

Sonderdruck aus BAUEN MIT HOLZ



Bild: Uwe Völkner/FOX

40 m ist der runde, hölzerne Aussichtsturm im Naturerlebnispark Panarbora hoch. In dem komplexen Konstrukt steckt neben viel Holz ein hohes Maß an Ingenieurverstand.

BAUTAFEL

Bauherr

Deutsches Jugendherbergswerk
Landesverband Rheinland e. V., Düsseldorf
www.panarbora.de

Architektur

Ahrens & Eggemann Architekten, Wiehl
www.ahrens-eggemann.de

Vorstatik

Ingenieurbüro Miebach, Lohmar
www.ib-miebach.de

Tragwerksplanung, Brandschutznachweise

Harrer Ingenieure, Karlsruhe
www.harrer-ing.net

Holzbau

Schaffitzel Holzindustrie, Schwäbisch Hall
www.schaffitzel.de

Naturnah mit Weitblick

Freizeitbauten | Anfang September 2015 wurde in einem Waldgebiet bei Köln ein neuer Walderlebnispark eröffnet. In dem Ensemble aus Holz stecken zahlreiche bautechnische Besonderheiten. Brand- und Holzschutz forderten von den Ingenieuren und Holzbauern gute, praktikable und pragmatische Konstruktionsideen. **Marion Kleiber, Michael Bendig und Matthias Gerold**

Panarbora heißt der neue Walderlebnispark etwa 50 Kilometer östlich von Köln. Über den Höhen des Bergischen Landschafts schafft der Betreiber, das Deutsche Jugendherbergswerk Landesverband Rheinland e. V., derzeit einen neuen Standort für ganzheitliche Umweltbildung. Bald sollen Familien und Schulklassen die Gegend erkun-

den und in Baumhäusern die Nächte verbringen und erleben. Außerdem sind Gästezimmer in globalen Dörfern nach südamerikanischen, afrikanischen und asiatischen Vorbildern geplant.

Bereits fertig ist der hölzerne Baumwipfeldpfad. Der 540 Meter lange Wanderweg durch das Blätterdach schließt an einen

40 Meter hohen, polygonförmigen Aussichtsturm an. Von diesem Konstrukt aus Brettschichtholz öffnet sich dem Besucher der Blick über das Umland.

Das Bauwerk ist ein eindrucksvoller Beweis für die Leistungsfähigkeit des Materials und ein Zeugnis hoher Ingenieurkunst. Für die Berechnung wurde zunächst ein



Bild: Schaffitzel

Der Wanderweg besteht aus mehreren Einfeldbrücken. Sie liegen auf Dreibeinstützen auf und sind brandschutztechnisch jeweils voneinander entkoppelt.

räumliches Modell der gesamten Struktur erstellt. Dazu nutzten die Ingenieurinnen und Ingenieure des Ingenieurbüros Harrer Ingenieure, Karlsruhe, das Programm RFEM von Dlubal. Mit Ausnahme der Rundstahl-Diagonalverbände, Abfangträger, Aussteifungsringe und der Anschlüsse besteht die Konstruktion aus BS-Holz der Sortierklasse G132c.

Auch wenn das Bauwerk im Freien steht und nach allen Seiten hin offen ist, sind die Überlegungen für den Brandfall von zentraler Bedeutung für die sichere Nutzung des Erlebnispfads. So wurde zunächst von der Dr. Reintsema Ingenieur GmbH, Nürnberg, ein Brandschutzkonzept erstellt. Danach bestehen an die Brücken des Baumwipfelpfads keine Brandschutzanforderungen. Zwei voneinander unabhängige Rettungswege liefern dafür die Voraussetzung. Außerdem mussten die Ingenieure sicherstellen, dass die einzelnen Brückenelemente unabhängig voneinander versagen können. Sollte also einer der Brücken-

stege ausfallen, können die Nutzer auf und über die beiden benachbarten Stege flüchten. Das Gleiche gilt für die Zugangs- und Übergangsbauwerke, sofern diese vom Aussichtsturm durch eine Fuge getrennt sind.

Bezüglich des Aussichtsturms wurde auf Grundlage von Entfluchtungsberechnungen die Brandschutzanforderung R30 gestellt – trotz zunächst im Sinne des § 54 Sonderbauten der LBauO NRW noch höherer Forderungen. Personen sollen den Turm im Brandfall eigenständig verlassen können.

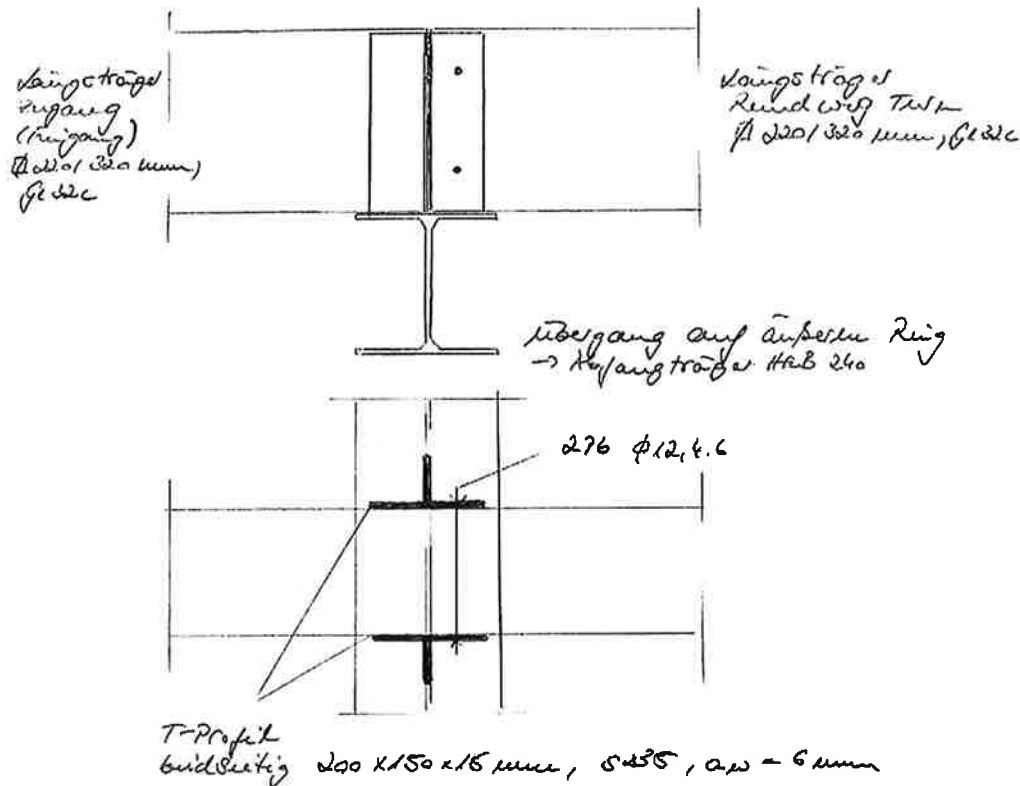
Einfeldträger bieten Sicherheit im Versagensfall

Zur Umsetzung der Brandschutzanforderungen sind die Brücken des Wanderwegs jeweils als Einfeldträger ausgebildet, sodass immer zwei Brückenelemente ihr Endauflager auf einem Dreibein haben. Daher mussten die Verbindungen konstruktiv so ausgebildet werden, dass beim

Versagen einer Brücke diese nicht das Dreibein für die zweite Brücke mitreißt. Aus diesem Grund wurden die Stahlrahmen am Ende der Brückenelemente mit jeweils nur zwei Schrauben M 20 4.6 je Brücke auf dem Stahlträger befestigt. Die Überlegung dabei war, dass beim Versagen eines Brückenelements die beiden Schrauben der herabfallenden Brücke durch die Verdrehung des Elements abreißen. Der Anschluss des Stahlträgers an die Holzstützen ist so steif, dass sich der Stahlträger selbst nicht verdrehen kann.

Trennung zum Turm gewährleistet

Die Zugangsbauwerke müssen vom Turm durch eine Fuge getrennt werden, damit sie brandschutztechnisch unabhängig zu betrachten sind. Dies erfolgt über eine Auflagerkonstruktion, bei der die Längsträger von der Seite des Zugangs her kommend sowie vom Rundweg des Turms her kommend vertikal auf den Abfangträgern in einer Gabel aus beidseitig angeschweißten



Mit pragmatischen Konstruktionen stellen die Ingenieure sicher, dass ein bei einem Brand hinabstürzendes Brückenelement nicht die benachbarten Bauteile des Zugangs zum Turm mitreißt.

T-Profilen aufgelagert werden. Die Längsträger des Rundwegs des Turms werden mit der Gabel durch Bolzen horizontal gehalten, wohingegen die Längsträger des Zugangsbauwerks keine horizontale Halterung infolge Bolzen haben. Die Auflagerlänge von ca. 12 cm wird als ausreichende Lagesicherung betrachtet.

Die einzelnen Elemente der Übergangskonstruktion wurden analog zur Ausführung der Brückenelemente des Wanderwegs auf den Stahlrahmen angeschlossen. Als Auflagerkonstruktion für den zweistöckigen Übergang des Wanderwegs an den Turm wurde ein Stahlträger in beiden Ebenen zwischen die Hauptstützen gelegt. Um die brandschutztechnische Trennung baulich auszubilden, müsste der Anschluss der Längsträger des Übergangsbauwerks an die Auflagerkonstruktion längsbeweglich erfolgen. Eine derartige Fugenausbildung wurde an dieser Stelle nicht realisiert, da das letzte Brückenelement auf der Seite der Rahmenkonstruktion im Brandfall versagen kann, ohne dass die Rahmenkonstruktion in Mitleidenschaft gezogen wird. Auf der Seite der Auflagerkonstruktion des Turms kann diese ebenfalls versagen, ohne die Tragkonstruktion des Turms zu beeinträchtigen.

Mehrere mögliche Brandszenarien betrachtet

Nach DIN EN 1991 und DIN EN 1993-1-2 ist es alternativ zu einer Heißbemessung auch möglich, eine Nutzung für 30 Minuten bei gleichzeitigem Ausfall einzelner maßgebender Bauteile infolge Brandbeanspruchung nachzuweisen. Ein derartiges Vorgehen war für die Umsetzung des Brandschutzkonzepts des Aussichtsturms möglich, da sich aufgrund der offenen Struktur die Wärme schnell verteilt (sogenannter 100-prozentiger Wärmeabzug) und Rauch entweichen kann. Zum Schutz vor vorsätzlicher oder fahrlässiger Brandstiftung wurden daher verschiedene Brandszenarien berücksichtigt.

Im Brandszenario 1 wird von einem Brand am Fußpunkt der am höchsten (i. d. R. auf Normalkraft) beanspruchten Stütze des Aussichtsturms ausgegangen. Der Nachweis der Holzstütze wurde nach DIN EN 1995-1-2 (Restholzquerschnitt nach 30 Minuten) als außergewöhnlicher Lastfall geführt.

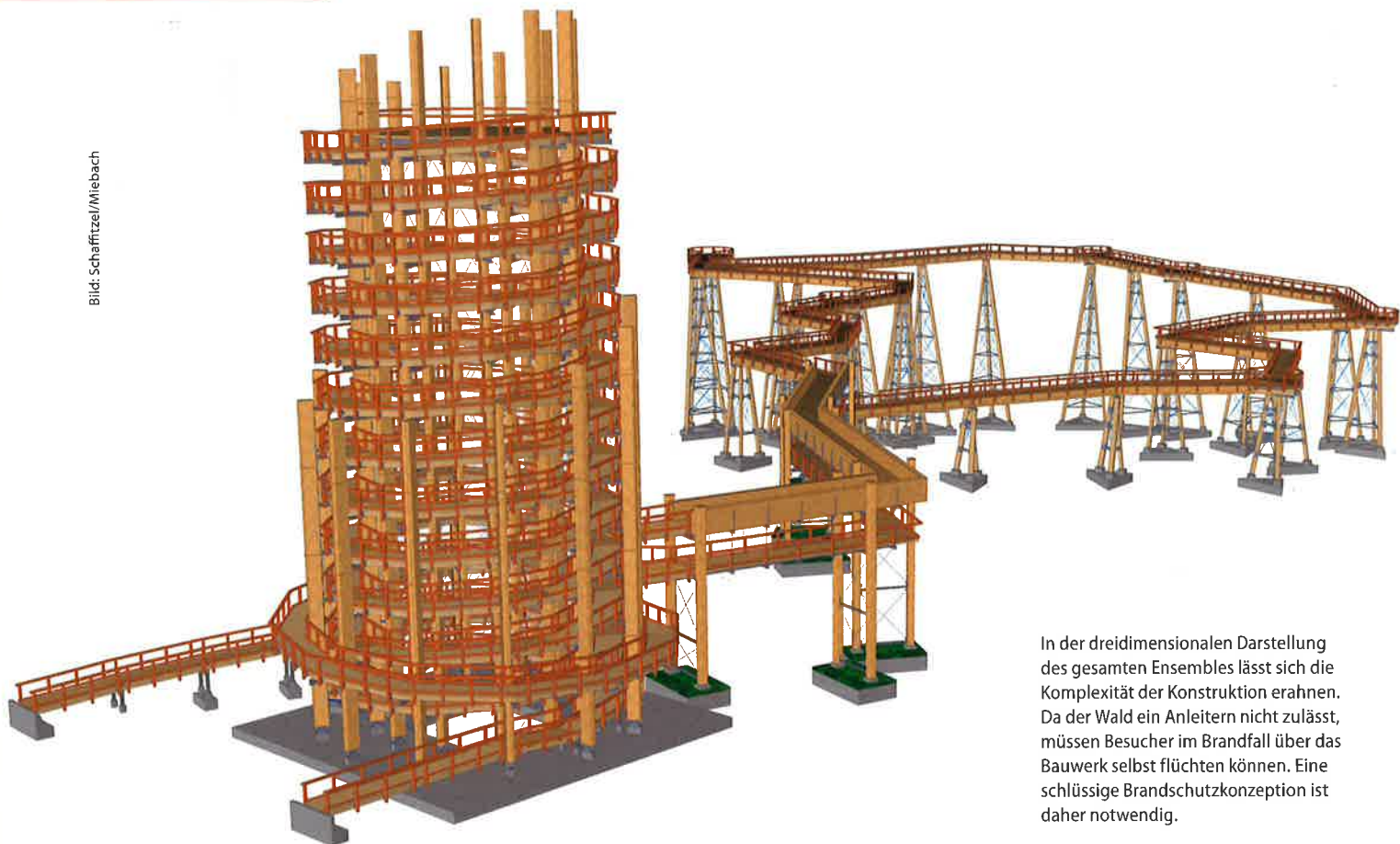
Die Stahlgelenke wurden mit einem Brandschutzanstrich für Außenbereiche versehen. Der Anschluss im Holz wird durch die aus Gründen des baulichen Holzschutzes vorhandene Schalung (Bau-

stoffklasse B2 nach DIN 4102) mit Hinterlüftung ausreichend gegen Brandeinwirkung geschützt. Die Lufteintrittsöffnungen sind mittels Lochblechen gegen das Einwandern von Tieren zu schützen.

Den nach DIN EN 1995-1-2 ermittelten Werten für die Dicke der Bekleidung wird die Einheitstemperaturzeitkurve zugrunde gelegt. Für den vorliegenden Fall des offenen Aussichtsturms kann jedoch die externe Brandkurve, wie sie auch für Fassaden angewandt wird, angesetzt werden. Aus diesem Grund konnten die erforderlichen Werte für die Dicke der Bekleidung um 30 Prozent reduziert werden. Zusätzlich wurde für die Stabdübel- und Passbolzenverbindungen mit innenliegendem Schlitzblech eine Heißbemessung durchgeführt.

Das Brandszenario 2 geht von der Entzündung des Inhalts eines Papierkorbs oder eines Erste-Hilfe-Kastens aus, der an einer Holzstütze befestigt ist. Dabei werden sowohl der Stützenquerschnitt, als auch die auskragenden stählernen Querträger oder Einfeldträger (Doppel-T-Querschnitt) brandbeansprucht. Diese Stahlquerträger dienen der Auflagerung der Längsträger im Rundweg des Turms, die wiederum den Holzbohlenbelag tragen.

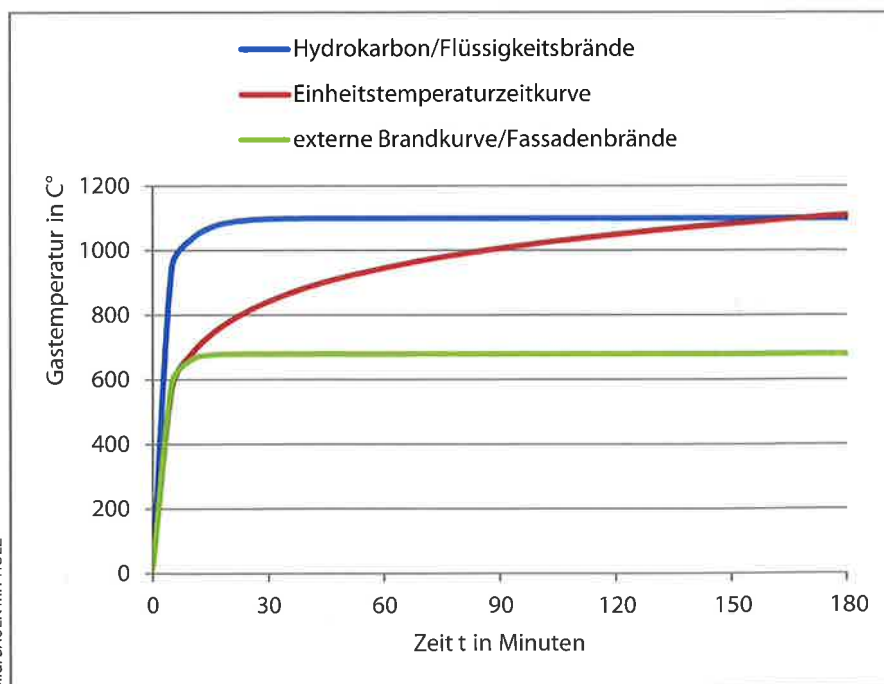
Bild: Schaffitzel/Miebach



In der dreidimensionalen Darstellung des gesamten Ensembles lässt sich die Komplexität der Konstruktion erahnen. Da der Wald ein Anleiten nicht zulässt, müssen Besucher im Brandfall über das Bauwerk selbst flüchten können. Eine schlüssige Brandschutzkonzeption ist daher notwendig.

Die Unterflansche der Doppel-T-Profile werden unterseitig über eine 20 mm dicke Brettlamelle ausreichend vor Brandeinwirkung geschützt. Die Befestigung der Brettlamelle erfolgte mit mindestens acht Schrauben, zwei am jeweiligen Ende der Brettlamelle und vier versetzt über den dazwischen liegenden Bereich.

Der Anschluss an die Stütze wird durch die aus Gründen des baulichen Holzschutzes vorhandene Schalung (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102) mit Hinterlüftung ausreichend gegen Brandeinwirkung geschützt. Für den Kragträger wurde zusätzlich die Einleitung des Kragmoments über eine eingeschlitzte Passbolzenverbindung oben sowie eine Auflagerdruckverstärkung unten unter Brandbeanspruchung nachgewiesen. Der Nachweis R30 erfolgte nach DIN EN 1995-1-2. Ein Nachweis der Holzstütze ist nicht erforderlich, da die Beanspruchung geringer ist als im Brandszenario 1.



Als Grundlage für die Brandbemessung wurde an der offenen Konstruktion des Turms die nominelle Temperaturzeitkurve für Fassadenbrände gemäß DIN EN 1991-1-2:2010-12, Kapitel 3.2.2 angesetzt.

Was passiert, wenn ein Papierkorb brennt?

Beim Brand eines Papierkorbs oder bei Vandalismus gibt es für die in diesem Bereich angeordneten Rundstahl-Diagonalverbände gemäß dem dritten, dem Brandszenario

3, zwei Ausfallszenarien, die jeweils für den inneren und den äußeren Ring zu untersuchen waren. So wurde ein Fall untersucht, bei dem ein Knotenpunkt von vier aufein-

andertreffenden Enden jeweils einer Rundstahlstange des Kreuzverbands ausfällt. Für die ankommenden Rundstahldiagonalen sowie die horizontalen Aussteifungsriegel

Abwicklung:

wurde ein Totalausfall angenommen. Der jeweils zweiten – abliegenden – Diagonale eines jeden Feldes des Kreuzverbands wurden auf der sicheren Seite liegend nur noch 50 Prozent ihrer Querschnittsfläche zugeschrieben. Im Knotenbereich wurde die Holzstütze oberhalb des Bohlenbelags mit dem Restholzquerschnitt nach 30-minütiger Brandbeanspruchung in Ansatz gebracht.

Ein weiterer Fall ergibt sich aus der Überlegung, dass ein Rundstahl-Diagonalverband vollständig beschädigt wird. Der Nachweis am räumlichen Gesamtsystem erfolgte hier unter Totalausfall des am höchsten beanspruchten Verbands. Die Holzquerschnitte zwischen den Lasteinleitungspunkten wurden ebenfalls mit dem Restholzquerschnitt nach 30-minütiger Brandbeanspruchung angesetzt.

Außerdem wurde für den am höchsten beanspruchten Stabdübel- bzw. Passbol-

Literatur

LBauO NRW: Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen
 DIN EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung (2010-12)
 DIN EN 1990/NA: Nationaler Anhang (2010-12)
 DIN EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau (2010-12)
 DIN EN 1991-1-1/NA: Nationaler Anhang (2010-12)
 DIN EN 1991-1-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Brandeinwirkungen (2010-12)
 DIN EN 1991-1-2/NA: Nationaler Anhang (2010-12)
 DIN EN 1991-1-4: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten (2010-12)
 DIN EN 1991-1-4/NA: Nationaler Anhang (2010-12)
 DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau (2010-12)
 DIN EN 1993-1-10: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung (2010-12)
 DIN EN 1090-2: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken (2008-12)
 DIN EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (2010-12)
 DIN EN 1995-1-1/NA: Nationaler Anhang (2013-08)
 DIN EN 1995-1-2: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall (2010-12)
 DIN EN 1995-1-2/NA: Nationaler Anhang (2010-12)
 Gerold, M., 1998: Dynamisch beanspruchte Holzkonstruktionen Schwingungsberechnungen und Konstruktionshinweise. In: Bautechnik 75, 1998, H. 8, S. 509 - 529

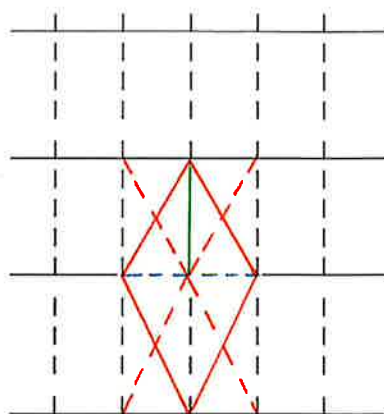


Bild: Harrer Ingenieure

--- Totalausfall Diagonale
 ——— Tragfähigkeit auf 50% reduziert
 --- Totalausfall Riegel
 ——— Holzbemessung auf R30

Insgesamt wurden mehrere Brandszenarien und verschiedene Versagensfälle untersucht. Einer dieser Versagensfälle ist das Versagen eines Knotenpunkts und damit der Totalausfall von vier Diagonalen und zwei horizontalen Riegel.

Abwicklung:

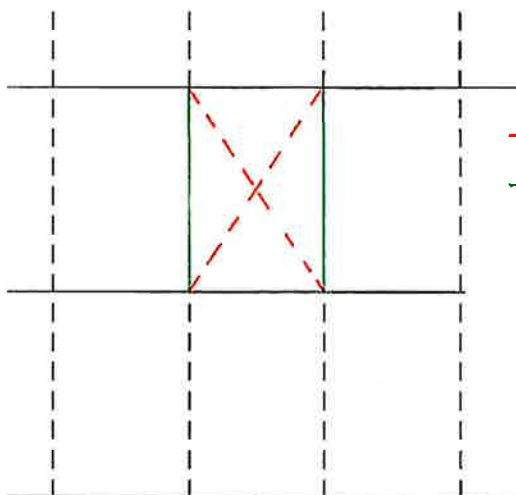


Bild: Harrer Ingenieure

--- Totalausfall Diagonale
 ——— Holzbemessung auf R30

Ein weiterer möglicher Versagenszustand ist der Totalausfall eines kompletten Diagonalverbands. Er wurde an dem am höchsten belasteten Verband durchgerechnet.



Bild: BAUEN MIT HOLZ

Auch das ist Brandschutz: Untergeschraubte Bretter mit Dicken von 20 cm verzögern im Brandfall das Erwärmen der Doppel-T-Profile. Damit behalten die Stahlbauteile länger ihre hohe Tragfähigkeit.

zenanschluss ein R30-Nachweis geführt. Des Weiteren wurde das Brandszenario 2 in der obersten Ebene durchgespielt. Dadurch wird die Plattform (Stahlträgerrost) brandbeansprucht. Die Stahlquerträger dienen der Auflagerung der Holzbohlenbeläge. Der Unterflansch der Doppel-T-Profile wird unterseitig über eine 20 mm dicke Brettlamelle ausreichend vor Brandeinwirkung geschützt,

Der Aussichtsturm ist außerdem mit Feuerlöschern und mit einer Trocken- und Hydrantenleitung ausgestattet. Ferner wurde eine Blitzschutzanlage eingebaut. Diese muss dauerhaft wirksam und nach VDE-Richtlinie DIN 57185 ausgeführt sein.

Neben der Haupttragkonstruktion des Turms wurden die Längsträger für einen 3-seitigen Abbrand und deren Stoß im Bereich der Ruhepodeste sowie der Boh-

lenbelag für einseitigen Abbrand auf R30 nachgewiesen. |

Autoren

Dipl.-Ing. Marion Kleiber, Dipl.-Ing. Michael Bendig, Dipl.-Ing. Matthias Gerold: Harrer Ingenieure – Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH, Karlsruhe – Ostfildern – Baden-Baden

Holzschalung schützt bei Brand

Die Anschlüsse an die Stütze werden durch die aus Gründen des baulichen Holzschutzes vorhandene Schalung (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102) mit Hinterlüftung gegen Brandeinwirkung ausreichend geschützt. Alle weiteren Anussteile sind mit einem Brandschutzanstrich versehen.

Sämtliche o. g. Brandschutznachweise ergaben eine ausreichende Tragfähigkeit hinsichtlich der R30-Anforderung. Zusätzlich stellten die Tragwerksplaner die Forderung, innerhalb des Aussichtsturms die Verwendung von offenem Feuer zu verbieten. Auf das Verbot ist durch entsprechende Schilder hinzuweisen. Auf eine regelmäßige Wartung des Brandschutzanstrichs sowie der Bekleidungen und ggf. Austausch oder Ausbesserung derselben wurde ebenfalls hingewiesen. Auch wurde angeraten, geometrisch „flammenerstreckende“ Papierkörbe – in jedem Fall mit einem Boden in R30-Qualität – zu verwenden.



Metropol parasol, Sevilla



KA300 Pavillon, Karlsruhe



Baumhaushotel, Weil im Schönbuch



Waldorfkindergarten, Backnang



Natur- und Erlebnis-Baumwipfelpfad, Waldbröl

Harrer Ingenieure



Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH

Hoch- und Ingenieurbau
Brückenbau, Grundbau
Industrie- und Gewerbebau
Generalplanung
Sonderkonstruktionen

Beratung
Planung
Management

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Matthias Gerold
(Prüfingenieur für Bautechnik VPI)
Dipl.-Ing. Rudi Lehner
Dipl.-Ing. Harald Augenstein
Dr.-Ing. Slobodan Kasic
Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sommer

www.harrer-Ing.net