

Von der Nutzungsgeschichte der Schussenbrücke bei Ravensburg-Oberzell Zweimal umgesetzt und „doch“ Denkmal?

Die Wertschätzung historischer Stahlbrücken in der Öffentlichkeit ist leider immer noch äußerst gering. Als scheinbar reine Nutzbauten werden sie allzu oft mit der Begründung mangelnder Standsicherheit durch neue, zumeist Stahlbeton-Brückenbauten ersetzt. Doch bei genauerem Hinsehen lässt sich schnell die handwerkliche Qualität und Schönheit dieser Zeitzeugen der Verkehrsgeschichte erkennen. Vor allem die Werkstoffeigenschaften der historischen Stähle werden häufig unterschätzt. So zeigt nachfolgend aufgeführtes Beispiel einmal mehr die „vorbildliche“ Stahlgüte von historischem Stahl, die nahezu die Qualität von Damaststahl erreicht.

Rolf-Dieter Blumer / Markus Numberger

Die ehemals als einspurige, durch die Maschinenfabrik Esslingen erbaute Eisenbahnbrücke über die Schussen befindet sich heute als Straßenbrücke der Kreisstraße 7981 südöstlich von Ravensburg-Oberzell. Ursprünglich wurde sie 1847 beim Bau der Eisenbahnlinie Ravensburg-Friedrichshafen südwestlich von Oberzell, bei Klöcken, über die Schussen geführt. Sie wurde wohl vor Ort als genietete Hohlkastenträger-Brücke mit einer Kastlänge von 25,8 m erbaut. Die Pfarrchronik berichtet im Jahr 1847: „Am Samstag, den 16. Oktober passierte der erste Dampfwagen auf der neu vollendeten Eisenbahn an Oberzell vorbei. Die erste öffentliche Probefahrt fand am 24. Oktober statt bei Anwesenheit des Finanzministers von Gärtner. Am 8. November wurde die Bahn dem Betrieb übergeben.“

Bemerkenswert ist die frühe Entstehungszeit dieser Brücke durch die erst 1846 von Emil Kessler gegründete Maschinenfabrik Esslingen. Damit dürfte die Schussenbrücke in Ravensburg-Oberzell eines der ersten Bauwerke dieser Firma gewesen sein und stellt zugleich eine der ältesten Stahlbrücken in Deutschland dar.

Im Herbst 1880 wurde die Schussenbrücke an ihre jetzige Stelle versetzt, wo sie eine ältere, hölzernen gedeckte Brücke ersetzte. Die genauen Gründe für die Umsetzung sind bislang nicht bekannt. Naheliegender scheint jedoch, dass die Versetzung mit der durchgeführten Schussenkorrektur in Zusammenhang gebracht werden kann. Die Pfarrchronik berichtet hierzu: „Die eiserne Brücke über die Schussen auf dem Wege nach Eschach ist im Herbst 1880 aufgestellt worden. Sie war vorher Eisenbahnbrücke in der Nähe des Klöckener Bahnwärterhäuschens, wog 400 ctr.

und wurde um 4000 M. angekauft. Bis die Brücke an Ort und Stelle war und mit der erforderlichen Erhöhung des Straßendamms und der kleinen Schussenkorrektur von der Brücke an aufwärts bis zu des Eichelbauren Wäldchen links der Schussen, kam sie auf 2000 Mark. Dazu gab der Staat einen Beitrag von 7000 Mark und die Amtskorporation einen solchen von 3000 Mark. Vorher führte eine hölzerne gedeckte Brücke über die Schussen, die aber bei jedem Hochwasser in Gefahr stand, hinweggeschwemmt zu werden, was aber jetzt bei der so schweren eisernen und zudem höher gestellten Brücke nicht mehr zu befürchten ist, auch außerdem die Schussen durch die Correction ein breiteres Bett erhalten hat.“



1 Ansicht der Schussenbrücke bei Ravensburg-Oberzell von Osten. Mit Flächengerüst unter der Brücke zur Schadensuntersuchung (Februar 2008).



Nach fast 130 Jahren scheint die Schussenbrücke auch an ihrem zweiten Standort überflüssig geworden zu sein. Zum einen bildet sie seit eh und je mit ihrer knapp 4,5 m breiten Fahrbahn eine Engstelle für den Straßenverkehr und zum anderen bestehen Bedenken, dass die Brücke einem möglichen Jahrhunderthochwasser nicht mehr standhalten könnte. Aus diesen Gründen plant das zuständige Landratsamt die Demontage und Einlagerung der Schussenbrücke mit der Option, diese früher oder später in Form einer Fußgängerbrücke an anderer Stelle wieder zu errichten. Da es sich bei der Stahlträgerbrücke um ein Kulturdenkmal gemäß § 2 Denkmalschutzgesetz handelt, wurde von Seiten des Regierungspräsidiums Tübingen, Referat 25 – Denkmalpflege, und dem Landesamt für Denkmalpflege, Fachbereich Metallrestaurierung, die Auflage zur Bestandserfassung und Schadenskartierung, mit dem Ziel einer Wiedererrichtung der Brücke, gestellt. In diesem Zusammenhang wurde auch eine metallografische Untersuchung an der historischen Stahlkonstruktion zur Feststellung der Werkstoffeigenschaften des betagten Stahls durchgeführt.

Zum Schadensbild

Bei Stahlbrücken zeigen sich regelmäßig vergleichbare Schadensbilder. Es handelt sich um Korrosionen, die zu größeren Materialabtragungen bis hin zum Komplettverlust führen können. Hauptursache für diese Korrosionsschäden, die sich mehrheitlich auf oder unter der Fahrbahnebene befinden, sind hohe Chloridbelastungen, die auf die Verwendung von Streusalz hindeuten. Auch bei der Schussenbrücke zeichnet sich dieses

2 Die Punktmarkierungen auf den Flanschplatten weisen darauf hin, dass die Brücke ursprünglich an Ort und Stelle errichtet und vernietet wurde (Februar 2008).

Schadensbild deutlich erkennbar, jedoch nicht gravierend, ab. Bereiche ohne Staunässe bzw. ohne Chloridbelastung zeigen dagegen keine Schäden oder nur geringen Korrosionsangriff. Rechts und links der Fahrbahn kann Regenwasser zwischen dem Fahrbahnbelag und den Hohlkastenträgern nach unten fließen. Vor allem im Winter, bei hoher Streusalzbelastung, verursacht dieser Wasserabfluss die vorgefundenen Schadensbilder. Das salzbelastete Regen- bzw. Tauwasser fließt entlang der Querträgerprofile und führt so in den entsprechenden Bereichen zu Korrosionsschäden an Trägern und Nietverbindungen. Die Hohlkasten-Hauptträger aus der Mitte des 19. Jahrhunderts weisen hingegen nur marginale Schäden auf. Besonders am innenliegenden unteren Flansch, wo sich ebenfalls Regenwasser sammeln kann, zeigen sich Schadensbilder, die jedoch aufgrund der Materialstärke und der hohen Stahlgüte nur zu geringem Materialabtrag führten. Durch die Korrosion an den Querträgern wurden auch Nietverbindungen in Mitleidenschaft gezogen. Abgesprengte Nietköpfe konnten hier beobachtet werden. Teilweise sind fehlende Niete allerdings auch auf die Umbauphase 1880 zurückzuführen.

Bei historischen Stahlkonstruktionen wird immer wieder die gute Verarbeitungsqualität bei gleichzeitiger Verwendung von hohen Stahlgüten deutlich. Wie die metallografische Untersuchung ausweist, handelt es sich bei den an der Schussenbrücke verwendeten Stählen um qualitativ hochwertige, kohlenstoffarme, gut verarbeitete, paketierte Puddelstähle. Stähle dieser Art erweisen sich nicht nur als äußerst korrosionsarm und langlebig, sie neigen auch nicht zu Schäden, die auf hohe Lastwechselzahlen zurückzuführen sind.

Zu den werkstoffkundlichen Beobachtungen

Die so genannte „Paketierung“ von Schmiedeeisen ist ein Verfahren zur Herstellung von großen Roheisenzainen, in dem kleinere gewalzte „Knüppel“ mit einer ungefähren Masse von ca. 50 kg zu größeren Einheiten zusammengeschmiedet werden. Bei diesem Verfahren werden die vorbereiteten, aus dem Frischverfahren gewonnenen Knüppel in der Regel kreuzförmig bzw. nebeneinander gestapelt und durch Schmieden miteinander verschweißt. Zumeist wurde hierbei darauf geachtet, dass die äußeren Knüppel weitgehend schlackenfrei waren. Dadurch wurde gewährleistet, dass das später daraus gewalzte Blech quasi eine Speckschicht aus sehr reinem Eisen umgab. Diese Schicht konnte korrosiven Einflüssen längerer Widerstand leisten. Offensichtlich war die Wechselwirkung zwischen



nach innen gehenden Schlackeeinschlüssen und Werkstoffversagen hinlänglich bekannt. Nicht vermeiden ließ sich dennoch, dass neben verschiedenen, teils sehr hohen Kohlenstoffgehalten auch erhebliche Schlackeeinschlüsse im Inneren vorhanden waren. Diese Eigenschaften des Werkstoffs zeigen sich im erzeugten Blech in Form unterschiedlicher Gefügemerkmale. Überwiegend waren die Puddelstähle jedoch sehr kohlenstoffarm, was zu nahezu rein ferritischen Stählen führte. Als ferritisch bezeichnet man Stahl, der einen Kohlenstoffgehalt von unter 0,1 Prozent besitzt und auch sonst weitgehend unlegiert ist. Heute werden diese Stähle meist in Elektromagneten verwendet oder mit Chrom und Silicium legiert. Die Struktur der Materialschliffe im Vergleich zeigt, dass nicht alle verwendeten Knüppel gleiche Kohlenstoffgehalte aufweisen. Manchmal kamen auch Knüppel mit höheren Kohlenstoffgehalten zum Einsatz, wodurch sich ebenso Perlit innerhalb einer ehemaligen Paketlage nachweisen lässt. Es ist daher wichtig, darauf hinzuweisen, dass sich unterschiedliche Schlacke- und Kohlenstoffgehalte in den lokalen Härtegraden und Festigkeitseigenschaften der Bleche widerspiegeln. Denn es ist davon auszugehen, dass die Korngrößenunterschiede in den aus der Schussenbrücke gezogenen Bohrkernen durch unterschiedliche Werkstoffeigenschaften der Knüppel entstanden sind. Somit ist in den Blechen letztlich die Werkstoffeigenschaft jeder Paketierungslage der Rohknüppel ablesbar.

Die metallografische Untersuchung der Puddelstähle zeigt auch verstärkte Fragmentierungen der ferritischen Struktur, die weitgehend auf Umformschritte während der Blechherstellung schließen lässt. Diese Umformung fand tendenziell bei geringer Temperatur (Kaltverformung) statt, sodass Schlackeeinschlüsse zerbrochen wurden. Die Fragmentierung fand in einem frühen Stadium der Blechherstellung statt, eventuell schon in einer Phase der Knüppelherstellung. Ein „Vergleichsknüppel“ aus der „Zollernhütte“ Lauchenthal lässt die Vermutung zu, dass die Fragmentierung bereits bei der Knüppelherstellung entstand. Um diese Fragmentierung rückgängig zu machen, hätte es einer Temperatur deutlich oberhalb von 1200° C bedurft. Diese Temperatur wurde offensichtlich nach dem Puddelprozess nicht mehr für die Umformprozesse erreicht. Daher ist anzunehmen, dass die Umformschritte der Blechherstellung bei vergleichsweise niedriger Temperatur bzw. stark wechselnden Temperaturen vorstatten gingen. Hierdurch ergaben sich auch die unterschiedlichen Korngrößen (Rekristallisation), die in den Blechen zu finden sind. Es muss jedoch bemerkt werden, dass selbst lokale Umformprozesse nicht zwangsläufig zur Fragmentierung der Schla-



ckezeiten führen müssen. Diese Prozesse könnten bei der Umsetzung der Brücke oder der Montage der Brücke vor Ort abgelaufen sein.

Rückschlüsse aus den Werkstoffeigenschaften der Schussenbrücke

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Werkstoffkennwerten und daraus ermittelten Zugfestigkeiten einiger bisher in Vergleich vorliegenden Proben historischer Stahlkonstruktionen in Baden-Württemberg. Es ist davon auszugehen, dass die ermittelten Kennwerte der Schussenbrücke und auch anderer historischer Objekte stets besser zu bewerten sind als der heute übliche Standard-Baustahl S235 (früher: St37).

Die aus der Vickershärteprüfung umgewerteten Zugfestigkeitswerte liegen bei der Schussenbrücke deutlich oberhalb von 500 MPa (bis 591 MPa) bzw. im Mittel nur wenig unterhalb von 500 MPa. Auch andere untersuchte historische Stahlkonstruktionen zeigen die hohe Qualität historischer Puddelstähle. Dies belegt einmal mehr, dass historische Stahlbauten bei regelmäßigem und fachgerechtem Bauunterhalt ohne Weiteres mit modernen Stahlbauten mithalten, ja diese in ihrer Qualität sogar übertreffen können.

Ausblick

Es wäre wünschenswert, wenn die nun über 160 Jahre alte Schussenbrücke auch weiterhin für die Öffentlichkeit zugänglich und erlebbar wäre, stellt sie doch ein sehr seltenes Beispiel einer frühen noch erhaltenen Eisenbahnbrücke dar. Im Allgemeinen wurden diese Eisenbahnbrücken durch die Bahnzulassungsbehörden für den Bahnverkehr abgebrochen und konnten vereinzelt nur durch die

3 Typisches Schadensbild an den Querträgern unterhalb der Fahrbahnplatte. Rechts kann salzbelastetes Tauwasser von der Fahrbahn abfließen und zeichnet dann das Korrosionsbild am Steg der Querträger (Februar 2008).

Tabelle 1: Vergleich von Härtewerten (HV=Vickershärte), umgewerteter Zugfestigkeitswert und tatsächlich ermittelten Zugfestigkeitsdaten von verschiedenen Puddelstahlproben.

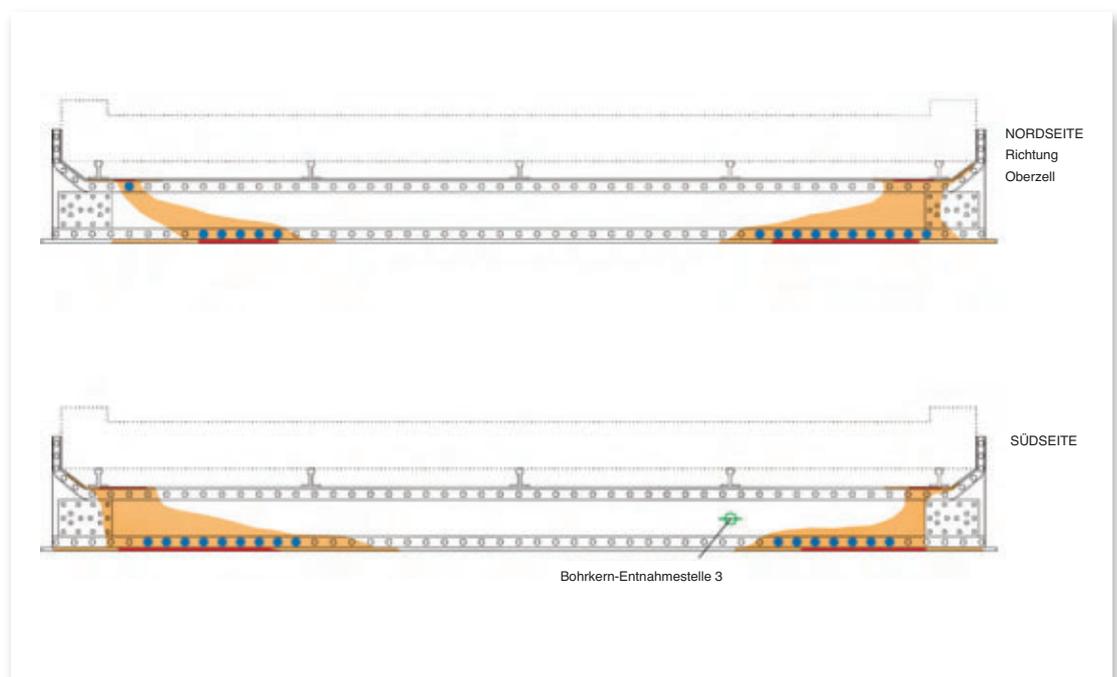
	Härte HV	umgewertet R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]
Ravensburg-Schussenbrücke: Bleche	148	474	n.b.	n.b.
Ulm-Münster: Niet	136	433	250	525
Ravensburg-Eschersteg: Niet	131	418	330	520
Dischingen-Reithalle: Gelenkbolzen	117	376	n.b.	n.b.
Dischingen-Reithalle: Knotenbleche	132	421	n.b.	n.b.
Dischingen-Reithalle: Träger	145	465	n.b.	n.b.
Freiburg-Münster: Ringanker	103	329	407	466
Freiburg-Münster: Stabanker	91	289	202	292
Freiburg-Münster: Mauerklammer	88	279	224	296
TÜV NORD MPA Leuna	k.A.	-	231	302
Hütte 1892	k.A.	-	127–167	324–392
Langenberg 1992	k.A.	-	239–262	276–479
S185 (St33)	k.A.	-	186	324–491
S235JRG2 (RSt37-2) – Standard-Baustahl	k.A.	-	235	363–441

Zweitverwendung als Straßenbrücke überdauern. Die Systembauweise erlaubt nun eine Demontage und daraufhin eine erneute Montage der Brücke ohne wesentliche Eingriffe in die Substanz.

Bei Aufbau und Neumontage sind lediglich die an den Querträgern zur Demontage entnommenen Niete zu ersetzen und ein entsprechender Korrosionsschutz aufzutragen. Eine weitergehende Reinigung durch Sandstrahlen und Zinkgrundierung muss unterbleiben. Diese würde die Korrosionseigenschaften der Brücke eher verschlechtern.

Die bereits erwähnten herstellungsbedingten Eigenschaften des relativ kohlenstoffarmen Stahls, der darüber hinaus auch noch frei von anderen Begleitmetallen ist, sorgt für ein sehr träges Korrosionsverhalten. Es ist in Zusammenhang mit

den noch auf den Blechen verbliebenen Walzhäuten von einem optimalen Korrosionsschutz auszugehen, der an korrosionsarme Stähle erinnert. Problematisch können sich nur die durch Chloride belasteten Bereiche auswirken, die in den vergangenen Jahren durch Streusalz entstanden sind. Hier ist ein entsprechender denkmalgerechter, sanfter Korrosionsschutz durchzuführen. Er beinhaltet eine partielle Handentrostung der losen Korrosionsprodukte, einen Korrosionsschutzanstrich auf Mennigebasis entsprechend des bestehenden historischen Korrosionsschutzes und das Aufbringen einer Deckschicht auf Basis eines Öllack-Systems. Für die weitgehend schadlosen Bereiche des Brückenkörpers reicht das Auftragen einer ölgebundenen Verschleißschicht aus.



4 Beispiel einer Schadenskartierung an Querträger 6 mit dem typischen Schadensbild (die darüber liegende Fahrbahnplatte ist hier punktiert dargestellt).

Quellen

Bauwerksbuch: Auszüge zur Schussenbrücke (Bauwerksnummer 8223520) bei der Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg, RP Tübingen.

Bestandserfassung und Schadenskartierung: Markus Numberger, Büro für Bauforschung und Denkmalschutz, unveröffentlichtes Manuskript, Landratsamt Ravensburg.

Metallografische Untersuchung: Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie (fem), unveröffentlichtes Manuskript, Landratsamt Ravensburg.

Pfarrchronik Oberzell: Freundliche Mitteilung von Herrn Rothenhäusler, Ravensburg.

Glossar

Damaststahl: Damast oder Damaszener Stahl wurde ursprünglich für die Herstellung von Messer- bzw. Schwertklingen verwendet. Genau genommen bezeichnet der Begriff nur den im orientalisches-arabischen Raum im Tiegelgeschmelzverfahren hergestellten Stahl. Der Name findet allerdings auch Verwendung für hauptsächlich in Europa gefertigte Verbundstähle. Die Besonderheit ist die Schichtung mehrerer weicher und harter Stahlplatten, die im Schmiedefeuer miteinander verschweißt werden. Anschließend wird das Stahlpaket ausgeschmiedet und immer wieder gefaltet, wobei mehrere hundert Schichtungen entstehen können. Durch die Verbindung von abwechselnd weichen und harten Stahlschichten entsteht ein sehr harter und gleichzeitig flexibler Stahl.

Eisenzainen: Bei Eisenzainen handelt es sich um Eisenstreifen bzw. -stäbe, die entweder in Form gegossen (nicht zu verwechseln mit Grauguss) werden oder wie beim Paketierungsverfahren aus mehreren Roheisenknüppeln zusammengeschweißt werden.

Paketierung: Durch das Schichten und Verschweißen mehrerer Roheisenknüppel, die in der Regel kreuzweise übereinander gelegt wurden, entstehen besonders strapazierfähige Stahlpakete. Diese Schichtungen lassen sich noch heute an Querschliffen der Stähle erkennen und werden als Paketierungen bezeichnet.

Perlit: Perlit ist ein lamellar angeordneter Gefügebestandteil des Stahls. Es handelt sich dabei um ein Phasengemisch aus Ferrit (Reineisen) und Zementit (sehr harte Verbindung aus Eisen und Kohlenstoff), das durch gekoppelte Kristallisation im Stahl bei Kohlenstoffgehalten zwischen 0,02 % und 6,67 % auftritt.

Puddelstahl: 1784 erfand der Engländer Henry Cort das sog. Puddelverfahren zur Herstellung schmiedbaren Stahls. Beim Puddeln wird das Roheisen in großen Pfannen eines Puddelofens geschmolzen und dann mit langen Stangen durchgerührt (puddled), um unter Zugabe von Reduktionsmitteln, insbesondere Kohle, und mittels häufigem Umrühren Stahl herzustellen.

Durch das Rühren wird die Schlackeschicht durchbrochen und das Eisen immer wieder sauerstoffhaltigen Verbrennungsgasen ausgesetzt und somit gefrischt, um Verunreinigungen auszutreiben und den Kohlenstoff zu verbrennen. Aufgrund der besonders hohen Korrosionsresistenz wurde Puddelstahl von der englischen Marine für den Schiffbau verwendet.

Vickershärte: 1925 von Smith und Sandland entwickelte und nach der britischen Flugzeugbaufirma Vickers benannte Härteprüfung, die zur Prüfung harter und gleichmäßig aufgebauter Werkstoffe dient. Dabei wird eine gleichseitige Diamantpyramide mit einem Öffnungswinkel von 136° unter einer festgelegten Prüfkraft in das Werkstück eingedrückt. Aus der mittels eines Messmikroskops festgestellten Länge der Diagonalen des bleibenden Eindrucks wird die Eindruckoberfläche errechnet. Das Verhältnis von Prüfkraft zur Eindruckoberfläche ergibt mit dem Faktor 0,1891 multipliziert die Vickershärte (HV).

Rolf-Dieter Blumer
Regierungspräsidium Stuttgart
Landesamt für Denkmalpflege

Dipl. Ing. Markus Numberger
Büro für Bauforschung und Denkmalschutz
Rosmarinweg 28
73733 Esslingen am Neckar