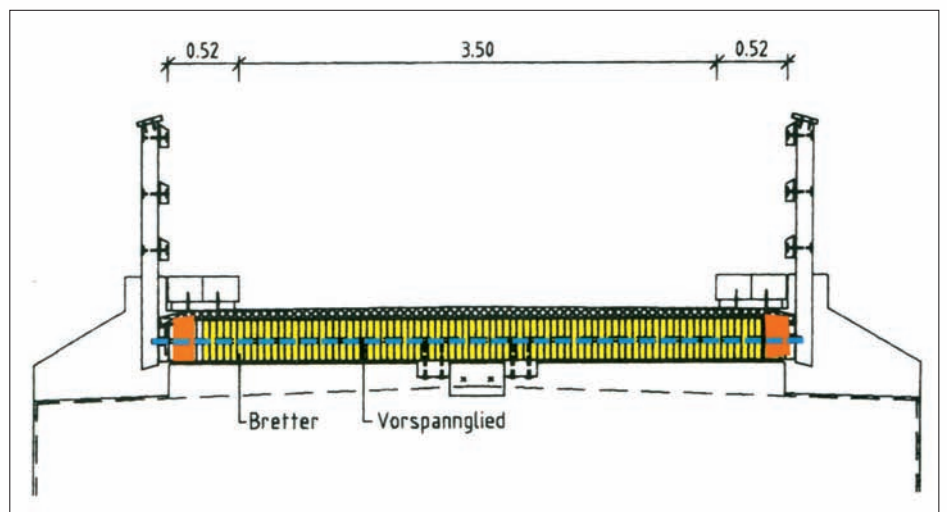


holzbau handbuch

Reihe 1
Entwurf + Konstruktion

Teil 9 Brücken
Folge 4 QS-Holzplattenbrücken



Querschnitt QS-Holzplattenbrücke

EGH

Entwicklungsgemeinschaft Holzbau
in der
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung

Inhalt

1	Einleitung	3
2	QS-Holzplatte	3
2.1	Allgemeines	3
2.2	QS-Holzplatten als Bauelement	4
3	Anforderungen	5
3.1	Allgemeine Entwurfsüberlegungen	5
3.2	Standicherheit	5
3.3	Gebrauchstauglichkeit	5
3.4	Dauerhaftigkeit	6
3.5	Überwachung	7
4	Angaben für die Bemessung der QS-Holzplatte	7
4.1	Allgemeines	7
4.2	Orthotrope Platte	7
4.3	Trägerrost	7
4.4	Bemessungsdiagramm	7
4.5	Nachweise	8
4.6	Vorspannung	9
5	Konstruktionsdetails	9
5.1	Allgemeines	9
5.2	Bretter	9
5.3	Vorspannung	9
5.4	Fahrbahn	10
5.5	Auflager	13
5.6	Randausbildung der Platte	14
6	Bemessungsbeispiel	14

Literatur

- [1] Beck, Th.: Näherungslösung zur Bemessung von QS-Holzplattenbrücken. TU München, FG Holzbau, Diplomarbeit 1995.
- [2] Bellmann, H.; et al.: Holzschutz – Vorbeugender chemischer Holzschutz. Eine ausführliche Erläuterung zu DIN 68800 Teil 3. DIN Deutsches Institut. f. Norm. e. V. (Hrsg.); DGfH e.V. (Hrsg.): 1. Aufl. 1992. Beuth-Verlag, Berlin.
- [3] Brüninghoff, H; Heimeshoff, B.; Sengler, D.; Samuel S. (Mitarb.); Rampf, G. (Mitarb.): Brücken – Planung, Konstruktion, Berechnung. In: Informationsdienst Holz, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH et al. (Hrsg.), 1988.

Impressum

Herausgeber:

Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft
– HÖLZABSATZFONDS –
Anstalt des öffentlichen Rechts
Godesberger Allee 142–148, D-53175 Bonn
und

DGfH Innovations- und Service GmbH
Postfach 31 01 31, D-80102 München
mail@dgfh.de, www.dgfh.de

Bearbeitung:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. H. Kreuzinger und
Dipl.-Ing. B. Mohr, TU München

Zeichnungen:

Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co.
Fachgebiet Holzbau, TU München

- [4] Dauberschmidt, Chr. : Konstruktionen aus hochkant nebeneinandergestellten Brettern. TU München, FG Holzbau. Diplomarbeit, 1994.
- [5] Davalos, J. F.; Salim, H. A.: Effective Flange Width for Stress-Laminated T-System Timber Bridges. In: J. Struct. Engrg. 119 (1993) Nr. 3, S. 938–953.
- [6] ENV 1995-2: Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 2: Bridges. Draft Juni 1995.
- [7] GangaRao, H. V. S.; Latheef, I.: System Innovations and experimental Evaluation of stressed timber bridges. In: Proc. 1991 Intern.I Timber Engin. Conf. London, Timber Res. and Develop. Ass. CTRADA, (3) S. 3.327-3.334.
- [8] Gehri, E. : Bemessung von QS-Holzplatten. Bericht vom 28.02.87. Baustatik und Stahlbau, ETH Zürich.
- [9] Kreuzinger, H.; Mohr, B.: Holz und Holzverbindungen unter nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen. TU München, FG Holzbau. Forschungsbericht Mai 1994.
- [10] Maisel, E.; Schwaner, K.: Moderne Holzbrücken – Beispiele. In: Informationsdienst Holz, Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. et al. (Hrsg.). 1987.
- [11] Meierhofer, U. A.: Entwicklungen im US-amerikanischen Holzbrückenbau. Forschungs- und Arbeitsberichte EMPA Abteilung Holz, Bericht 115/33. Dezember 1994.
- [12] Mucha A.: Holzbrücken: statische Systeme, Konstruktionsdetails, Beispiele. Bauverlag Wiesbaden 1995
- [13] Oliva, M. G.; Dimakis, A. : Behavior of stress-laminated timber highway bridge. In: J. Struct. Engrg. 114 (1988) Nr. 8, S. 1850-1869
- [14] Pizio, S.: Fahrbahnausbildungen bei Holzbrücken In: Brücken und Stege aus Holz. S.141-156. Fortbildungskurs. der Schweiz. Arbeitsgem. f. Holzforsch. SAH (Hrsg.), Schweiz, Zürich, 8-9. Nov. 1989, Nr. 21,1989.
- [15] Roads and Traffic Authority, New South Wales: Recommended Guide for the Design of Stress Laminated Timber Plate Bridge Decks, Part 1 – Design Procedures, Ed. 1.41, March 1995
- [16] Sarisley, F. E.; Accorsi, M. L. : Prestress Level in Stress-Laminated Timber Bridges. In: J. Struct. Engrg. 116 (1990) Nr. 11, S, 3003-3019.
- [17] United States Department of Agriculture, Forest Service (Hrsg.) : Timber Bridges – Design, Construction, and Maintenance. Engineering Staff. Washington DC. June 1990.

Fotonachweis:

Gemeinde Oberaudorf
Lignum, Zürich
Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.
W. Teetz, Eurasburg
Meierhofer, EMPA Dübendorf

Technische Anfragen an:

Infoline: 01802-465900 (0,06 Euro/Gespräch)
fachberatung@infoholz.de
www.informationsdienst-holz.de

**Hinweise zu Änderungen,
Ergänzungen und Errata unter:**
www.informationsdienst-holz.de

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung

Normen und Vorschriften

Normen und Vorschriften sind in der jeweils gültigen Fassung maßgebend. Wird im Text eine besondere Ausgabe zitiert (Ausgabedatum in Klammern) wird auf den Inhalt dieser Ausgabe Bezug genommen.

DIN 1052 Teil 1: Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung (Ausgabe April 1988).
Teil 2: Holzbauwerke; Mechanische Verbindungen. Ausgabe April 1988).

DIN 1055 Teil 1: Lastannahmen für Bauten – Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile; Eigenlasten und Reibungswinkel (Ausgabe Juli 1978)

DIN 1072: Straßen- und Wegebrücken – Lastannahmen (Ausgabe Dezember 1985)

DIN 1074: Holzbrücken (Ausgabe Mai 1991)

DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen - Überwachung und Prüfung (Ausgabe März 1983)

DIN 1182: Wirtschaftswegebrücken – Profilm Maße (Ausgabe Oktober 1971)

DIN 17440: Nichtrostende Stähle; Technische Lieferbedingungen für Blech, Warmbrand, Walzdraht, gezogene Draht, Stabstahl, Schmiedestücke und Halbzeug. (Ausgabe Juli 1985)

DIN 18809: Stählerne Straßen- und Wegebrücken; Bemessung, Konstruktion, Herstellung (Ausgabe September 1987)

DIN 68364: Kennwerte von Holzarten – Festigkeit, Elastizität, Resistenz (Ausgabe Nov. 1979)

DIN 68800 Teil 2: Holzschutz – Vorbeugender bauliche Maßnahmen (Ausgabe Januar 1984)
Teil 3: Holzschutz – Vorbeugender chemischer Holzschutz (Ausgabe Dezember 1990)

DIN EN 460: Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten: Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz – Leitfaden für die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Holz für die Anwendung in den Gefährdungsklassen. (Ausgabe Oktober 1994)

[Z1] Deut. Inst. für Bautechn.: Zulassungsbescheid Nr. Z-30.44.1 für Bauteile und Verbindungsmittel aus nichtrostenden Stählen vom 1.02.94.

[RLW 1975]: Kuratorium für Wasser und Kulturwesenbau e.V., Deutscher Verband für Wasserwirtschaft e. V. (Hrsg.): RLW 1975 – Richtlinien für den ländlichen Wegebau, Heft 103. 1976.

für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

In dieser Broschüre sind Ergebnisse aus zahlreichen Forschungsprojekten eingeflossen. Für deren Förderung danken wir der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Arbeitsgemeinschaft Bauforschung (ARGE BAU), den Forst- und Wirtschaftsministerien des Bundes und der Länder und der Holzwirtschaft.

Erschienen: 10/1995

ISSN-Nr. 0466-2114

holzbau handbuch

Reihe 1: Entwurf und Konstruktion
Teil 9: Brücken
Folge 4: QS-Holzplattenbrücken

1 Einleitung

Der Baustoff Holz gewinnt mit steigendem Umweltbewußtsein der Bevölkerung immer mehr an Bedeutung. Seine technologischen Eigenschaften lassen ein weites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten zu.

Holz wird seit einigen hundert Jahren im Brückenbau verwendet. Viele Bauwerke bezeugen die Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Baustoffes Holz bis in unsere Zeit.

Der Baustoff Holz ist nicht nur für Brücken mit geringen Lasten und kurzen Spannweiten geeignet. Eindrucksvolle Beispiele zeigen, daß mit ihm auch größere Spannweiten mit den üblichen Verkehrsbelastungen einer Straße zu bewältigen sind. Diese werden meist als Fachwerk- oder Bogenbrücken ausgeführt. Daneben stehen Spreng- und Hängewerke, die Blockverleimung und Biegeträger aus Voll-, Brettschicht- und Furnierschichtholz als Möglichkeiten zur Verfügung. Es gibt neue Entwicklungen mit Holzbetonverbundkonstruktionen und Trägern mit eingeleimter Spannbe- wehrung.

In der Schriftenreihe „Informationsdienst Holz“ sind bereits zwei Hefte [10], [3] erschienen, die Beispiele und Grundlagen zum Holzbrückenbau beinhalten.

Vorliegendes Heft soll die Bauweise mit hochkant nebeneinander gestellten Brettern und einer Quervorspannung vorstellen. Diese Bauweise wird hier als quervorgespannte Holzplatte (kurz QS-Holzplatte) bezeichnet. Sie stellt, nach Meinung der Bearbeiter, eine einfache, kostengünstige und dennoch außerordentlich leistungsfähige Möglichkeit dar, Brücken zu bauen. Solche Brücken können bei Spannweiten, die im ländlichen und forstlichen Bereich häufig sind, mit Schwerlastfahrzeugen befahren werden. Dies ist gerade für die Forstbewirtschaftung mit hohen Lasten für Langholz- und Entrindungsfahrzeuge von Bedeutung.

Die QS-Holzplatte ist auch für temporäre Brücken sehr gut geeignet, weil die Bauteile wiederverwendbar und einfach montierbar sind und für den zeitlich begrenzten Einsatz weder Holzschutz noch Korrosionsschutz erforderlich sind.

Dieses Heft hat auch den Zweck, diese Bauweise bekannter zu machen, um so noch mehr Erfahrungswerte gewinnen zu können.

2 QS-Holzplatte

2.1 Allgemeines

Geschichte

Bei den ersten Holzplattenbrücken wurden die nebeneinandergestellten Bretter mit Nägeln verbunden. Die Nägel dienten zur Schubübertragung zwischen den Brettern und bewirkten eine Platten- tragwirkung. Zur Sanierung dieser Fahr- bahnplatten, deren Verbindungen sich mit der Zeit durch die Einwirkungen der Fahr- zeuge lockerten, wurde in Kanada die nachträgliche Vorspannung entwickelt. Dabei entwickelte und erforschte man Techniken, auch neue Brücken mit ne- beneinander gestellten Brettern und einer Vorspannung zu bauen. Gehri führte die ersten Untersuchungen [8] mit QS-Holz- platten in Europa durch und es wurden daraufhin mehrere solcher Brücken ge- baut (vgl. [12]).

Tragverhalten

Der Aufbau und die Bezeichnungen sind aus Bild 2.1 zu entnehmen. Die Bretter werden unverleimt oder verleimt hoch- kant nebeneinander gestellt und ansch- ließend mit Hilfe einer Vorspannung in Stapelrichtung, also quer zur Faser- und Längsrichtung der Bretter, zusammenge- spannt. Der Querschnitt wird in Quer- richtung überdrückt, und es können Biegemomente M_x in Querrichtung ab- getragen werden. Die Vorspannung be- wirkt gleichzeitig, daß Schubkräfte Q_{yz} und Q_{yx} zwischen den einzelnen Brettern

durch Reibung übertragen werden. Damit wirkt diese Bauweise als Platte und Scheibe.

Durch die Mitwirkung vieler Bretter bei der Lastabtragung wird ein Vergütungseffekt („load-sharing“) erreicht. Die Streuungen der Festigkeiten bei Brettstapeln sind deutlich geringer als die Streuungen bei Einzelbrettern [8]. Somit können nach Meinung der Bearbeiter der globale Sicherheitsbeiwert, der die großen Streuungen einzelner Bauteile berücksichtigt, reduziert und höhere Gebrauchsspannungen zugelassen werden, ohne dabei das Sicherheitsniveau zu senken. Analog kann der Rechenwert für den Elastizitäts- modul erhöht werden. Die QS-Holzplatte wird hier wie ein liegender Brett- schichtholzträger behandelt, weil sie den gleichen Vergütungseffekt wie Brett- schichtholz hat.

Sicherheitsüberlegungen

Das System der QS-Holzplatte ist ein „gutmütiges“, weil ein schlagartiges Ver- sagen des Bauwerks nicht zu befürchten ist. Die Quervorspannung hat keine direk- te Tragwirkung, sondern sorgt nur für den Zusammenhalt der einzelnen Bretter. Die Vorspannkraft erreicht unmittelbar nach Vorspannen ihren maximalen Wert. Da- nach wird sie infolge des Kriechens des Holzes geringer. Das Ausfallen der Vor- spannung führt zu keinem Versagen, weil der Stahlstab in diesem Fall wie ein Bol- zen zwischen den Brettern wirkt. Aus die- sen Gründen kann die Vorspannung im Gebrauchszustand ermittelt werden.

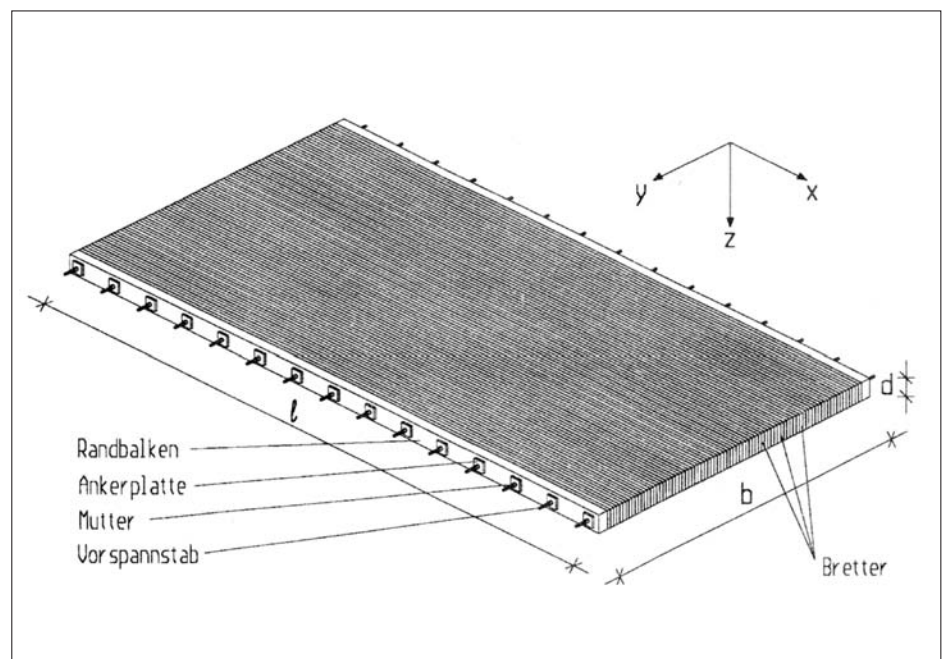


Bild 2.1 Quervorgespannte Holzplatte System, Bezeichnungen

Einsatzmöglichkeiten

Für Straßenbrücken, die nur aus einer Holzplatte bestehen, sind Spannweiten bis ca. 7 m (Brückenklasse 30) und 9 m (Brückenklasse 12) leicht erreichbar; für Geh- und Radwegbrücken bis ca. 12 m.

Die QS-Holzplatten können nicht nur als kompletter Überbau benutzt werden; sie dienen auch als Fahrbahn, zur Querverteilung der Radlasten und als Längstragglied zwischen einzelnen Querträgern bei Fachwerk-, Bogenbrücken, unterspannten Systemen, Spreng- und Hängewerken.

Bei größeren Brückenlängen ist ein Einsatz als Durchlaufträger gut möglich. Die Bretter können in Längsrichtung stumpf gestoßen oder mit keilgezinkten Stößen ausgeführt werden.

Die QS-Holzplattenbrücke kann in Abhängigkeit der geplanten Nutzungsdauer folgendermaßen ausgeführt werden (vgl. Abschn.3.4.1):

1. QS-Holzplattenbrücken, die mit einer vollständigen Abdichtung der Tragkonstruktion ausgeführt werden, sind ausreichend dauerhaft.
2. QS-Holzplattenbrücken, die keine Abdichtung besitzen, sollten nur für temporäre Zwecke eingesetzt werden. Es ist mit einer Dauerhaftigkeit von in der Regel mindestens 4–6 Jahren je nach Randbedingungen zu rechnen. Auch längere Nutzungsdauern können erreicht werden. Dazu muß die Brücke jedoch begutachtet werden.

Brücken ohne Abdichtung erreichen durch die Verwendung von Holzarten der Resistenzklasse 3 nach DIN 68364 (z.B. Kernhölzer aus Lärche, Douglasie) etwa die doppelte Lebensdauer.

Vor- (+) und Nachteile (-):

- + Die Platte erfüllt mehrere Funktionen gleichzeitig: Lastverteilung, Lastabtragung, Windverband, tragfähiger Untergrund für Beläge und Schutz der Unterkonstruktion.
- + Die Platten sind einfach herzustellen und einzubauen. QS-Holzplattenbrücken können an einem Tag auf der Baustelle erstellt werden. Die Vorfertigung im Werk und der Transport der kompletten Brücke auf die Baustelle sind ebenfalls möglich.

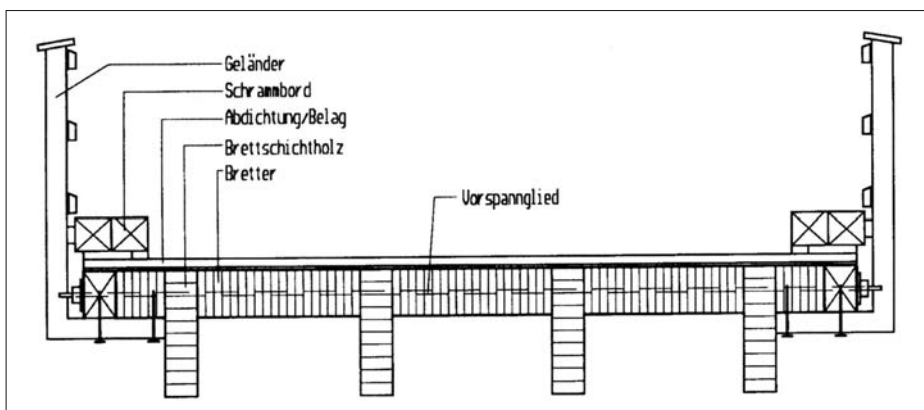


Bild 2.2 Quervorgespannte Holzplatte im Plattenbalken

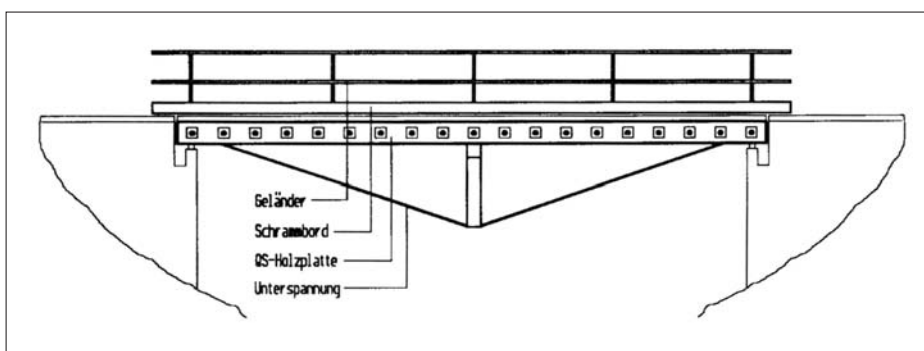


Bild 2.3 Einfach unterspannte Brücke mit QS-Holzplatte als Fahrbahn

- + Durch die Vorspannung werden „schwächere“ Bretter von „festeren“ mitgetragen. Es tritt ein Vergütungseffekt auf.
- + Die quervorgespannte Holzplatte bietet einen guten, bewegungsarmen Untergrund für Abdichtung und Asphaltbeläge.
- + Die Vorspannung verhindert ein Aufreißen der Oberfläche. Feuchtigkeit kann bei Brücken ohne Abdichtung nur in begrenztem Umfang eindringen.
- + Die Unterhaltskosten sind gering. Eine QS-Holzplattenbrücke kann durch das Auswechseln der Bretter erneuert werden. Die Vorspannglieder können wiederverwendet werden.
- Die Vorspannung fällt infolge von Kriechen und Schwinden ab. Es muß nachgespannt werden.
- Die Vorspannkonstruktion ist relativ aufwendig, weil der Stahl vor Korrosion geschützt werden muß.
- Die verfügbaren Brettbreiten, die die Bauteilhöhe ergeben, beschränken die Spannweiten der Brücken.

2.2 QS-Holzplatten als Bauelement Beispiele

Plattenbalken mit quervorgespannter Holzplatte

Brettschichtholzträger werden zusammen mit Brettern quervorgespannt. Es entsteht ein Träger mit größerer Bauteilhöhe (vgl. Bild 2.2). In [5], [7] werden weitere Systemvarianten vorgeschlagen und Berechnungsgrundlagen wiedergegeben.

Quervorgespannte Platte als Druckgurt mit Unterspannung

Quervorgespannte Platten können auch als Bauteil in einer Brücke eingesetzt werden. In Bild 2.3 dient die Platte als Druckgurt und Fahrbahnplatte sowie als Horizontalaussteifung.

Überschüttetes Sprengwerk mit QS-Holzplatten

Zwei QS-Holzplatten, die als Sprengwerk angeordnet und durch ein Zugband verbunden worden waren, wurden für eine Straßenbrücke mit Kies überschüttet. Diese Konstruktion wurde durch Wellbleche vor Feuchtigkeit von oben geschützt. (vgl. Bild 2.4)

Grundrißformen

Gekrümmte Brücken lassen sich mit der QS-Holzplatte leicht herstellen. Dazu werden die Bretter um die schwache Achse gebogen und parallel zur Fahrbahnachse schwache Achse gebogen und parallel zur Fahrbahnachse angeordnet. Die Spannglieder werden stets rechtwinklig zur Achse angebracht.

Trapezförmige Grundrißformen werden im allgemeinen nicht ausgeführt, da eine ordnungsgemäße Vorspannung im schrägen Brückenteil sehr aufwendig ist.

Lamellen

Da die Brückenspanweiten durch die vorhandenen Brettbreiten (Bauteilhöhe) begrenzt sind, werden auch verleimte Brettschichtholzträger oder Verbundträger nebeneinandergestellt und quervorgespannt. Stumpfstoße werden ebenfalls angewendet, um größere Brückenspanweiten zu erreichen. Die Stöße werden gleichmäßig verteilt und durch eine Abminderung von E_{II} in der Bemessung berücksichtigt, (vgl. [17])

3 Anforderungen

3.1 Allgemeine Entwurfsüberlegungen

Es gelten die Richtlinien für Planung und Bau von Straßen (RAS). Für Wege im ländlichen und forstlichen Bereich existieren darüber hinaus Richtlinien für den ländlichen Wegebau [RLW 1975], die zu beachten sind.

Breite

Brücken im ländlichen und forstlichen Bereich dienen häufig der Bewirtschaftung von ländlichen und forstlichen Nutzflächen. Nach DIN 1182 sind folgende Profilm Maße zu beachten:

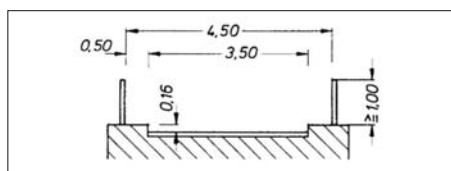


Bild 3.1 Profilm Maße für Brücken in einspurigen Wirtschaftswegen [DIN 1182]

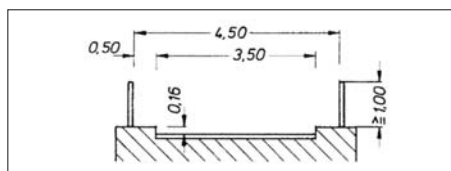


Bild 3.2 Profilm Maße für Brücken in einspurigen Wirtschaftswegen [DIN 1182]

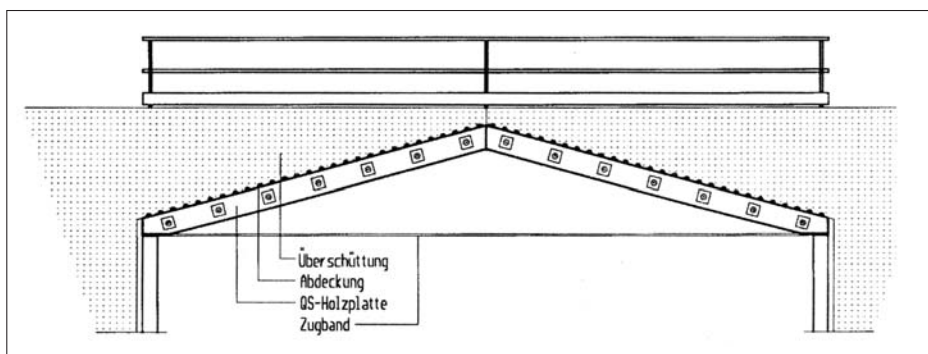


Bild 2.4 Überschüttetes Sprengwerk mit QS-Holzplatten. (nach Makipuro, R., Finnland)

Neigung

Die Neigungen (Längs- und Quergefälle) der Brücke richten sich nach der Linienführung der Wege. Die Straßenbau-Richtlinien geben hierfür Mindestneigungen an. Im Hinblick auf den konstruktiven Holzschutz sollte darauf hingewirkt werden, daß durch die Neigungen der Brücke das anfallende Wasser sicher ablaufen kann. Neigungen größer als 3% werden als ausreichend angesehen. Längsneigungen über 12% sollten vermieden werden.

3.2 Standsicherheit

Allgemeines

Die Lastannahmen für Brücken sind in DIN 1072 geregelt. Die Eigenlasten der Bauteile sind nach den einschlägigen Normen und Vorschriften (DIN 1055) zu bestimmen.

Verkehrsregellasten

Die Verkehrsregellasten der Hauptspur sind mit dem Schwingbeiwert (ρ zu vervielfachen. Dieser ermittelt sich für Bauwerke ohne Überschüttung zu:

$$\varphi = 1,4 - 0,008 \ell_{\varphi} \geq 1,0 \tag{3.1}$$

mit ℓ_{φ} = maßgebende Länge in m. (Bei QS-Holzplattenbrücken, die über ein Feld gespannt sind, ist die Stützweite anzusetzen.)

Sonderfahrzeuge

Die Forstwirtschaft setzt Fahrzeuge mit einem hohen Gesamtgewicht (z. B. mobile Entringungsfahrzeuge) ein. Aufgrund ihrer großen Länge ergeben diese Fahrzeuge aber in der Regel keine größeren Schnittgrößen als ein Regelfahrzeug der Brückenklasse 30. Die Einwirkungen aus Sonderfahrzeugen sind ggf. im Einvernehmen mit dem Bauherrn nachzuweisen.

Ersatzlasten für den Seitenstoß

Schrammborde und seitliche Schutzeinrichtungen sind, neben den ungünstig

wirkenden Hauptlasten, mit einer Ersatzlast für den Seitenstoß zu belasten. Sie beträgt für eine Brücke, die für ein SLW 30 ausgelegt ist, 50 kN. Sie ist waagrecht und rechtwinklig zur Fahrbahn 0,05 m unter Oberkante des Bauteils anzusetzen. Die Einzellast darf in eine 0,5 m lange Linienlast aufgelöst werden. In steifen Bauteilen darf mit einer Lastausstrahlung unter 45° gerechnet werden.

Wenn das Schrammbord 25 cm hoch ausgeführt und als steife abweisende Schutzeinrichtung bemessen wird, entfällt der Nachweis für eine einzelne Radlast für den Schrammbordstreifen.

Ermüdungsnachweis

Brücken, die häufig (insgesamt mehr als ca. 104 Schwerlastfahrzeuge während der Nutzungsdauer) frequentiert werden, unterliegen der Ermüdung und es muß dann ein besonderer Nachweis geführt werden. Dies gilt für Straßenbrücken der Klasse 30/30 und höher. Für einspurige Brücken, Brücken der Klasse 12/12 und Geh- und Radwegbrücken kann im Regelfall darauf verzichtet werden. Angaben zum Nachweis der Ermüdungssicherheit finden sich in DIN 1052, DIN 1074 und [9].

Sonstiges

Im allgemeinen sind noch Bremskräfte, Windlasten, Lasten auf Geländerholme, Transport- und Montagezustände und Zwängungen zu berücksichtigen.

3.3 Gebrauchstauglichkeit

Durchbiegung

Die zulässige Durchbiegung für QS-Holzplatten beträgt unter Verkehrslast (ohne Schwingbeiwert) $\ell/400$. [DIN 1074]

Kriechen muß wegen des geringen Eigengewichtes der QS-Holzplattebrücken im allgemeinen nicht berücksichtigt werden.

3.4 Dauerhaftigkeit

3.4.1 Allgemeines

Um ein dauerhaftes Bauwerk zu bauen, darf auf den konstruktiven Holzschutz nicht verzichtet werden. Der chemische Holzschutz kann nur unterstützend wirken. Chemische Holzschutzmittel verhindern durch biozide Wirkstoffe die Bildung von Pilzen und den Befall mit anderen Holzschädlingen. Die Entsorgung chemisch behandelter Hölzer ist schwierig. Der Einsatz chemisch behandelter Hölzer ist auf ein Mindestmaß zu senken.

Zur Ausführung werden 2 Möglichkeiten (vgl. Abschn. 2.1) angeboten. Die Dauerhaftigkeit der Bretter der Tragkonstruktion wird folgendermaßen beurteilt:

Brücken mit Abdichtung

Die Abdichtung muß gewährleisten, daß keine Feuchtigkeit an die Bretter gelangt. Seitlich sichert der Randbalken, der selber eine hohe Resistenz aufweisen muß, die Bretter vor Feuchtezutritt. Von unten ist die Gefahr einer Durchfeuchtung gering. Die Bretter selber müssen aber trocken sein. Durch diese konstruktive Maßnahmen wird eine Durchfeuchtung verhindert. Dadurch ist die Gefährdung durch Pilzbefall nahezu ausgeschlossen. Die natürliche Dauerhaftigkeit ist auch bei Holzarten (z. B. Fichte), die einer ungünstigen Resistenzklasse angehören, ausreichend (vgl. DIN EN 460).

Die Gefahr, daß Insekten die Bretter befallen, ist ebenfalls gering, weil die Brücke dem Außenklima ausgesetzt und trocken ist. Ein dennoch möglicher Befall würde durch die vorgeschriebenen Brückenprüfungen rechtzeitig erkannt werden, so daß keine Gefahr für die Tragsicherheit besteht, (vgl. [2]).

Daher erscheint es nicht erforderlich, die Bretter dieser Konstruktion chemisch behandeln zu müssen, auch wenn sie z. B. aus Fichte gefertigt werden.

Brücken ohne Abdichtung

Die Holzbauteile fallen unter Gefährdungskategorie 3 oder 4. Durch Schmutzablagerungen auf der Fahrbahn ist eine Gefährdung des Holzes durch Moderfäule gegeben.

Brücken, die aus Brettern einer Holzart der Resistenzklassen 1, 2 oder 3 (z. B. Kernhölzer von Eiche, Lärche, Douglasie) gefertigt werden, haben eine hohe natürliche Dauerhaftigkeit. Von Insekten droht keine Befallsgefahr für diese Kernhölzer.

Gegen einen Befall von Pilzen kann bei Kernhölzern von Lärche und Douglasie die natürliche Dauerhaftigkeit üblicherweise ausreichend sein, aber unter bestimmten Gebrauchsbedingungen ist eine Schutzbehandlung notwendig. Bei Eiche ist die natürliche Dauerhaftigkeit üblicherweise ausreichend.

Nicht abgedeckte Brücken, die für temporäre Zwecke eingesetzt werden, erfordern in Abhängigkeit ihrer Nutzungsdauer meist keinen chemischen Holzschutz.

Pflege

Werden die Brücken gepflegt, erhöht sich die Lebensdauer. In erster Linie können Schmutzablagerungen durch das Reinigen der Oberfläche verhindert werden. Damit vermindert sich die Gefährdung durch Moderfäule.

3.4.2 Konstruktiver Holzschutz

Mit dem konstruktiven Holzschutz soll erreicht werden, daß keine Feuchtigkeit an das Holzbauteil gelangt oder diese schnell abgeleitet wird. Beim Bau von QS-Holzplatten dienen folgende Konstruktionsvorschläge dem konstruktiven Holzschutz.

- Die Fahrbahn über Holzbauteilen soll mit einer Abdichtung ausgeführt werden. Damit bildet die Fahrbahn ein „Dach“ über dem Tragwerk.
- Konstruktionsteile, die nicht durch eine Abdichtung geschützt werden, sollten z.B. mit Blechen abgedeckt werden.
- Randbalken, die seitlich der Bewitterung ausgesetzt sind, sollten mit Hölzern höherer Dauerhaftigkeit ausgeführt werden.
- Tropfnasen ermöglichen eine gezielte Wasserableitung.
- Schrauben und Nägel sollten so eingebaut werden, daß die Deckseite des oberen Bauteils nicht verletzt wird.
- Hirnholzenden sollen abgedeckt oder schräg – oben vorspringend – abgeschnitten werden.
- Angeschnittene Holzfasern ziehen Feuchtigkeit durch die Kapillarwirkung besonders ein. Sie sollten soweit wie möglich vermieden werden. Dies ist besonders bei der Wahl der Verbindungsmittel zu berücksichtigen.

- Es ist auf einen genügenden Abstand aller Holzbauteile vom Erdboden zu achten (≥ 30 cm).
- Längs- und Quergefälle leiten das Wasser direkt ab. Die Neigungen (vgl. 3.1) sollten auch nach etwaigen Verformungen (z. B. Setzungen, Unebenheiten im Belag) noch vorhanden sein.
- Schmutznester, die Feuchtigkeit speichern können, sind zu vermeiden. Fugen sind genügend groß auszubilden, daß sich kein Schmutz festsetzen kann.
- Die Kontaktflächen zwischen Holzbauteilen, die der Witterung ausgesetzt sind, sollten minimiert werden. Es können z. B. Distanzscheiben angeordnet werden.
- Bei der QS-Holzplatte ist durch den kompakten Querschnitt das Austrocknen behindert. Das Holz sollte mit der zu erwartenden Ausgleichsfeuchte eingebaut werden.
- Öffnungen in den Randbegrenzungen des Asphaltbelages (z. B.: Löcher im Stahlprofil, Quernuten in den Abdeckbohlen) ermöglichen die Ableitung des Wassers, das sich oberhalb der Abdichtung ansammelt.

3.4.3 Schutz der Stahlteile

DIN 1074 macht Angaben über die Verwendung von Metallen im Holzbrückenbau. Danach gilt für tragende Konstruktionsteile aus Stahl bei Straßen- und Wegbrücken grundsätzlich DIN 18809.

Tragende Konstruktionsteile aus Stahl sind grundsätzlich so auszubilden, daß sie bei den in DIN 1076 festgelegten Brückenprüfungen geprüft werden können. Andernfalls ist eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit oder ein ausreichender Korrosionsschutz nachzuweisen.

Der Nachweis gilt nach DIN 1074 als erbracht, wenn

- molybdänlegierte Chrom-Nickel-Stähle, z.B. Stahl DIN 17440 – 1.4571 oder 1.4401 verwendet werden.
- Stahlteile 4 mm dicker als statisch erforderlich ausgeführt werden und als Korrosionsschutz eine Zinkauflage von mindestens 610 g/m² mit einer geeigneten Chromatierung vorgesehen wird.

Bei der Verwendung anderer korrosionsbeständiger Metalle ist deren Eignung nachzuweisen [DIN 1074].

Die Spannlieder der QS-Holzplatte sind zwar prinzipiell zugänglich, indem man sie aus- und wieder einbaut. Ihre Prüfung bedeutet jedoch einen erheblichen Aufwand.

Bei Brücken, die vorübergehenden Zwecken dienen (temporäre Brücken), soll sich der Korrosionsschutz an der zu erwartenden Nutzungsdauer orientieren.

3.4.4 Erneuerung von Verschleißteilen

In manchen Fällen kann man – auch aus wirtschaftlichen Gründen – bewußt auf einen vorbeugenden chemischen Holzschutz verzichten und besonders beanspruchte oder gefährdete Bauteile als „Verschleißteile“ ausbilden. Sie werden nach Abnutzung oder bei eventueller Fäulnisbildung ausgewechselt. Die konstruktive Durchbildung muß ein einfaches Auswechseln zulassen. QS-Holzplattenbrücken, die ohne einen Belag ausgeführt werden, erlauben das Erneuern der Bretter auf der Baustelle. Ebenso können Schrammbord und Geländer leicht erneuerbar ausgebildet werden.

3.5 Überwachung

Die technische Überwachung und Prüfung der Stand- und Verkehrssicherheit von Brücken und sonstigen Ingenieurbauwerken ist für alle Baustoffe vorgeschrieben und wird in DIN 1076 geregelt. Die regelmäßige Überwachung und Prüfung hat den Zweck, etwa eingetretene Mängel rechtzeitig zu erkennen und den Baulastträger bzw. Unterhaltungsträger dadurch in die Lage zu versetzen, diese zu beseitigen, bevor größere Schäden eintreten oder die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird.

Brücken sind laufend, mindestens jedoch alle drei Monate, ohne besondere Hilfsmittel auf offensichtliche Mängel zu beobachten. Die einfache Prüfung für Holzbrücken ist jährlich, die Hauptprüfung in jedem sechsten Jahr durchzuführen. [DIN 1076]

4 Angaben für die Bemessung der QS-Holzplatte

4.1 Allgemeines

Als statisches System für die Berechnung der Schnittgrößen und Verformungen kann eine orthotrope Platte oder ein Trägerrost gewählt werden.

Die Schubkräfte in der Fuge zwischen den einzelnen Brettern werden durch Haftreibung übertragen. Die Modelle gehen davon aus, daß durch die Vorspannung der Querschnitt immer überdrückt bleibt. Die Lastausbreitung ist in Anlehnung an DIN 1074 zu ermitteln. Die Unterteilung der orthotropen Platte und des Trägerrostes in Elementgrößen von 0,25 m oder 0,50 m wird als günstig angesehen, um das Lastbild eines Schwerlastfahrzeuges zu erfassen.

4.2 Orthotrope Platte

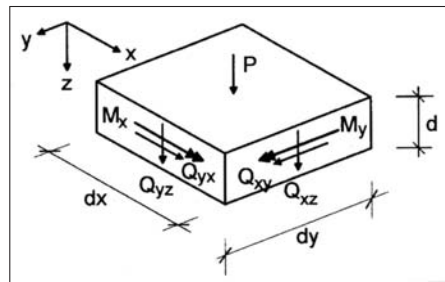


Bild 4.1 FE-Berechnungsmodell für die QS-Holzplatte (x-Richtung ist Brückenlängsrichtung)

Die Berechnung mit Finiten-Elementen-Programmen (FE-Programme) und die Nachweise erfordern verschiedene Materialkennwerte:

E_{II} : Der Elastizitätsmodul für trockenes Nadelholz parallel der Faserrichtung kann wie bei Brettschichtholz mit 11000 MN/m² angesetzt werden (vgl. Abschn. 2.1, [14]).

E_{\perp} , G_{\perp} : In [17] wird E_{\perp} für unverleimte Bretter in Abhängigkeit von E_{II} angegeben; ebenso der Schubmodul rechtwinklig zur Faserrichtung G_{\perp}

$$E_{\perp} = 0,01 * E_{II} \tag{4.1}$$

$$(E_{\perp} = 300 \text{ MN/m}^2 \text{ für verleimte Bretter})$$

$$G_{\perp} = 0,03 * E_{II} \tag{4.2}$$

$$G_{II} = G = 500 \text{ MN/m}^2 \quad [\text{DIN 1052}]$$

Anmerkung: Wenn die Brücke ohne Belag ausgeführt wird, ist sie allseitig der Witterung ausgesetzt. Die Elastizitäts- und Schubmodul sind dann nach DIN 1052 um 1/6 abzumindern.

Als Querdehnzahl kann $\mu = 0$ eingesetzt werden. Ihr Einfluß ist gering.

4.3 Trägerrost

Die QS-Holzplatte wird in einen Rost mit n Längs- und m Querträgern aufgeteilt. Der Trägerrost wird vereinfachend drillweich berechnet. Hier sollten für eine QS-Holzplattenbrücke mit Abdichtung folgende Werte eingesetzt werden:

$$\text{Längsträger (1)} \quad E_1 = E_{II} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_1 = G_{II} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Breite:} \quad \Delta b = \frac{b}{n}$$

$$\text{Biegesteifigkeit:} \quad EI_1 = E_{II} \frac{\Delta b * d^3}{12}$$

$$\text{Schubsteifigkeit:} \quad GA_1^* = G_{II} * \Delta b * d / 1,2$$

$$\text{Querträger (2)} \quad E_2 = E_{\perp} = 143 \text{ N/mm}^2$$

$$G_2 = G_{\perp} = 330 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Breite:} \quad \Delta l = \frac{l}{m}$$

$$\text{Biegesteifigkeit:} \quad EI_2 = E_{\perp} \frac{\Delta l * d^3}{12}$$

$$\text{Schubsteifigkeit:} \quad GA_2^* = G_{\perp} * \Delta l * d / 1,2$$

Aus den berechneten Schnittgrößen sind dann die Spannungen $\max \sigma_{BII}$, $\max \tau_{II}$, $\max \sigma_{B\perp}$, $\max \tau_{\perp}$, zu ermitteln.

4.4 Bemessungsdiagramm

Für QS-Holzplatten, deren Bauteildicke nach Bild 4.2 ermittelt wird, sind die Nachweise (4.3) bis (4.7) und (4.8) bereits erfüllt, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden [1]:

- Breite: $3,40 \leq b \leq 6,00 \text{ m}$
- Abstand s des Rades vom Rand der Platte (Schrammbordabstand): $s \geq 0,40 \text{ m}$, (vgl. Bild 5.3)
- zusätzliche Eigenlasten (z.B. aus Asphalt, Abdichtung) für Brücken mit Abdichtung: $g_A \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$ (Anmerkung: Die Eigenlasten der QS-Holzplatte sind nicht mehr zu berücksichtigen.)
- $\min \sigma_v \geq 0,40 \text{ MN/m}^2$ (nach Kriechen)
- Lasten aus einem SLW 30 (Anmerkung: Die Flächenlasten p sind hier nicht berücksichtigt worden, weil ihr Einfluß

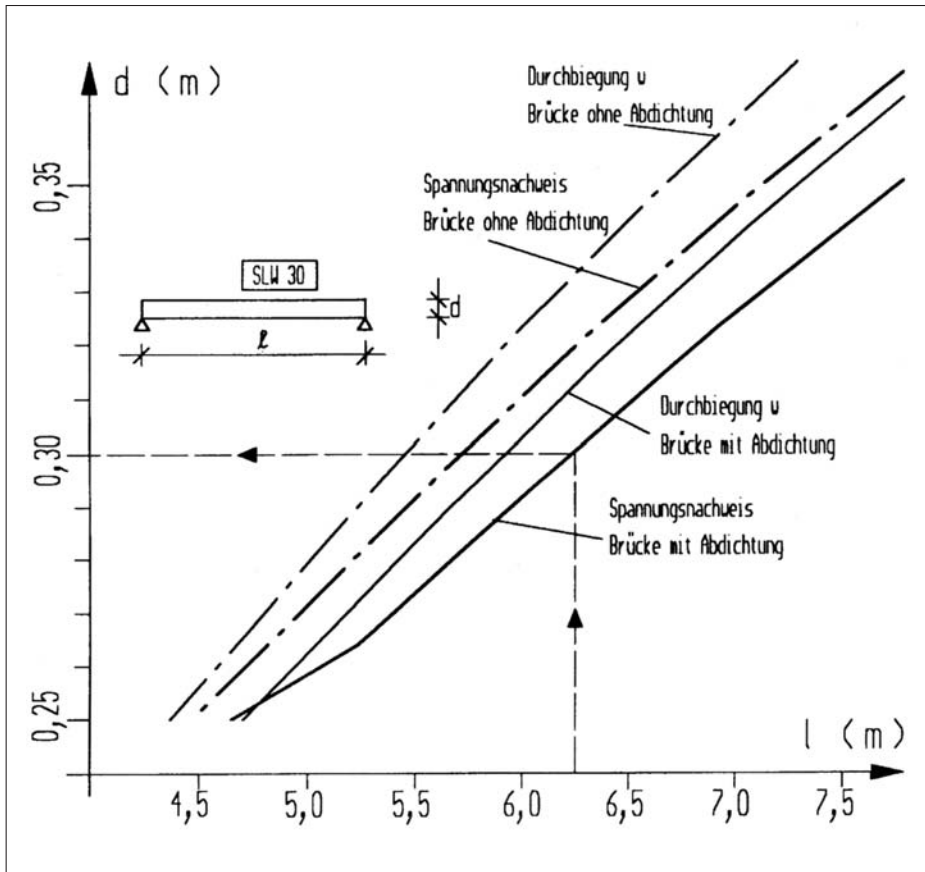


Bild 4.2 Bemessungsdiagramm für QS-Holzplattenbrücken, SLW 80

bei diesen Brückenabmessungen sehr gering ist.)

- Nadelholz Sortierklasse S 10

In dem Bemessungsdiagramm sind die Eigenlasten der QS-Holzplatte eingearbeitet. Die berechnete Durchbiegung ist die maximale Durchbiegung der Brücke, wenn das Bemessungsfahrzeug mit den Rädern das Schrammbord streift.

Dieses Diagramm wurde mit den Angaben des Abschnittes 4.2 und einem FE-Programm ermittelt. Es gilt für eine schmale Brücke mit $b = 3,40$ m. Breitere Brücken ergeben geringere Biegespannungen σ_{BII} . Dies kompensiert die Spannungen, die aus den Flächenlasten auftreten.

4.5 Nachweise

Biegemoment in Längsrichtung

Die Biegespannungen aus M_y (M_{II}) müssen für das verwendete Holz nachgewiesen werden. Durch den Vergütungseffekt können hier die zulässigen Spannungen um 10% (vgl. Abschn. 2.1) überschritten werden.

$$\frac{\max \sigma_{BII}}{\text{zul} \sigma_B * 1,1} \leq 1 \quad (4.3)$$

Querkraft in Längsrichtung

Die maximale Querkraft Q_{xz} (Q_{II}) in Längsrichtung entsteht, wenn das Bemessungsfahrzeug am Auflager steht. Daraus resultiert die Schubspannung τ_{II} .

$$\frac{\max \tau_{II}}{\text{zul} \tau_Q} \leq 1 \quad (4.4)$$

Biegemomente in Querrichtung (Zugzone)

Die Spannungen $\max \sigma_{B\perp}$ aus Querbiegemomenten M_x , (M_{\perp}), die durch die Verkehrsregellast, Geländerdruck, und Seitenstoß entstehen, sollen in der Zugzone die Werfe der Vorspannung mino-v (nach Berücksichtigung der Vorspannverluste) nicht überschreiten. Das heißt, der Querschnitt bleibt in Querrichtung überdrückt.

$$\frac{\max \sigma_{B\perp}}{\min \sigma_V} \leq 1 \quad (4.5)$$

Biegemomente in Querrichtung (Druckzone)

Es darf die zulässige Druckspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nicht überschritten werden.

$$\frac{\max \sigma_{B\perp} + \max \sigma_V}{\text{zul} \sigma_{D\perp}} \leq 1 \quad (4.6)$$

Querkraft in Querrichtung

Diese Schubspannungen dürfen die Haftreibungskräfte zwischen den Brettern nicht überschreiten.

$$\frac{\max \tau_{\perp}}{\frac{\mu_0 * \min \sigma_V}{\gamma}} \leq 1 \quad (4.7)$$

mit $\mu_0/\gamma = 0,35$ (vgl. [17], [6])

Anmerkung: Bei Ausfall der Vorspannung wirken die Vorspannglieder als Bolzen zwischen den Brettern.

Durchbiegung

Die rechnerische Durchbiegung w der Platte darf unter Verkehrslast (ohne Schwingbeiwert) $l/400$ nicht überschreiten.

$$\frac{w}{l/400} \leq 1 \quad (4.8)$$

Vorspannung

Die Vorspannkraft Z wird in Abhängigkeit der Vorspannung, der Plattendicke d und des Spannabstandes e nachgewiesen:

$$\frac{\max \sigma_V * e * d}{Z} \leq 1 \Rightarrow e = \frac{Z}{\max \sigma_V * d} \quad (4.9)$$

Der Querdruck im Einleitungsbereich der Vorspannung auf den Randbalken (RB) muß nachgewiesen werden.

$$\frac{Z}{A_{\text{Ankerplatte}} \text{zul} \sigma_{D\perp, RB}} \leq 1 \quad (4.10)$$

Weitere Nachweise

Weitere Nachweise sind für die Einwirkungen durch Wind, Geländerdruck, Bremskräfte und Seitenstoß zu führen. Die Bedingungen (4.5) und (4.7) sichern, daß ein ausreichender Sicherheitsabstand zum Bruchzustand eingehalten wird.

4.6 Vorspannung

Der minimale Werf der Vorspannung mino richtet sich nach der statischen Bemessung (siehe Gleichungen (4.5) und (4.7)) und muß mindestens $0,40$ N/mm² (vgl. [17], [14]) betragen. Andere Quellen ([6], [15]) empfehlen $0,70$ N/mm². Die Vorspannung der Platte sollte mit Rücksicht auf Vorspannverluste direkt nach dem

Tabelle 4.1 Vorspannglieder (Auswahl)

	nichtrostender Stahl (vgl. Abschn. 5.3) Werkstoffnummer 1.4429				verzinkter Gewindestahl BSt 500/550			
	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø20	Ø25	Ø28	Ø32
Durchmesser [mm]	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø20	Ø25	Ø28	Ø32
Zugfestigkeit [N/mm ²]	930	900	850	790	550	550	550	550
Streckgrenze [N/mm ²]	800	790	700	630	500	500	500	500
Spannungsquerschnitt A _{Sp} im Gewinde [mm ²] bzw. Nennquerschnitt A _S	137 (M16)	245 (M20)	353 (M24)	561 (M30)	201	247	385	483
Bemessungskraft N _{rd} (vgl. DIN 18800) [kN]	104	160	204	292	-	-	-	-
max. Vorspannkraft (Z) [kN] (hier: Z= N _{rd} /1,35)	77	118	151	216	89	140	176	229
Ankerplatte b=h [mm] ¹⁾ (vgl. (4.10)) t [mm] (für Stahl ST 37)	140/140 18	180/180 22	200/200 25	240/240 30	150/150 20	190/190 25	210/210 27	240/240 31
max. Abstand e [mm] der Spannglieder (vgl. (4.9)) bei d=300mm ²⁾ und maxσ _v =1,0N/mm ² ³⁾	256	393	503	720	299	467	586	765

¹⁾ Die Abmessungen der Ankerplatten sind mit einer Flächenpressung von zul σ_{D1} = 4,0 N/mm² berechnet worden.

²⁾ bei abweichenden Plattendicken d: e' = e * $\frac{300\text{mm}}{d}$ ³⁾ bei abweichenden Vorspannungen max σ_v: e' = e * $\frac{1,0\text{N/mm}^2}{\text{max } \sigma_v}$

Einbau bei mindestens 1,0 N/mm², dem 2,5-fachen [17] des notwendigen Wertes, liegen:

$$\text{max } \sigma_v \geq 2,5 * \min \sigma_v \quad (4.11)$$

Vorspannverluste entstehen durch Kriechen und Schwinden, Vorspannänderungen durch Temperaturschwankungen [16]. Die Verluste werden noch unterschiedlich bewertet. Sie liegen nach [13] bei 60% nach 250 Tagen. Nach [11] dagegen wird von einer nicht merklichen Verringerung der Vorspannung ausgegangen. Die Vorspannverluste werden nach mehrmaligem Nachspannen und längerer Standdauer geringer.

Wenn die Vorspannung abfällt und nicht nachträglich korrigiert wird, gefährdet dies die Gebrauchstauglichkeit der Brücke.

Eine höhere anfängliche Vorspannung, die durch eine größere Anzahl von Vorspanngliedern erreicht wird, wird über einen längeren Zeitraum durch Kriechen und Schwinden abgebaut. Das Nachspannen wird weniger oft notwendig sein. Das Verhältnis EA_{Stahl}/EA_{Holz} sollte möglichst gering (≤ 2,2 vgl. [6]), gehalten werden, um durch die Federwirkung der Vorspannglieder Spannungsverluste zu minimieren. Es werden daher meist hochfeste Stähle verwendet.

Es wird vorgeschlagen, die Brücken nach drei Wochen zum erstenmal, dann nach drei Monaten mit dem ursprünglichen Wert

nachzuspannen. Bei der jährlichen Prüfung der Brücke sollte auch die Vorspannung überprüft und ggf. korrigiert werden. Solange genaue Erkenntnisse über die Spannungsverluste fehlen, darf auf die Kontrolle der Vorspannung nicht verzichtet werden.

In Tabelle 4.1 werden für die Vorspannglieder Angaben zur Ausführung gemacht.

5 Konstruktionsdetails

5.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt wird eine Konstruktion vorgestellt. Im speziellen Fall können andere Konstruktionen günstiger sein. Es ist immer ein verantwortlicher Tragwerksplaner hinzuzuziehen.

5.2 Bretter

Die Bretter sind sägerauh und 4 bis 6 cm dick. Die verfügbaren Brettbreiten gehen bis ca. 30 cm. Die Einbaufeuchte sollte etwa der zu erwartenden Ausgleichsfeuchte entsprechen. Sie liegt bei einer QS-Holzplatte mit Abdichtung bei 15%±3% und ohne Abdichtung bei 18%±3%.

5.3 Vorspannung

Anordnung

Die Vorspannung kann sowohl in der Mitte der Bretter (zentrisch) als auch versetzt angeordnet werden (vgl. Bild 5.1).

Eine versetzte Anordnung führt zu einer höheren Biegesteifigkeit in Querrichtung [4].

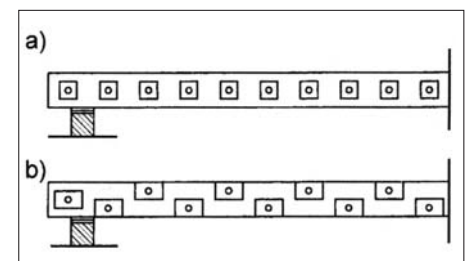


Bild 5.1 Möglichkeiten zur Anordnung der Spannglieder: a) zentrisch, b) versetzt

Schrammbord und Geländer sollten so angeordnet sein, daß ein Nachspannen ohne großen Aufwand möglich ist. Es muß darauf geachtet werden, daß die Gewindelänge der Spannstäbe ausreicht, um mehrmals nachspannen zu können. Bauteile, die quer zur QS-Holzplatte angeordnet sind, sollten so befestigt sein, daß die Bewegungen der Platte durch Kriechen, Schwinden und Nachspannen möglichst nicht behindert werden. Sie können später (z.B. nach dem 1. Nachspannen) angebracht werden.

Lasteinleitung

Um eine gleichmäßige Vorspannung in der Platte zu erreichen, müssen die Kräfte der Spannglieder möglichst gleichmäßig in das Holz eingeleitet werden. Dazu ist ein spannungsverteilendes Element erforderlich. Verschiedene Möglichkeiten sind in Bild 5.2 dargestellt.

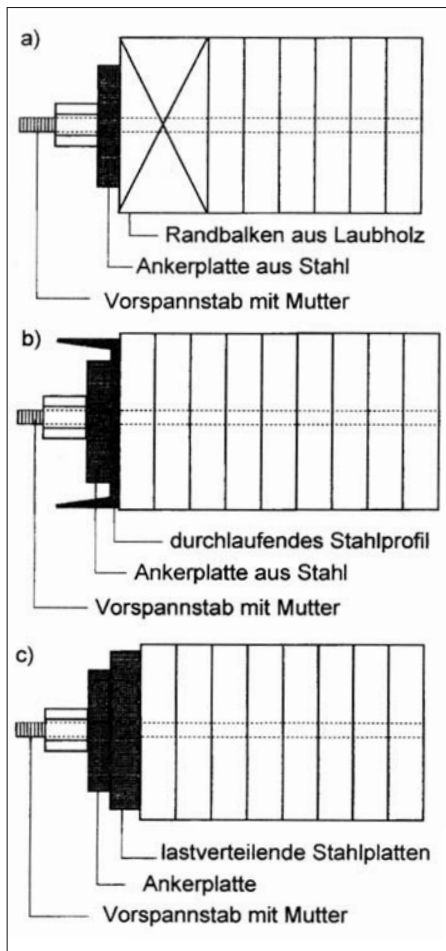


Bild 5.2 Einbringen der Vorspannkraft durch
 a) einen Randbalken höherer Festigkeit
 b) ein durchlaufendes Stahlprofil
 c) einzelne Stahlplatten
 Bild 5.3 Randabstand

Im Bereich der Radlasten sollte die Vorspannung bereits über die ganze Brettlänge verteilt sein. Hier darf mit einer Lastausbreitung von maximal 45° gerechnet werden (vgl. Bild 5.3).

Vorspannglieder

Stahl ist im Holz nicht ausreichend vor Korrosion geschützt. Es müssen Maßnah-

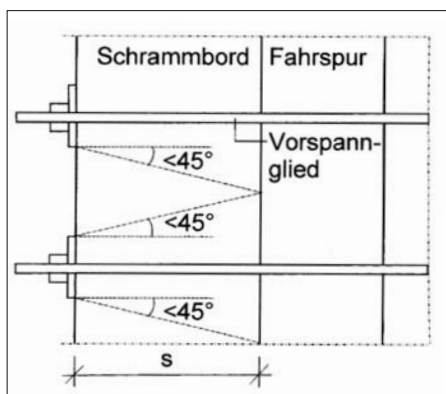


Bild 5.3 Randabstand

men getroffen werden, die Korrosion des Stahles zu verhindern: (vgl. Abschn. 3.4.3.)

Nichtrostende Stähle¹

Stäbe aus nichtrostendem Stahl sind ausreichend korrosionsbeständig, aber relativ teuer. Sie haben keine Zulassung für nicht vorwiegend ruhende Einwirkungen [Z1]. Deswegen dürfen sie nicht durch Schwerlastfahrzeuge häufig ermüdungswirksam beansprucht werden. Nach Meinung der Bearbeiter können sie bei den hier behandelten QS-Holzplattenbrücken als zentrische angeordnete Vorspannung in QS-Holzplattenbrücken verwendet werden, weil hier die Schwingbreite der häufig wiederholten Spannungen infolge der Schwerlastfahrzeuge gering ist. Auch werden einspurige QS-Holzplattenbrücken nur selten mit den maximalen Lasten frequentiert.

Nichtrostende Stähle sind in dem Verfestigungsgrad K 700 erhältlich. Er entspricht dem Stahl ST 52. Bestimmte Hersteller² von nichtrostenden Stählen garantieren Zugfestigkeiten bis 930 N/mm^2 und Streckgrenzen bis 800 N/mm^2 .

An Verbindungsstellen mit Bauteilen aus unlegiertem, niedriglegiertem oder verzinktem Stahl kann eine Korrosionsgefahr durch Kontaktkorrosion für die unedleren Kontaktwerkstoffe bestehen [Z1]. Diese tritt zwar zwischen verzinkten Ankerplatten und nichtrostenden Spannstäben auf. Es wird aber aufgrund der Dicke der Ankerplatten eine Gefährdung für die Tragsicherheit ausgeschlossen. Die Kontaktkorrosion kann durch nichtmetallische Zwischenscheiben vermieden werden.

Verzinkte Stähle

Verzinkte Stähle stellen eine wirtschaftliche Lösung vor allem für Brücken, die vorübergehenden Zwecken dienen, dar. Eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit nach DIN 1074 kann mit verzinkten Stählen nur schwer erreicht werden. Der Korrosionsschutz kann durch das Vor- und Nachspannen verletzt werden.

Einfache verzinkte Gewindestäbe (z.B. BSt 500/550) sind in der Regel billiger als

¹ Nähere Informationen zu nichtrostenden Stählen und Bezugsquellen sind bei der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Postfach 102205, 40013 Düsseldorf erhältlich.

² Ein Herstellerverzeichnis ist bei der Arbeitsgemeinschaft Holz erhältlich.

nichtrostende Stähle. Das Verzinken von Spannstählen (z.B. ST 835/1030) ist möglich, aber aufwendig.

Sonstiger Korrosionsschutz

Es gibt auch Versuche, Spannstähle – wie bei der Vorspannung ohne Verbund im Massivbau – mit Epoxidharz zu beschichten oder die Stähle in Kunststoffhüllen einzubauen und diese zu verfüllen.

Empfehlung

Nach Meinung der Bearbeiter ist die Verwendung von nichtrostenden Stählen für dauerhafte Brücken die beste Lösung.

Spannfolge

Die Vorspannung sollte zunächst mit $2/3$ der maximalen Vorspannung aufgebracht werden. Dabei soll von der Mitte zu den Auflagern hin vorgespannt werden. Anschließend wird in gleicher Reihenfolge die volle Vorspannung aufgebracht.

Vorspanngeräte

Für das Vorspannen ist in den meisten Fällen ein Vorspanngerät erforderlich. Das Aufbringen der erforderlichen Vorspannung mit Hilfe eines Drehmomentschlüssels ist nach vorliegenden Erfahrungen nur in Ausnahmefällen möglich.

Vorspannweg

Der Vorspannweg beträgt bei 6,50 m breiten Platten ca. 25 cm. Er ist abhängig von der Feuchtigkeit, der Rauigkeit, der Form und dem Kriechverhalten der Bretter, sowie der Steifigkeit der Vorspannglieder.

5.4 Fahrbahn

Abdichtung und Asphaltbelag

Eine Abdichtung unter dem Asphaltbelag ist erforderlich. Der Asphaltbelag schützt die Abdichtung, ist abriebfest und rutschsicher. Die Abdichtung und der Belag sollten erst nach dem 1. Nachspannen aufgebracht werden.

Der Aufbau des Fahrbahnbelages wird folgendermaßen vorgeschlagen:

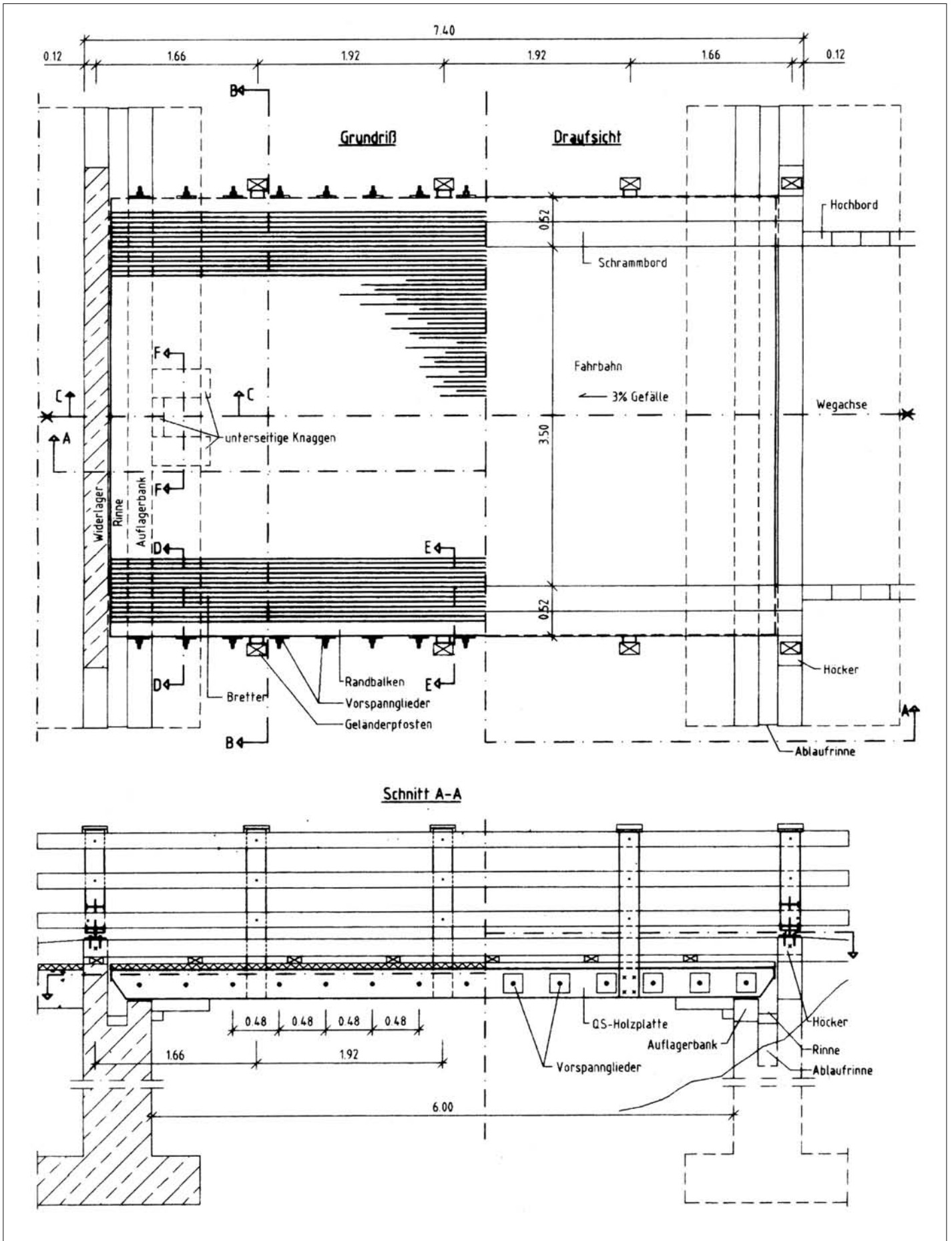


Bild 5.4 Übersicht QS-Holzplattenbrücke

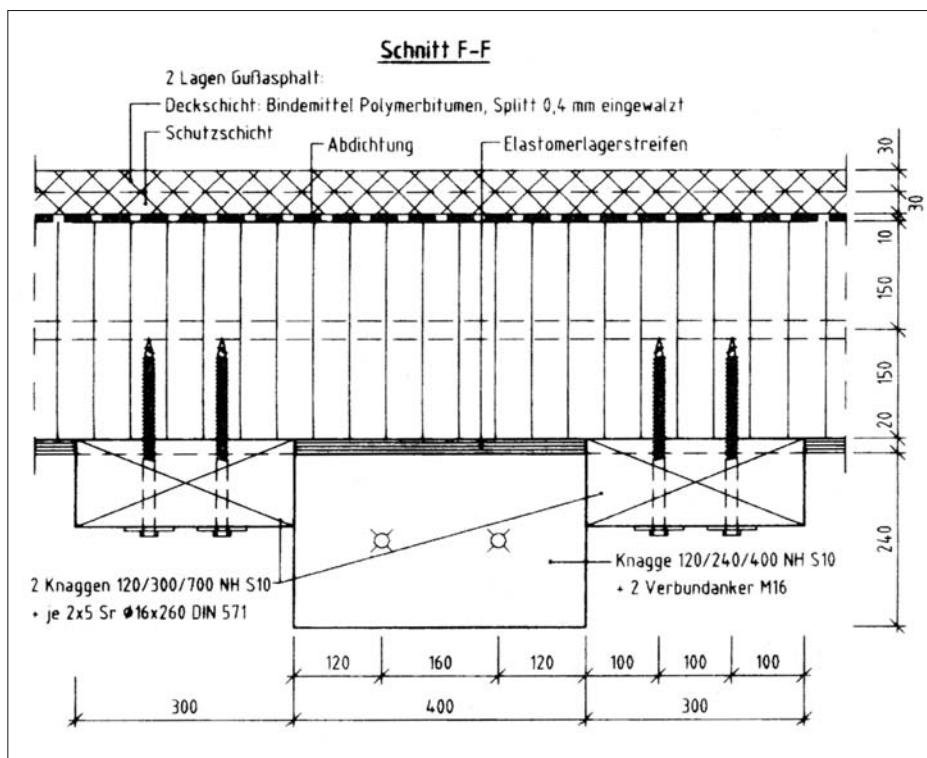


Bild 5.7 Knaagenausbildung

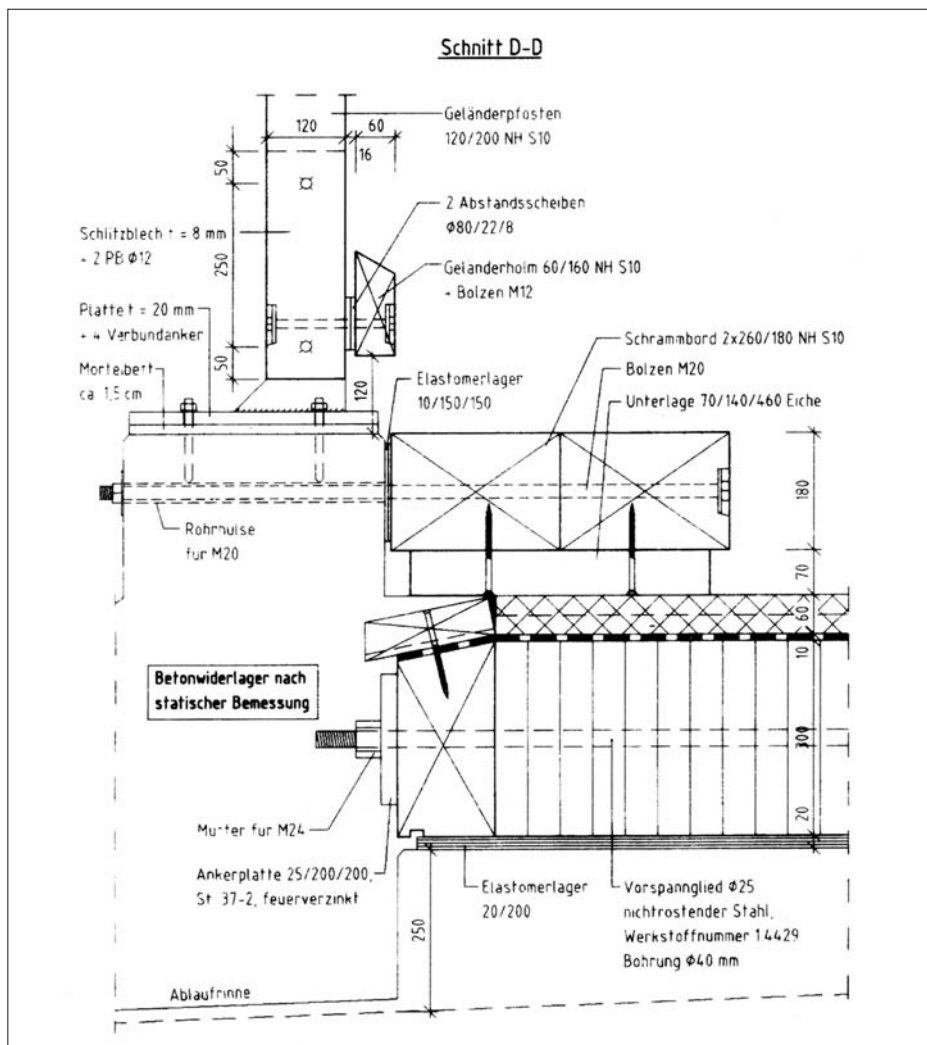


Bild 5.8 Geländerbefestigung am Auflager

- Dichtungsschicht: Bitumenschweißbahn mit hochliegender Trägereinlage aus Polyestervlies, eventuell auf eine Unterlage vollflächig geklebt.
- Schutz- und Deckschicht aus 2 Lagen Gußasphalt, je ca. 3 cm dick. Bei der oberen Lage sollte Polymerbitumen als Bindemittel verwendet und Splitt 0,4 mm eingewalzt werden.

QS-Holzplatte ohne Belag

Für Brücken, die vorübergehenden Zwecken dienen, ist die Ausführung ohne Belag ausreichend und zweckmäßig. In diesem Fall ist ein Längsgefälle zur Wasserableitung notwendig. Bei einer Fahrbahnplatte aus Nadelholz ist eine Verschleißschicht von 20 mm vorzusehen.

QS-Holzplatte mit Überschüttung aus Mineralstoffgemisch

Die Holzoberfläche wird mit einer Abdichtung, die vor eindrückenden Steinen geschützt werden muß, (z.B. Kunststoffnoppenbahnen) versehen. Die Überschüttung soll aus hohlraumarmem, kornabgestuftem Material (Kies-Sand- oder Splitt-Sand-Gemischen) bestehen und ca. 20 bis 30 cm dick sein. Diese Variante ist günstig bei gekieste(n) Wegen mit Deckschichten ohne Bindemittel.

5.5 Auflager

Die Auflager müssen neben ständigen Lasten auch die Radlasten, Brems- und weitere horizontale Kräfte (Wind, Kräfte auf seitliche Schutzeinrichtungen) aufnehmen und weiterleiten. Das Holz im Auflagerbereich ist gegen aufsteigende Feuchtigkeit und hochspritzendes Wasser zu schützen.

Folgende Ausführung (vgl. Bild 5.6) wird vorgeschlagen: Die QS-Holzplatte liegt auf Elastomerstreifen auf, die auf die Auflagerbank gelegt werden. Die Bremslasten und die seitlichen Lasten werden durch angeschraubte und angedübelte Knaaggen (vgl. Bild 5.7) aufgenommen. Die QS-Holzplatte wird am Hirnholzende schräg abgeschnitten. Ein verschweißtes T-Profil schützt das Hirnholzende vor Wasser, das durch die Fuge zwischen QS-Holzplatte und Auflager gelangt. Das Wasser läuft dann in der Rinne hinter der Auflagerbank ab. Löcher, die in das T-Profil gebohrt werden, leiten das Wasser, das sich oberhalb der Abdichtung sammelt, ab.

5.6 Randausbildung der Platte

Plattenrand

Es wird empfohlen, den Asphaltbelag durch eine angeschraubte Abdeckbohle aus Holz (z.B. Eiche) zu sichern. Darunter wird die Abdichtung über die gesamte QS-Holzplatte gelegt. Die Abdeckbohle hat unten Quernuten, um Feuchtigkeit, die sich über der Abdichtung ansammeln kann, abzuleiten. Die Abdeckbohle soll über den Randbalken vorstehen, um auch die Vorspannglieder schützen zu können. (vgl. Bilder 5.8 und 5.9)

Schrammbord

Das Schrammbord muß den Seitenstoß aufnehmen. Bei kurzen Brücken ist es möglich, den Seitenstoß über Kanthölzer, verdübelte Balken oder Brettschicht-holzträger direkt in die betonierten Auflager einzuleiten.

Geländerbefestigung

Es wird empfohlen, die Geländerbefestigung von den Vorspanngliedern zu trennen und den Geländerpfosten über einen Abstandhalter (ca. 6–10 cm) direkt am

Randbalken mittels Bolzen oder Schrauben zu befestigen.

6 Bemessungsbeispiel

Als Bemessungsbeispiel wird eine einspurige Brücke in QS-Bauweise mit 6,25 m Spannweite und 3,50 m Fahrbahnbreite (4,50 m Gesamtbreite) für die Brückensklasse 30 t gerechnet. Sie besitzt eine Abdichtung und einen Asphaltbelag.

Lasten nach DIN 1055 und DIN 1072

7 cm Abdichtung + Asphalt	$0,07 \cdot 23 = 1,61 \text{ kN/m}^2$
30 cm Holzplatte	$0,30 \cdot 6 = 1,80 \text{ kN/m}^2$
Schrammbord, Geländer ca.	$0,39 \text{ kN/m}^2$
Gesamtgewicht	$g = 3,80 \text{ kN/m}^2$

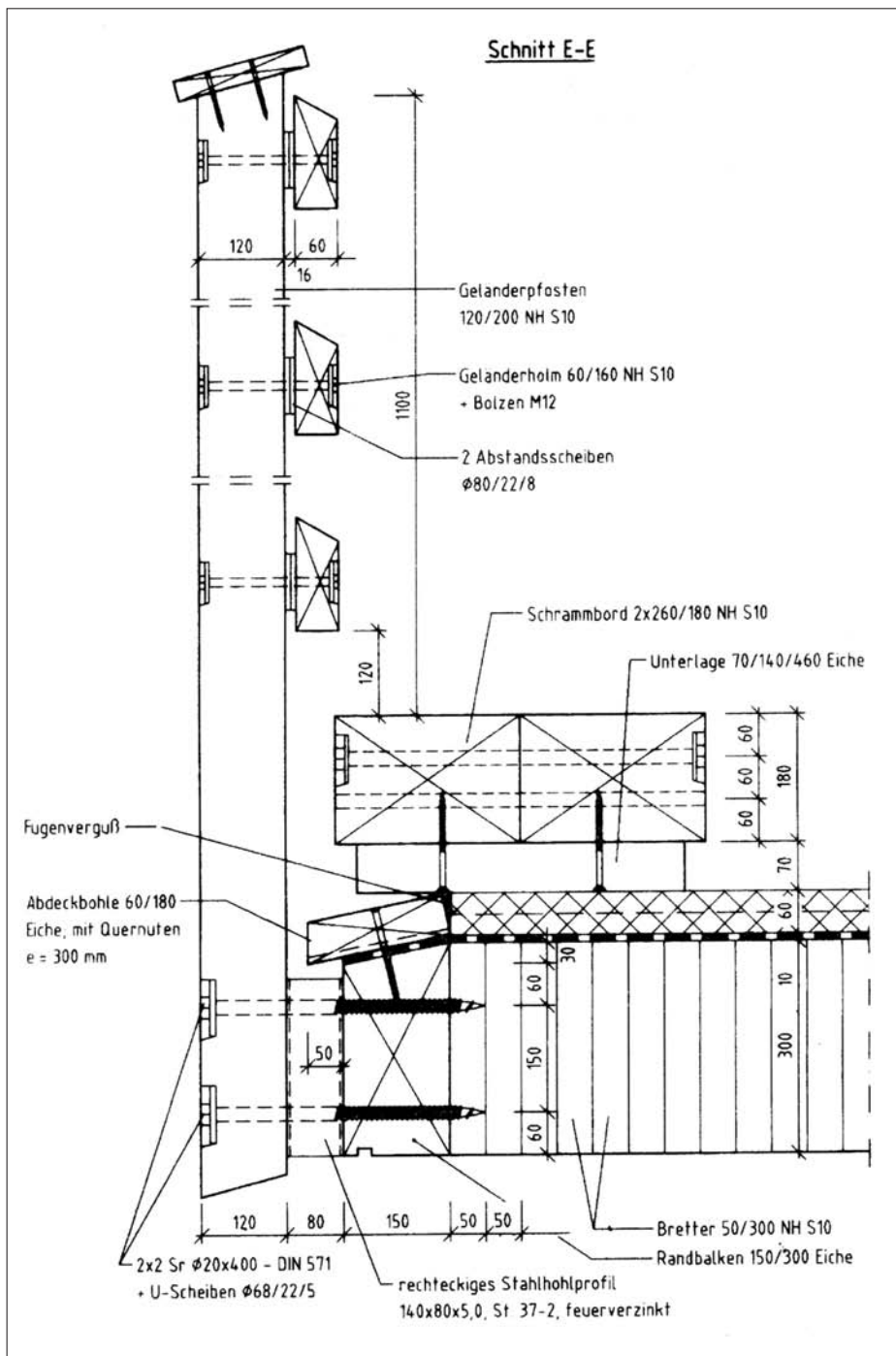


Bild 5.9 Randausbildung Brückenmitte

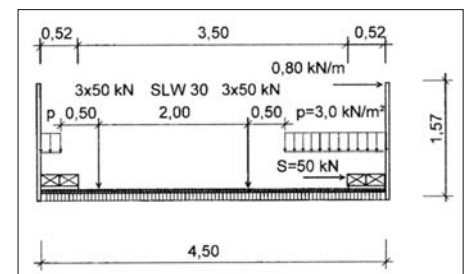


Bild 6.1 Lastbild (schematisch)

Baustoffe:

Baustoffe:

- Bretter: NH Sortierklasse S10
- Randbalken: LH (Eiche)
- Vorspannstahl: korrosionsbeständiger Stahl, Werkstoffnummer 1.4429
- Sonstige Stahlteile: Stahl ST 37, feuerverzinkt

Statisches System (Längsrichtung)

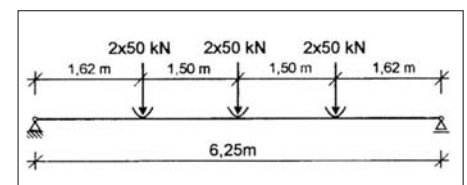


Bild 6.2 Statisches System mit Radlasten (LF1, LF3 und LF4)

Bemessung mit Diagramm

Die Bemessung erfolgt mit Hilfe des Diagramms Bild 4.1. In dieses Diagramm sind die Eigenlasten und die Verkehrslasten bereits eingearbeitet. Für eine Brücke mit der Spannweite 6,25 m, der Breite 4,50 m und den Lasten aus einem SLW 30 ergibt sich eine erforderliche Plattendicke d von 0,30 m bei einer minimalen Vorspannung von 0,40 N/mm².

Die Voraussetzungen für die Verwendung dieses Diagramms werden eingehalten.

$$g_A = 1,61 + 0,39 = 2,0 \text{ KN/m}^2 \leq 2,0 \text{ KN/m}^2$$

$$b = 4,50 \text{ m} \leq 6,00 \text{ m} \\ \leq 3,40 \text{ m}$$

$$s = 0,40 \text{ m} \leq 0,50 \text{ m}$$

Berechnung als Trägerrost

Die QS-Holzplatte wird in zwei 0,25 m (Rand) und acht 0,50 m breite Längsträger und 14 0,48 m breite Querträger aufgeteilt.

Eingabewerte für die Längsträger:

$$EI_1 = E_{II} \frac{\Delta b \cdot d^3}{12} = \\ 11000 \cdot \frac{0,50 \cdot 0,30^3}{12} = 12,4 \text{ MNm}^2$$

$$GA_1^* = 500 \cdot 0,30 \cdot 0,50 / 1,2 = 62,5 \text{ MN}$$

Die Randträger haben die halben Werte.

Eingabewerte für die Querträger:

$$EI_2 = E_{\perp} \frac{\Delta l \cdot d^3}{12} = \\ 143 \cdot \frac{0,48 \cdot 0,30^3}{12} = 0,154 \text{ MNm}^2$$

$$GA_2^* = 330 \cdot 0,30 \cdot 0,48 / 1,2 = 39,6 \text{ MN}$$

Eigenlasten (g)

$$\sigma_{B,g} = \frac{M}{W} = \frac{3,80 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25^2}{8 \cdot \frac{0,30^2}{6}} \\ = 1,24 \text{ MN/m}^2 = 1,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_g = \frac{1,5 \cdot Q}{A} = \frac{1,5 \cdot 3,80 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25}{2 \cdot 0,30 \cdot 1,00}$$

Verkehrslasten (p)

Schwingbeiwert:

$$\varphi = 1,4 - 0,008 \cdot \ell_{\varphi} = \\ 1,4 - 0,008 \cdot 6,25 = 1,35$$

Es sind mehrere Lastfälle (LF) zu untersuchen.

LF1: Das Fahrzeug steht in der Mitte der Brücke (vgl. Bild 6.2) mit den Rädern am Schrammbord (vgl. Bild 6.1) zusammen

mit Flächenlasten p. Die Flächenlasten vor und hinter dem Fahrzeug werden vernachlässigt.

LF2: Das Fahrzeug steht auflagenah mit den Rädern am Schrammbord.

LF3: wie LF1; jedoch ohne Flächenlasten

LF4: Das Fahrzeug steht in Brückenmitte, mittig zwischen den Schrammbordstreifen. Dieser Lastfall wird für die Durchbiegung gerechnet. Die maximale Durchbiegung tritt hier unter den Rädern der mittleren Achse auf.

Die Lasten aus einem SLW 30 und den Flächenlasten p ergeben mittels der Trägerrostberechnung folgende maximale Schnittgrößen und Verformungen:

$$\max M_1 = 67,7 \cdot 10^{-3} \text{ MNm} \quad (\text{LF1})$$

$$\max Q_1 = 47,9 \cdot 10^{-3} \text{ MN} \quad (\text{LF2})$$

$$\max M_2 = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ MNm} \quad (\text{LF3})$$

$$\max Q_2 = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ MN} \quad (\text{LF3})$$

$$\max w_p = 0,0201 \text{ m} \quad (\text{LF4})$$

Spannungen und Verformungen:

$$\max \sigma_{BII,p} = \frac{\max M_1}{W_1} = \frac{67,7 \cdot 10^{-3}}{0,50 \cdot 0,30^2 / 6} \\ = 9,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\max \tau_{II,p} = \frac{1,5 \cdot \max Q_1}{A_1} = \frac{1,5 \cdot 47,9 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,50} \\ = 0,479 \text{ N/mm}^2$$

$$\max \sigma_{B\perp,p} = \frac{\max M_2}{W_2} = \frac{2,91 \cdot 10^{-3}}{0,48 \cdot 0,30^2 / 6} \\ = 0,404 \text{ N/mm}^2$$

$$\max \tau_{\perp,p} = \frac{1,5 \cdot \max Q_2}{A_2} = \\ = \frac{1,5 \cdot 7,17 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,48} = 0,0747 \text{ N/mm}^2$$

$$w = \frac{\max w_p}{\varphi} = \frac{0,0201}{1,35} = 14,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Nachweise

Biegemomente in Längsrichtung

$$\frac{\sigma_{B,g} + \max \sigma_{BII,p}}{\text{zul} \sigma_B \cdot 1,1} = \frac{1,24 + 9,03}{10 \cdot 1,1} = 0,93 \leq 1$$

Querkraft in Längsrichtung

$$\frac{\tau_g + \max \tau_{II,p}}{\text{zul} \tau_Q} = \frac{0,059 + 0,479}{0,9} = 0,60 \leq 1$$

Biegemomente in Querrichtung

gewählte Vorspannung:

$$\min \sigma_V = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\max \sigma_{B\perp,p}}{\min \sigma_V} = \frac{0,404}{0,41} = 0,99 \leq 1$$

$$\frac{\max \sigma_{B\perp,p} + \max \sigma_V}{\text{zul} \sigma_{D\perp}} = \frac{0,404 + 1,000}{2,0} \\ = 0,70 \leq 1$$

Querkraft in Querrichtung

Der zulässige Reibungsbeiwert μ_0/γ wird mit 0,35 angesetzt.

$$\frac{\max \tau_{\perp,p}}{\frac{\mu_0}{\gamma} \cdot \min \sigma_V} = \frac{0,0747}{0,35 \cdot 0,40} = 0,53 \leq 1$$

Durchbiegung

$$\frac{w}{\ell / 400} = \frac{14,9 \cdot 10^{-3}}{6,25 / 400} = 0,95 \leq 1$$

Vorspannglieder

gewählt: $\varnothing 25$ mm nach Tabelle 4.1, Gewinde auf M 24 eingeschnitten

$$Z = \frac{N_{rd}}{1,35} = \frac{204}{1,35} = 151 \text{ kN}$$

$$\max \sigma_V = 2,5 \cdot \min \sigma_V = \\ = 2,5 \cdot 0,41 = 1,03 \text{ N/mm}^2$$

$$e \leq \frac{Z}{d \cdot \max \sigma_V} = \frac{151 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 1,03} = 0,489 \text{ m}$$

gewählt: Spanngliedabstand $e = 480$ mm

Querdruck im Einleitungsbereich der Vorspannung

Der Randbalken wird aus Laubholz gefertigt. Größere Eindrückungen sind unbedenklich und das Bauteil ist nicht allseitig der Witterung ausgesetzt.

$$\text{zul} \sigma_{D\perp LH} = 4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{erf} A_{PI} = \frac{Z}{\text{zul} \sigma_{D\perp LH}} = \frac{151 \cdot 10^{-3}}{4} = 37750 \text{ mm}^2$$

gewählt: $b/h = 200/200$ mm
 $t = 25$ mm

Es sind für die Brückenkonstruktion noch die weiteren üblichen Nachweise zu führen (Seitenstoß, Windlasten, Bremslasten, Geländerdruck).

holzbau handbuch

HOLZABSATZFONDS
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

