



*Kurt Schwaner
Prof. Dipl.-Ing., Institut für
Holzbau
Hochschule Biberach
Biberach, Deutschland*

Schutz und Dauerhaftigkeit von Holzbrücken

**Protection and durability in the case
of timber bridges**

**Protezione e durevolezza die ponti in
legno**

Dokument in Deutsch

Schutz und Dauerhaftigkeit von Holzbrücken

1 Einführung

Jede Brücke, unabhängig von Material, Bauart oder Nutzung, muss standsicher, gebrauchstauglich und dauerhaft sein. Diese prinzipiellen Forderungen an jedes einzelne Bauteil oder an komplette Bauwerke sind Hauptanliegen des öffentlichen Baurechtes.

Alle Materialien für den Brückenbau weisen Schwächen auf. Aber insbesondere der Werkstoff Holz gerät zunehmend unter Druck. Einige schlechte Beispiele belegen nur allzu deutlich das latent vorhandene Vorurteil: Holz bricht, brennt und fault! Durch unzureichende Schutzmaßnahmen konnten einige Brücken leider nur für zu kurze Zeit dem natürlichen Kreislauf des Holzes der „Kompostierung“ entzogen werden.

2 Holzschutz als Planungskonzept

2.1 Allgemeines

Die Ursachen von Schäden an Holzbrücken liegen fast ausschließlich im vernachlässigten Holzschutz. Von entscheidender Bedeutung ist es, bei der Planung und Ausführung von Brücken ein umfassendes Holzschutzkonzept zu berücksichtigen, das die Gestaltung ebenso einbezieht wie die Materialwahl und die Detailausbildung.

Planungsgrundsätze zum Entwurf von Holzbrücken sind im Entwurf DIN 1074, Anlage 1 aufgelistet:

Auszüge aus Entwurf DIN 1074 (Beratungsstand Oktober 2004): Anhang A1 (informativ) Empfehlungen für Schutz und Dauerhaftigkeit

A.1 Allgemeines

- 1) Brücken sind so zu planen, konstruieren, auszuführen und zu unterhalten, dass die geforderte Lebensdauer erreicht wird.
- 2) Die Dauerhaftigkeit hängt von den klimatischen, mechanischen oder besonderen nutzungsbedingten Beanspruchungen ab.
- 3) Klimatische Einflüsse sind vor allem Niederschläge aber auch Sonneneinstrahlung, Wind, aufsteigende Feuchte über Nassbereichen usw.
- 4) Mechanische Beanspruchungen sind z. B. Verschleiß, Abrieb oder Anprall.
- 5) Besondere nutzungsbedingte Beanspruchungen sind z. B. der Eintrag von Feuchte in die innere Konstruktion einer gedeckten Brücke durch Fahrzeugverkehr, die Benutzung als Loipenbrücke mit lang einwirkender Schneebedeckung oder die Verwendung von korrosiven Enteisungsmitteln.
- 6) Die Beanspruchungen wirken sich unterschiedlich stark auf die Dauerhaftigkeit aus. Dem entsprechend muss eine Kombination unterschiedlicher baulicher und ggf. chemischer Schutzmaßnahmen vorgesehen werden.
- 7) Entsprechend der Schutzwirkung der Maßnahmen werden die Bauteile in die Schutzklassen „geschützt“ und „ungeschützt“ eingeteilt. (siehe Abb. 05 und Abb. 47)
- 8) Bei Brücken mit kürzerer Nutzungsdauer wird die Kombination der Maßnahmen entsprechend angepasst.

A.2 Holz und Holzwerkstoffe

- 1) Die Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen sind vor Holz zerstörenden Insekten und Pilzen zu schützen.
- 2) Die Verhinderung eines Befalls durch Insekten erfolgt in der Regel durch Verwendung resistenter Holzarten oder durch vorbeugende chemische Schutzmaßnahmen mit dem Prüfprädikat Iv (insektenvorbeugend).
- 3) Geschützte Bauteile nach 3(2) aus Brettschichtholz und aus technisch getrocknetem Vollholz dürfen ohne chemische Schutzmaßnahmen eingebaut werden.
- 4) Die Zerstörung durch Pilze ist nur bei einem Feuchtegehalt der Bauteile oberhalb des Fasersättigungsbereiches möglich. Die Bauteilfeuchte darf nur dann kurzzeitig den Fasersättigungsbereich überschreiten, wenn das anschließende Austrocknen sichergestellt ist. Da die Feuchte auch innerhalb eines Bauteils streuen kann, wird aus Sicherheitsgründen unterstellt, dass ein Pilzwachstum verhindert wird, wenn mit den üblichen Messmethoden (z.B. Einschlagelektrode) Einzelwerte kleiner als 20% ermittelt werden.
- 5) Die Durchfeuchtung der Bauteile wird durch eine Kombination baulicher Schutzmaßnahmen verhindert.
- 6) Schutzmaßnahmen mit z. Z. zugelassenen chemischen Holzschutzmitteln allein können eine Zerstörung gefährdeter Holzbauteile dauerhaft nicht verhindern. Sie können die baulichen Schutzmaßnahmen lediglich ergänzen.
- 7) Bauteile, die nicht oder nur mit erheblichem Aufwand ausgetauscht werden können, wie z.B. Hauptträger, sollten grundsätzlich als geschützte Bauteile ausgebildet werden. Die Anordnung notwendiger Schutzschichten gegen direkte Bewitterung zeigt Abb. A.1 (a), (b) und (c). Eine Durchfeuchtung der Bauteile durch Kondenswasser ist z.B. durch eine Hinterlüftung dieser Schichten zu vermeiden.
- 8) Bei besonderer Nutzung der Brücke, z.B. bei Eintrag von Feuchte in die innere Konstruktion einer gedeckten Brücke durch Fahrzeugverkehr, oder bei besonderer Exposition, z.B. unmittelbar über Nassbereichen (Sumpf, Wasserfall u. ä.), sind die gefährdeten Bauteile schützen.
- 9) Für ungeschützte Bauteile ist eine auf das jeweilige Objekt bezogene Kombination von baulichen und ggf. chemischen Einzelmaßnahmen vorzusehen, um die geforderte Dauerhaftigkeit sicherzustellen. Die in Abb. A.2 dargestellten oberen Abdeckungen sind unerlässlich. Eine angemessene Dauerhaftigkeit ist trotz oberer Abdeckung grundsätzlich nur durch zusätzliche Maßnahmen nach (11) sicherzustellen.
- 10) Untergeordnete oder austauschbare Bauteile wie z.B. Geländer und Bohlenbeläge können ungeschützt angeordnet werden. Die Verminderung der Dauerhaftigkeit ist zu berücksichtigen.

A.3 Metallische Bauteile und Verbindungsmittel

- 1) Die baulichen Schutzmaßnahmen sind der Korrosionsgefährdung der Bauteile und Verbindungsmittel anzupassen.
- 2) Bei besonderer Nutzung der Brücke, z.B. bei Eintrag von Feuchte in die innere Konstruktion einer gedeckten Brücke durch Fahrzeugverkehr, oder bei besonderer Exposition, z.B. unmittelbar über Nassbereichen (Sumpf, Wasserfall u. ä.), sind die gefährdeten Bauteile und Verbindungsmittel durch zusätzliche bauliche Maßnahmen (Verhinderung der Befechtung) oder durch zusätzlichen Korrosionsschutz zu schützen.
- 3) Der Einfluss einer chemischen Behandlung von Holz oder von Holz mit hohem Säuregehalt auf den Korrosionsschutz der Bauteile und Verbindungsmittel sollte berücksichtigt werden.

2.2 Holzerstörung

Eine grundlegende, positive Eigenschaft des Werkstoffes Holz besteht darin, dass die Holzsubstanz im geschlossenen Kreislauf der Natur abgebaut wird und schließlich verrottet. Verantwortlich hierfür sind die Holz zerstörenden Pilze und die Larven der Holz zerstörenden Insekten.

2.2.1 Insekten

Sowohl Pilze als auch die Larven der Insekten benötigen zum Wachstum ein bestimmtes Klima und ein Mindestmaß an Holzfeuchte. Sowohl der Hausbock (*Hylotrupes bajulus*) als auch der gewöhnliche Nagekäfer (*Anobium punctatum*) entwickeln sich unterhalb des Fasersättigungspunktes relativ langsam. Prinzipiell ist jedoch ein Befall durch Insekten unterhalb Fasersättigung nicht auszuschließen.

2.2.2 Pilze

Selbst bei extremen Klimaverhältnissen (Luftfeuchte > 80%) kann die Feuchte von unter Dach verbautem, nicht direkt bewittertem Holz nie über 18% steigen. Pilzbefall tritt nicht auf, solange die Holzfeuchte an jeder Stelle und zu jeder Zeit unterhalb des Fasersättigungsbereiches (bei Fichte/Tanne $u_m=30$ bis 34%) bleibt.

Die meisten Schäden an Holzbrücken sind auf die Substanzerstörung durch Pilze zurückzuführen (Abb. 01 und 02).

Konstruktiv "richtig" geplante und ausgeführte Brückenbauteile können jedoch nie über einen längeren Zeitraum hinweg Holzfeuchten über 18 bis 20% erreichen. Es sind ggf. örtliche Feuchteansammlungen zu berücksichtigen. Genau hier setzt ein konsequentes Holzschutzkonzept an.

2.3 Holzschutzkonzept - Grundlagen und Prinzipien des Holzschutzes

Ziel dieses Schutzkonzeptes ist es, die Holzfeuchte so gering zu halten, dass das Wachstum Holz zerstörender Pilze sicher verhindert wird. Dies ist am besten durch einen absoluten oder zumindest weitgehenden Schutz des gesamten Bauteiles vor Durchfeuchtung zu erreichen. Entscheidend aber für die Dauerhaftigkeit der Brücke ist die sorgfältige Planung und Ausführung der Details, die eine örtliche Durchfeuchtung verhindern. Die Abdeckung eines Hauptträgers nützt nichts, wenn der Anschluss des Geländerpfostens falsch konstruiert ist und der Hauptträger im Knotenbereich nass werden kann (siehe Abb. 03 und 04).

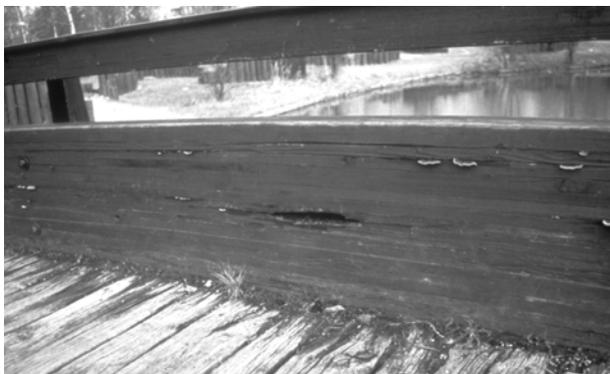


Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung 4

2.4 Schutzklassen

Statt der bisher üblichen Unterscheidung in "überdachte" und "offene" Brücken sollte treffender unterschieden werden zwischen "geschützten" und "ungeschützten" Bauteilen. Mit dieser Unterscheidung lassen sich Prognosen über die Dauerhaftigkeit, die Schadensanfälligkeit und letztlich auch über die Unterhaltskosten treffen. Die Qualität des jeweiligen Schutzes wird überprüfbar. Ein Vergleich mit Brücken aus anderen Materialien ist besser möglich.

Nach Neufassung DIN 1074,3(2) sind „geschützte“ Bauteile, *Bauteile, bei denen eine direkte Bewitterung oder Befeuchtung aller Flächen vollständig ausgeschlossen ist.*

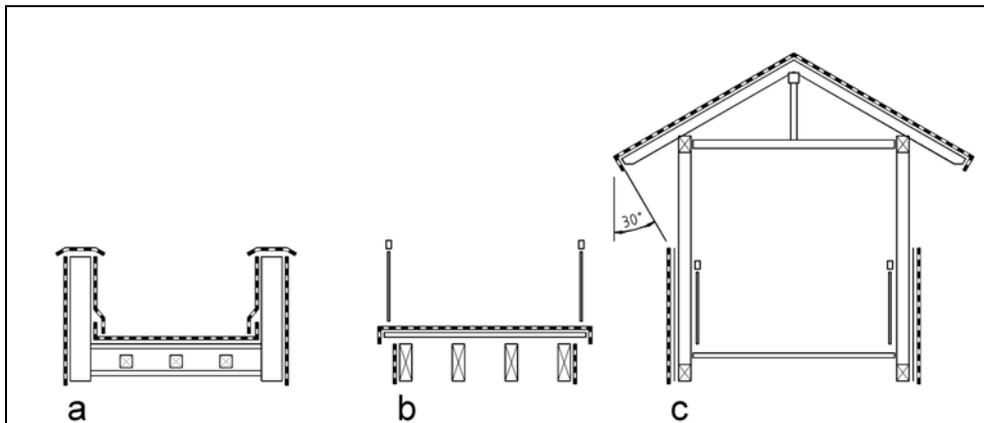


Abbildung 5: aus Entwurf DIN 1074, Anlage 1
Bild A.1 – Geschützte Brückenbauteile
(a) Brücke mit unten liegender Verkehrsbahn
(b) Brücke mit oben liegender Verkehrsbahn
(c) gedeckte Brücke

Die Bauteile sind gegen Niederschläge durch eine allseitige wasserdichte Schicht geschützt. Bei gedeckten Brücken (c) liegt die Unterkante von geschützten Bauteilen innerhalb eines Bereiches, der durch eine Gerade, die von der Dachkante um 30° gegen die Lotrechte zum überdachten Bereich hin geneigt ist, begrenzt wird.

Die "geschützten" Bauteile können noch unterschieden werden in "absolut geschützte" bei denen eine Durchfeuchtung vollständig ausgeschlossen werden kann und in "teilweise geschützte", die gelegentlich von starkem Schlagregen oder Flugschnee erreicht werden.

Nur die wenigen, direkt bewitterten Bauteile (Handläufe, Brüstungen, Belag usw.) sollten in die Kategorie „ungeschützt“ eingestuft werden. Alle anderen Bauteile, insbesondere die wichtigen tragenden Teile müssen so konstruiert werden, dass sie zu den "geschützten" Bauteilen gehören.

2.5 Holz und Holzwerkstoffe

An Bauteile, die als „geschützt“ gelten, bestehen keine besonderen Anforderungen hinsichtlich der Resistenzklasse der Holzart. "Normale" Fichte/ Tanne ist für komplett "geschützte" Bauteile völlig ausreichend.

Nach den z. Z. geltenden Regeln der Technik müssen alle tragenden Bauteile einer Brücke mit einem geprüften Mittel gegen Insekten behandelt werden. Sind die Bauteile der unmittelbaren Bewitterung entzogen, besteht keine reelle Gefahr des Befalls durch Insekten, wenn ein einmaliger Anstrich mit einem Holzschutzmittel aufgebracht wurde, der nicht mehr abwittert. Auf diese Behandlung könnte dann verzichtet werden, wenn ein Befall z.B. bei Brückenprüfungen rechtzeitig erkannt wird oder ein Baustoff verwendet wird, der von Insekten nicht oder kaum befallen wird. Diese Entwicklungen sind in der Schweiz und in Österreich schon weiter fortgeschritten. Im Entwurf DIN 1074 ist für „geschützte“ Bauteile aus technisch getrocknetem Vollholz und Brettschichtholz kein chemischer Holzschutz gegen Insekten erforderlich.

Genügt die Resistenzklasse, die natürliche Widerstandsfähigkeit gegen Pilz- und Insektenbefall, der Fichte/Tanne (4) nicht mehr den Beanspruchungen, müssen resistenter Holzarten wie Lärche (3-4), Douglasie (3-4), Eiche (2), Robinie (1-2) oder tropische Holzarten eingesetzt werden. In Klammern ist die Resistenzklasse des Kernholzes nach EN 350-2 angegeben.

3 „Geschützte“ Bauteile - Bauliche Maßnahmen zur absoluten Verhinderung der Durchfeuchtung/

3.1 Überdachte Brücken

Die Überdachung ist die älteste und immer noch wirksamste Maßnahme, eine Brücke zu schützen. Historische Bauwerke vor allem im alpenländischen Raum, wie z.B. die Brücken über den Inn bei Susch CH, SLW, (Abb. 06) und über die Emme bei Schüpbach CH 1839, SLW, (Abb. 07), erfüllen dank ihres konstruktiven Schutzes durch ein Dach noch heute ihre Aufgabe.

Die Einstufung der Haupttragelemente als "geschützte" Bauteile erfordert die wasserdichte Ausbildung der Brüstung und ihrer Abdeckung. Nur so kann verhindert werden, dass z.B. Wasser entlang der Füllstäbe des Fachwerkes in die Untergurtnoten läuft und dort Fäulnis des Holzes oder Korrosion der Verbindungsmittel verursacht (Abb. 08). Innen liegende Brüstungen und Geländer sind völlig ungeeignet, da sie den Schlagregen direkt in die unteren Knoten einleiten (Abb. 09, 10 und 11). Die Brüstung ist als ungeschütztes, leicht austauschbares Verschleißteil auszubilden.



Abbildung 6



Abbildung 7



Abbildung 8



Abbildung 9



Abbildung 10



Abbildung 11

Passerelle über die Autobahn N13, Autobahnraststätte Werdenberg CH, G+R, 1989/90, Spannweite: 30+30+30 m (Abb. 12 und 13). Das weit ausladende Dach schützt den Innenraum vor direkter Sonneneinstrahlung und damit vor Überhitzung. Die tragenden Bauteile sind mit hinterlüfteten Zement gebundenen Holzfaserverplatten bekleidet und oberhalb der Brüstung verglast.

Für die Dacheindeckung werden traditionell Holzschindeln und Biberschwanzziegeln sowie neuerdings auch Bitumenschindeln, Blech oder Glas verwendet. Glas bietet gleichzeitig den Vorteil des sicheren Witterungsschutzes und der Belichtung des Innenraumes. Das große Gewicht des Glases bedingt allerdings ein ungünstiges Verhältnis von Eigengewicht zu Verkehrslast.

Brücke über den Neckar in Remseck, 1989, G+R, Spannweite: 80 m (Abb. 17, 18, und 19).



Abbildung 17



Abbildung 19



Abbildung 18

3.2 Offene Brücken

Die Beanspruchung offener Brücken durch Regen und Schnee ist weitaus größer als bei denen mit Dach. Die Planung und Ausführung der Schutzmaßnahmen müssen diesen Besonderheiten Rechnung tragen.

Die tragenden Bauteile der Brücken mit oben liegender Verkehrsbahn können nur dann als "geschützt" eingestuft werden, wenn sie durch einen wasserdichten Belag von oben und durch zusätzliche Maßnahmen, z.B. durch ausreichenden Überstand des Belages, durch Bekleidung o.ä. auch seitlich vor Bewitterung geschützt sind. Bei den meisten ausgeführten Brücken ist zwar der Schutz von oben gewährleistet. Der seitliche Schutz ist jedoch nicht immer ausreichend sichergestellt. Wenn der Seitenschutz nicht von vorn herein vorgesehen ist, muss er als mögliche "Nachrüstung" bei der Planung berücksichtigt werden.

Brücke über den Rhein-Main-Donaukanal bei Essing, 1987, G+R, Spannweite: 30+32+73+35 m (Abb. 20, 21 und 22). Da ein Austausch der 196 m langen Zugbänder nahezu unmöglich ist, wurden an die Robustheit und Dauerhaftigkeit der Abdichtung besonders hohe Anforderungen gestellt. Sie werden durch eine durchgehende Abdeckung des Haupttragwerkes unter dem Gehbahnrost mit Titanzinkblech auf einer Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen sichergestellt. Der seitliche Schutz der äußeren Zugbänder wurde vor kurzem nachgerüstet.

Gute Erfahrungen wurden bisher mit Bitumenbelägen auf einer Abdichtungsschicht gemacht. Die Schichtenfolge des Belages muss auf die Konstruktion des Unterbaues (Holzwerkstoffplatten, Brettsperrholz, QS- Platten, Bohlen usw.) abgestimmt sein.



Abbildung 20



Abbildung 22



Abbildung 21

Brücke über die Landstraße L 1016 in Stuttgart-Sillenbuch, 1990, G+R, Länge: 52 m, Der 3-feldrige blockverleimte Gelenkträger ist mit einem 2-lagigen Gußasphalt auf einer bituminösen Abdichtung auf einer BFU-Platte abgedeckt (Abb. 23). Die Entwässerung erfolgt über eine Bodenrinne und Fallrohr im Bereich der Gerbergelenke (Abb. 24 und 25) und über einen Bodenrost im Fahrbahnübergang direkt in eine Betonwanne im Widerlager (Abb. 26, 27 und 28).



Abbildung 29



Abbildung 31



Abbildung 30

Blockträger von Geh- und Radwegbrücken können durch ein verzinktes und zusätzlich korrosionsgeschütztes Stehfalz-Stahlblech sicher vor Durchfeuchtung geschützt werden. Brücke über die Löwentorstraße in Stuttgart- Hallschlag, 1994, G+R, (Abb. 32, 33 und 34) Der Einfeldträger aus blockverleimtem BS-Holz ist mit einer V13-Bahn und mit 0,7 mm dickem Tiantanzinkblech mit Stehfalz abgedeckt. Der profilierte Belag und die Längsträger sind aus Eiche. Sie sind als Verschleißteile konzipiert.



Abbildung 32



Abbildung 33



Abbildung 34

Kann das Haupttragwerk nicht dauerhaft und vollständig durch eine darüber liegende Verkehrsbahn abgedeckt werden, müssen die einzelnen Bauteile des Tragsystems selbst durch besondere Maßnahmen komplett vor Bewitterung geschützt werden, wenn sie der Klasse "geschützt" zugeordnet werden sollen. Die Abdeckung der horizontalen oder schräg liegenden Oberflächen erfolgt i. d. R. mit Stahlblech oder Folien. Seitlich bewitterte Flächen werden mit Brettern oder Holzwerkstoffplatten bekleidet. Eine Hinterlüftung der Bekleidung ist dann unerlässlich, wenn nicht sicher damit gerechnet werden kann, dass das ggf. an der Unterseite der kühleren Blechabdeckung anfallende Tauwasser abgelüftet wird.

Die hohen, seitlich neben der Fahrbahn angeordneten BS-Holz-Träger von Trogbriicken erfordern einen besonders sicheren Schutz durch eine obere und beidseitige Abdeckung (Abb. 35). Besonders kritisch ist der Übergang zwischen Belag und Brüstung. Abb. 37 zeigt die Eckausbildung mit einem offenen Bohlenbelag und Abb. 36 mit einem geschlossenen Belag.

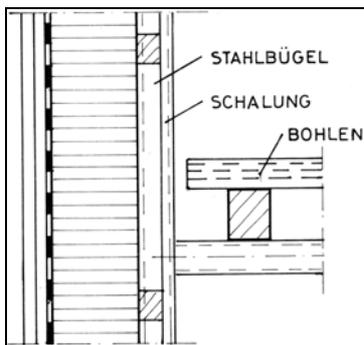


Abbildung 35

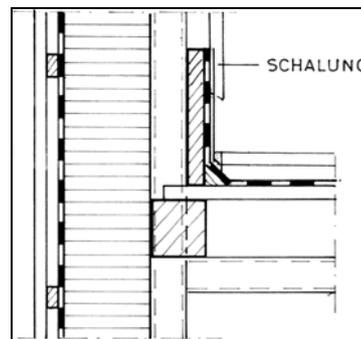


Abbildung 36

Brücke über den Altnecker in Oberesslingen, 1990, G+R, Spannweite: 12,50+60,00+18,15 m, (Abb. 37, 38 und 39) Der Belag besteht aus profilierten Eichebohlen 6,5/16 cm, die von unten auf den Längsträgern befestigt sind. Die Längsträger sind mit Repanol-Folie abgedeckt. Zum effizienten Schutz der BS-Holz-Hauptträger ist die Außenseite mit einer Stülp- und die Innenseite mit einer waagrechten Nut- und Feder-Schalung aus kesseldruckimprägnierter Kiefer bekleidet. Die aus BS-Holz hergestellten Abdeckbohlen der Hauptträger sind zusätzlich mit Blech abgedeckt.



Abbildung 37



Abbildung 38



Abbildung 39

Brücke über den Inn in San Nicola CH, 1992/93, SLW, Spannweite: 39 m (Abb. 40, 41 und 42)
Die einspurige offene Bogenbrücke mit einer trogartigen Brückenfahrbahn aus quer vorge-
spanntem BS-Holz-Platten ist für Verkehr ohne Lastbeschränkung zugelassen. Die Fahrbahn-
platte ist mit einem modifizierten Kunststoff-System abgedichtet. Als Schutz- und Verschleiß-
schicht ist ein Asphaltbelag eingebaut. Alle waagrechten oder geneigten Bauteile sind mit Kup-
ferblech und alle senkrechten Flächen mit einer Lärchenschalung geschützt.



Abbildung 40



Abbildung 42



Abbildung 41

Wird der Hauptträger so auf die "Querschnittskante" gestellt, dass lotrechte Flächen vermieden werden und damit gelegentlicher Schlagregen nicht in die Schwindrisse in der Holzoberfläche eindringen kann, genügt die satteldachförmige Blechabdeckung als wirksamer Holzschutz. Brücke über die Aare in Innertkirchen CH, 1998, G+R, Spannweite: 30 m (Abb. 43 und 44) BS-Holz-Hohlkästen bilden die vier Druckstreben des Hängewerks. Die Brückenplatte aus BS-Holz-Längs- und Querträgern mit oben liegender Furnierschichtholzplatte Kerto liegt auf drei Stahlquerträgern, die mit Stahlstangen im Scheitelgelenk aufgehängt sind. Als Gehbelag dient eine direkt auf die FSH-Platte aufgegossene Kunststoffabdichtung mit Quarzsand-Abstreuerung. Das Abdichtungssystem ist nach Angaben des Herstellers hochelastisch (bis 700%) und äußerst witterungs- und alterungsbeständig und hat bis jetzt seine volle Funktionstüchtigkeit behalten. Langzeitbeobachtungen liegen nicht vor.



Abbildung 43



Abbildung 44

Selbst in die Oberflächen senkrecht stehender Stützen oder Pylone kann Niederschlag eindringen und örtlich zu kritischen Feuchteansammlungen führen. Sollen auch diese Bauteile effektiv geschützt werden, sind sie allseitig mit einer Bekleidung zu versehen. Sowohl die Längs- wie auch die Querstöße der Verschalung müssen so ausgebildet sein, dass kein Wasser bis zum tragenden Bauteil vordringen kann. Auch hier sind ggf. Tauwasserprobleme zu beachten. Die Abdeckung der Pylone der Brücke in Wernau erfolgt mit durchgehenden Streifen aus Kerto über einer diffusionsoffenen Pappe. Sie sind als austauschbare Verschleißteile geplant (Abb. 45 und 46).



Abbildung 45



Abbildung 46

4 „Teilweise geschützte“ Bauteile - Bauliche Maßnahmen bei teilweiser bzw. gelegentlicher Durchfeuchtung/ Bewitterung

Die im vorangegangenen Abschnitt genannten Maßnahmen zur absoluten Verhinderung einer direkten Bewitterung der tragenden Holzbauteile können nicht bei allen Konstruktionsvarianten verwirklicht werden. Zudem sind sie nicht bei allen Bauherren durchsetzbar und auch nicht bei allen Brücken erforderlich.

Um einen guten oder zumindest befriedigenden Schutz zu erreichen, ist eine oberseitige Abdeckung unverzichtbar. Ob auf die seitliche Bekleidung verzichtet werden kann, ist nur im Einzelfall zu klären. Entscheidend ist, dass durch zusätzliche Maßnahmen oder örtliche Gegebenheiten eine lang dauernde Durchfeuchtung auszuschließen ist.

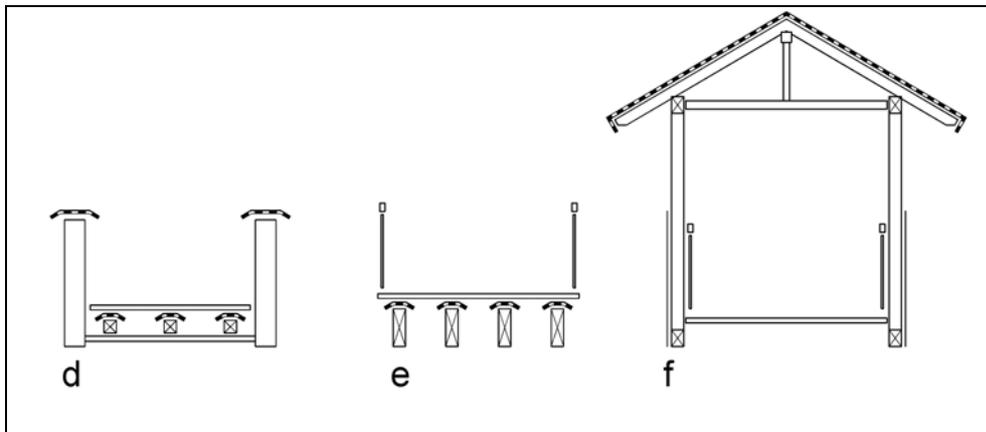


Abbildung 47: aus Entwurf DIN 1074, Anlage 1
Bild A.2 – Ungeschützte Brückenbauteile
(d) Brücke mit unten liegender Verkehrsbahn
(e) Brücke mit oben liegender Verkehrsbahn
(f) gedeckte Brücke

Da die unteren Bauteile und Verbindungen der gedeckten Brücke (f) unmittelbar der Bewitterung ausgesetzt sind, ist diese Bauausführung bestenfalls für Brücken mit planmäßig kurzer Standzeit geeignet aber wegen des hohen Aufwandes i. d. R. nicht zu empfehlen.

Als Abdeckung gefährdeter Bauteile kommen Blech, (Abb. 48 und 49), Folien (Abb. 50) oder Bretter/Bohlen (Abb. 51) in Frage. Diese Abdeckungen benötigen ein ausreichendes Gefälle, einen genügend großen Überstand mit entsprechenden Tropfkanten und ggf. eine Hinterlüftung. Bretter und Bohlen sollten abgerundete Kanten haben.



Abbildung 48

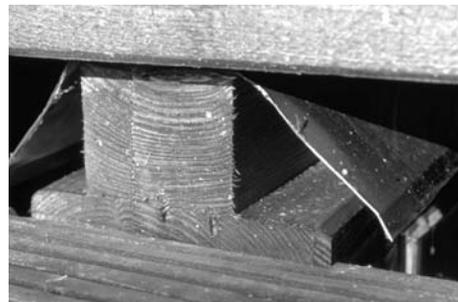


Abbildung 49



Abbildung 50



Abbildung 51

Für den jeweiligen Einzelfall muss eine Kombination verschiedener Maßnahmen ergriffen werden, um die geforderte Dauerhaftigkeit sicherzustellen. Die so ausgeführten Bauteile können nicht ohne weiteres in die Klasse "geschützt" eingestuft werden. In Entwurf DIN 1074 sind beispielhaft solche Maßnahmen angegeben.

**Auszüge aus Entwurf DIN 1074 (Beratungsstand Oktober 2004):
Anhang A1 (informativ) Empfehlungen für Schutz und Dauerhaftigkeit
A.2 Holz und Holzwerkstoffe**

(11) Einzelmaßnahmen, die in unterschiedlichen auf die jeweilige Brücke bezogenen Kombinationen verwendet, die geplante Dauerhaftigkeit gewährleisten:

- Längs- oder Quergefällen sind geeignet, Oberflächen schnell und ungehindert zu entwässern. „Stehendes“ Wasser oder Schnee z. B. in horizontalen Kehlen von gegeneinander geneigten Holzflächen ist zu vermeiden.
- Öffnungen, Schlitzlöcher oder Kontaktflächen, in die Wasser eindringen und sich ansammeln kann, sind zu vermeiden oder durch Einleimen von Holzleisten oder Stopfen zu schließen.
- Horizontale oder leicht geneigte Oberflächen sind dauerhaft wasserdicht abzudecken z.B. mit Blechbändern, geneigten Holzbrettern bzw. Holzwerkstoffstreifen oder mit geeigneten Kunststoff- bzw. Bitumenbahnen. Die Abdeckung muss ausreichend weit überstehen. Eine Durchfeuchtung der Bauteile durch Kondenswasser ist z.B. durch eine Hinterlüftung der Abdeckung zu vermeiden.
- Durchdringungen der Abdichtung sind zu vermeiden.
- Geländerpfosten sollten unabhängig von der Abdichtung bzw. vom Belag befestigt werden.
- Bauteilunterkanten sind mit ausreichendem Abstand von Nassbereichen z.B. Wasser führenden Schichten, Erdreich, Bewuchs o. ä. einzubauen.
- Die direkte Aufnahme von Wasser, z.B. kapillare Absorption bei unmittelbarer Auflagerung auf Betonfundamenten, ist durch Feuchtigkeitssperren zu verhindern.
- Die besondere Gefährdung von Hirnholzflächen ist zu berücksichtigen.
- Die Rissbildung infolge von Quell- und Schwindverformungen kann durch Wahl geeigneter Einbaufeuchte beschränkt werden.

- Feuchteschwankungen innerhalb der Bauteile können durch geeigneten Oberflächenschutz reduziert werden.
- Durch die Wahl der Tragwerksgeometrie und der räumlichen Anordnung der Bauteile sollte eine ausreichende natürliche Belüftung aller Holzteile sichergestellt werden.
- Bewitterte Kontaktflächen (z.B. Hirnholzanschlüsse, mehrteilige Stäbe) sollten ausreichend hinterlüftet werden. Ist eine Hinterlüftung dieser Kontaktflächen nicht möglich oder sinnvoll, sind die gefährdeten Fugen dauerhaft vor eindringender Feuchte zu schützen.

A.3 Metallische Bauteile und Verbindungsmittel

(4) Folgende Einzelmaßnahmen können beispielsweise die Korrosionsgefahr von bewitterten Bauteilen und Verbindungsmitteln verringern:

- Entwässerungslöcher in waagrecht liegenden oder leicht geneigt eingebauten Stahlblechen z.B. Anschlussbleche von liegenden Verbänden und Fachwerken vorsehen.
- Tropfscheiben in der Nähe des tief liegenden Anschlusses von längs geneigten Stahldiagonalen an Holzbauteilen z.B. Verbandsstreben bei Längsneigung und im Jochbereich einbauen.
- Bewitterte Kontaktflächen (z.B. Kopfplattenanschluss Querträger-Hauptträger) sollten ausreichend hinterlüftet werden. Ist eine Hinterlüftung dieser Kontaktflächen nicht möglich oder sinnvoll, sind die gefährdeten Kanten dauerhaft vor eindringender Feuchte zu schützen.

Wennerbrücke über die Mur in St. Georgen/Murau A, 1993, SLW, Länge: 85 m, Bogenspannweite: 45 m (Abb. 52, 53 und 54) Die Fahrbahn aus Stahlbetonfertigteilen schützt die oberen Teile des Tragwerkes gut. Da die unteren Teile dem Niederschlag ausgesetzt sind, wurde die Lamellendicke des BS-Holzes aus Lärche auf 25 mm begrenzt und alle Oberseiten mit Blech abgedeckt.



Abbildung 52



Abbildung 53

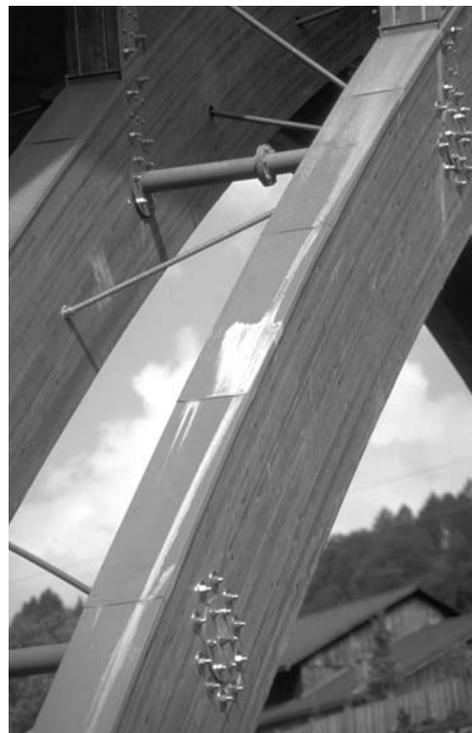


Abbildung 54

5 „Ungeschützte“ Bauteile - Bauliche Maßnahmen bei direkter Durchfeuchtung/ Bewitterung

5.1 Tragende Bauteile des Überbaues

Ungeschützt der Bewitterung ausgesetzte tragende Bauteile sind nach heutigem Stand der Erkenntnis und Technik nicht zu vertreten, da sie den geplanten Beanspruchungen zumindest mittel- und langfristig nicht standhalten (Abb. 55, 56, 57 und 58).



Abbildung 55



Abbildung 56



Abbildung 57



Abbildung 58

Stützen und Joche stehen meist vertikal oder leicht geneigt. Je nach Ausbildung der Oberfläche können Niederschläge relativ schnell abgeleitet werden. Im Einzelfall muss entschieden werden, ob diese Bauteile direkt bewittert werden dürfen, oder ob sie bekleidet werden müssen. Werden Stützen oder Joche stärker geneigt, kann sich Wasser in den Schwindrissen in der Oberfläche sammeln und nicht mehr ablaufen. Dies ist der Beginn von Feuchteschäden (Abb. 59 und 60).



Abbildung 59



Abbildung 60

Bei hohen Stützen besteht die Gefahr, dass das abfließende Wasser im Stützenfußpunkt zu Feuchteansammlung führt. In Abb. 61 sickert das Wasser direkt zwischen die Kopfplatte des Stahlknotens und das Hirnholz. In Abb. 62 ist die Kopfplatte in die Stütze eingelassen und ein Hirnholzstreifen steht über die Stahlplatte hinaus, so dass das Wasser abtropfen kann. Entgegen der Planung wurde das Erdreich zu hoch angeschüttet. Ein Ausführungsfehler, der sich einfach beheben ließ.



Abbildung 61



Abbildung 62

5.2 Bauteile des Ausbaues

Die nicht zum Tragwerk gehörenden Bauteile, z.B. Bohlenbelag, Geländer, Handlauf können i.d.R. nur „ungeschützt“ eingebaut werden. Sie sind als Verschleißteile zu planen, die einfach und kostengünstig ausgetauscht werden können. Der geforderten Lebensdauer entsprechend ist die Resistenzklasse des Holzes oder der erforderliche chemische Schutz zu wählen. Holzart und Holzsortierung spielen bei diesen Bauteilen eine entscheidende Rolle. Erfahrungen aus vielen Schadensgutachten zufolge sind chemisch geschützte Bohlenbeläge oft nicht so dauerhaft wie allgemein angenommen.

6 Chemische Schutzmaßnahmen

Chemische Schutzmaßnahmen allein können die Dauerhaftigkeit einer Brücke nicht gewährleisten. Sie sind lediglich als Ergänzung oder Unterstützung des baulichen Holzschutzes wirksam. Die Anwendung des chemischen Holzschutzes sollte prinzipiell mit der Maßgabe erfolgen: "Soviel wie nötig, sowenig wie möglich".

7 Zusammenfassung

Schäden an Bauteilen von Holzbrücken entstehen nur durch unsachgemäße, nicht materialgerechte Planung und Konstruktion und nicht durch den Baustoff Holz selbst.

Um die Lebensdauer einer Holzbrücke und die Wirksamkeit einzelner Konstruktionsmaßnahmen darauf überprüfen zu können, erfolgt eine Einteilung der Bauteile in die Klassen "geschützt" und "ungeschützt". Diese Begriffe werden erstmals in die Neufassung DIN 1074 Holzbrücken, die voraussichtlich Anfang 2005 erscheinen wird, übernommen. Dem Thema Dauerhaftigkeit wird ein eigener Abschnitt und ein informativer Anhang gewidmet.

Prinzipiell wird im Entwurf DIN 1074, 6.1(1) verlangt: Brücken sind so zu Planen, konstruieren, auszuführen und zu unterhalten, dass die geforderte Lebensdauer erreicht wird. Mit dieser Einteilung wird ein echter Vergleich zwischen unterschiedlichen Konstruktionsangeboten mit Holz oder mit anderen Baustoffen möglich. Das zu erreichende Schutzniveau und die dazu erforderlichen Maßnahmen müssen zwischen Bauherr und Planer schon sehr früh abgestimmt werden.