



*Karl-Heinz Sperlein
Dipl.-Ing. (FH)
Abteilung Konstr. Ingenieurbau
Staatliches Bauamt Passau
Passau, Deutschland*

Von der Stahlbetonmassivbrücke zur Holzbrücke

**Bridge construction – from solid
reinforced concrete to wood**

**Dal ponte in calcestruzzo al ponte in
legno**

Dokument in Deutsch

Von der Stahlbetonmassivbrücke zur Holzbrücke

Nach Richtzeichnungen
des BMVBW

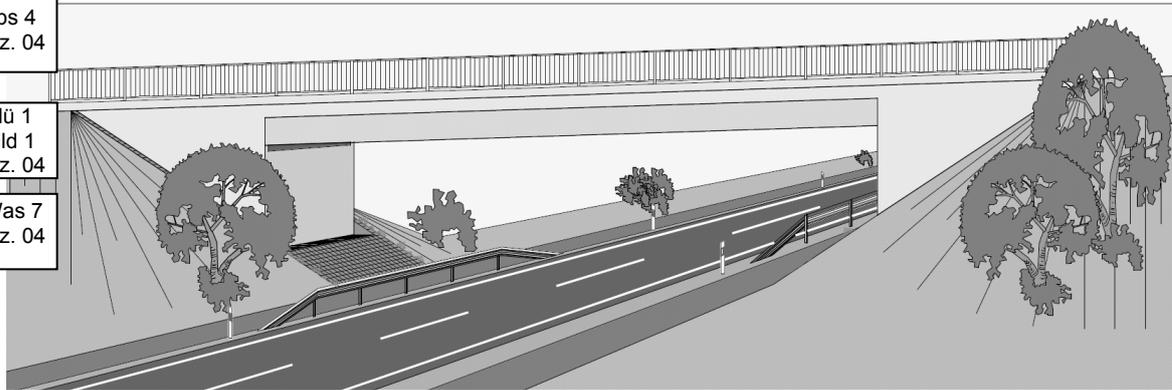
VON DER STAHLBETONMASSIVBRÜCKE

.....

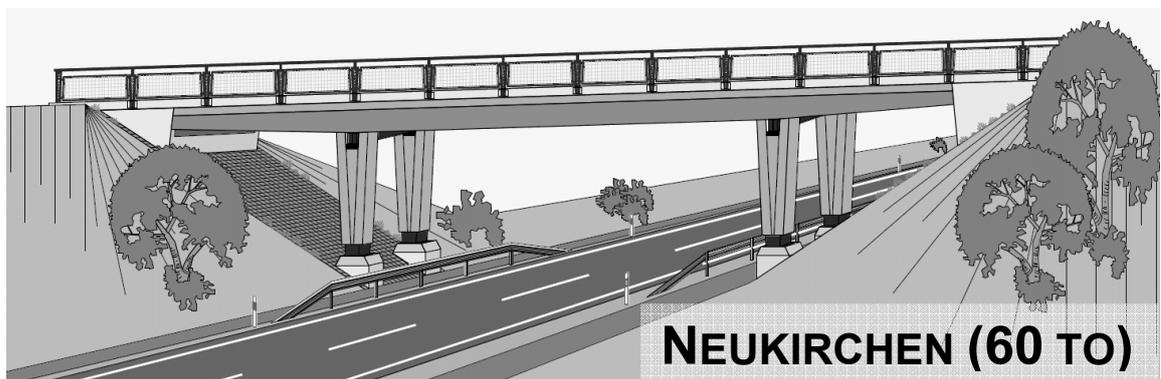
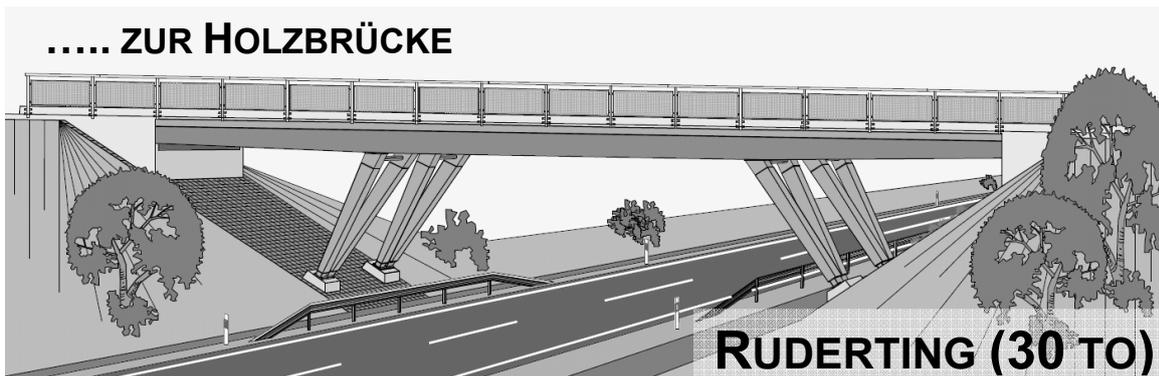
Abs 4
Dez. 04

Flü 1
Bild 1
Dez. 04

Was 7
Dez. 04



..... ZUR HOLZBRÜCKE



1 Einleitung

Im Frühjahr 1996 fragte das Bayerische Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten über die Oberste Baubehörde in München an allen damaligen Straßenbauämtern und Autobahndirektionen über den Einsatz des nachwachsenden Rohstoffes Holz nach. Gedacht wurde dabei an die Planung einer Straßenbrücke.

Als einziges Amt war das Straßenbauamt Passau in Niederbayern bereit, bei einer anstehenden Ortsumgehung im Zuge einer Bundesstraße eine bereits fertig geplante Stahlbetonmassivbrücke in eine Holzbrücke umzuplanen. Gemeinsam mit dem Fachgebiet Holzbau der TU München wurde mit fachlicher Beratung von Prof. Dr. H. Kreuzinger der erste Entwurf an der Obersten Baubehörde vorgestellt.

Anregungen holte man sich von bereits bestehenden Holzbrücken in Deutschland, aber auch über die Grenzen hinweg aus der Schweiz und Österreich. Oberster Planungsgrundsatz war, so die Vorgabe der Brückenbauabteilung der OBB, die Holzbrücke möglichst nah an der Stahlbetonmassivbrücke zu entwickeln, um bereits vorhandene Richtzeichnungen des BMVBW zu verwenden und vor allem um die Prüfbarkeit nach den Vorgaben der DIN 1076 zu erreichen.

Aus drei Bauwerksskizzen...

Überbau: Längsträger – Brettschichtholz – Überbauplatte in Stahlbeton
Verbindung mit Stabdübel und Gewindestangen

Längsträger – Brettschichtholz – Überbauplatte mit Filigranplatten und Aufbeton
Verbindungsmittel ebenfalls Stabdübel

Längsträger aus Brettschichtholz – Überbauplatte aus kreuzweise verleimtem
Brettschichtholz
Verbindungsmittel: Stabdübel und Gewindestangen

... wurde letzterer Vorschlag ausgewählt und weiterentwickelt.



Abbildung 1: Brücke Ruderting

2 Brücke Ruderting (30 to), 1998

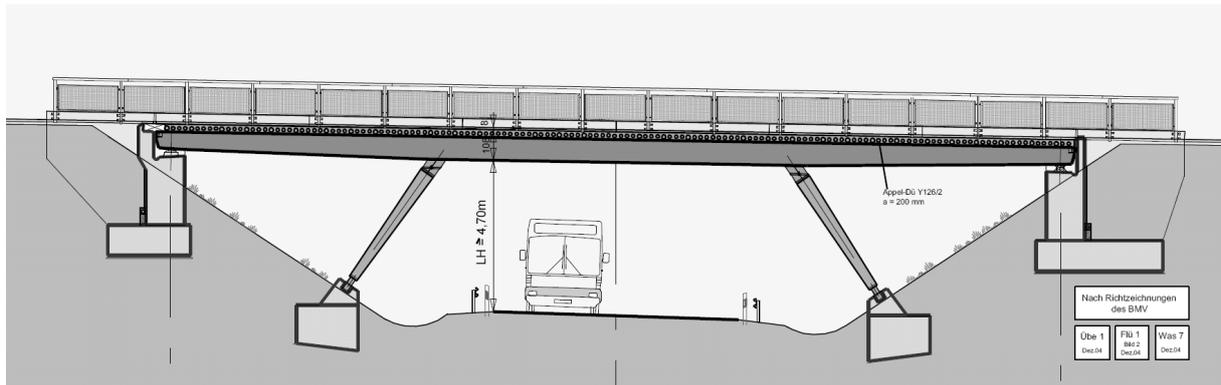


Abbildung 2: Planungskonzept Brücke Ruderting

Das Planungskonzept sah einen mehrstegigen Plattenbalken bestehend aus 4 Brettschichtträgern und einer Brückentafel aus orthogonal verleimten Brettern mit unterliegender Kerto-Holzplatte vor. Als Verbindungsmittel wurden Stabdübel bzw. Gewindestangen gewählt, die abschnittsweise verleimt bzw. gepresst eingebaut wurden. Als statisches Tragwerk wählte man ein Sprengwerk bestehend aus Brettschichtstützen (Lärche), die paarweise um 30 ° nach innen geneigt angeordnet wurden. Der Stützenanschluss nach oben und unten wurde über „Stahlschuhe“ gelöst.

Größere Diskussionen ergaben sich bei der Ausführung der Gehwegkappe. Hier einigte man sich auf Stahlbetonfertigteile mit unten liegenden Öffnungen für das Durchlüften der Belagskonstruktion und die Abführung von eindringendem Wasser. An der Vorderseite der Fertigteile wurde eine Längsnut angebracht, damit auch in Längsrichtung Feuchtigkeit abgeleitet werden kann.

Der Belagsaufbau über der Brückentafel beginnt mit einer Bitumenpappe, darauf wurde eine Lattung 3/5 cm im Abstand von 5 cm genagelt. Darüber ist als lastverteilende Platte eine 4 cm starke Baufurnierplatte eingebaut. Der Brückenbelag besteht ähnlich der Abdichtung nach ZTV-Bel 2. Die 1. Lage der Bitumen-Schweißbahn ist im Gieß-Einwalzverfahren geklebt und zusätzlich genagelt. Die 2. Lage ist versetzt verklebt eingebaut.

Als Belag wurde, entgegen der bestehenden Meinungen, anstatt Gussasphalt ein Walzasphalt gewählt. Gründe waren:

- Der Pilotcharakter der Brücke insgesamt
- Die niedrigere Einbautemperatur (160°) gegenüber Gussasphalt (230°)
- Damit Vermeidung von Anfaserung des Holzes bei großer Hitzeeinwirkung

Die Wirtschaftlichkeit des Asphaltbetons, der um ca. 35 % preislich günstiger ist als Gussasphalt

Die Ergebnisse des Forschungsberichtes E 96/7 Professor Milbrandt / Schellenberg wurden zum Anlass genommen, sowohl den Hohlraumgehalt als auch die Verdichtbarkeit des Asphaltbetons entsprechend auf den Holzbau abzustimmen. Auch auf die ausreichende und angepasste Verdichtung zum Erreichen der geforderten Werte wurde Rücksicht genommen. Der Hohlraumgehalt des Asphaltbetons wurde auf 4 Vol.-% festgelegt. Als Bindemittel wurde ein polymermodifiziertes Bindemittel gewählt. Beim Fertigerinbau wurde auf den Einsatz der Rüttelbohle verzichtet, sodass nur mit dem Stampfmesser gearbeitet wurde. Die Verdichtungsarbeit wurde mit einer Kombiwalze Gummirad-Glattmantelwalze und einer nachlaufenden Glattmantelwalze durchgeführt.

Die Anschlüsse an die Gehwegkappe und an die Übergangskonstruktion stellte man mit bituminösem Tokband her -> Fuge mit Bitumenverguss wäre besser gewesen. Bei der Montage der Brücke, die in zwei Teilen angeliefert wurde, gab es nur einen weiteren Montageaufwand beim Zusammenfügen im Bereich des Mittellängsstoßes. Hier war eine zusätzliche Unterstützung notwendig, um die gleiche Höhenlage der beiden Brückenteile zu gewährleisten. Der Mittellängsstoß wurde mit Ringdübel $d = 120 \text{ mm}$, $a = 190 \text{ mm}$ hergestellt.

Die Lagerung der Brücke ist im Bereich des festen Lagers mit Stahllaschen und Bolzen und auf der beweglichen Seite mit Elastomerlagern ausgeführt.

2.1 Anfahrschaden durch Muldenkipper

Während der Ausführung der Erdarbeiten für den Straßenbau beschädigte ein Muldenkipper mit halb geöffneter Mulde die ersten beiden Brettschichtträger, wobei an der Mulde angeschweißte Verstärkungsbleche die Träger in Querrichtung durchschnitten ($h = 0,25 \text{ m}$; $b = 30 \text{ cm}$).

Nach Prüfung des Schadens durch H. Prof. Kreuzinger wurde festgestellt, dass im Bereich der Verbindung Dickholzplatte – Längsträger bei der Verdübelung keine Schäden vorhanden waren. Die beschädigten Bretter wurden aus dem Träger geschnitten und anschließend Brett für Brett wieder aufgeleimt. Um eine entsprechende Verarbeitbarkeit beim Leimen zu erreichen wurde ein Schutzzelt, das beheizt war, aufgestellt. Die Schadenshöhe lag bei ca. 15.000,- €. Die reparierte Stelle weist bis jetzt keine Veränderung z. B. Risse auf.

2.2 Brücke Ruderting – Querschnitt

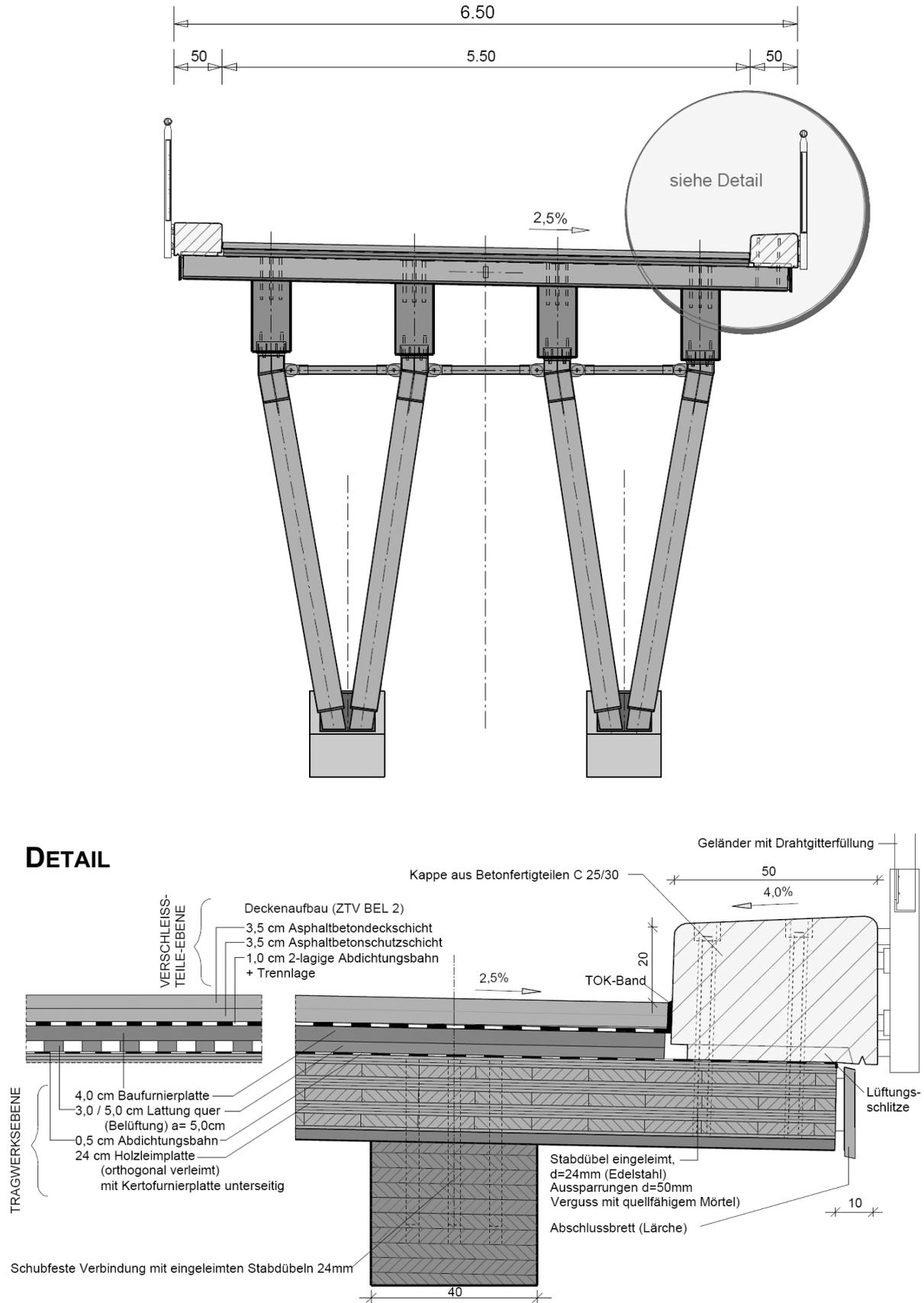


Abbildung 3: Querschnitt und Detail – Brücke Ruderting

2.3 Prüfung und Erkenntnisse Brücke Ruderting

Nach genauer Prüfung der Brücke Ruderting (August 2006) durch Öffnen von Prüfenstern konnte festgestellt werden, dass die Abdichtung auf beiden Ebenen funktioniert.



Abbildung 4: Prüfung und Erkenntnisse Brücke Ruderting

Trotz Einhaltung der Vorgabe aus DIN 1074 (2006) – Schutz der Teile unter 30° - Risse in Längsträger im Süd-West-Bereich – Wetterseite. Risse werden mit Resorcinharzleim verpresst und anschließend mit Dreischichtplatten bekleidet.



Abbildung 5: Risse Längsträger

Asphaltbeton Bohrkern 2006

Ergebnis:

Hohlraumgehalt		Verdichtung
Schutzschicht	3,8 Vol-%	98,1 %
Deckschicht	4,3 Vol-%	97,8 %

Schichtenverbund: einwandfrei

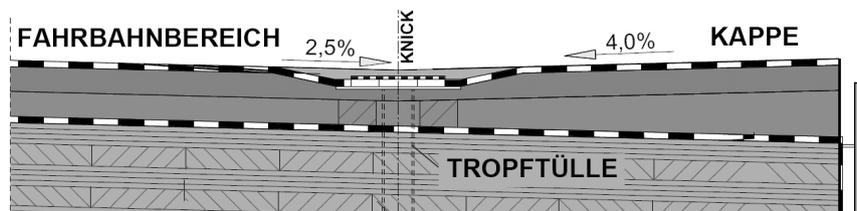


Abbildung 6: Asphaltbeton

Im Randbereich der Gehwegvorderkante ist der Belag teilweise offenporig. Hier wurde ein Streifen mit 50 cm Breite gefräst und ein Asphaltbeton 0/5 eingebaut.

2.4 Erkenntnisse aus der Untersuchung in Ruderting für Neukirchen:

- Die Bekleidung mit Dreischichtplatten (Witterungsschutz) = Wetterseite
- Eine breitere Ausbildung der Längsfuge zwischen Belag und Gehwegkappe: cm Bitumenverguss
- Einen Gefälleknick im Bereich der Lattung und Einbau einer Tropftülle



Die durchgängige Aufbringung der Belagsabdichtung und Lattung über die gesamte Brückenbreite

2.5 Reparatur Anfahrtschaden (Ruderting):



Abbildung 7, 8 und 9: Reparaturen Brücke Ruderting

3 Brücke Neukirchen (60 to)

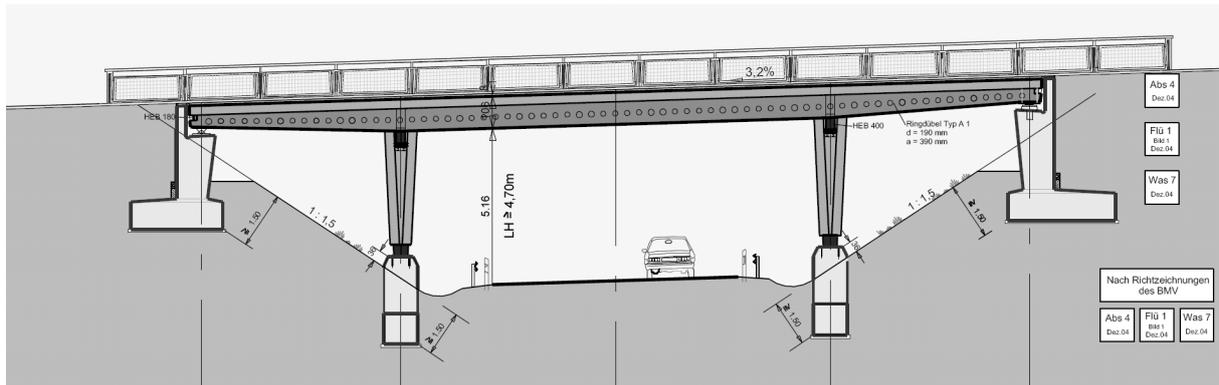


Abbildung 10: Planungskonzept Brücke Neukirchen

Acht Jahre später 2005/2006 wurde beim Entwurf einer Ortsumfahrung nochmals ein Bauwerk als Holzbrücke eingeplant. Vorgabe der OBB war es diesmal, den Überbauquerschnitt der bereits errichteten Brücke Ruderting zu übernehmen, um Vergleichswerte zu bekommen. Lediglich bei der Unterstützung ging man vom Sprengwerk auf senkrechte Stützen über. Neu war für die Lasteinwirkung der bereits eingeführte DIN FA 101 Tab. 4.5.4 und somit entstand statt der 30 to Brücke (Ruderting) eine 60 to Brücke.

Der Überbau der Brücke Neukirchen besteht aus 6 Brettschichtholz-Längsträgern und einer orthogonal verleimten Platte aus Brettschichtholz mit unten liegender Baufurnierplatte analog der Brücke Ruderting.

Im Rahmen einer vorstatischen Untersuchung von Professor Dr. Winter TU München wurden im Vergleich die Verbindungsmittel Stabdübel und Verschraubung untersucht. Das Ergebnis war, dass pro m² Verbindungsfläche der Anteil Schrauben fast doppelt so groß sein muss wie bei einer Verdübelung. Die wirtschaftliche Betrachtung erbrachte einen Kosteneinsatz, der eine Gleichheit der beiden Lösungen erbrachte. Als dritte Variante wurde von Professor Kreuzinger eine Blockverleimung nach DIN 1052, Anhang B vorgeschlagen, die auch so ausgeschrieben und damit umgesetzt wurde. Die Stützen wurden V-förmig geplant und bestehen aus Brettleimholz. Die Lasteintragung der Brückentafel auf die Stützen erfolgt über einen Querträger aus Stahl. Eine Verblockung aus Brettschichtholz ist im Zwischenbereich der Längsträger über dem Querträger erforderlich.

Die Lagerung der Überbaukonstruktion wird im Bereich des festen Widerlagers von aus Stahlblechen gefertigten Lagern und beim beweglichen Widerlager von Elastomerlagern übernommen. Bei den Stützen werden querfeste Lager, die an den Stützen verankert sind, eingebaut. Die Abdichtung auf der Tragwerksebene wurde gegenüber Ruderting auf eine zweilagige Bitumenschweißbahn abgeändert. Die erste Lage wurde im Gieß-Einwalzverfahren aufgebracht, die zweite Lage versetzt geklebt.

Die darüberliegende Querlattung besteht aus 4/6 cm starken gehobelten Latten im Abstand von 12 cm, darauf liegt die lastverteilende 4 cm starke Baufurnierplatte. Neu ist bei der Brücke Neukirchen, dass wie bei einer Massivbrücke im Bereich der Gehwegvorderkante ein Gefälleknick geplant wurde, d.h. im Bereich der Kappe wurde eine konisch geschnittene Lattung eingebaut, sodass über das Längsgefälle der Brückentafel und den eingebauten Tropfüllen im Abstand von 5 m anfallendes Wasser auf der Verschleißebene abgeführt werden kann.

Damit ist ein doppelter Schutz der Tragwerkskonstruktion gegeben.

Als Gehwegkappen werden Stahlbetonfertigteile eingebaut. Die Verankerung mit der Brückentafel erfolgt über eingeleimte Stabdübel, wobei der vordere Stabdübel unter 45° und der hintere senkrecht eingeklebt wird. (seitl. Anprall 100 kN lt. DIN FA 101, 4.7.3.2). Die Aussparungen für die Dübeldurchführung im Fertigteile erfolgt über eine einbetonierte Hülse, die nach der Verlegung und Einleimung des Stabdübels mit quelfähigem Mörtel vergossen wird.

Der Brückenbelag nach ZTV-Bel 2 besteht aus

- 2 Bitumen-Schweißbahnen. Die erste Lage im Gieß-Einwalzverfahren ist zusätzlich genagelt, die zweite Bahn versetzt geklebt.
- dem Fahrbahnbelag aus Walzasphalt. Sowohl die 3,5 cm starke Schutzschicht als auch der Verschleißbelag werden wiederum mit Asphaltbeton ausgeführt. Neu ist beim Einbau der Einsatz einer oszillierenden Walze d.h. die Verdichtungsenergie wird über die Horizontalschwingung aufgebracht.

Neu bei der Brücke Neukirchen ist eine seitliche Bekleidung sowohl der Längsträger als auch der Stützen mit einer Dreischichtplatte (Oberfläche – Brettschichtstruktur) in einem Abstand zu den Tragwerksteilen mit 4 cm, um eine Hinterlüftung zu gewährleisten. Die Bekleidung ist für die Brückenhauptprüfung abnehmbar und bei entsprechender Anwitterung und Abnutzung leicht auswechselbar.

Das Bauwerk kann somit nach DIN 1074 als geschütztes Bauwerk gesehen werden, nämlich einerseits durch die zweimalige Abdichtung des Tragwerks und andererseits durch die seitliche Abdeckung der tragenden Bauwerksteile durch die Bekleidung mit einer Dreischichtplatte.

3.1 Brücke Neukirchen – Querschnitt

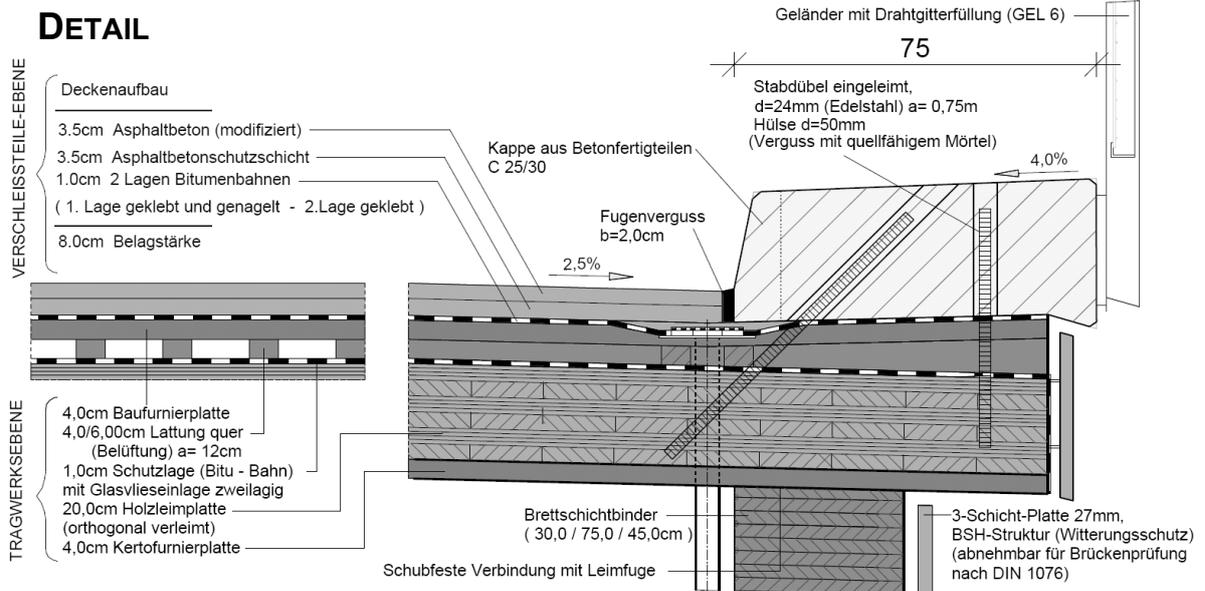
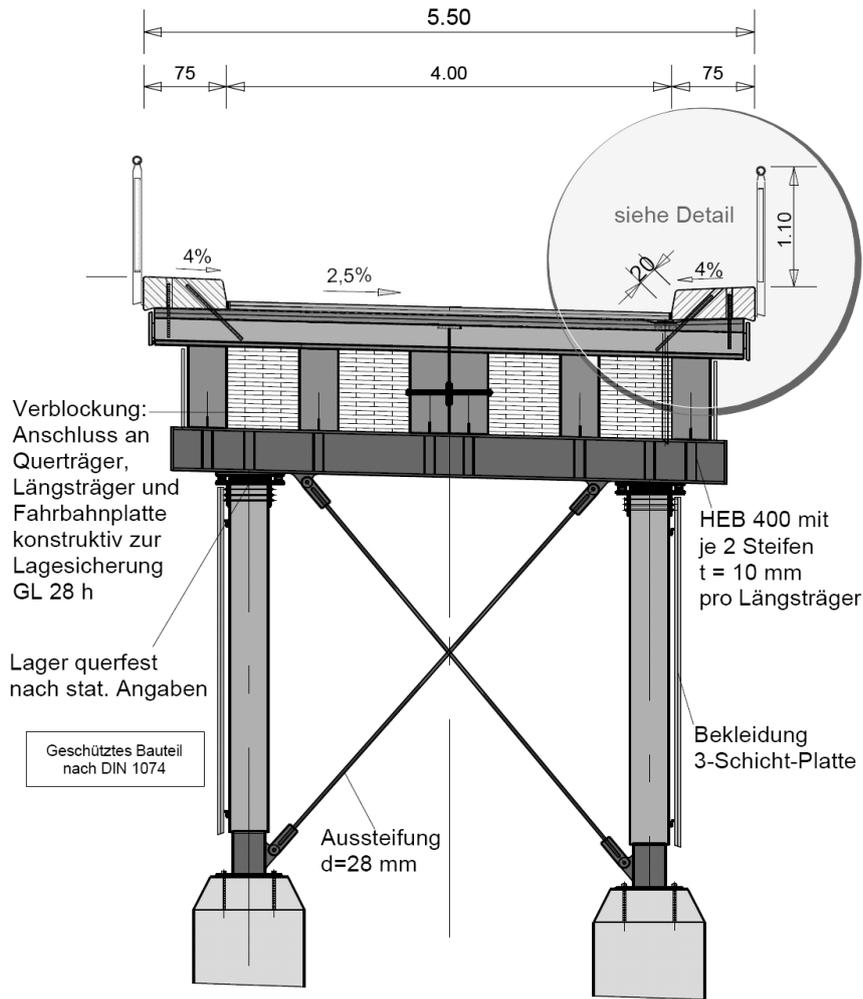


Abbildung 11: Querschnitt und Detail – Brücke Neukirchen

4 Gesamtbeurteilung

4.1 Überbau:

Der gewählte mehrstegige Plattenbalken und die Unterstützung des Tragwerks im Abstand von max. 14 m ermöglichen letztendlich ein Bauwerk mit insgesamt 30 m Gesamtlänge, einer Brückenklasse alt mit 60 to und einer Gesamtbreite des Überbaus bis max. 6,50 m. Diskussionswürdig ist noch die Ausbildung des Mittellängsstoßes.

4.2 Verbindungsmittel:

Platte – Längsträger hier ist offensichtlich die Blockverleimung die momentan wirtschaftlichste Lösung gegenüber der Verdübelung bzw. Verschraubung.

Stabdübel

d=24 mm
Anzahl/lfm: 30 St
Preis pro lfm: 220,- €

Spax-Schrauben

d=10 mm
Anzahl/lfm: 51 St
Preis pro lfm: 260,- €

Blockverleimung

Pressvorrichtung und
Verleimung
Preis pro lfm: 125,- €

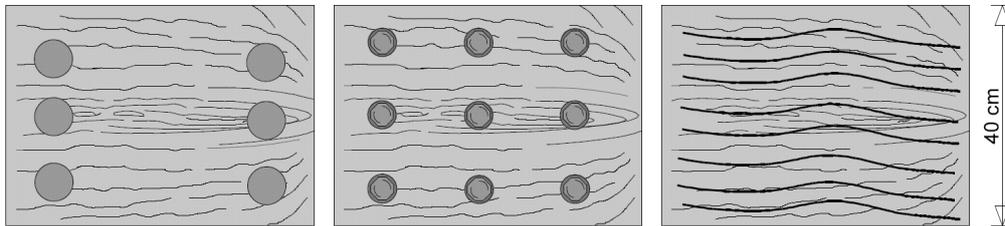


Abbildung 12:

4.3 Kostenvergleich:

Stahlbetonmassivbauwerk 1998	1.280,- €/m ²	
Holzbrücke Ruderting	1.350,- €/m ²	Mehrpreis 5,46 %
Stahlbetonmassivbauwerk 2006	1.590,- €/m ²	
Holzbrücke Neukirchen	1.665,- €/m ²	Mehrpreis 4,71%

Somit bewegt sich ein Holzbauwerk nicht im preislich utopischen Bereich gegenüber den Massivbauwerken, die ja fast täglich geplant und gebaut werden und einen entsprechenden Standard in punkto Wirtschaftlichkeit besitzen.

5 Zusammenfassung

Wenn Holzstraßenbrücken nur ab und zu die Chance bekommen verwirklicht zu werden, ist es kaum möglich, preislich an den Betonbau heran zu kommen. Holzbauwerke sind sicherlich da gut platziert, wo der Fahrverkehr in normaler Belastung erfolgt. Aber auch dort, wo großer landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Verkehr erwartet wird, haben sie ihre Berechtigung.