



Untersuchungen der Auswirkungen eines Vollbrands auf eine Sporthalle

Stefan Himburg
Werner Stempfhuber
Andre Windemuth

Untersuchungen der Auswirkungen eines Vollbrands auf eine Sporthalle

Im August 2015 wurde auf die im Jahr 2007 errichtete Sporthalle des Oberstufenzentrums Nauen ein Brandanschlag verübt, der zu einem Vollbrand und zu einer kompletten Zerstörung der Halle geführt hat. Die Auswirkungen dieses Vollbrands wurden sowohl messtechnisch als auch durch Beprobung vor Ort aufgenommen. Hierbei wurde insbesondere die Holzdachkonstruktion untersucht, die trotz intensiver Brandbeanspruchung und den damit verbundenen erheblichen Schäden noch eine Resttragfähigkeit aufwies. Die verbliebene Tragstruktur der Halle wurde im September 2015 mittels terrestrischem Laserscanning (TLS) komplett aufgenommen und ausgewertet. Schrägstellungen, Querschnittsänderungen und Verformungen am Bauwerk konnten mit diesem geodätischen Messverfahren berechnet werden. Die Ergebnisse aus dem Laserscanning können in Kombination mit einer Probenentnahme vor Ort für einen Vergleich der theoretischen bautechnischen Nachweise mit den Auswirkungen eines realen Brandereignisses herangezogen werden. Bei dem Brandfall der Sporthalle Nauen war insbesondere der Tragfähigkeitsverlust im Bereich der Verbindungsmittel signifikant. Ziel der Untersuchungen ist ein Vergleich von ingenieurtechnischen Brandschutznachweisen und ihren theoretischen Schutzwirkungen mit den Auswirkungen von realen Bränden. Dieses ist auch Gegenstand von aktuellen Forschungsarbeiten an der Beuth Hochschule für Technik Berlin.

Keywords Abbrandrate; Brandbeanspruchung; Brandschutz; Feuerwiderstandsdauer; Holzbau; Laserscanning; Resttragfähigkeit; Sporthallen; Vollbrand

1 Vorbemerkungen

Nach Brandfällen oder bei anderen Unfallereignissen tritt häufig das Problem auf, dass die temporäre Situation vor Ort in nicht ausreichendem Maße protokolliert werden kann. Das terrestrische Laserscanning (TLS) gestattet hier eine schnelle und komplette Bauaufnahme in situ. Schrägstellungen, Querschnittsänderungen und Verformungen am Bauwerk können mit diesem geodätischen Messverfahren erfasst und nachfolgend ausgewertet werden. Das Verfahren ermöglicht eine komplette Sicherung aller geometrischen Daten und die Übertragung in praxisübliche EDV-Programme. Es ist daher insbesondere zur Datenaufnahme bei Bestandsgebäuden in hohem Maße geeignet und ersetzt mit einem wesentlich höheren Genauigkeitsgrad und in deutlich kürzerer Zeit eine mühevoll Datenerhebung nach klassischen Verfahren.

Die Überprüfung der Wirksamkeit von Brandschutzkonzepten und Brandschutzmaßnahmen ist zielsicher nur

Research of Fire Effects on a Gymnasium

An arson attack committed in August 2015 on the gymnasium of the Oberstufenzentrum Nauen school facility built in 2007 led to a full fire and to the complete destruction of the hall. The effects of this fire were recorded with measuring technologies as well as through sampling on-site. In the course of this, the wooden roof structure was particularly examined and demonstrated a residual load-bearing capacity in spite of the intensive fire exposure and the resulting significant damage. The remaining support structure of the hall was completely recorded by means of Terrestrial Laser Scanning (TLS) and evaluated in September 2015. Inclinations, cross-sectional shifts and deformations in the building were able to be calculated with the geodetic measurement method. The results from the laser scanning in combination with the sampling served as a comparison of the theoretical structural evidence with the effects of an actual fire event. In the case of the fire at the Nauen gymnasium, the damage to the load-bearing capacity was particularly significant in the area of the joining means. The goal of the investigations is a comparison of the technical engineering fire prevention certifications and their theoretical protective effects with the effects of actual fires. This is also a subject of current research projects in the Beuth Hochschule für Technik Berlin, University of Applied Sciences.

Keywords arson attack; fire event; fire resistance period; gymnasium; mass burning rate; structural fire protection; terrestrial laser scanning; timber wood construction

über eine Auswertung realer Brandereignisse möglich. Aussagekräftige statistische Untersuchungen auf der Basis von DIN 14010 [1] sind jedoch mit einem hohen Aufwand verbunden und liegen nur im Einzelfall vor [2]. Es ist hierbei von besonderem Interesse, inwieweit die theoretischen Annahmen nach dem gültigen Bauordnungsrecht, wie z.B. für Abschottungen und Rettungswegsysteme, in der Praxis ihre geplanten Funktionen erfüllen und die Regelungen der Brandschutzbemessung von Bauteilen gemäß Eurocodes realistische Ansätze für Brandereignisse darstellen. Durch einen Vergleich von realen Schadenfeuern und ihren Auswirkungen mit der geplanten theoretischen Entwicklung von Bränden kann überprüft werden, ob die getroffenen Annahmen in der Praxis erfüllt werden. Die Ziele im Sinne der DIN 14010 sind hierbei eine frühzeitige Erkennung von Gefahrenschwerpunkten bei der Brandentstehung und Brandausbreitung sowie die Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen in der Praxis. Im vorliegenden Fall sollen die in den Fachnormen für eine baurechtlich gefor-

derte Feuerwiderstandsdauer berechneten ideellen Restquerschnitte und Abbrandraten der tragenden Holzbau- teile mit den aufgenommenen realen Schäden exempla- risch verglichen werden. Hierbei sei ausdrücklich darauf verwiesen, dass es sich bei diesem Brandereignis um einen Einzelfall handelt, auf dessen Basis lediglich die Verfahrensmöglichkeiten und die Untersuchungsmetho- dik vorgestellt werden sollen.

2 Der Brandanschlag auf die Sporthalle in Nauen

In der Nacht zum 25.08.2015 wurde auf die im Jahr 2007 errichtete Sporthalle des Oberstufenzentrums Nauen ein Brandanschlag verübt. Die Halle war für eine Nutzung als Flüchtlingsunterkunft vorgesehen, aber noch nicht ein- gerichtet worden. Trotz eines Großeinsatzes der örtlichen Feuerwehr brannte das Gebäude komplett aus. Die Ruine der Sporthalle wurde abgetragen. Mit einem äquivalenten Neubau wurde im Juli 2016 begonnen. Bei dem Gebäude handelt es sich um einen Massivbau mit Holzdachkonstruktion und einer Dacheindeckung aus Stahltrapezprofilen. Die statische Konstruktion des Haupttragwerks besteht aus eingespannten Stahlbetonstützen mit aufgelagerten Brettschichtbindern in Hallenquerrichtung über eine Stützweite von 22,4 m. In Hallenlängsrichtung sind Brett- schichtholz-Pfetten in Kombination mit Stahldiagonalen zur Gebäudeaussteifung angeordnet. Die im Achsraster von 5,0 m angeordneten acht Brettschichtbinder erge- ben eine Hallenlänge von 45 m bei einer mittleren lichten Höhe von 7,5 m unter den Bindern. Die Sporthalle ist über einen einseitig angeschlossenen, eingeschossigen Sozialtrakt in Mauerwerksbauweise zugänglich. Die geschlossenen Giebelwände bestehen aus Stahlbetonfer- tigteilen mit einer hinterlüfteten Außenwandbekleidung. In den Längswänden der Halle waren Lichtbänder aus transluzenten Fiberglaselementen angeordnet (Bild 1).



(Quelle: Galandl/Schirmer Architekten Berlin)

Bild 1 Sporthalle Oberstufenzentrum Nauen 2007: Die Brandlast wird im Wesentlichen von der hölzernen Prallwand und dem Fußbodenaufbau sowie den Fiberglas-Fassadenelementen gebildet
Gymnasium Oberstufenzentrum Nauen 2007. The fire load is essentially formed on the wooden baffle and the floor structure and the fiberglass elements



(Quelle: Jörg Meyer/Stadbrandmeister Feuerwehr Nauen)

Bild 2 Entwickelter Vollbrand der Sporthalle Nauen zum Zeitpunkt des Eintreffens der Feuerwehr um 2.39 Uhr: Die Fassadenelemente des Fensterbands sind hier bereits komplett abgebrannt; vorn im Bild der Sozialtrakt mit den Umkleideräumen
Expanded fire of the gym in Nauen at the time of arrival of the fire department at 02.39AM. The façade elements near the windows are completely burned in the front you can see the social tract with the changing rooms

Am 25.08.2015 um 2.28 Uhr wurde bei der Feuerwehr Nauen der Alarm ausgelöst. Bereits 6 min später traf die erste Einheit der Feuerwehr vor Ort ein. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich bereits ein Vollbrand entwickelt und die Lichtbänder aus Fiberglas-Fassadenelementen waren komplett durchgebrannt (Bild 2). Der Anschlag wurde nach dem derzeitigen Stand der Ermittlungen halleninnenseitig mit Brandbeschleunigern ausgeführt. Die zu dieser Zeit zwecks Herrichtung als Flüchtlingsunterkunft auf dem Boden angeordneten Spanplatten und die hölzernen Prallwände gestateten eine rasche Brandentwicklung mit hohen Temperaturen, die bereits nach kurzer Zeit zur Entflammung der Fiberglas-Fassadenpaneele und zum Übergriff der Flammen auf die hölzerne Dachkonstruktion führten. Trotz des unverzüglich eingeleiteten Löschangriffs konnte die komplette Zerstörung der Halle nicht mehr verhindert werden. Um 3.52 Uhr meldete die Einsatzleitung das Feuer unter Kontrolle. Noch bis um 9 Uhr am nächsten Morgen traten immer wieder Flammen im Deckenbereich aus Brandnestern auf. Nach der Bekämpfung von Glutnestern war die Halle um 14 Uhr schließlich komplett gelöscht.

3 Schadensbild

Von dem Vollbrand war die gesamte Hallenkonstruktion einschließlich des angeschlossenen Sozialtrakts betroffen. Alle Brettschichtbinder und Pfetten waren komplett beflammt und mit einer Holzkohleschicht überzogen (Bild 3). Die Brettschichtbinder wiesen ursprünglich einen Querschnitt von $b/h = 20 \text{ cm}/165 \text{ cm}$ auf. Die Hauptpfetten wurden mit einem Querschnitt $b/h = 20 \text{ cm}/50 \text{ cm}$ eingebaut. Mehrere Holzpfetten waren nach einem Durchbrand der Anschlussbereiche herabgefallen. Weitere Pfetten drohten unmittelbar herabzufallen. Die Resttragfähigkeit der Holzpfetten selbst war je-



(Quelle: Himburg/Windemuth)

Bild 3 Innenansicht nach dem Vollbrand: Die Brettschichtbinder verblieben in ihrer Position, die Holzpfetten sind teilweise herabgefallen, die Dacheindeckung aus Stahltrapezprofilen ist bereichsweise durchgebrannt, an den Giebelwandstützen sind deutliche Betonabplatzungen auf ganzer Bauteilhöhe erkennbar

The inner view after the fully developed fire. The glued, laminated timbers remained in their position. The timber purlins fell partially down, the rooftop of steel trapezoid profiles melt area by area, concrete spallings are visible on the gable support



(Quelle: Himburg/Windemuth)

Bild 4 Die Anschlussbereiche der Pfetten an die Brettschichtbinder sind zum Teil komplett durchgebrannt, der geschlitzte Holzquerschnitt mit dem innen liegenden Stahlblech und den Stabdübeln war der brandschutztechnische Schwachpunkt der tragenden Konstruktion

The border of the purlins to the glued, laminated timbers are completely burned in same parts. The wood cross section with the inside sheet and a rod dowels were the weak point in the fire protection

doch in allen Fällen noch gegeben. Das innen liegende Stahlblech und die Stabdübel waren hier der brandschutztechnische Schwachpunkt der tragenden Konstruktion. Die vorhandene Querschnittsschwächung des Holzes in Kombination mit der hohen Wärmeleitfähigkeit der nicht weiter geschützten stählernen Verbindungsmittel führten zu einem raschen Durchbrand der Anschlüsse (Bild 4). Die acht Dachbinder als Haupttragglieder befanden sich noch in ihrer Position auf den eingespannten Stahlbetonstützen und wiesen noch genügend Resttragfähigkeit auf, um die Dachkonstruktion zu tragen. Die Stahlbetonstützen selbst wiesen erhebliche Betonabplatzungen auf. Das Polystyrol-WDVS im Außenbereich der Hauptstützen war im Bereich des Lichtbands komplett abgebrannt. Die Rundstahl-

diagonalen der Aussteifungsverbände waren stark verformt und funktionslos geworden. Die Dacheindeckung aus Stahltrapezprofilen wies in allen Feldern einen großen Durchhang auf und war teilweise herabgefallen. Der gesamte Innenausbau der Halle war komplett zerstört. Im anschließenden Sozialtrakt lagen starke Schädigungen durch Hitze- und Raucheinwirkung vor. Die Glastüren zum Sozialtrakt und die Außentüren der Halle waren ebenfalls durch die Hitzeeinwirkung zerstört.

4 3-D-Objekterfassung und Auswertung

Für verschiedene Bau- und Sanierungsmaßnahmen sind unterschiedliche vermessungstechnische Verfahren in 2-D oder 3-D anzuwenden. Neben dem klassischen Handausmaß werden in der Regel tachymetrische Messungen polar aufgenommen und ausgewertet. Moderne 3-D-Messungen für flächenhafte Bauwerkserfassung und -modellierung werden seit einigen Jahren zunehmend mit terrestrischen Laserscannern durchgeführt. Dabei existieren verschiedene Systeme mit unterschiedlicher Reichweite, Auflösung und Genauigkeitsspezifikation. Die Integration einer hochauflösenden Scanfunktion in klassische Tachymeter ist seit wenigen Jahren realisiert. Fotogrammetrische Verfahren zur 3-D-Vermessung ergänzen die geodätischen Messverfahren der Ingenieurgeodäsie. Eine detaillierte Übersicht der unterschiedlichen Verfahren ist in [3] zusammengefasst. Aus fotogrammetrischen Aufnahmeverfahren oder Auswertungen von terrestrischen Laserscannern werden immer 3-D-Punktwolken generiert. Diese Punktwolken bestehen aus 3-D-Punktionformationen. Zusätzlich liegen meist Intensitätswerte und Echtfarben in RGB vor.

4.1 Grundlagen zum terrestrischen Laserscanning

Vor jeder Aufnahme müssen zunächst die Anforderungen an die 3-D-Messung und Auswertung klar definiert werden. Hierbei sind neben den absoluten Genauigkeitsanforderungen die Aufnahmeerlösung und die Weiterverarbeitung der Daten zu klären. Anschließend ist die Messung durch eine detaillierte Planung auf die individuellen Anforderungen anzupassen. Für die zuverlässige Gewährleistung einer absoluten Aufnahmegenaugigkeit von $\pm 0,5$ cm (1σ) müssen immer Referenzpunkte tachymetrisch gemessen werden. Grundsätzlich sollten dabei die redundanten Polarbeobachtungen immer durch die Ausgleichsrechnung ausgewertet werden. Bild 5 stellt die angewandten Auswertestrategien der terrestrischen Laserscanaufnahmen als Übersicht dar. Die registrierte Punktwolke stellt den Istzustand durch polar gemessene Punkte dar. Dabei beziehen sich die registrierten 3-D-Objektpunkte auf ein einheitliches Koordinatensystem. Die Messungen an der Sporthalle in Nauen wurden mit dem Scanner HDS7000 der Fa. Leica (eigentlich Fa. Zoller und Fröhlich) aufgenommen und mit der Auswertesoftware Cyclone (Leica Geosystems, <http://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/software>) sowie mit den Autodesk-Produkten registriert.

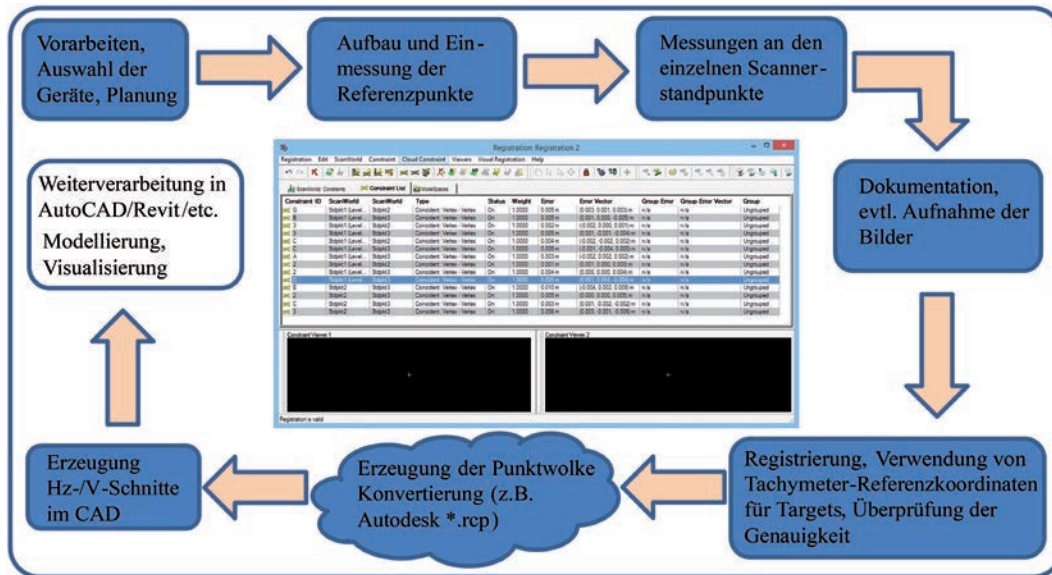


Bild 5 Laserscanaufnahme und -auswertung zur Erstellung einer Punktwolke
Point Cloud Registration and Processing

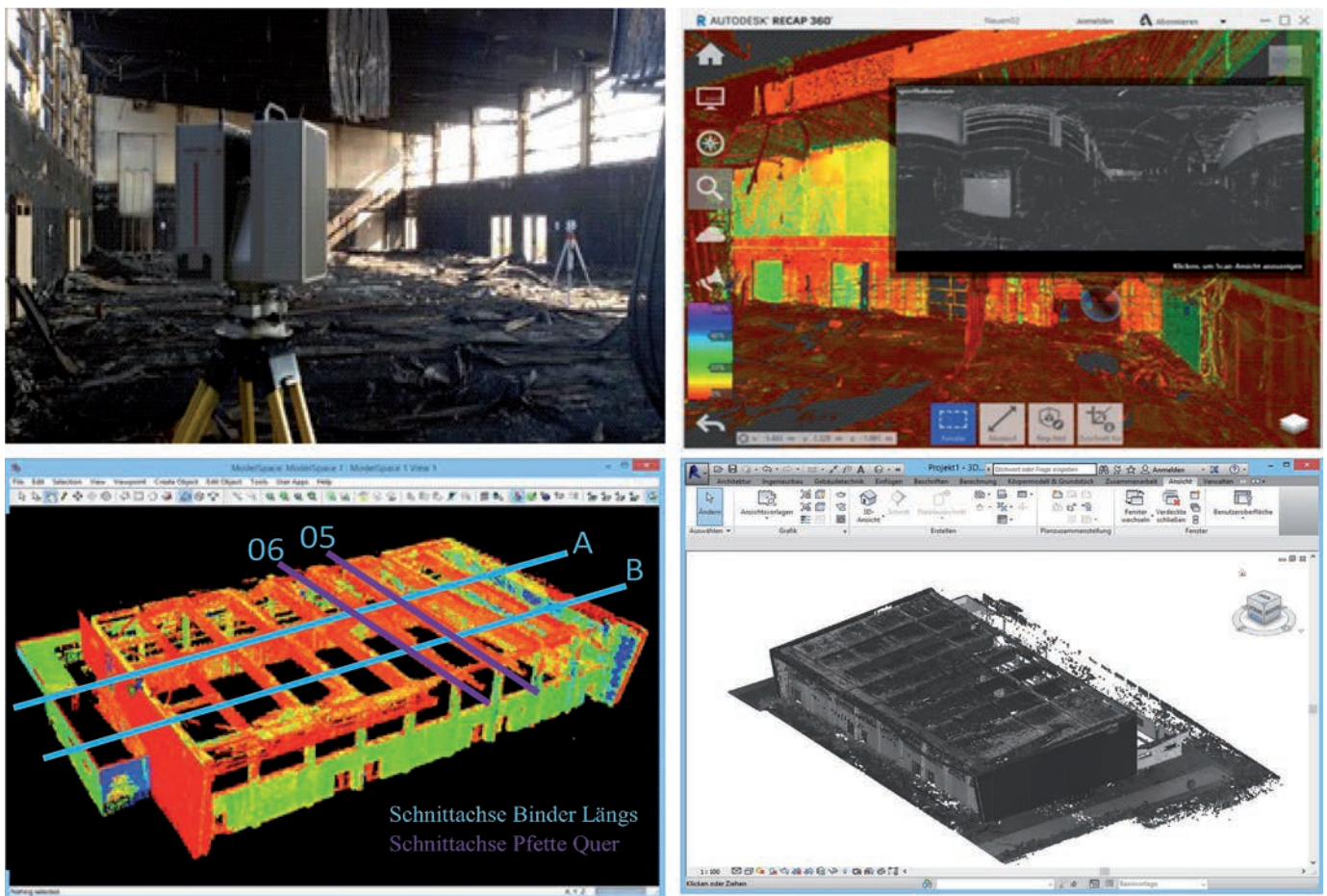


Bild 6 Aufnahme in der Sporthalle – Registrierung in ReCAP 360 und Cyclone – Punktwolke in Revit
Data Capture at the Gymnasium – Registration in ReCAP 300 and Cyclone, Point Cloud in Revit

4.2 Messungen und Ergebnisse der Laserscannungen an der Sporthalle Nauen

Dieses Verfahren wurde an der Sporthalle Nauen angewendet. Insgesamt wurden acht unterschiedliche Scannerstandpunkte aufgenommen (drei Standpunkte im Inneren der Halle). Weiterhin wurden Black/White-Targets für die Ver-

knüpfung der einzelnen Scannerstandpunkte detailliert eingemessen. Die Daten wurden sowohl in der Auswertesoftware Leica Cyclone als auch in der Registrierungssoftware ReCAP 360 der Fa. Autodesk registriert. Die bearbeitete Punktwolke im Innenbereich stellt den Istzustand der Sporthalle nach dem Brand mit einer absoluten 3-D-Genauigkeit mit einer Abweichung von wenigen mm dar (s. Ergebnis der

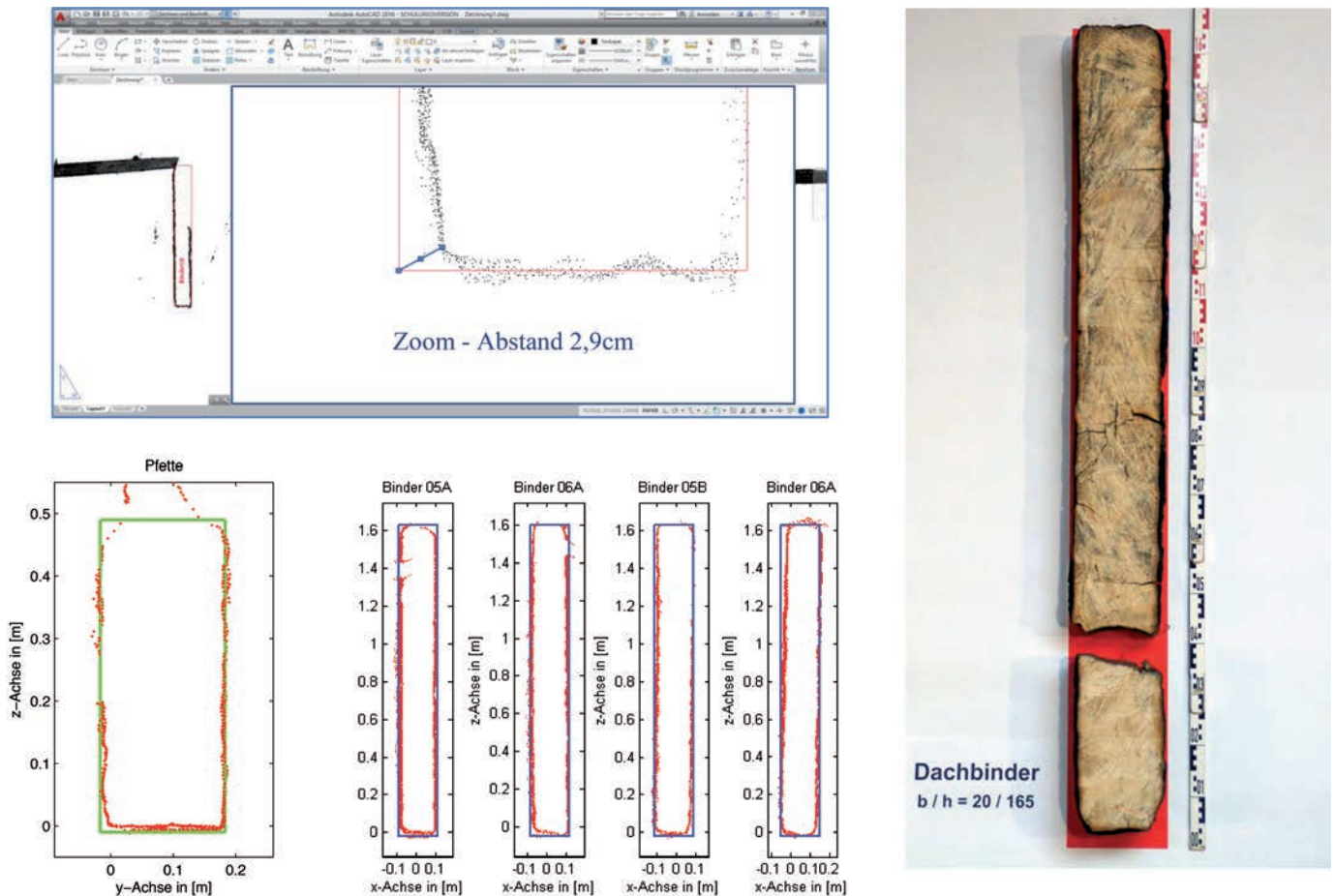


Bild 7 Schnittdarstellungen Pfette ($b/h = 20 \text{ cm}/50 \text{ cm}$ vor dem Brand) und Binder ($b/h = 20 \text{ cm}/165 \text{ cm}$ vor dem Brand)
Purtin Section (width/height – 20cm/50cm original dimension) and Truss Section (width/height – 20cm/165cm original dimension)

Registrierung Bild 6). Bild 6 zeigt die Aufnahmesituation nach dem Brand. Zusätzlich wird durch das Intensitäts-Bild (Autodesk ReCAP 360 und Leica Cyclone) die registrierte und bearbeitete Punktwolke visualisiert. Aus diesen Scandaten können die Längs- und Querachse abgeleitet werden. Störende Messelemente wurden dabei deaktiviert.

Mit diesen Messdaten können verschiedene Analysen durchgeführt werden. So wurden in einer Bachelorarbeit [4] u. a. der Durchhang der Binder und die Neigungen der Stützen an den Außenwänden untersucht. Entlang der eingezeichneten Achsen wurden vertikale Schnitte der Binder und Pfetten an ausgewählten Positionen berechnet. Diese Schnitte können zum einen in AutoCAD visualisiert und mit den Sollmaßen verglichen werden. Außerdem lassen sich die ausgeschnittenen Punkte sehr einfach in Punktdaten (z. B. im Ausgabeformat *.pts) exportieren und können so in geeigneten Analysetools weiterverarbeitet werden.

Bild 7 zeigt ausgewählte Ausschnitte der untersuchten Holzbinder und -pfetten als Grafik. Mit Messgenauigkeiten unter 1 cm könnten dabei verschiedenste Geometrien formgerecht abgebildet werden. Durch die Integration der Messdaten in ein CAD-System bestehen einfache Methoden der Berechnung von horizontalen und vertikalen Schnitten. Durch die Einführung der Punktwolken in die CAD-Systeme ermöglicht dieses Verfahren einfache Darstellungs- und Auswerteverfahren für den Anwender.

5 Brandeinwirkung auf das Tragwerk

Nach den zum Zeitpunkt der Errichtung geltenden bauordnungsrechtlichen Vorschriften war das Bauvorhaben als Gebäude geringer Höhe einzustufen, wonach die tragenden und aussteifenden Bauteile mindestens in feuerhemmender Qualität (Feuerwiderstandsdauer mind. 30 min) auszuführen waren. Das Holztragwerk des Hallendachs wurde mit einer Konstruktion aus unbelakleiden Brettschichtholzbindern und aussteifenden Brettschichtholzpfetten als Rechteckquerschnitte hergestellt. Eine Überprüfung der Vordimensionierung mithilfe der Diagrammwerte aus [5] ergab, dass der Lastfall Brand nicht bemessungsmaßgebend war, die Querschnittsdimensionierung erfolgte daher anhand der statischen Randbedingungen. Eine Nachweisführung des konstruktiven Brandschutzes erfolgte auf Grundlage der tabellierten Werte der seinerzeit gültigen DIN 4102-4:1994-03 [6] einschließlich der dazugehörigen Berichtigungen und wird nachfolgend exemplarisch anhand der Pfetten dargestellt.

Die Bemessung der Pfetten basierte auf den in Bild 8 genannten Randbedingungen:

Auf der sicheren Seite liegend konnte nach Tab. 78 der DIN 4102-4:1994-03 [6] für ein Seitenverhältnis von 2 m und eine Knicklänge von 5,0 m eine erforderliche Mindestbreite von 168 mm (Innenpfette) bzw. 145 mm (Rand-

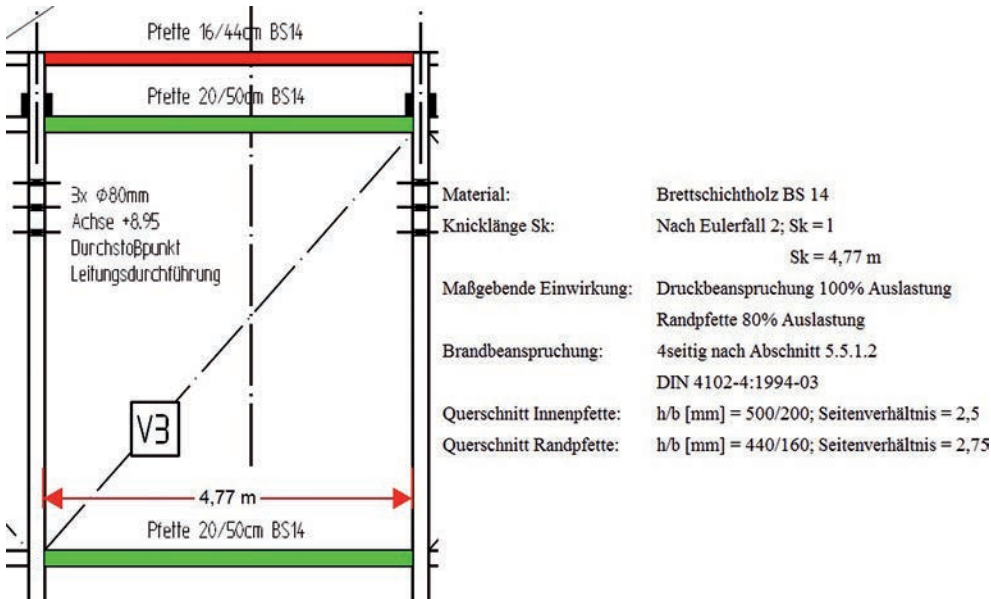


Bild 8 Ausschnitt Grundriss mit Darstellung der Innen- und Randpfetten; Eingangswerte für konstruktiven Brandschutznachweis auf Grundlage der Tab. 78 zur DIN 4102-4:1994-03 [6]
Part of the ground plan of the inner- and border purlins. Input values for structural fire protection proof based on table 78 of DIN 4102-4 1994-03 [6]

pfette) ermittelt werden. Die vordimensionierten Querschnitte waren somit für eine Klassifizierung nach F30-B ausreichend bemessen. Die Kenntnis der rechnerisch und konstruktiv sichergestellten Feuerwiderstandsdauer und der Bezug zur tatsächlichen Dauer der Brandeinwirkung auf das Gebäude gaben insbesondere für die tragenden und aussteifenden Holzbauteile Anlass für eine Betrachtung der verbliebenen Restquerschnitte. Ein derartiger Abgleich von bauordnungsrechtlich vorgeschriebenen und theoretischen angenommenen Brandschutzmaßnahmen mit den tatsächlichen Brandeinwirkungen infolge realer Brandereignisse ist derzeit auch Gegenstand von Forschungsarbeiten der Beuth Hochschule für Technik Berlin. Die zur Bemessung herangezogenen Tabellen der DIN 4102-4:1993-03 [6] beruhen, wie in [7] beschrieben, auf genormten Versuchen, die im Brandraum an Einzelbauteilen unter Einwirkung der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) durchgeführt werden und liegen im Allgemeinen deutlich auf der sicheren Seite. Als wirklichkeitsnäher wird das Tragverhalten im Brandfall, wie in [7] beschrieben, durch die mit der Einführung der DIN 4102-4/A1:2004-11 [8] zugelassenen vereinfachten Rechenverfahren abgebildet. Diese Rechenverfahren stützen sich in ihren Annahmen zwar ebenfalls auf Einwirkungen aus der ETK, eignen sich mit ihrem Ansatz der ideellen Restquerschnitte bzw. dem Verfahren mit reduzierten Eigenschaften im Rahmen einer Bauteilanalyse für eine Handrechnung. Diese Verfahren wurden im Wesentlichen auch in die heute bauaufsichtlich eingeführten Bemessungsvorschriften der DIN EN 1995-1-2 [9] übernommen. Die nach dem Brandereignis vorgefundenen Holzquerschnitte konnten bedingt durch die Abbruchmaßnahmen nicht zerstörungsfrei untersucht werden. Die vorhandenen Restquerschnitte eigneten sich daher lediglich für einen Vergleich der theoretischen Annahmen zu den ideellen Restquerschnitten nach [8, 9]. Die Ermittlung der anzunehmenden ideellen Restquerschnitte erfolgte wie in Bild 9 dargestellt und unterscheidet sich

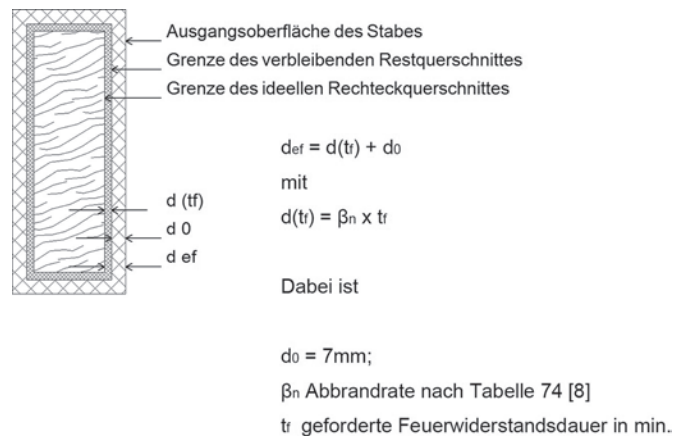


Bild 9 Definition von verbleibendem und ideellem Restquerschnitt am Beispiel dreiseitiger Brandbeanspruchung nach Bild 48.1 zur DIN 4102-4/A1:2004-11 [8]
Definition of remained an calculated residual cross-section using the example of four exposure to fire

zwischen DIN 4102-4/A1 und DIN EN 1995-1-2 nur durch den Faktor k_0 , welcher sich für zunehmende Brandeinwirkungsdauern auf ungeschützte Querschnitte von mehr als 20 min zu 1,0 ergibt und somit eine identische rechnerische Abbrandtiefe erzeugt.

Mit einer produktbezogenen Abbrandrate β_n von 0,7 mm/min nach Tab. 74 [8] für Brettschichtholz und einer zu untersuchenden Brandeinwirkungsdauer von mindestens 30 min konnte die ideelle Abbrandtiefe je Bauteilseite mit $d_{ef} = 28\text{ mm}$ ermittelt werden. Für die beprobten und in Bild 10 dargestellten Pfetten konnten somit die in Tab. 1 dargestellten rechnerischen und tatsächlich vorhandenen Werte ermittelt werden.

Nach den Angaben und der Bilddokumentation der Feuerwehr stand das Gebäude, wie in Bild 2 dargestellt, bereits beim Eintreffen im Vollbrand. Zwischen der Alar-

Tab. 1 Gegenüberstellung der rechnerisch ermittelten ideellen Restquerschnitte mit den vorhandenen Restquerschnitten
Comparison of the calculated ideal residual cross-sections with the presence of residual cross-sections

		Innenpfette	Randpfette
Querschnitt	h [mm]	500	440
	b [mm]	200	160
rechnerisch ideeller Restquerschnitt	hr, fi, 30 [mm]	444	384
	br, fi, 30 [mm]	144	104
vorhandener Restquerschnitt	hr, vorh. [mm]	450	385
	br, vorh. [mm]	160	130



Bild 10 Hauptpfette ($b/h = 20/50$) und Randpfette ($b/h = 16/44$) mit Darstellung des ursprünglichen Querschnitts (rot), Restquerschnitte im Mittel: Hauptpfette $b/h = 16/45$ und Randpfette $b/h = 13/38,5$
Main purlin (width/height = 0/50) and edge purlin (width/height 16/44) showing the original cross-section (red). Residual cross-sections medium: main purlin (width/height = 16/45) and edge (width/height = 13/38,5)

mierung der Feuerwehr und den ersten dokumentierten Löschmaßnahmen vergingen 22 min, sodass davon auszugehen ist, dass die rechnerisch und bauordnungsrechtlich geforderte Feuerwiderstandsdauer von 30 min mit Sicherheit überschritten wurde. In Anbetracht der genannten Randbedingungen scheint auch eine Annahme der Brandeinwirkung auf das Tragwerk von 45–60 min naheliegend. Festzustellen war, dass die Abbrandtiefen entlang der Bauteilhöhe annähernd mit den berechneten Werten übereinstimmten, in der Breite jedoch 16 mm unter der berechneten Abbrandtiefe geblieben sind. Die verbliebenen Restquerschnitte waren somit um 12 % (Innenpfette) bzw. 25 % (Randpfette) größer als die prognostizierten ideellen Restquerschnitte.

Wie vorstehend dargestellt, verfügten die untersuchten Bauteile nach einer längeren Brandeinwirkungsdauer als theoretisch angenommen über größere Restquerschnitte, als diese nach den normativen Annahmen zu erwarten gewesen wären. Ursächlich für die Größe der verbliebenen Restquerschnitte dürften vor allem der Umstand des beidseitigen Abbrands des Lichtbands auf der kompletten Hallenlänge und die somit geschaffene großflächige Wär-

meabzugsöffnung sein. Darüber hinaus ist es bei Betrachtung der Randbedingungen nur folgerichtig, dass die Abbrandtiefen unter Einwirkung der nominellen Einheits-Temperaturzeitkurve größer ausfallen als die des real zu erwartenden Brandereignisses. Mit den normativ erfassten Bemessungsvorschriften für die Brandeinwirkung auf Holztragwerke konnte für das vorliegende Bauwerk eine Prognose hinsichtlich der Tragfähigkeit gegeben werden, die durch den Brandfall auf der sicheren Seite liegend bestätigt wurde.

6 Zusammenfassung

Das terrestrische Laserscanning gestattet eine schnelle und komplette Bauaufnahme nach Brandereignissen. Die so gewonnenen Daten können in Verbindung mit einer Probenentnahme vor Ort als Grundlage für einen Vergleich der theoretischen bautechnischen Nachweise mit den Auswirkungen eines realen Brandereignisses herangezogen werden. Bei dem vorliegenden Brandfall der Sporthalle des Oberstufenzentrums Nauen wurden im Vergleich zum EC 5 geringere Abbrandraten der tragenden Holzbauteile festgestellt. Dieses lässt sich auf die Größe des Brandraums und die im Verhältnis hierzu relativ geringe Brandlast sowie die Brandtemperaturabminderung aufgrund der erhöhten Ventilation infolge des Durchbrennens der großformatigen Lichtbänder zurückführen. In den Anschlussbereichen hingegen kam es zu deutlichen Tragfähigkeitsverlusten infolge der verwendeten Verbindungsmittel. Die beschriebenen Untersuchungen und Vermessungsarbeiten stellen eine umfassende Dokumentation der Brandschädigung an der Sporthalle Nauen dar. Abschließend bleibt festzustellen, dass das System der bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinsichtlich des Feuerwiderstands von Bauteilen und die dazugehörigen Bemessungsvorschriften dazu geeignet sind, den Einwirkungen im Brandfall über die geforderte Dauer standzuhalten.

Dank

Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung bei dem Landkreis Havelland, Amt für Gebäude- und Immobilienmanagement, Platz der Freiheit 1, 14712 Rathenow, sowie bei der Feuerwehr Nauen, vertreten durch Stadtbrandmeister JÖRG MEYER, für die freundliche Bereitstellung der Brandeinsatzdokumentation und der Fotos der Brandnacht.

Literatur

- [1] DIN 14010 (2005-10): *Angaben zur statistischen Erfassung von Bränden*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [2] WINDEMUTH, A.: *Vergleich von Brandschutznachweisen bzw. -konzepten und ihren theoretischen Schutzwirkungen mit den Auswirkungen von realen Bränden an konkreten Beispielen*. Unveröffentlichte Masterarbeit, Fachbereich Bauingenieur- und Geoinformationswesen, Beuth Hochschule für Technik Berlin, 2015.

- [3] STEMPFHUBER, W.; KICKLER, J.: *3D-Objektaufnahme mit terrestrischen Laserscannern und alternativen Verfahren*. Tagungsband der Bundesanstalt für Materialforschung, Messen im Bauwesen – Neue Messtechnik und Anwendungsfälle 2014, ISBN 978-3-9815944-7-8.
- [4] WULFF, P.: *Laserscanauswertung und Modellierung der Sporthalle Nauen*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Fachbereich Bauingenieur- und Geoinformationswesen, Beuth Hochschule für Technik Berlin, 2016.
- [5] KORDINA; MEYER-OTTENS: *Holz Brandschutz Handbuch 2. Auflage*. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., 1994, ISBN 3-410-57040.
- [6] DIN 4102-4 (1994-03): *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [7] HOSSER: *Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, 3. Auflage*. Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes, Altenberge, 2013.
- [8] DIN 4102-4/A1 (2004-11): *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [9] DIN EN 1995-1-2 + NA (2010-12): *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine*

Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1995-1-2:2004 + AC:2009 sowie Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter. Deutsches Institut für Normung, Berlin.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg
Beuth Hochschule für Technik Berlin
Bauingenieur- und Geoinformationswesen
Fachgebiet Baukonstruktion und Bauphysik
Luxemburger Straße 10
13353 Berlin
himburg@beuth-hochschule.de

Prof. Dr.-Ing. Werner Stempfhuber
Beuth Hochschule für Technik Berlin
Bauingenieur- und Geoinformationswesen
Fachgebiet Praktische Geodäsie
Luxemburger Straße 10
13353 Berlin
stempfhuber@beuth-hochschule.de

Andre Windemuth, M. Eng.
Lichtenau Himburg Tebarth Bauingenieure GmbH
Bismarckstraße 78
10627 Berlin
windemuth@LHT-bauing.de

LHT

LICHTENAU HIMBURG TEBARTH

BAUINGENIEURE GMBH



Bismarckstraße 78
10627 Berlin

Telefon +49 (0)30 - 34 34 92 0
Telefax +49 (0)30 - 34 34 92 29

E-Mail office@LHT-Bauing.de
Web www.LHT-Bauing.de

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Stefan Himburg
Dipl.-Ing. Rens Lichtenau
Dipl.-Ing. Andreas Tebarth



Beratende Ingenieure
KfW-Energieeffizienzexperten
Prüfsachverständige für
energetische Gebäudeplanung
Sachverständige für vorbeugenden
Brandschutz
Fachbauleiter Brandschutz



TRAGWERKSPLANUNG KONSTRUKTION BAUPHYSIK BRANDSCHUTZ