

Das 500 Meter lange Holztragwerk der neuen Fußgängerbrücke bei Anaklia gefiel der Bauherrenschaft derart gut, dass sie auf die ursprünglich geplante Wetterschutzschalung aus Holz verzichtete. Stattdessen verlangten die Verantwortlichen eine durchsichtige Bekleidung aus Polycarbonatplatten.

Bild: CRP

Holzbrücke gewinnt Preiskampf

Brückenbau | Am Schwarzen Meer wurde Anfang 2012 eine der längsten Holzbrücken der Welt eröffnet. Die Fußgängerbrücke in der Nähe des Touristenorts Anaklia entstand dabei durch die Zusammenarbeit international anerkannter Unternehmen und die geschickte Kombination bewährter und neuartiger Holzbautechnologien. **Markus Golinski, Jochen Stahl und Steffen Müller-Braun**



BAUTAFEL

Objekt

Anaklia Pedestrian Bridge

Bauherr

Staat Georgien

Generalunternehmer

CRP, Tiflis, Georgien

Holzbaukonstruktion

HESS TIMBER GmbH & Co. KG, Kleinheubach

Lastannahmen, Statik, Entwurf

Leonhardt, Andrä und Partner, Stuttgart

Tragwerksplanung Holzbau

Fast + Epp GmbH, Darmstadt

Planung Abdichtungsdetails

HSW- Ingenieure, Bad Oeynhausen

Bilder 2 bis 10: Hess Timber



Für die Brücke wurden die räumlichen Fachwerkträger auf der Baustelle mittels Schlitzblechen und stählernen Standardverbindern zu zwei über 200 Meter langen Durchlaufträgern zusammengesetzt.

Anaklia ist ein Luftkurort am Ostufer des Schwarzen Meers. In den nächsten Jahren soll dort ein nahegelegenes bislang nahezu unerschlossenes Küstengebiet für die touristische Nutzung erschlossen werden. Gemäß dem Masterplan des spanischen Planungsbüros CMD Ingenieros werden dann in dem georgischen Ort am Enguri, einem Grenzfluss zu Abchasien, Hotels, ein Yachthafen, Schwimmbäder und Sportplätze entstehen. Die Erschließung ist dabei bereits gesichert: Seit Kurzem verbindet eine über 500 Meter lange Fußgängerbrücke den Hotel- und Hafenbereich mit dem Strand auf der nördlichen Seite des Flusses. Das Besondere daran: Sie ist aus Holz, sie wurde in Deutschland geplant und sie wurde in Deutschland vorgefertigt und dann in straßentauglichen Paketen ohne Sondertransporte nach Georgien geschafft.

Ausführung in Holz war billiger als der Stahlbauentwurf

CMD fertigte im Rahmen des Masterplans zunächst einen Entwurf für eine neue Fußgängerbrücke an. Dieser sah eine kühne, in Stahl konzipierte Hängebrücke mit einer Länge von ca. 552 Metern vor. Jedoch überschritt der Brückenentwurf das Budget um ein Vielfaches, so dass nach Alternativen gesucht wurde. Durch einen am Holzbau interessierten georgischen Unternehmer

wurde eine kostengünstigere Lösung in Holzbauweise ausgearbeitet. Man erkannte jedoch schnell, dass die im eigenen Land nur dürftig vorliegenden Kenntnisse im Ingenieurholzbau für dieses Projekt nicht ausreichen würden. Darüber hinaus wurde ein ausländischer Brettschichtholz-Hersteller für die Realisierung benötigt, denn im eigenen Land und den umgebenden Nachbarländern wird Brettschichtholz (BSH) nicht hergestellt.

In Kooperation mit dem bayrischen BSH-Hersteller HESS TIMBER wurde durch das Büro Leonhardt, Andrä und Partner (LAP) in Stuttgart eine Holzbaulösung geplant. Der finale Entwurf sieht ein Mehrfeldsystem aus Holzfachwerkbindern mit dreieckigem Querschnitt vor. Zur Reduzierung der Zwangsbeanspruchungen in Längsrichtung teilt sich das Tragwerk etwa in der Mitte der Brücke in zwei Abschnitte. Dabei besteht der erste Brückenabschnitt aus einem Durchlaufträgersystem. Der zweite wird aufgrund der dort größeren Spannweiten zusätzlich durch einen Stahlpylon abgespannt. Im Längsschnitt ist zu erkennen, dass die Brücke aus gestalterischen Gründen zur Mitte hin leicht überhöht wurde. Der sich daraus für die Planung und Ausführung ergebenden erhöhten Komplexität wurde durch eine Polygonisierung der Trägergeometrie begegnet. Die gesamte Brückenkonstruktion ist 504 Meter lang und setzt sich aus



Kerto-Q-Platten bilden als horizontale Scheibe das Aussteifungselement. Gleichzeitig sind sie die Laufplatte der Brücke. Die Abdichtung erfolgte mit einer glasfaserverstärkten PVC-Bahn von Wolfin.



Ein zusätzlicher Obergurt in der Brückenmitte nimmt die Horizontalkräfte auf, die durch die schrägen Spannseile am Pylon in das Brückenfachwerk eingetragen werden. Die vertikalen Kraftanteile werden mittels Zugstäben in den Untergurt übertragen.

zwei gevouteten Widerlagerbereichen à 36 Metern Länge, sechs „Regelbereichen“ à 48 Metern Länge und einem Schrägseilbereich mit den größten Spannweiten von 60 und 84 Metern zusammen. Somit ist diese Kons-

truktion eine der längsten Holzbrücken der Welt. Für die Bemessung des Holztragwerks mit den dazugehörigen komplizierten Anschlüssen wurde das Büro Fast + Epp aus Darmstadt hinzugezogen.

Riesige Fachwerkträger bilden durchlaufende Brückenträger

Der Brückenquerschnitt besteht aus einem räumlichen Fachwerksystem aus Brettschichtholz mit zwei seitlich um 45 Grad geneigten Fachwerkträgern sowie einer horizontalen Laufplatte aus Querriegeln und einer Holzwerkstoff-Bekleidung. Letztere dient neben ihrer Funktion als Laufplatte auch als horizontale Scheibe zur Aussteifung und wurde mit kesseldruckimprägnierten Kerto-Q-Platten ausgebildet. Diese dienten auch gleichzeitig als Folienträger für die oberseitige Abdichtung mit einer Wolfin M-Bahn, einer glasfaserverstärkten PVC-Bahn.

Das gesamte Brückentragwerk wurde in einem Finite-Element-Programm abgebildet, wobei die möglichst realitätsnahe Modellierung der Steifigkeit der Kerto-Q-Scheiben eine besondere Beachtung fand. Während die Diagonalen des räumlichen Fachwerks als einzelne Stäbe konzipiert wurden, liefen die drei Gurte des Mehrfeldträgers über die gesamte Abschnittslänge von 276 und 228 Metern durch. Aufgrund der großen Spannweiten werden die Kräfte in den Fachwerkgurten so groß, dass die damit einhergehenden wachsenden Gurtsteifigkeiten zu erheblichen Stützmomenten über den Auflagern führen. In einem Optimierungsprozess wurden die Querschnitte unter Berücksichtigung der Kerto-Steifigkeit so lange variiert, bis die Normalkräfte sicher abgetragen und gleichzeitig die Stützmomente begrenzt werden konnten.

Die Verbindung der BSH-Bauteile innerhalb des Fachwerkbinders erfolgte weitestgehend über Stabdübelverbindungen mit Schlitzblechen. Während der Werkplanung wurden je nach Knotengeometrie und Größe der zu übertragenden Kräfte verschiedene Anschlusstypen definiert, die dann bei den einzelnen Feldern verwendet wurden. Auch die Montagestöße zwischen den einzelnen bis zu 48 Meter langen Brückenelementen wurden mit Stabdübelverbindungen hergestellt. Allerdings besitzen alle Gurte an den Elementenden eine Kopfplatte. Damit wurde den Montagetoleranzen Rechnung getragen und die Verbindungen der Teilelemente konnten jeweils zwischen zwei Stahlelementen ausgeführt werden. Die zweiteiligen Diagonalen am

Elementstoß wurden nachträglich in die Schlitzblechverbindungen eingebaut. Für die Befestigung von Riegeln und Kleinbauteilen wurden handelsübliche Blechformteile und Anschlüsse mit geneigt eingeschraubten Vollgewindeschrauben gewählt.

Aufgrund der Geometrie der Betonpfeiler ist die Auflagerkonstruktion sehr stark der Witterung ausgesetzt. Außerdem treten an diesen Stellen sehr große Querkräfte auf. Daher erschien es sinnvoll, diese W-förmigen Bauteile aus Stahl zu konstruieren. Die vertikalen Kräfte des Brückenträgers werden in der geneigten Ebene der Fachwerkbinder an den beiden Obergurten aufgenommen, während die Längskräfte aus horizontalen Verkehrslasten und Erdbebenbeanspruchung in der Untergurtebene ins Auflager geleitet werden. Die sich aufgrund der Lagerdefinition ergebenden Exzentrizitäten müssen wiederum durch das Holztragwerk aufgenommen werden. Die am Schwarzen Meer auftretenden großen Windlasten werden durch die kontinuierliche Verbindung der durchlaufenden Kerto-Scheibe mit der W-förmigen Stahlkonstruktion in das Auflager abgetragen.

Niedrige Löhne ermöglichen viel Handarbeit beim Brückendeck

Zur Ausbildung der Scheibe wurden die Kerto-Q-Platten bauseitig durch Nagelautomaten mit Nägeln in den Obergurten und Riegeln befestigt. Auf diese Weise konnten zusätzliche Windverbände in der Obergurtebene vermieden werden, die die ohnehin bereits komplexen Anschlussgeometrien in den Knotenpunkten weiter erschwert hätten. Hieraus folgt eine elegante und unter den gegebenen Randbedingungen einfache Lösung für das Aussteifungssystem, insbesondere weil die Lohnkosten in Georgien verhältnismäßig niedrig sind und viele lokale Arbeitskräfte für die Vernagelungsarbeiten zur Verfügung standen.

Im Bereich des Pylons mussten die Schrägeisele in der Mitte des Brückenquerschnitts an den Fachwerkträger angeschlossen werden. Daher wurde in diesem Bereich zusätzlich ein mittlerer Obergurt eingeführt, der die horizontalen Kräfte aus den Seilen mit dem Holztragwerk kurzschließt. Die vertikalen Kräfte werden



Das Austüfteln komplizierter Fachwerkknoten war wesentlicher Teil der Planung.



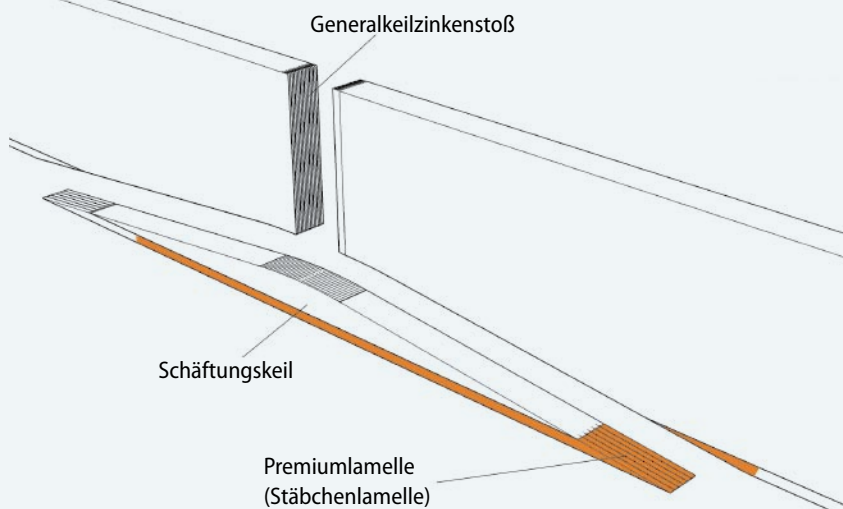
Die Brückenträger wurden in LKW-tauglichen Längen von 13,5 Metern nach Georgien transportiert und dort bauseits zu den fast 50 Meter langen Gurten der Regelbauteile zusammengeleimt.

durch ein Zugstabsystem übertragen, mit dessen Hilfe der Untergurt des Durchlaufträgers an die Schrägeisele angehängt ist.

Ursprünglich sollte die gesamte Fachwerkkonstruktion mit einer Kastanienverschalung verkleidet werden. Da das Holzfachwerk den Bauherren jedoch während der Montage so gut gefiel, entschloss man sich letztlich, transparente Polycarbonatplatten für die Verkleidung zu verwenden, um die Konstruktion auf diese Art und Weise sichtbar belassen zu können.

Zimmereiausstattung und Zimmerer aus Deutschland mit gebracht

Die Ausführung und Realisierung eines solchen Projekts – insbesondere an einem außergewöhnlichen Bauort wie diesem – stellt ein Projektteam vor ganz spezielle Herausforderungen. Neben den beeindruckenden Abmessungen der Brücke galt es, die infrastrukturelle Situation vor Ort in die Vorbereitung miteinzubeziehen. Die vor Ort vorhandenen Werkzeuge und Hilfsmittel hätten die Umsetzung



Zur Herstellung der bauseitigen Leimverbindungen kam der patentierte Hess Limitless-Montagestoß zum Einsatz, bei dem unter definierten klimatischen Bedingungen ein Schäftungskeil in Kombination mit einer Keilzinkung eingeklebt wird.



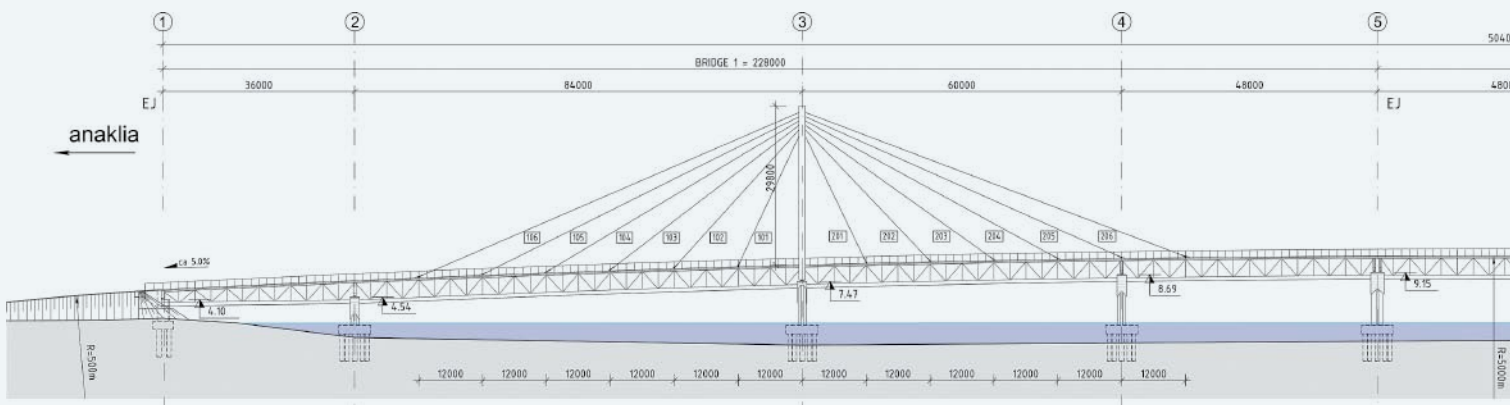
Nach der Vorfertigung in Deutschland und dem Transport ans Ostufer des Schwarzen Meers wurden die Gurte und die übrigen Fachwerkkomponenten auf einem eigens dafür aufgeschütteten Damm montiert und später an ihren endgültigen Platz gehievt.

dieses Projektes zusätzlich und unnötig erschwert, zumal der hohe Termindruck ein wichtiger Faktor bei den Überlegungen in der Vorbereitung war. Aus diesem Grund und um eine hohe Qualität sicherzustellen, entschloss man sich bei HESS TIMBER, eine komplette Zimmerer-Werkstattausstattung nach Anaklia zu exportieren. Es wurden ebenfalls deutsche Zimmerer eingesetzt, die zusammen mit georgischen Hilfskräften die Montage vor Ort durchführten.

Ein wichtiger Gesichtspunkt war der Transport der BSH-Einzelteile von HESS TIMBER nach Anaklia. Die Möglichkeit von Sondertransporten war von Anfang an ausgeschlossen, da die entstehenden Kosten für eine Transportstrecke von ca. 3.750 Kilometern immens hoch sind und den Kostenrahmen gesprengt hätten. Zusätzlich wären Probleme bei dem Transit durch einige Länder wie Bulgarien und die Türkei zu erwarten gewesen. Hinzu kam das Problem der Anschlussverschieblichkeiten aus der Verformung infolge der mechanischen Verbindungsmittel, so dass es galt, die Anzahl der Verbindungen insbesondere in den Gurten der Fachwerkträger zu minimieren.

Patentierte Verbindung ermöglicht Klebung auf der Baustelle

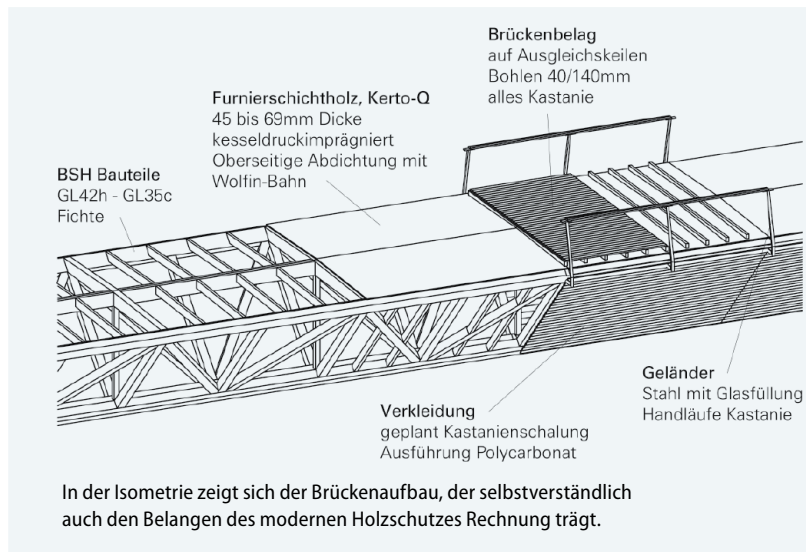
Der im Jahr 2010 von der Firma HESS TIMBER patentierte „Hess Limitless-Montagestoß“ machte es möglich, die BSH-Einzelteile auf eine maximale Länge von 13,5 Meter zu reduzieren. Dabei konnten weiterhin bis zu 48 Meter lange Fachwerkträgerabschnitte vor Ort hergestellt werden, bei



Die neue Holzbrücke bei Anaklia besteht aus zwei Fachwerk-Durchlaufträgern, die sich über insgesamt zehn Felder erstrecken. Im Bereich der beiden größten Felder ist außerdem ein Pylonsystem angeordnet.

denen die Gurte aus einem einzigen Träger bestanden. Hinzu kommt, dass durch den Einsatz des Montagestoßes automatisch ein Brettschichtholz mit der hohen Festigkeitsklasse GL35c zum Einsatz kommt. Somit konnte zusätzlich materialsparend und effizient bemessen werden. Insgesamt wurden 141 dieser Stöße vor Ort hergestellt. Die in Anaklia stark unterschiedlichen klimatischen Bedingungen wie 0°C im Winter, 40 °C im Sommer, Stürme und starke Regenfälle zeigten, dass dieses System in Kombination mit modernster Verleimungs- und Überwachungstechnik auch unter schwierigsten Bedingungen ausgeführt werden kann.

Die vor Ort produzierten Fachwerkgurte wurden zusammen mit den anderen Fachwerkkomponenten und den ebenfalls in Deutschland produzierten Stahlteilen weitestgehend am Boden bzw. auf dem aufgeschütteten Damm direkt am Montageort vormontiert. Die Brückenabdichtung sowie alle weiteren Arbeiten wurden dann auf der auf den Piers montierten Rohkonstruktion vorgenommen. Alle elf vorzufertigenden Brückenabschnitte hatten eine Länge von ca. 43 bis 48 Metern und konnten so gerade noch mit den vor Ort verfügbaren Kränen eingehoben werden. Während der Errichtung hatten die Beteiligten immer wieder mit Sturmfluten und den damit einhergehenden Dammüberschwemmungen sowie orkanartigen Stürmen zu kämpfen. Trotz dieser erschwerten Bedingungen konnte die Brücke fristgerecht bis zum 1. Januar 2012 fertiggestellt werden, sodass der damalige Präsident Saakaschwili sie persönlich einweihen konnte.



Fazit: Holzbau made in Germany genießt international hohes Ansehen

Das vorgestellte Projekt hat exemplarisch gezeigt, wie der schnell nachwachsende Rohstoff Holz in Dimensionen des Brückenbaus vorstoßen kann, die eigentlich den Materialien Stahl und Beton vorbehalten schienen. Der Bau der einzigartigen Anaklia-Brücke mit einer Gesamtlänge von über 500 Metern signalisiert, dass es möglich ist, auch große Brücken aus Holz für eine lange Nutzungsdauer zu bauen, ohne dass diese dabei übermäßig massiv und rustikal wirken müssen. Des Weiteren machen die Erfahrungen bei diesem Projekt deutlich, wie angesehen der Holzbau „Made in Germany“ im Ausland ist. Der ständige Dialog zwischen Holzbauunternehmen, Tragwerksplanern und Ausführenden vor Ort war allerdings notwendig, um Planungsfehler zu vermeiden, und hat die

Umsetzung des Bauvorhabens bei einem sehr engen Zeitplan erst ermöglicht. |

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Markus Golinski ist Vertriebsleiter beim Holzleimbauunternehmen HESS TIMBER GmbH & Co. KG in Kleinheubach und war als Projektleiter verantwortlich für die Umsetzung des Holzbrückenprojekts in Anaklia.
Dipl.-Ing. Jochen Stahl, P.Eng., ist Partner und Geschäftsführer der Fast + Epp GmbH in Darmstadt und in diesem Zusammenhang verantwortlicher Tragwerksplaner für die Holzbaustatik der Anaklia-Brücke. Er hat einen Lehrauftrag für das Entwerfen von Holztragwerken an der Technischen Universität Darmstadt.
Steffen Müller-Braun ist Mitarbeiter im Büro Fast + Epp in Darmstadt und war in diesem Zusammenhang an der Planung der Anaklia-Brücke beteiligt.

