

02
2017

Konstruktiver Ingenieurbau

Mauerwerksbau

Umbau einer
denkmalgeschützten
Sandstein-Gewölbebrücke

Stahlbau

Tragwerk St. Pauli
Stadiondach

Beurteilung von
bestehenden Stahltragwerken
aus alten Baustählen

Grundbau

Brückenwiderlager aus
Kunststoff-Bewehrter
Erde (KBE) – Grundlagen
und Anwendungsbeispiele

Holzbau

aquabasilea –
Holz und Stahl im Stresstest

Erdbebensichere
Passivhaus-Residenz

Baurecht

Baukostenobergrenzen –
ein Risiko auch für Ingenieure



KI

Falk Welker, Frank Purtak

Instandsetzung der Gewölbebrücke Bw 4 im Zuge der S 231 alt über die Zschopau in Wilischthal

Einleitung

Die Straßenbrücke führt zwischen der S 231 und dem Haltepunkt Wilischthal der Erzgebirgsbahn über einen Seitenarm der Zschopau. Der Abschnitt wurde zu einer Gemeindestraße abgestuft und befindet sich jetzt in der Trägerschaft der Stadt Zschopau.

Das instand zu setzende Bauwerk ist eine zweifeldrige Steinbogenbrücke aus dem Jahre 1873 mit einer Gesamtlänge von ca. 42,60 m zwischen den Überbauenden und lichten Weiten der beiden Felder von jeweils ca. 17 m. Die Brücke besteht aus zwei Gewölbebögen, massiven Widerlagern an den beiden Flussufern und einem Pfeiler in Flussmitte (Bild 1). Die Bögen wurden aus Sandstein-Quadermauerwerk, die Stirnwände und Flügel aus Bruchsteinmauerwerk gefertigt.

Die alte Nutzbreite auf dem Bauwerk betrug zwischen den Geländern 6,90 m. Sie war aufgrund des schlechten Bauzustandes durch rechtsseitig aufgebrachte Betonleitwände erheblich eingeschränkt. Die ursprüngliche Fahrbahnbreite von ca. 4,75 m wurde daher auf nur 3,86 m eingeschränkt.

Das vorhandene Bauwerk ist als Kulturdenkmal eingestuft. Ein Neubau oder Ersatzneubau sollte u.a. im Interesse des Denkmalschutzes und aus Kostengründen vermieden werden. Die tragenden Natursteinbögen sowie die Gründungsbereiche wiesen außer geringfügigen Abplatzungen und Fehlstellen keinerlei optische Tragfähigkeitsschäden auf. Das Bauwerk war damit grundsätzlich für eine Instandsetzung geeignet.



Bild 1: Bestandsansicht Oberstrom vor Instandsetzung

Die Brücke stellt die einzige Straßenverbindung zum Haltepunkt Wilischthal, einigen angrenzenden Gebäuden, einer Wasserkraftanlage und einem Gewerbestandort (ehemaliges Federnwerk) dar. Außer der Brücke gibt es nur noch einen Fußgängertunnel zur Querung der Bahnanlagen in Richtung Wilischthal.

Durch eine Vollsperrung des Bauwerkes wären die genannten Gebäude und Anlagen vom Straßenverkehr völlig abgetrennt worden. Rettungs- und Einsatzfahrzeuge hätten den betroffenen Bereich bei Notfällen nicht erreichen können. Die Instandsetzung musste deshalb unter Aufrechterhaltung des Verkehrs erfolgen. Unterstromseitig wurde dafür eine einspurige temporäre Umfahrung mit Behelfsbrücke hergestellt.

Erläuterung des Altzustandes

Die Gewölbe bestehen aus einem regelmäßigen Quadermauerwerk im Läufer-Verband mit präzise bearbeiteten Lager- und Stoßfugen.

Der Bogen selbst wies keine unmittelbaren Tragfähigkeitsschäden und Risse auf. Die Fugen waren größtenteils ausgewaschen. Es waren sehr starke Durchfeuchtungerscheinungen und Ausblühungen vorhanden. Eine Dichtung auf dem Bauwerk war laut der durchgeführten Untersuchungen nur örtlich festgestellt worden und größtenteils nicht wirksam.

Der Bogen hat eine zum Kämpfer hin zunehmende Dicke von 70 cm bis 87 cm und besteht aus Sandsteinquadern der Güteklasse N4

in sehr guter Qualität mit hohen Druckfestigkeitswerten. Die Sandsteinquader haben Abmessungen von 100 cm x 50 cm x 70 bis 87 cm (Bild 2). Die Steindruckfestigkeit liegt über 50 N/mm². Lager- und Stoßfugen sind passgenau gearbeitet und besitzen eine Breite von maximal 3 cm (druckbeanspruchte Lagerfugen teilweise nur wenige Millimeter). Der Mörtel ist fast vollständig ausgespült und kann in die Mörtelgruppe MGI eingestuft werden.

Die Widerlager und Pfeiler bestehen im sichtbaren Bereich aus einem Sandsteinquadermauerwerk im Läufer/Binder-Verband. Die Aufschlüsse haben im Innern des Pfeilers eine horizontale Wechsellagerung zwischen Sandstein- und Bruchsteinmauerwerk ergeben. Die mit MGI vermörtelten Lagerfugen besitzen eine Breite von 2 bis 3 cm.

In den Widerlagern wurde durchgängig Bruchsteinmauerwerk ermittelt. Es wurde kein bzw. nur ein geringer Rest an Mörtel MGI in den Fugen festgestellt.

Die Flügel der Widerlager bestehen aus Bruchsteinmauerwerk, äußere Eckbereiche wurden mit Sandsteinquadern ausgebildet. Das Bruchsteinmauerwerk ist durchgängig als aufgelockert anzusehen.

Über dem Gewölbe wurden Stirnmauern aus Bruchsteinmauerwerk (Gesteinsart Gneis und Glimmerschiefer nahliegender Steinbrüche) mit einer Hinterfüllung aus losen Bruchsteinen mit Sand und bindigem Lockergestein festgestellt. Die Gewölbeüberschüttung im Scheitelbereich betrug ca. 70 cm.

Die Brücke besitzt oberstromseitig eine ca. 87 cm breite Randkappe aus Stahlbeton, die unmittelbar auf der ursprünglichen Stirnwandabdeckung aufbetoniert und in der Stirnwand verankert wurde. Unterstromseitig wurden im Jahre 1984 Gesims und anteilig die Stirnmauer abgebrochen und durch einen Heizkanal aus Stahlbetonfertigteilen ersetzt. Er diente der Fernwärmeversorgung des Federnwerkes. Die Heizleitungen wurden später zurückgebaut. Der Kanal beinhaltet danach Stromversorgungsleitungen sowie eine Fernmeldeleitung. Aus der Geometrie des Heizkanals ermittelt sich eine Kappenbreite Unterstrom von ca. 1,93 m.

Schadensbeschreibung

An den Bögen wurden massive Durchfeuchtungen mit Biofilmbildung/Grünablagerungen



Bild 2: Freigelegtes Bogentragwerk



Bild 3: Schadbild Stirnwand Oberstrom

und Ausblühungen sowie örtliche Sandsteinabplatzungen bis 10 cm Tiefe festgestellt.

Die Stirnmauern der Gewölbe und Widerlagerflügel zeigten großflächige Ausbauchungen bis zu 10 cm, Fehlstellen im Mauerwerk (Bild 3), offene, teils ausgebrochene Fugen, einen schlechten bis keinen Fugenmörtel und starken großflächigen Bewuchs bis hin zu teils „baumartigen“ Sträuchern. Die Stirnfuge auf dem Bogen war gerissen und verschoben. Das stark aufgelockerte Natursteinmauerwerk war örtlich hinter- und ausgespült, teilweise schon eingestürzt.

Auch die Bauwerksausstattung war als ungenügend zu bezeichnen. Neben einem stark verrosteten, anprallgeschädigten Geländer wurden eine nicht funktionsfähige Fahrbahntwässerung mit verschlissenen, verrosteten und verstopften Abläufen sowie eine zerstörte Straßenbeleuchtung festgestellt. Die Fahrbahn wies neben Fehlstellen und Rissen teilweise starken Bewuchs auf.

Ausbrüche und Teileinstürze des Flügel- und Stirnmauerwerkes wurden im Wesentlichen von der starken Durchfeuchtung mit Auslaugung des vorhandenen Mauermörtels und

Regelquerschnitt

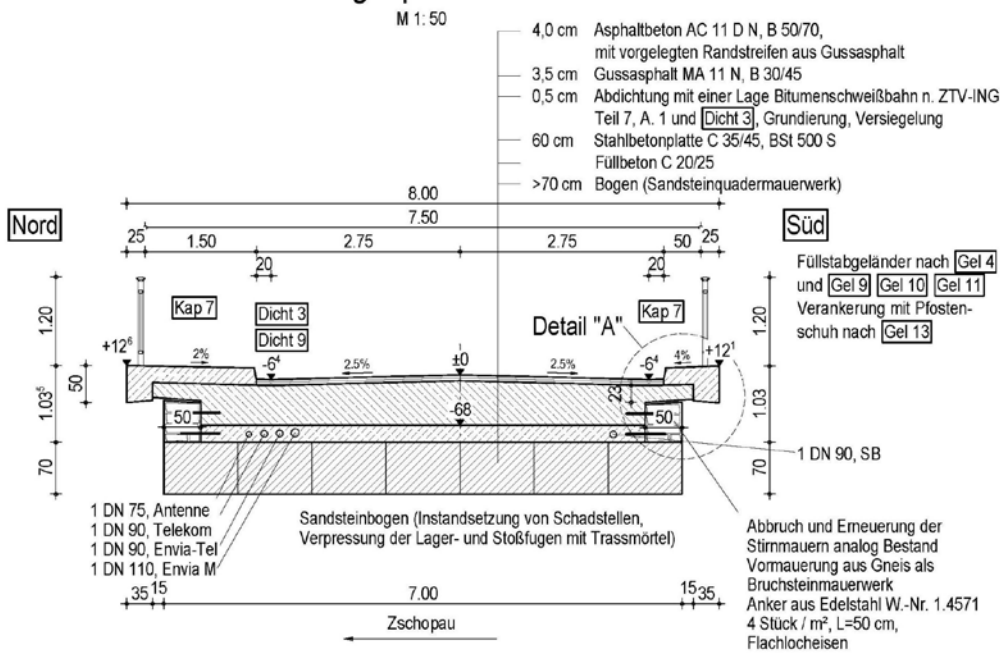


Bild 4: Regelquerschnitt Planung

den zu geringen Bauteilabmessungen in Verbindung mit den hohen Verkehrslasten des historischen Industriestandortes verursacht.

Die Durchfeuchtungen sowie die Ausblühungen waren auf eine defekte bzw. abschnittsweise fehlende Abdichtung zurückzuführen.

Instandsetzung Brückenbauwerk

Das historische Erscheinungsbild des Bauwerkes konnte erhalten werden. Für die Flügel- und Stirnmauern oberhalb der Unterbauten/Gründungen war aufgrund des Bauzustandes und mangelnder Tragfähigkeit ein Abbruch mit Erneuerung zwingend erforderlich. Der Fahrbahnbereich war regelkonform zu verbreitern und mit Schrammborden und Randkappen sowie beidseitigen Geländern zu versehen. Eine vollständige Oberflächenabdichtung musste hergestellt werden. Weiterhin wurden die Hinterfüllungsbereiche der Widerlager gezielt entwässert und drainiert. Erschwerend kam hinzu, dass sich das Brückenbauwerk innerhalb eines FFH-, eines Vogelschutz- und eines Landschaftsschutzgebietes befindet. Die Belange des Umwelt- und Naturschutzes wurden im Rahmen der Planung berücksichtigt. Eingriffe sollten möglichst vermieden bzw. vermindert werden.

Mit der Brückeninstandsetzung erfolgte ein grundhafter Ausbau der beidseitigen Straßenrampen der Straße zum Bahnhof (S 231 alt) auf

eine Breite von 5,50 m und eine Gesamtlänge von 80 m. Der Deckenaufbau erfolgte entsprechend der Bauklasse IV mit Asphaltbeton.

Die Planung des Überbaus erfolgte unter Ansatz der Mindestquerschnittsbreiten, um eine Verbreiterung auf das erforderliche Maß zu begrenzen und weitestgehend die denkmalgeschützte Bestandsansicht beizubehalten. Die Nutzbreite zwischen den Geländern wurde auf einen Minimalwert von 7,50 m festgelegt. Daraus leitete sich eine Gesamtbreite der Fahrbahnplatte einschließlich Randkappengesimsen von 8,00 m ab (Bild 4). Das führte zu beidseitigen, 50 cm breiten Auskragungen über die vorhandene Gewölbekbreite von 7,00 m.

Die Stirnmauern der Gewölbebrücke wurden analog dem Bestand als Bruchsteinmauerwerk (Gneis) unter vorrangiger Verwendung von Altmaterial neu aufgemauert und am Füllbeton angehängt. Auf den Füllbeton wurde eine ca. 50 cm bis 60 cm dicke Stahlbetonplatte aufbetoniert. Diese ist nicht selbsttragend und leitet die Einwirkungen elastisch gebettet über den Füllbeton in das Bogentragwerk ein.

Die Flügel wurden nach dem Freiräumen der Unterbauten unter Verwendung von Bestands- bzw. gleichwertigem Neumaterial neu aufgemauert und mit zementverfestigten Lockergesteinen bzw. Magerbeton gleichmäßig und lagenweise hinterfüllt.

An den massiven Unterbauten aus Naturstein mussten lediglich örtliche Ausbesserungen vorgenommen werden. Zum Schutz der Gründung und Unterbauten erfolgte die Herstellung eines Kolksschutzes.

Beidseitig wurden Randkappen aus Stahlbeton mit einem 15 cm hohen Schrammbord angeordnet. Aufgrund der Bauwerkslänge von 42,60 m wurden beidseitig Fahrbahnübergänge aus Asphalt eingebaut. Die Fahrbahnplatte erhielt eine Abdichtung nach ZTV-ING mit einer Bitumenschweißbahn und einer Gussasphaltschutzschicht sowie einem Fahrbahnbelag aus Asphaltbeton. Medienüberführungen und eine Straßenbeleuchtung wurden entsprechend des Bestandes berücksichtigt.

Sonstige Instandsetzungsleistungen beschränkten sich auf Schadstellenausbesserungen und Fugenverpressungen der Sandsteinbögen, eine Patina schonende Reinigung, teilweise Neuverfugung und örtlichen Steinersatz.

Die Standsicherheit des Bauwerkes wurde durch die nachfolgend beschriebene nicht-lineare Tragwerksberechnung unter Ansatz der ermittelten Materialkenngrößen für die Straßenverkehrslasten nach DIN-Fachbericht 101 nachgewiesen.

Bauzeit und Baudurchführung

Für die Bauwerksinstandsetzung wurde eine Vollsperrung des Brückenbauwerkes notwendig. Die Verkehrsführung zum Haltepunkt Wilischthal erfolgte über eine temporäre einspurige Umfahrung mit unterstromseitiger Behelfsbrücke (Bild 5). Eingesetzt wurde ein 2-feldriger Überbau vom Typ SB 30 mit einer lichten Weite von 42 m und Stützweiten von $2 \times 22,50$ m. Der Überbau war mit einer Fahrbahnbreite von mindestens 3,50 m einspurig befahrbar und mit einem unterstromseitigen Gehweg der Breite 1,50 m ausgestattet.

Als reine Bauzeit wurden 10 Monate veranschlagt, wobei der Baubeginn so gelegt wurde, dass Winterbaumaßnahmen ausgeschlossen wurden. Zu beachten waren außerdem die Einschränkungen bei Bautätigkeiten im Gewässer. Hier standen aus Gründen des Naturschutzes (Erhaltungsziele des FFH-Gebietes mit Bachneunauge und Westgroppe) nur drei Monate von September bis November zur Verfügung.

Die Instandsetzung einschließlich Umbau erfolgte von Juni bis November 2012. Nach der Oberflächenabdichtung wurde aufgrund der massiven Durchfeuchtungen eine halbjährige Trocknungsphase bis Mai 2013 berücksichtigt. Das Hochwasser vom Juni 2013 verzögerte kurzzeitig die Baumaßnahme, sodass die Restleistungen an den Bogenunterseiten erst im Herbst fertiggestellt werden konnten.

Statischer Nachweis

Mit einem zeitgemäßen Berechnungsmodell lassen sich für die Berechnung von Bogenbrücken über Nutzereingaben (Bild 7, [1]) sowohl Geometrie, Material, Auflagerbedingungen als auch Einwirkungen unter Berücksichtigung der strukturellen und der materialseitigen Nichtlinearitäten realitätsnah abbilden. Für die praktische Nutzung kommt bei der Analyse von Gewölbebrücken häufig der maßgebende 1,0 m breite Brückenstreifen für die Berechnung zur Anwendung. Der statische Nachweis reduziert sich mit dieser Vereinfachung auf einen „ebenen“ Bogenlängsschnitt. Sollen weitere Tragreserven für einen erfolgreichen Nachweis erschlossen werden, ist eine räumliche Modellbildung des gesamten Gewölbes notwendig. Allerdings ist dann der Modellierungsaufwand wesentlich höher und der Nachweis ist hier mit dem über die Brückenbreite ausgedehnten Stützflächenverfahren [2] zu führen.



Bild 5: Behelfsbrücke



Bild 6: Oberstromseitige Ansicht des fertigen Bauwerkes

Material

Der Bogen besteht, wie oben beschrieben, aus ein Stein dickem, quaderförmigem Sandsteinmauerwerk. Als Nachweisgrundlage gelten die Werte aus dem sehr detaillierten Materialgutachten [3], wobei die einachsige Zugfestigkeit mit 90 % aus der beprobten Spaltzugfestigkeit hervorgeht:

Stein:	
Druckfestigkeit:	$f_{D,St,5\%} = 52,0 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit:	$f_{Z,St,5\%} = 2,16 \text{ N/mm}^2$
Mörtel:	
Druckfestigkeit:	$f_{D,Mö} = 1,5 \text{ N/mm}^2$ (Mittelwert)

Belastung

Die Brücke wird gemäß des Lastmodells LM1 überprüft/berechnet. Es besteht aus einer Doppel- bzw. Tandemachse mit einer charakteristischen Radlast von je 120 kN. Die zugehörige charakteristische Flächenlast beträgt 9 kN/m^2 . Bei einer angenommenen Querverteilung der Achslasten (je 240 kN) über eine Breite von 3,0 m sind 80 kN pro Achse auf den 1 m Nachweisstreifen anzusetzen. Diese werden auf die Aufstandsänge von 0,4 m mit $80/0,4 = 200 \text{ kN/m}$ verteilt.

Die Bemessungswerte der Eigenlasten ergeben sich aus deren Mittelwerten, multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_G . Mit Ansatz des Minimalwertes der Eigenlasten

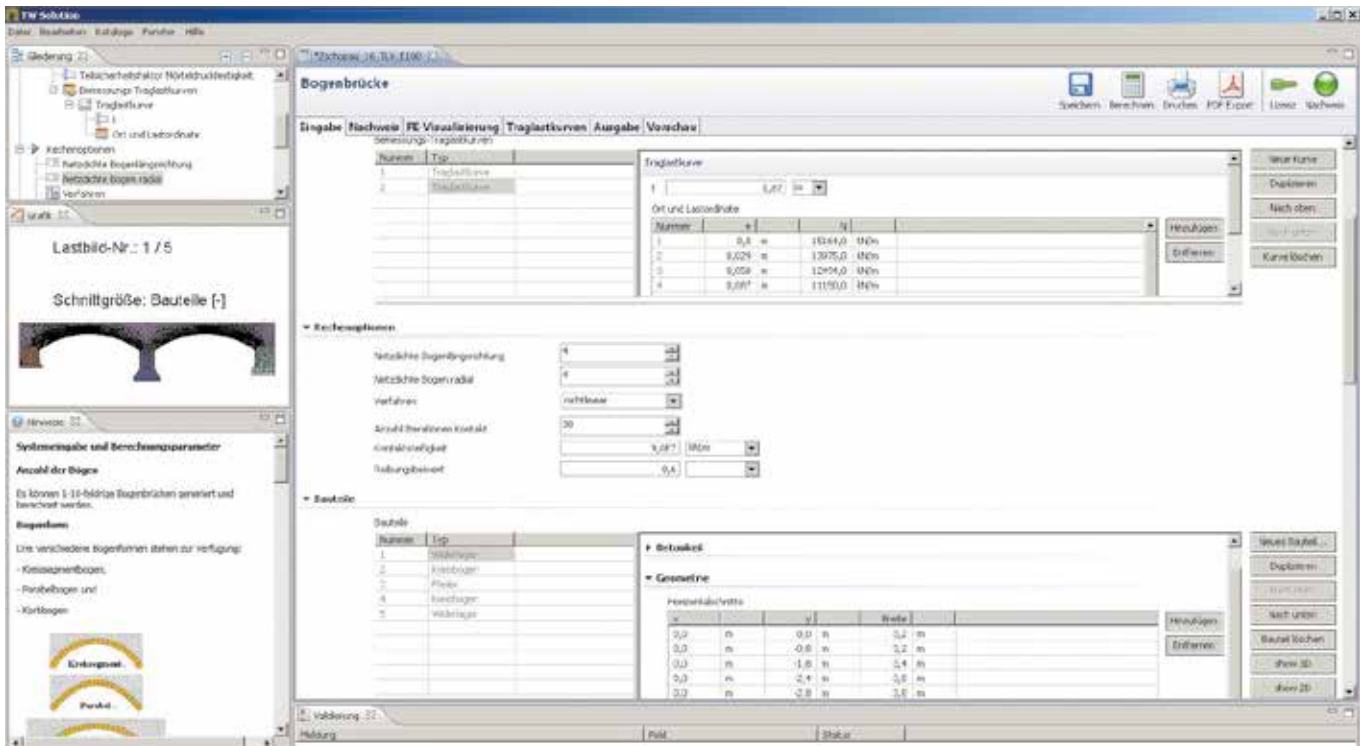


Bild 7: Softwaretechnische Hilfe [1] bei der Analyse der Tragfähigkeit

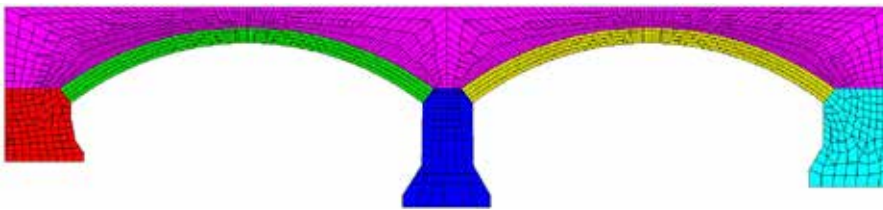


Bild 8: FE-Netz (Material) mit Verfeinerung im Bogenbereich

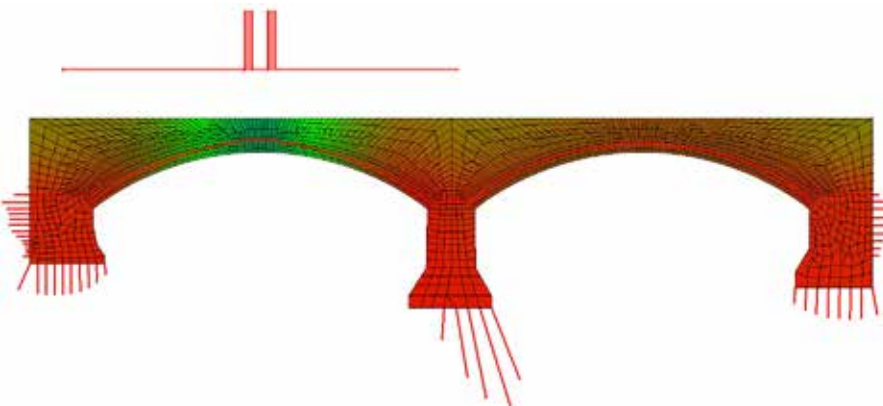


Bild 9: Laststellung mit zugehöriger Stützlinie im rechnerischen Bruchzustand

sind im Bogen die größten Beanspruchungen aus Verkehrslasten zu erwarten, da der symmetrische „Vorspannungszustand“ aus Eigenlasten somit niedrig ist. Die Lasten werden programmintern mit dem Ansatz nach Boussinesq-Fröhlich [4] direkt auf die Bogenoberfläche „gaußförmig“ aufgeprägt. Alternativ ist zur Vereinfachung eine Rechtecklast möglich.

Für die Ermittlung der maßgebenden Stützlinie ist eine geeignete Schrittweite des wandernden Lastenzuges zu wählen. Zur Einsparung von Rechenzeit ist es sinnvoll, mit einer größeren Schrittweite über die gesamte Brücke zu beginnen. Weitere Überfahrten mit halber Schrittweite im Bereich der hierdurch berechneten größten Bogenausnutzung grenzen den Bereich der maßgebenden Laststellung weiter ein.

Statisches Modell

Mit finiten Scheibenelementen wird das Modell im ebenen Verzerrungszustand generiert (Bild 8). Für Voruntersuchungen genügt ein gröberes Netz mit vier Elementen über die Bogendicke.

Die Widerlager sind im anstehenden Fels über Federn sehr steif gelagert. Die Sohlfläche des Mittelpfeilers wird ohne Zugspannungsübertragung mit dem programminternen Einbau von Kontaktelementen für ein mögliches Aufklaffen vernetzt.

Ermittlung der Stützlinie

Zur Ermittlung der Lage der Stützlinie im Bogen ist es notwendig, in allen Mauerwerksfugen des Modells Integrationen über die Druckspannungsverteilung in Dickenrichtung durchzuführen und den jeweiligen Schwerpunkt der Verteilung zu bestimmen. Die somit pro Fuge ermittelte Resultierende N und Lastausmitte e wird grafisch zur Stützlinie verbunden (Bild 9).

Für jede Laststellung und Einwirkungskombination wird die zugehörige Stützlinie ermittelt. Aus der Vielzahl aller Stützlinien ergibt sich programmintern [5] die maßgebende Stützlinie, welche den größten Ausnutzungsgrad der Konstruktion verursacht.

In der Regel ist die halbseitige Belastung maßgebend. Bei sehr schlanken Konstruktionen mit großen Normalkräften und klaffender Sohlfuge kann auch die Volllast den größten Ausnutzungsgrad verursachen.

Nachweis mit Traglastverfahren

Das Traglastverfahren beruht einerseits auf dem Beanspruchungspfad (N, m) aus schrittweiser Laststeigerung und andererseits auf der Tragfähigkeit des Mauerwerks unter ausmittiger Beanspruchung (Bemessungs-Traglastkurve). Die Teilsicherheitsbeiwerte werden für die Steinzug- und Steindruckfestigkeit mit $\gamma_{z,St} = 1,8$ und $\gamma_{d,St} = 1,3$ angesetzt. Die Bemessungswerte zur Bestimmung der Bemessungs-Traglastkurve ergeben sich folglich zu:

Stein:

Druckfestigkeit:

$$f_{d,St,d} = 52,0 \text{ N/mm}^2 / 1,30 = 40,0 \text{ N/mm}^2$$

Zugfestigkeit:

$$f_{z,St,d} = 2,16 \text{ N/mm}^2 / 1,80 = 1,2 \text{ N/mm}^2$$

Mörtel:

Druckfestigkeit:

$$f_{d,St,d} = 1,5 \text{ N/mm}^2 / 1,00 = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

Durch Nutzereingabe lassen sich die Bemessungs-Traglastkurven am Scheitel und Kämpfer eintragen; Zwischenwerte im konischen Bogen werden interpoliert. Die Kurve der Bemessungsfestigkeit des Mauerwerks zeigt Bild 10 für die Nachweisstelle $t = 71 \text{ cm}$.

Für jede Laststellung erfolgt eine schrittweise Verkehrslaststeigerung mit jeweiliger Stützlinienbestimmung, bestehend aus der Normalkraft N und bezogener Ausmitte ($m = 6 \cdot e/t$) für jede Mauerwerksfuge. Der zugehörige Beanspruchungspfad wird für jede Fuge gespeichert und mit der Bemessungs-Traglastkurve verglichen. Ein Schnittpunkt beider Kurven markiert die rechnerische Bruchlast eines Bogens (Bild 10). Sollte im Iterationsprozess auch mit kleinen Inkrementen nicht die komplette Lastaufprägung gelingen, dann ist eine kinematische Kette mit 4 Gelenken entstanden und das Versagen ist durch Gelenkbildung gekennzeichnet. Die Tragfähigkeit der Bogenkonstruktion ist somit entweder durch den Bruchzustand oder eine Gelenkbildung begrenzt.

Ergeben sich für alle zu untersuchenden Einwirkungskombinationen mit kompletter Lastaufprägung ($\gamma_{LM1} = 1,30$) für jede Fuge

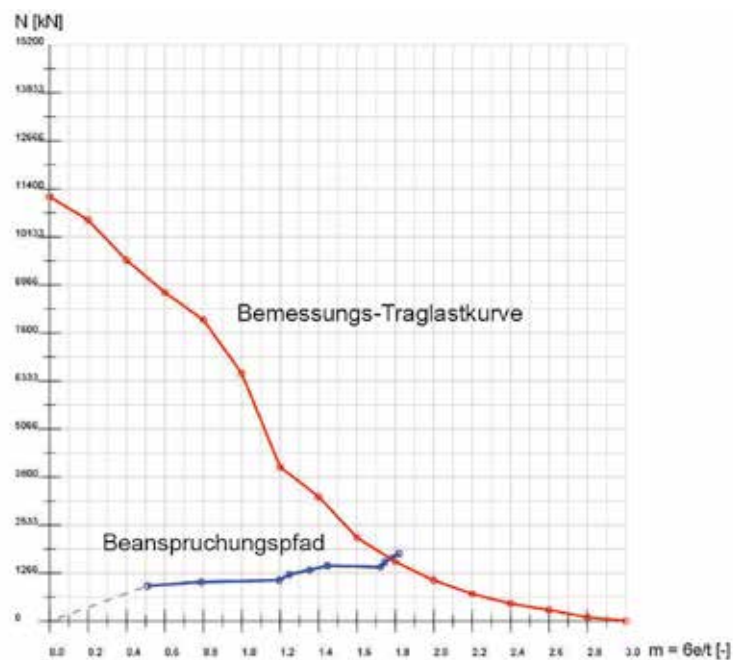


Bild 10: Bemessungs-Traglastkurve und Beanspruchungspfad des maßgebenden Schnittes

nur Beanspruchungspfade unterhalb der zugehörigen Traglastkurve ohne jeglichen Schnittpunkt mit dieser, dann liegt nirgends ein rechnerischer Bruchzustand bzw. Versagenszustand als Gelenkkette vor. Der Nachweis ausreichender Standsicherheit für die Bogenkonstruktion ist damit erbracht. Die Nachweise der Pfeiler und Widerlager sowie zum Grundbruch lassen sich im Nachgang führen.

Die Verkehrslast aus LM1 wird bis zum Dreifachen ($\gamma_{rech.} = 3,0$) gesteigert; der Bruch entsteht beim Teilschritt 8,76 von 10. Damit ergibt sich der Schnittpunkt für den rechnerischen Bruch von $\gamma_{Bruch} = 8,76/10 \cdot 3,0 = 2,62$. Mit Hilfe des Stützlinien-Traglast-Verfahrens beträgt der Ausnutzungsgrad η der Bogenkonstruktion:

$$\eta = \gamma_{LM1} / \gamma_{Bruch} = 1,30 / 2,62 = 0,5 < 1,0$$

Nachweis erfüllt!

Zusammenfassung

Das vorhandene Bauwerk war als Kulturdenkmal eingestuft und sollte erhalten werden. Da die Unterbaubereiche keine Tragfähigkeitsschäden aufwiesen und das vorhandene Sandsteinbogenmauerwerk bei einer Instandsetzung durch Fugenverpressung eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen würde, war ein vollständiger Brückenneubau nicht erforderlich.

Die Gesamtkosten für die Bauwerksinstandsetzung einschließlich Behelfsumfahrung mit Behelfsbrücke, der straßenbaulichen Anschlüsse und der Anpassungen im Knotenpunktbereich betragen 1,2 Mio. Euro (brutto). Der statische Nachweis ist mit dem anschaulichen Stützlinien-Traglast-Verfahren übersichtlich durchführbar. Nach Ermittlung der Stützlinie, bei räumlichem Modell der Stützfläche, sind für jede Laststellung und Einwirkungskombination die zugehörigen Normalkräfte und Ausmittigkeiten und daraus der Beanspruchungspfad aus Laststeigerung in jedem Bogenquerschnitt bekannt.

Mit den Material- und Geometrie Kennwerten lässt sich die Tragfähigkeit des Bogenquerschnitts unter ausmittiger Beanspruchung und mit dem gewählten Nachweisverfahren die zugehörige Bemessungs-Traglastkurve ermitteln.

Der Schnittpunkt von Beanspruchungspfad und Bemessungs-Traglastkurve gibt den rechnerischen Bruchzustand an. Eine mögliche Tragreserve ist nach Berücksichtigung von Lastfaktoren und gegebenenfalls eines Schwingbeiwertes sofort ersichtlich.

Bei einer offensichtlichen Diskrepanz zwischen den Berechnungsergebnissen in Form eines nicht erbrachten Tragfähigkeitsnachweises und einem guten Bauwerkszustand der Unterbaubereiche ist eine Kalibrierung

des Berechnungsmodells, insbesondere der Auflagersteifigkeiten, anhand von Verformungsmessungen am Brückenbauwerk unter Belastungsfahrzeugen angebracht.

Für unbewehrte Betonkonstruktionen ist das Stützlinien-Traglast-Verfahren in gleicher Weise anwendbar. Die belastungsabhängige Rissbildung wird hier allerdings mit sich ideell öffnenden Fugen modelliert.

Literatur

- [1] ...: TW Brücke (Version 2016): Programmsystem zum Nachweis von Bogenbrücken. TragWerk Software, www.tragwerk-software.de
- [2] Purtak, F.; Hirsch, U.: „Gewölbebrücken aus Natursteinmauerwerk – Entwicklung eines Berechnungsverfahrens zum statischen Nachweis von Gewölbebrücken unter Ausnutzung der räumlichen Tragwirkung“. Forschungsvorhaben Nr. IW061178, Schlussbericht 05/2010
- [3] Materialgutachten Nr. 3043-3 Saxotest Ing. GmbH Dresden, 2009
- [4] Smolczyk, U. (hrsg.): Grundbau Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen. Ernst & Sohn, Berlin, 2001
- [5] Purtak, F.; Geißler, K.: Bogenbrücken aus Natursteinmauerwerk. Entwicklung eines realitätsnahen Berechnungsmodells für den statischen Nachweis von Bogenbrücken. Forschungsvorhaben Nr. KU 0425001KAT2, Dresden, Schlussbericht 2006



Dipl.-Ing. Falk Welker

Ingenieurbüro Schulze & Rank
Niederlassung Erfurt
Goethestraße 64
99096 Erfurt

Telefon: 0361/744 29 61
f.welker@schulze-rank.de



Dr.-Ing. Frank Purtak

Trag Werk Ingenieure
Döking+Purtak Partnerschaft
Prellerstraße 9, 01309 Dresden

Telefon: 0351/ 433 08 50
fp@tragwerk-ingenieure.de



Bargmann

Historische Bautabellen

Normen und Konstruktionshinweise 1870-1960

.....
5., aktualisierte Auflage, 2013, 778 Seiten,
15,5 x 21,7 cm, Buch (Hardcover), 89,00 €
.....
lieferbar

ISBN 978-3-8462-0324-8

Die Sanierung und Modernisierung, sowie der Aus- und Umbau bestehender Gebäude gewinnt zunehmend an Bedeutung und hat in den letzten Jahren einen immer größeren Anteil der Hochbautätigkeit eingenommen.

Für ältere und in der Nachkriegszeit wieder aufgebaute Gebäude sind vielfach keine technischen Unterlagen mehr vorhanden. Dieses Buch gibt eine Übersicht über die Entwicklung von Konstruktionsregeln, Vorschriften und Bemessungsverfahren für den Zeitraum von etwa 1870 bis 1960. Der Schwerpunkt liegt in der statischen Berechnung.

Die zur Beurteilung der Bausubstanz notwendigen Grundlagen in den Bereichen Lastannahmen, Holz-, Stahl- Mauerwerks-, Stahlbeton – und Grundbau sowie der Wärmedämmung der Gebäude werden ebenso vermittelt wie die geläufigsten Konstruktionen und Bemessungsregeln sowie die Besonderheiten unter Berücksichtigung der alten Vorschriften.

Zur Bemessung erforderliche Querschnittswerte genormter Bauteile sind in Tabellen zusammengestellt. Die zulässige Beanspruchung typischer Dach- und Deckenkonstruktionen, Stützen und Verbindungsmittel kann aus Tragfähigkeitstabellen abgelesen werden.

Jetzt versandkostenfrei (deutschlandweit) bestellen:

shop.bundesanzeiger-verlag.de/0324-8

Telefonisch: 0221/9 76 68-306 · Fax: 0221/9 76 68-236 ·
in jeder Fachbuchhandlung