



*Josef Schmees
Zimmermeister
Geschäftsführer und Gesellschafter
Schmees & Lühn Holz- und Stahl-
ingenieurbau GmbH
Fresenburg, Deutschland*

112 m lange Pylonbrücke über die Dunajec zwischen den Ortschaften Sromowce Niżne (Polen) und Czerwony Klasztor (Slowakei) - Holz schlägt Stahl und Beton

**112 m Pylon Bridge crossing the river
Dunajec between villages Sromowce
Niżne (Polen) and Czerwony Klasztor
(Slowakei) - Timber wins against steel
and concrete**

**Un ponte di 112m di lunghezza sopra
il Dunajec tra Sromowce Niżne
(Polonia) e Czerwony Klasztor
(Slovacchia) –
Il legno batte l'acciaio e il calcestruzzo**

Dokument in Deutsch

112 m lange Pylonbrücke über die Dunajec zwischen den Ortschaften Sromowce Niżne (Polen) und Czerwony Klasztor (Slowakei) - Holz schlägt Stahl und Beton

1 Einleitung

Im Jahre 2003 wurde von der Gemeinde Czorstyn; Polen, ein Antrag auf die Förderung für den Bau einer Fußgängerbrücke über Dunajec im Zusammenhang mit dem grenzüberschreitenden EU-Förderprogramm PHARE Polen-Slowakei 2003 gestellt. Am 1. März 2003 wurde der Vertrag über die Förderung des Projektes von der Gemeinde Czorstyn und Klaster /Slowakei unterzeichnet.

Die Lage des nächst gelegenen Grenzübergangs hatte bisher verursacht, dass man ca. 15 km zwischen Sromowce Niżne und Czerwony Klasztor zurückzulegen hatte. Durch den Bau der Brücke wurde diese Strecke auf 250 m verkürzt.

Das Brückenbauwerk befindet sich ca. 40 km nordöstlich entfernt vom bekannten polnischen Skort Zakopane. Im direkten Hintergrund der Brücke befindet sich die berühmte polnische Landmarke „3 Kronen“.



Abbildung 1: Lage des Bauwerkes in Europa



Abbildung 2: Lage des Bauwerkes in Polen, ca. 40 km nordöstlich von Zakopane



Abbildung 3: Direkter Blick von der Brücke auf die „3 Kronen“

Das Brückenbauwerk wurde in Arbeitsgemeinschaft bestehend aus den 3 Firmen Schmees & Lühn-Polska (Federführung der Arge und Montage), Schmees & Lühn-Deutschland (Herstellung des Brückenüberbaus und Montageunterstützung), sowie dem polnischen Bauunternehmen Remost (Gründung, Fundamente, Erdarbeiten) erstellt.

2 Ausgangssituation

Bereits vor der Antragsstellung bei der EU wurde von der Gemeinde Czorstyn, die sich für die Durchführung des Projektes verantwortlich zeichnete, ein Architekturwettbewerb für den Brückenentwurf ausgeschrieben.

Der erste Entwurf sah eine ca. 112m lange Hängeseilbrücke gemäß der nachfolgenden Skizze mit einem 90 m freitragenden Feld vor an einem nur 12 m hohen Pylon vor. Der Überbau war als Stahlfachwerkkonstruktion mit einer Gehbahn aus Stahlbeton vorgesehen. Die Endverankerung der Seile war auf der slowakischen Seite in einem Fundament vorgesehen, deren Volumen, grob geschätzt, die Größe von 2-3 Einfamilienhäusern ergeben hätte. Die tatsächlichen technischen Lösungen dieses doch recht merkwürdigen Entwurfes waren und sind bis heute unbekannt.

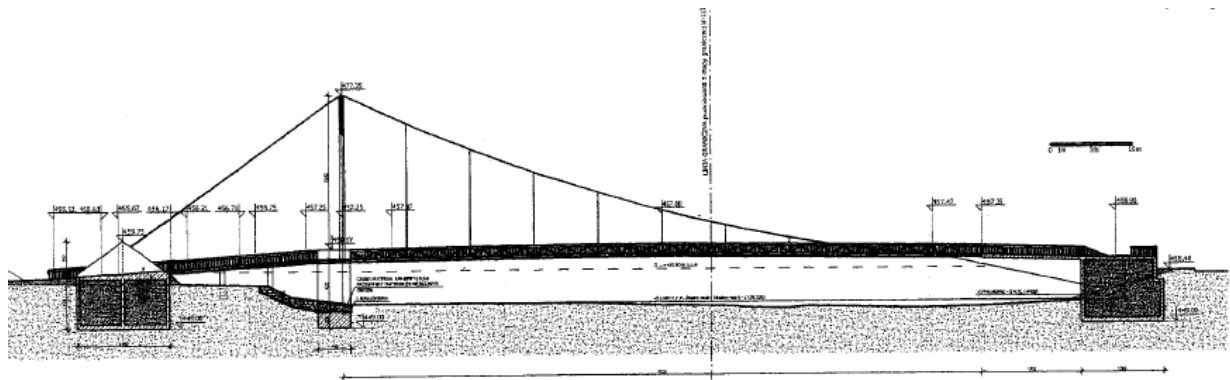


Abbildung 4: ursprünglicher Entwurf der Brücke über die Dunajec

Gleichzeitig wurde für diese Variante vom entwerfenden Büro eine Kostenschätzung abgegeben auf dessen Basis die Fördermittel zur Verfügung gestellt wurden.

Kurz darauf erfolgte die Ausschreibung. Zu diesem Zeitpunkt erlangten wir erstmals Kenntnis über dieses Projekt.

Eine Teilnahme an der Ausschreibung war zu diesem Zeitpunkt uninteressant für uns, da das polnische Ausschreibungsrecht keinerlei Alternativen (Sondervorschläge) zum Hauptangebot zulässt. Gleichzeitig haben wir uns jedoch entschlossen, das Projekt weiter im Auge zu behalten, da das Budget, welches sich über die Internetseite der Gemeinde in Erfahrung bringen ließ, bei weitem für eine Realisierung nicht ausgereicht hätte. Die Chancen für das Einbringen einer Alternative zu einem späteren Zeitpunkt erschienen also gut.

3 Die Entscheidung für den Baustoff Holz

Wie bereits zuvor vermutet wurde bei der Ausschreibung für die Gemeinde kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt. Nur eine einzige Firma beteiligte sich an der Ausschreibung und das Submissionsergebnis lag weit jenseits vom ursprünglich vorgesehenen Budget entfernt. Die Ausschreibung wurde daraufhin aufgehoben.

Nun war es für unseren polnischen Vertriebsmitarbeiter Miroslaw Kubiak an der Zeit mit dem Bürgermeister der Gemeinde Czorstyn Kontakt aufzunehmen, um über Alternativen mit dem Baustoff Holz zu sprechen.

Nach zahlreichen Gesprächen und der mehrmals gestellten Frage, ob es denn möglich sei, 90 m Stützweite im Baustoff Holz zu realisieren, ließ sich die Gemeinde letztendlich doch überzeugen, dass die Brücke im Baustoff Holz realisiert werden soll. Dabei war ein ganz entscheidender Faktor, dass sich Holz als Baustoff wesentlich besser in die vom Gebirge geprägte Landschaft einfügt. Außerdem hat das Bauen mit Holz eine sehr lange Tradition in dieser Region.

Für den Entwurf wurde das polnische Ingenieurbüro Mosty Wroclaw unter der Leitung von Herrn Prof. Biliszczyk beauftragt. Herr Prof. Biliszczyk lehrt an der Universität Breslau und ist über den Entwurf und die Ausführungsplanung zahlreicher Strassen- und Fußgängerbrücken polenweit bekannt.

Das Büro lehnte sich dabei mit seinem Entwurf an die von uns im Jahre 2001 erstellte Pylonbrücke über die Werra in Breitungen (Thüringen, Deutschland) an.

In der Entwurfs- und Planungsphase stand zudem das Ingenieurbüro HSW-Ingenieure aus Bad Oeynhausen, Deutschland, unter der Leitung von Herrn Prof. Schiermeyer, welches sich ebenfalls für zahlreiche Brückenbauprojekte verantwortlich zeichnet, dem Büro Mosty Wroclaw beratend zur Seite.

4 Entwurf und Tragwerk

Der neue Entwurf sah eine Pylonbrückenkonstruktion vor, die mit einer Gesamtlänge von 112 m die Dunajec überspannt. Die lichte Gehwegbreite beträgt 2,50m, abweichend von der polnischen Brückenbaunorm, die jeweils ein Vielfaches von 0,75 m als begehbbare Brückenbreite für Fuß- und Radwegbrücken vorsieht. Die Erschließung der Brückenkonstruktion erfolgt auf der polnischen Seite über eine ca. 20,50 m lange, in Verlängerung der Brückenlängsachse angeordnete Rampenkonstruktion als Stahlbetontrog mit einem Gefälle von 6,0 %. Auf der slowakischen Seite wird der Brückenüberbau durch jeweils zwei 27,50 m lange, quer zur Brückenachse angeordneten, Rampenkonstruktionen aus „bewehrter Erde“ erschlossen.

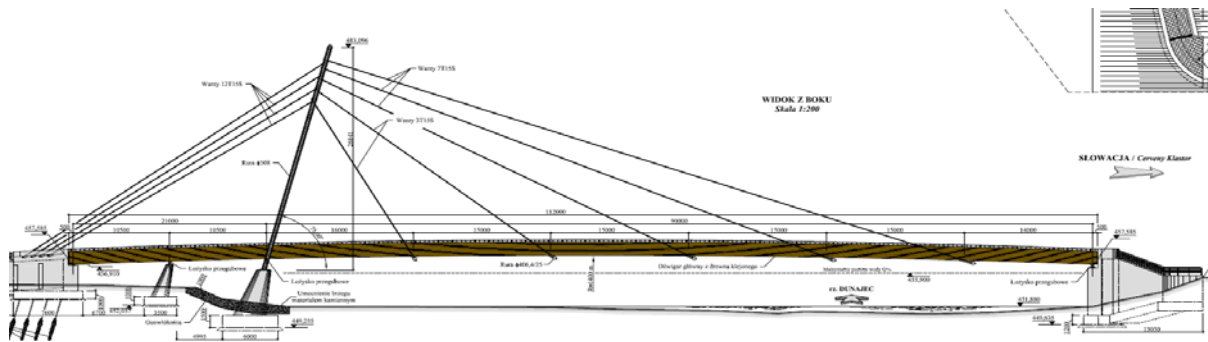


Abbildung 5: Brückenkonstruktion im Längsschnitt mit Stützenweiten 10,50 m/10,50 m/90,00 m

PRZEKRÓJ POPRZECZNY PRZEZ POMOST
Skala 1:20

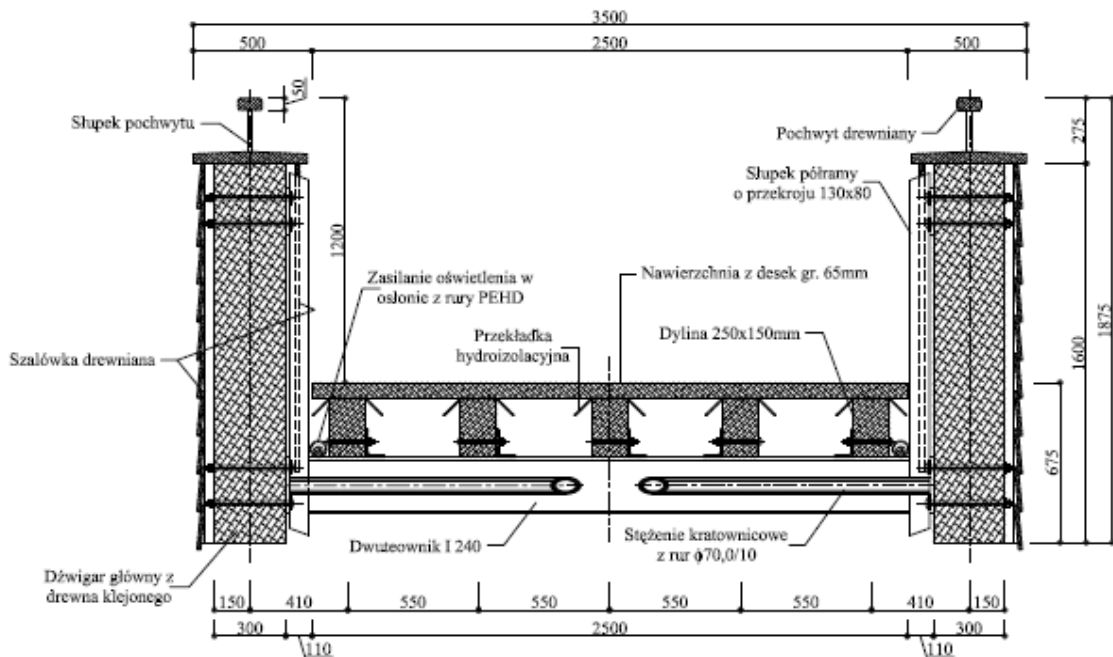


Abbildung 6: Querschnitt der Brücke im Entwurf; Nebenlängsträger und Bohlenbelag wurden später während der Ausführungsphase optimiert; Längsträger (b/h 10 x 20 cm); Bohlenbelag (b/h 4,5 x 15 cm)

4.1 Haupttragwerk

Das Tragwerk ist für eine Verkehrslast von 4,0 KN/m² (Fuß- und Radwegbrücken nach der polnischen Brückenbaunorm) ausgelegt. Die Gesamtlänge zwischen den Endauflagern beträgt 112,00 m wobei bei sich durch die Anordnung der beiden Endwiderlager, des Pylons und der Zwischenstütze Einzelstützweiten von 10,50 m, 10,50 m und 90,00 m ergeben.



Abbildung 7: Blick auf die fertige Brückenkonstruktion

Die Haupttragglieder des Überbaus Abbildungen zwei parallel verlaufende BS-Holz-Träger (BS16) aus Fichte. Sie sind 1,60 m hoch und 30 cm breit. Zwischen den Holzbindern sind U-förmige Rahmen im Abstand von etwa 2,30 m bestehend aus I 240 als Querträger und 2 senkrechten Stützen aus Stahlhohlprofilen 120*80*10 mm, in statisch hoch beanspruchten Bereichen wurden als Stützen des Rahmens zwei zusammengesetzte Stahlprofile U 200 verwendet. Die Querträger I 240 nehmen die unten liegende Gehbahn und den erforderlichen Windverband auf. Der Windverband wurde aus Rundrohren 70*10 mm hergestellt, die als vorgefertigte Kreuze im Werk zwischen die zuvor eingebauten U-Rahmen direkt eingeschweißt wurden. Sämtliche Stahlteile wurden aus Stahl S 355 gefertigt.

STĘŻENIA NA STYKU SEGMENTÓW:
(S3 - S4), (S4 - S5), (S5 - S6), (S6 - S7), (S7 - S8)
Skala 1:10

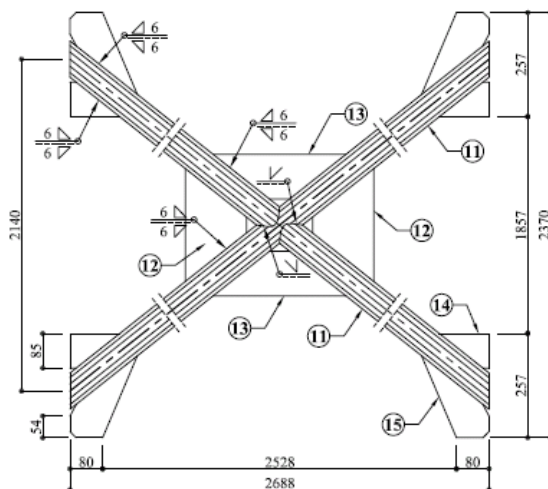


Abbildung 8: Vorgefertigter Windverband aus Stahlrohren 70 x 10 mm; Stahl S 355

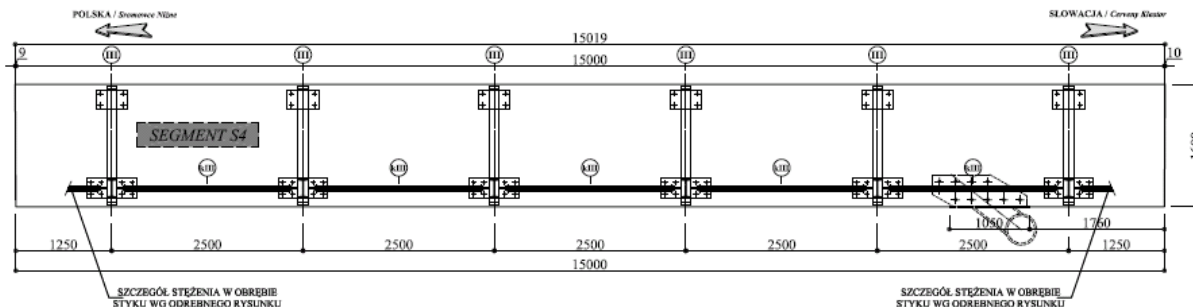


Abbildung 9: Schnitt durch die Verbandsebene eines Segmentes mit Aussteifungsrahmen, Windverbänden und Seilaufhängung

Die Gehbahn besteht aus 4,5 cm dicken, anti-slip-geriffelten Lärchenbohlen, die mit einer Fuge von circa 8 mm verlegt wurden. Sie wird von insgesamt fünf Nebenlängsträgern aus Lärchenvollholz S 10 (b/h = 10 cm x 20 cm) getragen. Die Auflagerung der Längsträger erfolgte auf den zuvor beschriebenen Querrahmen in einem Achsabstand von knapp 55 cm durch angeschweißte Winkelprofile.

Die unter der Gehbahn liegenden Längsträger haben eine Abdeckung aus einer glasfaserverstärkten Bitumenpappe PYE 200-DD als Schutz vor Feuchtigkeit und Verschmutzung.

Die Einzelsegmente (15-26 m) werden biegesteif durch jeweils 4, an beiden Seiten der Hauptträger angeordnete Stahlbleche (445/340 x 1.400 X 16 mm) und jeweils 85 Passbolzen M 30 miteinander verbunden. Die untenliegenden Bleche werden durch die zusätzliche Anordnung eines flach liegenden Stahlbleches als Auflagerschuh ausgebildet. Durch die mehrteilige Ausbildung der Stoßbleche werden Querspannungen infolge natürlicher Schwindprozesse minimiert.

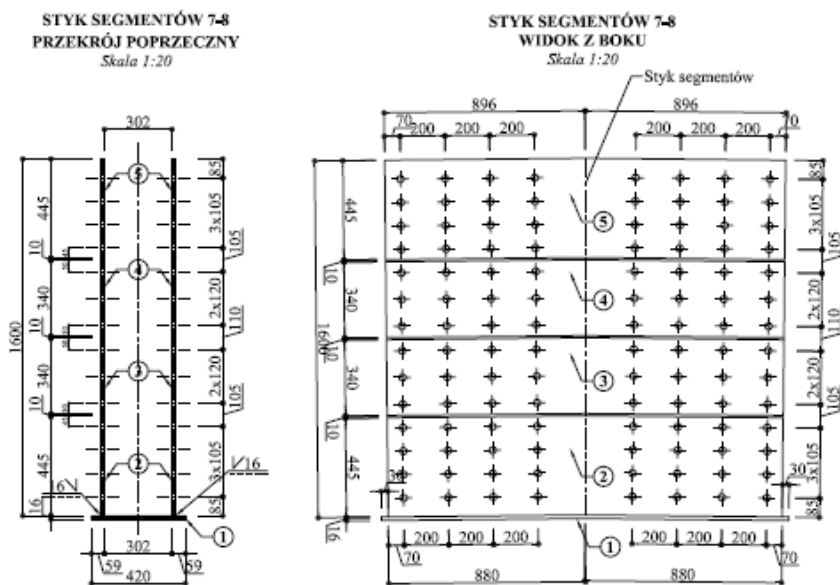


Abbildung 10: Längs- und Querschnitt der Stoßbleche

Geringfügige Montageungenauigkeiten wurden durch das Ausgießen der Stoßfuge mit Epoxidharz, bzw. Vergussmörtel (je nach Größe der Fuge) ausgeglichen.

4.2 Pylon

Zur Aufnahme der Abspannung des Brückenüberbaus wurde ein A-förmiger Stahlpylon mit einer Gesamthöhe von 26,85 m aus Rundrohren (508 x 30 mm) angeordnet. Die Fußpunkte sind im über eine Verankerungskonstruktion im Stahlbetonfundament eingespannt. Die Abspannung des Pylons zum Widerlager erfolgt über insgesamt vier übereinander angeordnete Zugstangen aus Stahl S 460.

Die Querträger am Pylonkopf bestehen ebenfalls aus Stahlrundrohren (406,4 x 16 mm), an denen Befestigungen aus Stahlblechen für die Zugstangen und die Spiralseile angeschweißt sind. Die Neigung des Pylons beträgt 75,00°.

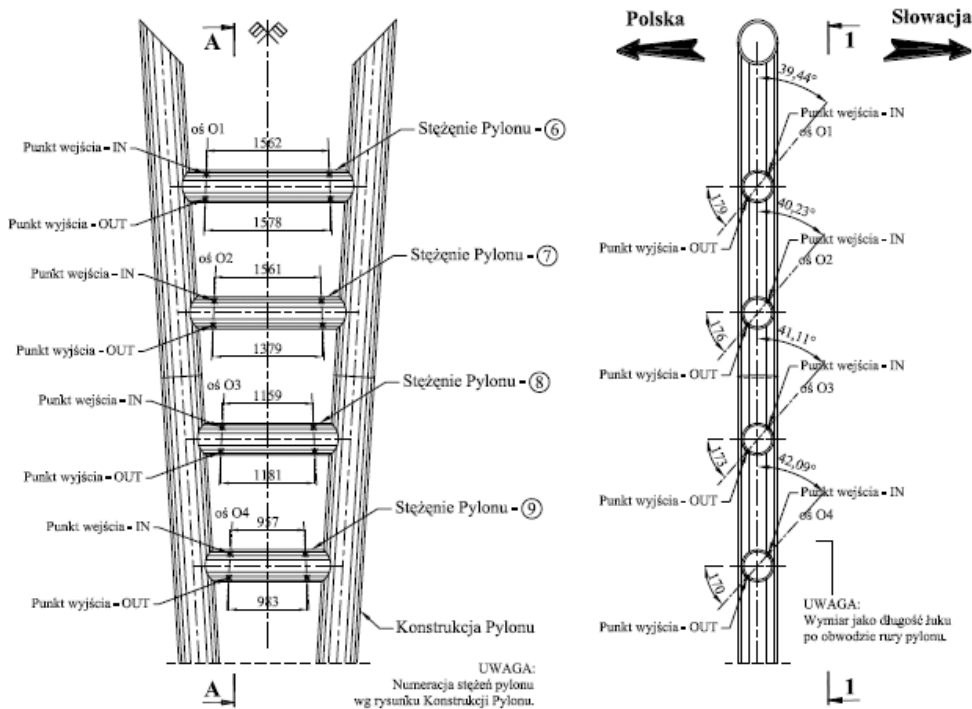


Abbildung 11: Querschnitt und Ansicht des Pylonkopfes

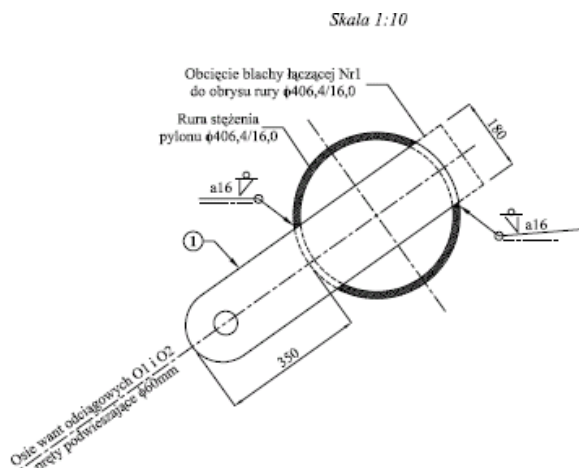


Abbildung 12: Detail: Anschlussblech für die Zugstangenanschlüsse am Querträger des Pylonkopfes

4.3 Abspannung

Der vom zuständigen Projektbüro vorgelegte Entwurf sah zunächst vor eine Abspannung des gesamten Tragwerks aus klassischen, geflochtenen Litzenbündeln, die in PE-Hüllrohren mit Mörtel vergossen werden sollten, vor.

Im Zuge der weiteren Projektbearbeitung wurde von uns in Zusammenarbeit mit der Firma Pfeifer aus Memmingen, eine Alternative entwickelt. Diese besteht aus einer rückwärtigen Pylonabspannung aus einem Zugstabsystem und einer Abspannung des Brückenüberbaus bestehend aus voll verschlossenen Spiralseilen (VVS-Seile). Dieses System schien aus montage-, preis- und wartungstechnischer Sicht als sinnvoller. Der Alternativvorschlag wurde genehmigt und zur Ausführung freigegeben.

Das Brückenmittelteil wird durch insgesamt 10 Abspannungen aus VVS-Seilen (5 je Seite, Durchmesser: 28-45 mm) vom A-Pylon gehalten. Die Befestigung der VVS-Seile am Brückenüberbau erfolgt über insgesamt 5, in die Richtung der Seile geneigte Stahlquerträger, die jeweils aus Stahlrundrohren 406,4*25 mm hergestellt wurden. Das längste Seil ist knapp 75 m lang. Die Querträger sind in einem Abstand von etwa 15,00 m angeordnet und wurden mit außen liegenden Stahlblechverbindungen an die Hauptträger angeschlossen.



Abbildung 13: Querträger am Brückenüberbau



Abbildung 14: Anschluss der Seile am Querträger

Rückwärtig wird der Pylon durch insgesamt 8 Zugstangen (DU 52-70 mm), die jeweils mit Stahlblechkonstruktionen auf den Widerlagerflügeln befestigt sind, gehalten.



Abbildung 15 und 16: Verankerung der Zugstangen am Widerlager auf der polnischen Seite

4.4 Konstruktiver Holzschutz

Um die Hauptträger vor Bewitterung zu schützen, werden sie auf voller Höhe auf den Außen- und Innenseiten mit 22 mm dicken Lärchenbrettern bekleidet. Auf der Oberseite werden die Hauptträger durch eine mehrteilige Abdeckung aus 22*140 mm starken und dachförmig profilierten Lärchenholzbrettern mit einer darunter liegenden Bitumenpappe vor Bewitterung geschützt. Auf der Abdeckkonstruktion befindet sich noch zusätzlich ein Handlauf aus Lärchenvollholz der letztendlich die erforderliche Brüstungshöhe der Gehbahn auf 1,20 m definiert.



Abbildung 17: Blick durch die Brücke, innere Verkleidung; obere Abdeckung und Handlauf

5 Vorfertigung

Der Brückenüberbau, einschließlich Schalungen und Handlauf, wurde innerhalb von 6 Wochen im Werk Fresenburg, Deutschland, vorgefertigt und dann per Schwerlasttransport in 7 Einzelteilen von 15 m bis 25,80 m zu der 1.200 km entfernten Einbaustelle in Czorstyn, Polen transportiert.



Abbildung 18: Längsträger mit Lattenunterkonstruktion für die spätere Verschalung



Abbildung 19: Aussteifungsrahmen und eingeschweißter Windverband



Abbildung 20: Vormontage der Auflagerkonstruktion



Abbildung 21: Teilweise angebrachte Verschalung und Längsträger für den Bohlenbelag

6 Montage

Durch geringe Tiefe des Flusses Dunajec war es möglich eine „Montagestrasse“ bis auf ca. 25 m vor das gegenüberliegende Flussufer zu erstellen. Für die Herstellung dieser Baustrasse wurde vorhandener Flusskies an benachbarten Stellen aus dem Fluss entnommen und an der benötigten Stelle aufgeschüttet. So war es möglich, dass schwere LKW und Mobilkräne parallel zu tatsächlichen Brückenlängsachse bewegt werden konnten.

Die Montage des Brückenüberbaus erfolgte auf insgesamt 5 Montagehilfsgerüsten, bestehend aus jeweils 4 gebrauchten Stahlrohren, die ca. 1-1,50 m tief in das Flussbett eingerammt und gegeneinander mit Betonstahlrundstählen ausgekreuzt wurden, sowie jeweils zwei, als Querträger dienende Spundwandprofile.

Die darauf abgelegten Überbauteile wurden während der Montage mit Hilfe der während der Montage ständigen Präsenz eines Vermessungsbüros millimetergenau in Höhe und Längsachse ausgerichtet. Anschließend wurden alle Überbauteile durch das Befestigen der Längsstöße zu einem zusammenhängendem Strang zusammengefügt.

Nach erfolgter Montage der Überbauelemente wurden die Zugstab- und Seilabspannungen gemäß einer zuvor genau festgelegten Montagestatik montiert. Die erforderliche Vorspannung der Zugstäbe und Spiralseile wurden mit Hilfe von Hydraulikpressen je Seil- oder Zugstangenpaar synchron aufgebracht.



Abbildung 22 und 23: Aufrichten des Pylons



Abbildung 24: Montage der Überbauelemente auf Hilfsgerüsten

Abbildung 25: Zusammenführung eines Elementstoßes



Abbildung 26: Das letzte Überbauelement ist montiert



Abbildung 27: Montage der Seile am Pylonkopf



Abbildung 28: Montage der Seile an den Querträgern

Für die Montage der Überbauelemente wurde ca. 1 Woche benötigt. Nach einer weiteren Woche waren sämtliche Zugstäbe und Spiralseile montiert.

Für die Durchführung der Montage wurden ein 200 to-Autokran für die Montage des Pylons und der Überbauelemente, sowie jeweils ein 60- und 30 to Autokran für die Montage der Zugstäbe und Seile benutzt.



Abbildung 29: Blick auf die fertige Brücke aus der Slowakei



Abbildung 30: Blick auf die fertige Brücke aus der Slowakei



Abbildung 31: Blick auf die fertige Brücke aus Polen

7 Fazit

Die Brücke über die Dunajec ist ein gelungenes Ingenieurbauwerk mit dem Baustoff Holz im Vordergrund, in einem Land, in dem spektakuläre Holzbauprojekte wie dieses, bislang gar nicht oder nur wenig vertreten sind.

Sehr wohl bietet das Land Polen Möglichkeiten für weitere Projekte dieser Größenordnung, insbesondere als Alternative für andere Baustoffe.

Dennoch ist noch anzumerken, dass es sich bei diesem Projekt um ein mehr oder weniger großes Abenteuer gehandelt hat. Eine enorme Bürokratie, unklare technische Normen und Richtlinien, sowie das nicht Vorhandensein eines eindeutigen Baurechtes, wie zum Beispiel bei uns die VOB, haben uns oft an den Rand der Verzweiflung gebracht und erforderten ein hohes Maß an persönlichem Einsatz.