisch hätte man die Abspannung im

Endzustand ausbauen oder in die Kragarme entsprechende Verbände für die Horizontalstabilität einbauen können, um „sauber“ im alten statischen (Krag-)System zu bleiben. „Eine gewisse systembedingte ‚Lebensversicherung‘ durch bewusst ausgebildete duktile Bereiche erschien uns aber infolge der nur bedingt kalkulierbaren Ereignisse, wie Verklausungen durch Schwemmholz oder auch Erdbeben, mehr als sinnvoll“, so Kübler.

Brückenbau fast ohne Hilfsmittel und Maschinen

Voraussetzung für die Montage der einzelnen Balkenlagen der Kragbrücke waren vor allem mobile Ständerbohrmaschinen, mit denen die 1,5 m langen Vollgewindestangen

(SFS) eingebracht werden konnten. Insgesamt wurden etwa 2000 dieser 16-mm-Gewindestrauben benötigt. Durch die Verwendung dieser stiftförmigen Verbindungsmittel wurde zudem ein großes Potenzial an Energievernichtung und Dämpfung geschaffen. Zustände mit bis zu 500 Personen auf der Brücke sind bei buddhistischen Festen in der Klosterburg mehrmals im Jahr möglich. Konsequenterweise wurden zumindest Überlegungen für einen nachträglichen Einbau eines Schwingungstilgers angestellt und vor der eigentlichen Eröffnung Anregungsversuche und Schwingungsmessungen durchgeführt. Fazit: Es treten (selbst für europäische Ansprüche) keine störenden Schwingungen auf, d. h. die

Konstruktion hat sich auch diesbezüglich bestens bewährt.

Ein an europäische Baustellen gewöhnter Ingenieur muss sich entweder sehr umstellen und tolerant sein oder er verzweifelt am ersten Tag. Dies aber nicht, weil die Arbeiter schlecht motiviert wären oder schlampig gearbeitet werden würde, es fehlen schlichtweg die gewohnten Hilfsmittel und Maschinen. Ein Beispiel: Es gibt zwei scheidene Mobilkrane in Bhutan, die dem Ministerium unterstellt sind. Einer davon war auf der Baustelle einer neuen Fabrik im Süden des Landes, der andere auf der Brückenbaustelle. Ein paar Tage vor Montagebeginn der ersten Holzbalken wurde der Kran defekt. Er konnte zwar wieder in Stand gesetzt wer-

den, aber bis dahin vergingen zwei Monate. In dieser Zeit war mehr als die Hälfte der Balken bereits mithilfe einer improvisierten Seilbahn montiert worden. Auch der Buddhismus prägte den Bauablauf: Ursprünglich sollte die Brücke bereits 2007 (statt 2008) eröffnet werden, was sich nach der astrologischen Vorhersage aber als „schwarzes“ Jahr herausstellte. Die ersten Kragbalken der Brücke durften nur an einem vom Astrologen des Klosters bestimmten Tag mit einer feierlichen Zeremonie montiert werden. Es bleibt zu hoffen, dass die Brücke samt Kloster möglichst lange erhalten und vor den drohenden Überschwemmungen verschont bleiben.

Die Klosterburg von Punakha aus dem 17. Jh. am Südhang des Himalaya



Früher reichte eine Spannweite von 35 m aus, heute sind es 56 m

