

Geschickt verpresst

Sanierung von Rissen in Brettschichtholzbauteilen – mit Praxisbeispiel

Der Beginn der industriellen Herstellung von Brettschichtholz im frühen 20. Jahrhundert revolutionierte den Holzbau. Am häufigsten sind Brettschichtholzkonstruktionen mittlerweile in Industrie-, Sport- und Mehrzweckhallen zu finden. Doch dabei kommt es häufig auch zu Rissen in den Bauteilen, welche in den meisten Fällen eine Sanierung nach sich ziehen. Welche Rissursachen hierbei am häufigsten vorkommen, was es bei der Rissbeurteilung zu beachten gibt und welche Instandsetzungsmethoden empfehlenswert sind, lesen Sie im folgenden Artikel.

■ Von Wolfgang Rug und Gunter Linke

Die Verwendung von Brettschichtholz ermöglicht die Fertigung beliebiger Querschnitte und die Anpassung der Tragfähigkeit durch gezielte Auswahl und Kombination der Brettlamellen, was zuvor nicht der Fall war. Mittlerweile werden weitgespannte Holztragwerke fast ausschließlich aus Brettschichtholz errichtet. In der jüngeren Vergangenheit traten an diesen Gebäuden jedoch vermehrt Schadensfälle auf. Dabei handelte es sich in den meisten Fällen um Risse in den Brettlagen und den Klebefugen. Derartige Risse können klimatische

oder lastbedingte Ursachen haben. Bei einer fortgeschrittenen Rissbildung ist von einer Beeinflussung der Standsicherheit der Konstruktion auszugehen.

Die Verfahren zur Instandsetzung und Verstärkung von Brettschichtholzbauteilen umfassen neben der Verpressung der Risse mit Epoxidharz-Klebstoff auch die Schraubenschraubpressklebung mit aufgeklebten Schub- und Querszugverstärkungen aus Holzwerkstoffen und Vollholz. Die Praxis zeigt, dass bei einer detailliert geplanten und fachgerecht aus-

geführten Instandsetzung die Tragfähigkeit und Standsicherheit von Bauwerken mit schadhafte Brettschichtholzkonstruktionen vollständig wiederhergestellt werden können. Dies wird später als Praxisbeispiel einer für Schul- und Vereinssport genutzten Halle beispielhaft dargestellt.

Typische Schäden an Brettschichtholzkonstruktionen

Der Einsturz der Eissporthalle in Bad Reichenhall im Jahr 2006 führte zu umfangreichen Untersuchungen an weiteren bestehenden Hallentragwerken [1 bis 4]. Daraus ergab sich eine umfassende Studie [4] an über 400 Hallentragwerken aus den Baujahren 1912 bis 2006, mit folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- 70 % der an den Brettschichtholzkonstruktionen vorgefundenen Mängel waren Risse im Holz oder in Klebefugen.
- Schubbrüche, Zugbrüche und Fäule machten jeweils 5 % der festgestellten Mängel aus.
- Die restlichen 15 % betrafen die Gebrauchstauglichkeit und waren nicht standsicherheitsrelevant.
- Bei einem Viertel der schadhafte Bauwerke waren Einstürze zu verzeichnen. Bei einem weiteren Viertel war die Standsicherheit gefährdet.

Die ARGEBAU und die Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. erarbeiteten und veröffentlichten daraufhin Hinweise zur Begutachtung und Überprüfung von Hallenkonstruktionen [5, 6]. Weitere Hinweise zur Bewertung von harnstoffharzverklebten Holzbauteilen folgten 2013 [7].

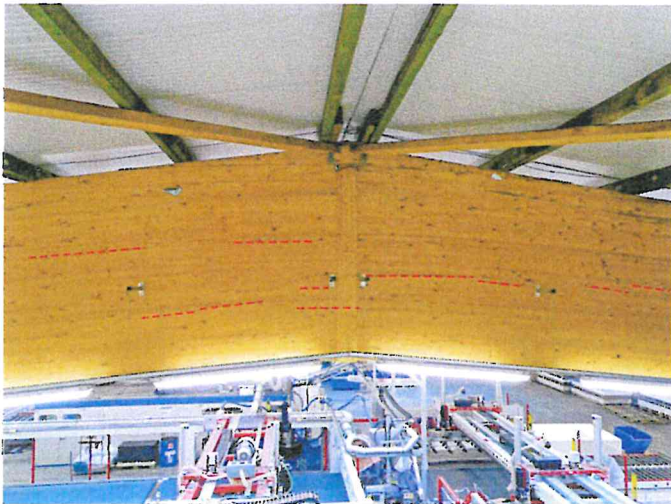
Rissursachen

Die Bildung von Rissen in Brettschichtholzbauteilen kann zwei unterschiedliche



(1) Schwindrisse in einem frei bewitterten Brettschichtholzbauteil

Bild: © Linke, 2019



(2) Lastbedingte Risse in einem gebogenen Satteldachbinder



(3) Lastbedingte Risse in einem runden Durchbruch

Ursachen haben [8]. Zum einen können Risse durch klimatische Beanspruchungen verursacht werden (klimabedingte Risse). Zum anderen resultieren sie aus der Beanspruchung der Bauteile, insbesondere bei Beanspruchungen quer zur Faserrichtung (lastbedingte Risse).

Klimabedingte Risse resultieren aus dem hygroskopischen Verhalten des Holzes. Neben dem direkten Feuchteintrag durch Niederschläge bei freier Bewitterung oder Wassereintritt durch schadhafte Gebäudehüllen kommt es auch durch wechselnde Klimabedingungen und Kondensation zur Feuchtaufnahme und -abgabe. Die daraus resultierenden Quell- und Schwindverformungen verursachen Spannungen quer zur Faserrichtung. Die Spannungen können im Bereich der Bruchfestigkeit von Holz liegen (Bild 1). Dies kann zu einem Versagen des Bauteils sowie bei fortgeschrittener Rissbildung bis hin zum Versagen der gesamten Konstruktion führen. Eine Behinderung der Quell- und Schwindverformung, wie etwa durch Verbindungsmittel oder durch eine ungleiche Feuchteverteilung über den Querschnitt, verstärkt die Querzugbeanspruchung zusätzlich.

Lastbedingte Risse treten v. a. bei satteldachförmigen Brettchichtholzbauteilen mit veränderlicher Querschnittshöhe auf (Bild 2). Aufgrund ihrer Geometrie bilden sich im Firstbereich zusätzlich Querzugspannungen aus, deren Verteilung nicht linear über den Querschnitt verläuft. Aber auch im Bereich von Ausklinkungen

und Durchbrüchen treten Querzugspannungen infolge des gestörten Kraftflusses auf. Die Risse treten dabei im Bereich der Spannungskonzentration auf – das heißt bei rechtwinkligen Ausklinkungen und Durchbrüchen am oberen Rand sowie bei runden Durchbrüchen etwa im oberen und unteren Sechstel von deren Höhe (Bild 3). Eine weitere, v. a. für Sport- und Mehrzweckhallen typische Ursache für Beanspruchungen quer zur Faserrichtung sind abgehängte Lasten.

Rissbeurteilung

Für die Bewertung von Rissen in Brettchichtholzbauteilen gelten andere Kriterien als beispielsweise bei der visuellen Festigkeitssortierung von Vollholzbauteilen. Die Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. hat dazu in ihrem BS-Holz-Merkblatt [9] konkrete Festlegungen zur Bewertung von Rissen im Anlieferungszustand hinsichtlich der Oberflächenqualität sowie zur Bewertung der statischen Bedenklichkeit der Risstiefe getroffen.

Hinsichtlich der Oberflächenqualität von Brettchichtholz gelten nach [9] unterschiedliche Grenzwerte für die Rissbreite für Industrie-, Sicht- und Auslesequalität. Die Anzahl der Risse ist dabei nicht begrenzt. Bezüglich der Tiefe von Rissen werden unabhängig von der Qualitätsstufe zwei Grenzwerte festgelegt. Im Bereich mit planmäßiger Querzugbeanspruchung, das heißt im Firstbereich satteldachförmiger Brettchichtholz-Binder oder im Bereich von

Durchbrüchen und Ausklinkungen, gelten Risse mit einer Tiefe von weniger als 1/8 der Querschnittsbreite als unbedenklich. In den übrigen Bereichen gilt ein Grenzwert von 1/6 der Querschnittsbreite.

Risse, deren Tiefe die unbedenklichen Grenzwerte überschreiten, sollten nach [9] von einem Sachverständigen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Funktions- und Tragfähigkeit und die Standsicherheit beurteilt werden. Bei der Beurteilung von Rissen in bestehenden Brettchichtholzkonstruktionen wird sich üblicherweise nur auf eine Erfassung und Bewertung der Risstiefe beschränkt. Die Breite der Risse ist hinsichtlich der Standsicherheitsbewertung nicht von Interesse.

Instandsetzungsmethoden

Nach derzeitigem Stand der Technik existieren zwei grundlegende Verfahren zur Instandsetzung von gerissenen Brettchichtholzbauteilen. Die Sanierung der Risse in den Brettlamellen und Klebefugen erfolgt durch Verpressen mit Epoxidharz-Klebstoff. Hierzu sind die sanierungsbedürftigen Risse zu reinigen und oberflächlich zu schließen – entweder durch Verspachteln oder durch Abkleben mit einem speziellen Klebeband. Entlang des Risses werden Befüll-/Entlüftungsbohrungen in einem Abstand von ca. 100 bis 150 mm gesetzt. Durch diese Bohrungen wird der Epoxidharz-Klebstoff in den Riss gepresst. Um ein Auslaufen



Bild: © Linke, 2014

(4) Innenansicht der Sporthalle

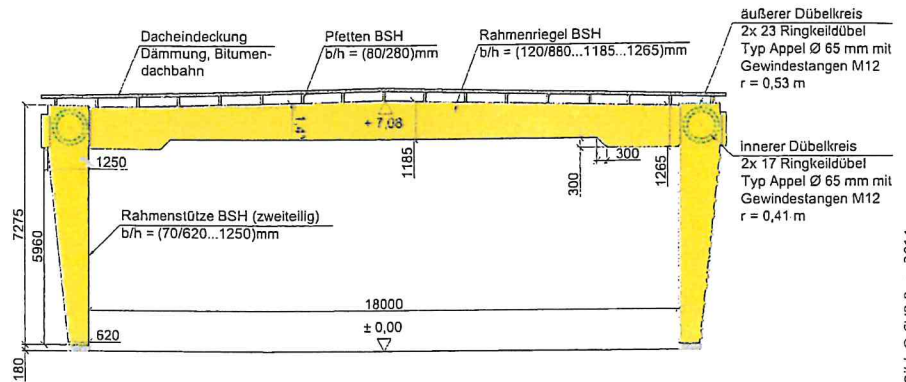


Bild: © SYB Rug, 2014

(5) Schnittansicht der Sporthalle nach Bestandsunterlagen

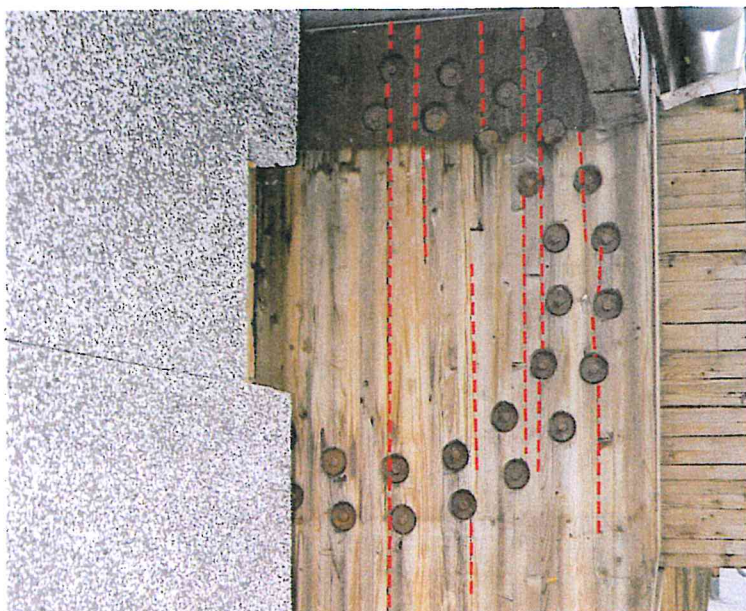
des Klebstoffs zu verhindern, werden die Bohrungen anschließend mittels Hartholz- oder Kunststoffdübeln verschlossen. Die heutigen Rissanierungsverfahren basieren auf der Entwicklungsarbeit der 1980/90er-Jahre [10 bis 12]. Konkrete Festlegungen zur Ausführung der Instandsetzungsmaßnahmen wurden von der Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. im Merkblatt zur Sanierung von Brett-schichtholzbauteilen [13] veröffentlicht. Diese umfassen:

- die erforderlichen Qualifikationen der ausführenden Firmen (siehe [13], Abschnitt 2)
- die für die Instandsetzung verwendbaren Materialien (Klebstoffe, Holzbauteile und Holzwerkstoffe; siehe [13], Abschnitt 4)
- die wesentlichen Arbeitsschritte der anwendbaren Instandsetzungsmethoden (siehe [13], Abschnitte 5 bis 8)

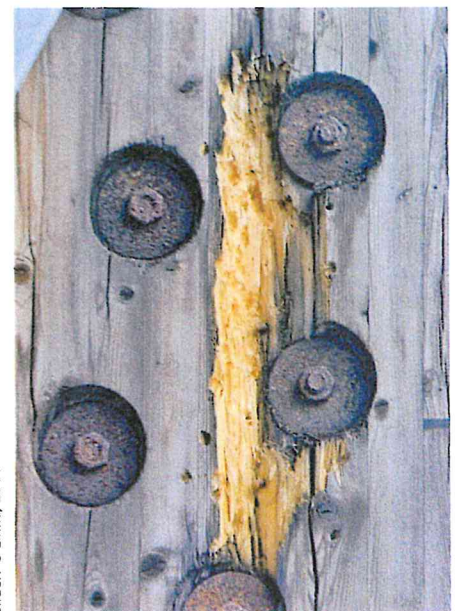
Um die Ursachen für die Rissbildung zu beseitigen und die Brett-schichtholzbauteile zur Aufnahme der zusätzlichen Beanspruchungen quer zur Faserrichtung zu verstärken, kommen hauptsächlich mittels Schraubenpressklebung befestigte Verstärkungen aus Holzwerkstoffplatten oder Brettlamellen zum Einsatz. Die Anforderungen an die Ausführung der Schraubenpressklebung werden in der DIN 1052-10:2012 [14] festgelegt. Die Instandsetzungsmaßnahmen dürfen nur von qualifizierten Fachbetrieben ausgeführt werden. Diese müssen über die Bescheinigung D zum Kleben tragender Holzbauteile nach DIN 1052-10:2012 und entsprechend geschultes Personal verfügen. Des Weiteren dürfen nur Klebstoffe mit einem bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zum Einsatz kommen.

Instandsetzung einer Sporthalle

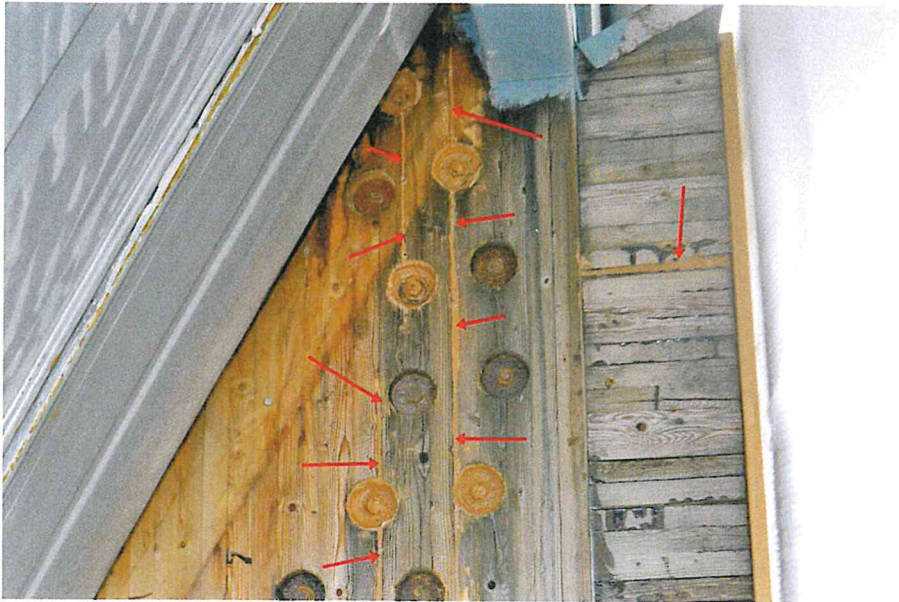
Im Zuge von Modernisierungsarbeiten an der Fassade einer für Schul- und Vereinssport genutzten Halle sind Risse und Schädigungen durch holzerstörende Pilze im Bereich der biegesteifen Ecken der tragenden Rahmenkonstruktion festgestellt worden (Bild 4). Die tragende Konstruktion des 1978 errichteten Objekts bilden sieben Zweigelenrahmen aus Brett-schichtholz aus DDR-Produktion (Bild 5). Die Rahmenriegel sind als flachgeneigte Satteldachbinder (Obergurtneigung: ca. 2°) ausgeführt. Die Stützen der Rahmen sind zweiteilig. Der Achsabstand beträgt ca. 6 m. Die biegesteifen Rahmenecken wurden mit in zwei konzentrischen Kreisen angeordneten Dübeln besonderer Bauart (Ringkeildübel Sys-



(6) Risse in den Rahmenecken



(7) Schädigung durch holzerstörende Pilze



(8) Verpresste Risse



(9) Passstück aus neuem Bauholz

tem Appel Ø65 mm nach TGL 117-0728: 1962) und Spannbolzen M12 ausgeführt.

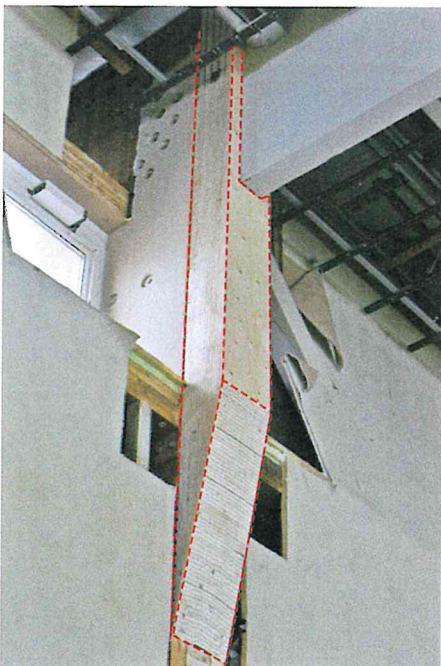
Die vorgefundenen Schädigungen umfassten Risse in den Klebfugen und Brettlamellen der Brettschichtholzbauteile, teilweise durch Verbindungen (Bild 6), sowie mehrfache Schädigungen durch holzerstörende Pilze in den frei bewitterten sowie ehemals verkleideten Bereichen der Rahmenkonstruktion (Bild 7).

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lagen nur sehr wenige Bestandsunterlagen aus der Zeit der Errichtung vor. Eine Recherche zu typisierten Brettschichtholz-Rahmenkonstruktionen aus DDR-Produktion förderte keine vergleichbaren Bauwerke zutage. Daher wurden nachträgliche statische Vergleichsberechnungen entsprechend den zum Zeitpunkt der Errichtung geltenden Bemessungsnormen durchgeführt. Diese ergaben eine deutliche Überschreitung der

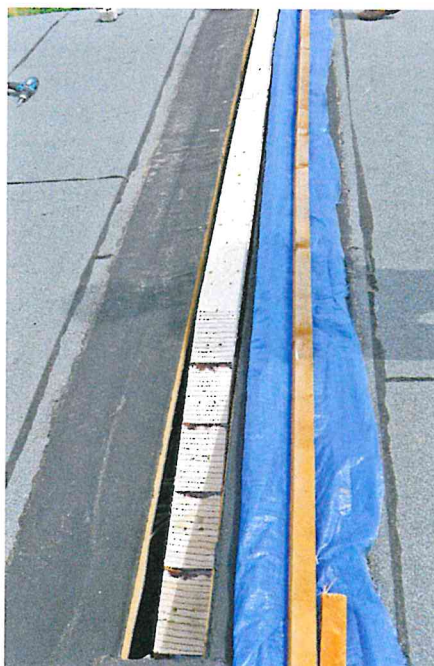
Schubtragfähigkeit im Bereich der Rahmenecken.

Die vorgefundenen Schädigungen und festgestellte Überschreitung der Schubtragfähigkeit erforderten die Erarbeitung einer detaillierten Sanierungsplanung. Zur Behebung der Schädigungen sowie zur Wiederherstellung der vollen Tragfähigkeit und Standsicherheit waren folgende Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich:

- Sanierung der Risse durch Verpressen mit einem bauaufsichtlich zugelassenen Epoxidharz-Klebstoff
- Sanierung der durch holzerstörende Pilze geschädigten Bereiche durch Einkleben neuen Holzes mittels Schraubenpressklebung nach DIN 1052-10
- Verstärkung der Brettschichtholzbauteile im Bereich der Rahmenecken mittels Schraubenpressklebung nach DIN 1052-10 aufgeklebtes Furnierschichtholz



(10) Verstärkung der Rahmenstützen



(11) Verstärkung der Rahmenriegel

Die Rissanierung erfolgte entsprechend den Festlegungen der Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. und der DIN 1052-10:2012 (Bild 8). Hierzu wurde im Vorfeld ein umfassendes Rissaufmaß mit entsprechender Dokumentation erstellt.

Die durch holzerstörende Pilze befallene Holzsubstanz ist vollständig entfernt und durch Passstücke aus neuem Bauholz ersetzt worden (Bild 9). Die Verstärkung der

Brettschichtholzbauteile im Bereich der biegesteifen Rahmenecken durch Aufkleben von Furnierschichtholzstreifen erforderte eine besondere Sorgfalt bei der Planung und Ausführung. Die erforderliche Dicke der Verstärkung betrug 195 mm. Da die Dicke der mittels Schraubenpressklebung aufgeklebten Holzwerkstoffplatten nach DIN 1052-10:2012 [14] auf maximal 50 mm pro Lage begrenzt ist, wurde die Verstärkung in insgesamt fünf Lagen aufgebracht. Dabei musste jede Lage separat aufgeklebt und mit versetzt angeordneten Schrauben befestigt werden. Des Weiteren erschwerte die eingeschränkte Zugänglich-

keit der Rahmenkonstruktion die Instandsetzungsarbeiten zusätzlich.

Während die Verstärkung der Stützen zwar im Innenbereich erfolgte und nur einen bereichsweisen Rückbau der Unterdecke notwendig machte (Bild 10), mussten auch die Riegel auf der Oberseite verstärkt werden. Hierzu wurde die vorhandene Dach-eindeckung substanzschonend oberhalb der Riegel geöffnet und mit einer einfach zu öffnenden Notüberdachung versehen. Nach Abschluss der Instandsetzungsarbeiten waren die Tragfähigkeit und Standsicherheit der Rahmenkonstruktion

wieder in vollem Umfang gewährleistet. Im Zuge einer nachträglichen Kontrolle der Konstruktion zwölf Monate nach Abschluss der Sanierung wurden keine Anzeichen für erneute Risse oder unzulässige Verformungen festgestellt.

Literatur

[1] Ruile, A.: Studie des TÜV Süd zu Mängeln an Hallen in Holzbauweise – Schlussfolgerungen für die Planung und Überwachung, in: Vorträge 8. Holzbau-Praxistag, Augsburg 2007

[2] Winter, S.: Aktuelle Schäden an Holzkonstruktionen – Bestandsaufnahme, in: Vorträge 8. Holzbau-Praxistag, Augsburg 2007

[3] Frese, M.: Analyse von Schäden an bestehenden Holzkonstruktionen, in: Vorträge Ingenieurholzbau, Karlsruher Tage, Forschung für die Praxis, Karlsruhe, 4./5. Oktober 2007, Bruderverlag, S. 6–13

[4] Blaß, H.-J.; Frese, M.: Schadensanalyse von Hallentragwerken aus Holz. In: Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau, Heft 16, Karlsruhe 2010

[5] Bauministerkonferenz – Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder ARGEBAU (Hrsg.): Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten, 2006

[6] Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. (Hrsg.): Leitfaden zu einer ersten Begutachtung von Hallentragwerken aus Holz, 2016

[7] Bauministerkonferenz – Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder ARGEBAU (Hrsg.): Hinweise zur

Einschätzung von Art und Umfang zu untersuchender harnstoffharzverklebter Holzbauteile auf mögliche Schäden aus Feuchte- oder Temperatureinwirkungen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten, 2013

[8] Rug, W.; Held, H.; Linke, G.: Rissanierung und Verstärkung von Brettschichtholzkonstruktionen, in: Rug, W. (Hrsg.): Holzbau im Bestand – historische Holztragwerke – Beispiele für substanzschonende Erhaltung, Beuth Verlag, 2018

[9] Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. (Hrsg.): BS-Holz-Merkblatt, Januar 2016

[10] Gliese, R.: Sanierung von Brettschichtträgern mit Epoxidharz, in: Bauen mit Holz, Heft Nr. 7, 1980, S. 401–406

[11] Blaß, H.-J.; Ehlbeck, J.; Kürth, J.: Wiederherstellung der Tragfähigkeit von gerissenen Brettschichtholzträgern, in: Bauen mit Holz, Heft 2, 1992, S. 118–121.

[12] Radovic, B.; Goth, H.: Entwicklung und Stand eines Verfahrens zur Sanierung von Fugen im Brettschichtholz, in: Bauen mit Holz, Heft 9, 1992, S. 732–742, Heft 10, S. 816–818

[13] Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. (Hrsg.): Merkblatt zur Sanierung von BS-Holz-Bauteilen, Wuppertal, Fassung März 2016

[14] DIN 1052-10:2012-05 Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken – Teil 10: Ergänzende Bestimmungen

Zur Person



**Prof. (i. R.)
Dr.-Ing.
Wolfgang Rug**

studierte Bauingenieurwesen an der Hochschule für Architektur und Bauwesen in Weimar. 1986 promovierte er an der Bauakademie der DDR. Seit 1990 ist er als beratender Ingenieur tätig und seit 1994 auch als Prüfenieur für Standsicherheit im Fachgebiet Holz- und Massivbau. Von 2000 bis 2019 hatte er die Professur für Holzbau an der HNE Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde inne. Seit 2002 ist er ö.b.u.v. Sachverständiger für Holz- und Holzleimbau sowie Mitglied in verschiedenen Normenausschüssen.

Kontakt

Internet: www.holzbau-statik.de
E-Mail: rug@holzbau-statik.de

Dipl.-Ing. (FH) Gunter Linke

studierte von 2007 bis 2011 Holztechnik an der HNE Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde. Seit 2011 ist er als Projektingenieur im Sachverständigenbüro Prof. Dr.-Ing. W. Rug mit dem Tätigkeitsschwerpunkt Bauzustandserfassung/-bewertung von Holzkonstruktionen und Instandsetzungsplanung tätig.

Kontakt

Internet: www.holzbau-statik.de
E-Mail: linke@holzbau-statik.de