

TECHNIK

Außen hui, innen pfui

Viele Brücken in Deutschland sind marode. Insbesondere die aus Spannbeton.

VON: Burkhard Strassmann | 05.10.2007 - 02:00 Uhr

Keiner der Obdachlosen, die unter der Brücke lagern, Radio hören und Würste grillen, wird etwas von dem Raum hinter der Wand ahnen, an der die Schlafsäcke liegen. Um ihn zu betreten, muss man einen zentnerschweren Deckel im Gehweg oben auf der Brücke anheben und eine Leiter hinabsteigen. Im diffusen Licht erkennt man Betonsockel, massige Betonstreben, Kabel und Rohre. Und man blickt in den kastenförmigen Bauch der Brücke.

Die überraschenden Hohlräume innerhalb der Hamburger Kennedybrücke sind das Reich von Christiane Thiel, einer Bauingenieurin des Landesbetriebs Straßen, Brücken und Gewässer. Ihr Job: Brücken auf Schäden überprüfen, die Schäden bewerten – und Konsequenzen ziehen. Abwarten. Instand setzen. Oder schlimmstenfalls sperren. Vor Kurzem entdeckte sie bei einer kleinen hölzernen Fußgängerbrücke so schlimmen Gammel an den Trägern, dass sie den Übergang gleich persönlich verrammelte. Unter dem Holzbrückchen verläuft eine Straße, die zur Rennstrecke der Hamburger Cyclassics gehört. Nicht auszudenken, wäre der Übergang unter dem Gewicht vieler Zuschauer eingebrochen.

Brückeneinstürze gehören zu den größeren Katastrophen, selbst wenn dabei keine Menschen zu Schaden kommen. Brücken haben eine hohe symbolische Kraft und gehören zu den größten Ingenieurbauwerken überhaupt. Sie prägen ganze Städte und Landschaften. Nach dem Einsturz der Mississippibrücke von Minneapolis am 1. August, dem gleich der noch verheerendere Kollaps einer neu gebauten Brücke über den Jiantuo im chinesischen Hunan und erst vor einer Woche ein Brückeneinsturz in Vietnam folgten, blickt man auch in Deutschland plötzlich mit Sorge auf die großen Brücken: Sind die eigentlich sicher?

Frau Thiel kriecht mit der Taschenlampe in die Innereien der Kennedybrücke. Ein Kollege hat vor einiger Zeit einen Hauch von Rost entdeckt, eine »Rostfahne«, die man im Auge behalten sollte. Feuchtigkeit und Korrosion an einer Wand, hinter der die Spannglieder der Spannbetonbrücke einbetoniert sind. So was bedeutet stets Alarm. Wenn hier etwas rostet, kann es der normale Bewehrungsstahl sein. Undramatisch. Rostet aber die Vorspannung der Brücke, könnte das die Standsicherheit beeinträchtigen. Denn eine Spannbetonbrücke ohne Spannkraft

kann einstürzen.

Wo kommt die Nässe her? Oben, in der Fahrbahn direkt über der kritischen Stelle, befindet sich eine Dehnungsfuge. Gummilippen sollen sie abdichten, aber wer weiß? Hier muss die Ursache gefunden und bekämpft werden. Demnächst wird es also auf der Kennedybrücke zu Staus kommen. Und auch im Unterbau gibt es etwas zu tun: Spezialisten werden den Beton im Korrosionsbereich chemisch analysieren, eventuell anbohren, die verborgenen Schäden zu analysieren versuchen und danach die Stelle womöglich teuer sanieren.

Am Ende des Arbeitstages setzt sich Christiane Thiel an den Computer, startet das Programm SIB (Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken), mit dem alle Daten über die deutschen Straßen- und Eisenbahnbrücken erfasst werden, und digitalisiert ihre Wahrnehmungen und Empfehlungen vom Tage. Das Programm bewertet Riss und Rost. Jeder Einzelschaden wird benotet – zwischen 0 (alles prima) und 4 (katastrophal). Der Korrosionsschaden der Kennedybrücke kriegt in Verkehrssicherheit eine 0 (4 hieße Vollsperrung), in Standsicherheit eine 1 (man sollte was unternehmen) und in Dauerhaftigkeit eine 2. Betrachtet man alle Problemzonen der Brücke zusammen, ergibt sich für die Hamburger Spannbetonbrücke die Durchschnittsnote 2,8. Das hört sich besser an, als es ist. 2,8 bedeutet in der Werteskala der Prüfer »noch ausreichender Bauwerkszustand«. Instandsetzung »kurzfristig erforderlich«.

4.000 Brücken gelten als dringend sanierungsbedürftig

Hamburg ist die Stadt mit den meisten Brücken in Europa. 2.700 gibt es hier, mehr als in Venedig und Amsterdam zusammen. Neben Christiane Thiel kriechen und klettern fast 50 Kollegen tagaus, tagein in und auf den hanseatischen Holz-, Stein-, Stahl- und Betonbrücken herum, hämmern und kratzen, bohren und messen, prüfen in luftiger Höhe den Schutzanstrich der Schrägseile, an denen zum Beispiel die Norderelbbrücke über die Autobahn A1 aufgehängt ist. 500 Brücken werden im Jahr intensiv überprüft; jede einzelne Brücke bekommt alle drei Jahre zumindest fachlichen Besuch. Alle sechs Jahre ist gemäß der bundesweit gültigen DIN1076 zur »Prüfung und Überwachung von Ingenieurbauwerken« eine Hauptprüfung Pflicht.

Die meisten Sorgen bereitet den Prüfern ein einziger Brückentyp, der hierzulande deutlich dominiert: die Spannbetonbrücke. 2005 verbreitete das Bundesverkehrsministerium die Ergebnisse einer Untersuchung über den Zustand der Spannbetonbrücken im Fernstraßennetz, die immerhin 70 Prozent der Brücken ausmachen, bezogen auf die Brückenoberfläche. Kleine Brücken sind meist einfache Stahlbetonbauwerke, Stahlbrücken machen gar nur fünf Prozent aus. Ein Ergebnis: Während 2004 schon 12,1 Prozent der Spannbetonbrücken die Note 3,0 (kritischer Zustand) und schlechter bekamen, waren es ein Jahr später sogar 15 Prozent. 4.000

Brücken insgesamt gelten in der Behörde als dringend sanierungsbedürftig. Wenn Deutschland ein Brückenproblem hat, dann hier.

Die Kennedybrücke ist ein typischer Fall. Als sie 1953 in exklusiver Lage – an der Seeenge zwischen Binnen- und Außenalster – erbaut wurde, sollte sie nicht bloß die direkt nebenan liegende Lombardsbrücke entlasten, eine gute alte gemauerte Steinbrücke aus dem Jahr 1868. Die »Neue Lombardsbrücke«, wie sie zunächst hieß, war eine der ersten Spannbetonbrücken. Das einhellige Lob der Fachwelt: »Konstruktiver Purismus, der von der Fortschrittlichkeit der Stadtgestaltung zeugt.«

Einfache Betonbrücken mit eingelegter Eisenarmierung (sogenannter schlaffer Bewehrung) müssen üppig dimensioniert werden und wirken oft klobig. Heute nutzt man diese Technik überwiegend bei kleinen Brücken bis etwa 18 Meter Länge. Richtig große und dazu filigrane, Material sparende Stahlbetonbrücken wurden erst durch Vorspannen möglich. Im Bauingenieurstudium wird das Prinzip gern so erklärt: Wer einen Regalmeter Bücher mit beiden Händen horizontal aus dem Regal zu nehmen versucht, dem werden die Bücher auf den Boden fallen. Pressen aber von links und rechts zwei Personen kräftig gegen den Bücherstapel, wird das System stabil. Das Pressen übernehmen im Spannbeton stabile Drähte. Sie verlaufen in Hüllrohren, werden nach dem Erhärten des Betons gespannt und dann mit Zementleim vergossen.

Diese neue Brückenbautechnik passte damals zum auf die Beine kommenden Wirtschaftswunderland: Alles schien plötzlich möglich, selbst die perfekte Verbindung aus schön, gut und billig. Die Spannbetontechnik wurde zur ersten Wahl der deutschen Brückenbauer. Und ihrer Auftraggeber – immerhin war sie um bis zu 40 Prozent preiswerter als das Bauen mit Stahl.

Bald wurde jedoch offenkundig, dass der Spannbetonboom dem technischen Verständnis der Zeit vorausgeeilt war. Brücken, die eigentlich auf mindestens 100 Jahre Lebenszeit ausgelegt waren, mussten manchmal schon in jungen Jahren totalsaniert oder gar wieder abgerissen werden. Hauptursache: Korrosion. Der Grundsatz des Stahlbetonbaus, dass man die Armierung vergessen kann, wenn sie schön in Beton eingepackt ist, stimmte beim Spannbeton nicht mehr. Im Alter von 20 Jahren riss man eine große Autobahnbrücke in Berlin-Schmargendorf ab. Eine Brücke beim Autobahnkreuz Nürnberg-Süd wurde gerade mal 18 Jahre alt, dann war sie substanziell verrostet. 1999, nach nur 30 Jahren, musste auf der A45, der Sauerlandlinie, die große Haiger Talbrücke abgerissen und durch einen Neubau ersetzt werden. Und im kommenden Frühjahr wird in Berlin die Spandauer-Damm-Brücke in Charlottenburg abgebrochen. Noch 2004 war sie für eine halbe Million Euro saniert worden.

Die Brücke soll auf Schäden »gutmütig« reagieren

Die Ursachen für das vorzeitige Altern dieser Brückengeneration sind bekannt: schnelles und schlampiges Bauen. Und insbesondere ungeeignete Baustoffe, mangels besseren Wissens gewählt. So wurden lange Zeit sogenannte vergütete Stähle für die Vorspannung benutzt. Unter gewissen Bedingungen wurden sie spröde und bekamen Risse. Die meisten europäischen Länder und die USA verboten diese Stähle bald. In Deutschland wurden sie erst von 1978 an nicht mehr benutzt.

Probleme bereiteten auch die abgespeckten Betonschichten. Zwei Eigenschaften sind es, die der Bauingenieur am Beton preist: Er wird, mit Wasser versetzt, steinhart. Und er setzt beim Abbinden Kalk frei. Damit sorgt er für ein alkalisches Klima, und eingelagerte Stahldrähte erhalten eine schützende Oxidschicht, sie werden »passiviert« und verhalten sich fast wie Edelstahl. Selbst wenn durch feinste Risse oder Poren Wasser einsickern sollte, rostet hier nichts. Nun verwandte man besonders in den fünfziger Jahren gern Zementsorten, die schnell aushärteten, aber zugleich das alkalische Milieu zerstörten. Der Korrosionsschutz war dahin. Zudem reagiert Kohlendioxid, etwa aus Autoabgasen, im Beton zu Kalziumkarbonat, was den pH-Wert beeinflusst.

Vor allem eindringendem Salzwasser war die Armierung nun mehr oder weniger schutzlos preisgegeben. Niemand hätte sich 1953 vorstellen können, welche Unmengen an Tausalz 20 Jahre später gerade auf Brücken gestreut würden. Chloridionen aus Tausalzwasser (oder salzigem Meerwasser) attackieren Eisen und Stahl schnell und wirkungsvoll. Waren statisch relevante Drähte betroffen, führte das zu erheblichen Konsequenzen, zumal auch die Last, die Brücken mit Stoßstange an Stoßstange fahrenden Sattelschleppern heute zu tragen haben, vor 50 Jahren jenseits aller Vorstellungen lag. Was rostete, brach also irgendwann.

Dass Brücken von der Öffentlichkeit bis heute nicht viel kritischer beäugt werden, liegt wohl daran, dass es in Deutschland noch keine katastrophalen Einstürze gab. Das wiederum hängt damit zusammen, dass die Brückenbauer in den achtziger Jahren umzudenken begannen. Sicher bauen heißt seitdem: Brücken müssen so konstruiert werden, dass sie auf Schäden stets »gutmütig« und robust reagieren. So wird einer Spannbetonbrücke heute immer genügend »schlaaffe Bewehrung« verpasst, sodass beim eventuellen Kollaps eines Brückenteils nicht die gesamte Konstruktion schlagartig zusammenbricht. Seinen Studenten erklärt der Betonbrückenspezialist Balthasar Novák von der Universität Stuttgart das Prinzip so: Eine Hose, die nur vom Gürtel gehalten wird, rutscht herunter, wenn dieser reißt. Gut, wenn man noch zusätzlich über ein Paar Hosenträger verfügt.

Die allgemeinere Regel nennt Novák das Riss-vor-Bruch-Prinzip. »Brücken sollen ein Ankündigungsverhalten zeigen«, sagt er, »und nicht plötzlich und schlagartig einstürzen können wie in Minnesota.« Die Ankündigung muss allerdings auch registriert werden. Daher die regelmäßigen Überprüfungen zumindest bei den

größeren Brücken. Abgesehen von Tunneln, gibt es kaum andere Bauwerke, die dermaßen akribisch untersucht werden.

Das klassische Arbeitsgerät des Brückenprüfers ist zwar nach wie vor der Hammer. Doch daneben steht ihm umfangreiches messtechnisches Equipment zur Verfügung: Geräte zur Messung der Schichtdicke von Korrosionsschutz; Radargeräte, die Unregelmäßigkeiten im Beton wie Kieselnester finden; Endoskope; Rückprallhämmer, die die Qualität des Betons testen. Mit seilbahnähnlichen Gondeln fahren Prüfer die Tragseile von Hängebrücken ab und registrieren das »Ausbluten« von Korrosionsschutzmittel aus dem Seil. Monströse Spezialfahrzeuge schieben Arbeitsplattformen über Abgründe hin zur Unterseite von Talbrücken, um schwindelfreien Ingenieuren die Revision zu ermöglichen.

Und laufend wird neues Gerät erfunden. Traditionell wird die maximale Belastbarkeit einer Brücke mathematisch bestimmt – eine Rechnung mit vielen Unbekannten. Darum werden Brücken immer mit einer gewaltigen Sicherheitsreserve gebaut. Mit zunehmendem Alter wird die Tragfähigkeit eventuell neu berechnet. Das kann dazu führen, dass Brücken zu früh abgerissen werden. Seit 2001 aber ist das »Belfa« der Hochschule Bremen im Einsatz. Das Belastungsfahrzeug kann Brücken bis zu einer Spannweite von 18 Metern vorsichtig immer stärker belasten, bis in die Nähe des kritischen Bereichs, wo es zu dauerhaften Verformungen kommt. Eine große Zahl von Sensoren und Lauschgeräten am Brückenkörper registriert jede Reaktion des Bauwerks. Die auf diese Weise experimentell festgestellte Höchstlast für eine Brücke lag bisher fast immer weit über der mathematisch ermittelten.

Der Computer kennt sogar die Kosten, die der Stau an der Baustelle erzeugt

Zurzeit werden weltweit Verfahren getestet, mit denen Brücken fortlaufend und online überwacht werden können. Besonders die Amerikaner sind interessiert. Die Gründe für den Brückeneinsturz von Minnesota sind zwar noch unklar; doch neben der notorisch schlechten Wartung solcher Bauwerke in den USA scheint die unzulängliche Prüfung eine Rolle zu spielen. Die amerikanische Federal Highway Administration (FHWA) hat den Auftrag erhalten, ein Langzeitüberwachungsprogramm für 590 Brücken in den gesamten USA auszuarbeiten.

Diese Form von Überwachung wird bisher selten angewandt, weil sie extrem teuer ist. Materialwissenschaftler der schweizerischen Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) haben ein kostengünstigeres, kabelloses System von vernetzten Sensoren entwickelt, das gerade von der FHWA begutachtet wird. Das Schweizer System, sagt Masoud Motavalli von der Empa, könnte »die

Wahrscheinlichkeit eines plötzlichen Einsturzes wesentlich verringern helfen«.

Auch in Deutschland nimmt der Einfluss intelligenten, datenbasierten Managements auf die Brückenüberwachung und -sanierung zu. Bauwerks-Management-System (BMS) heißt ein ambitioniertes Projekt des Bundesverkehrsministeriums, das in Zeiten knapper staatlicher Mittel die immer teurer werdende Erhaltung der alternden Brücken, Tunnel und Lärmschutzwände und des Bundesfernstraßennetzes garantieren soll. Das BMS basiert auf den Datenmassen, die fleißige Brückenprüfer wie die Hamburgerin Christiane Thiel sammeln. Aus dem Wissen über den Zustand jeder einzelnen Brücke errechnet das BMS Kenngrößen zu Sanierungsbedarf und Dringlichkeit. Dann werden geplante Bauarbeiten mit ohnehin fälligen Straßenausbesserungen in der Nähe verknüpft. Schließlich weiß das Programm sogar, ob die Geldmittel aus den öffentlichen Haushalten reichen, um notwendige Maßnahmen durchzuführen.

Das gigantische Werkzeug, das ab 2009 zur Verfügung stehen soll, wird sogar die volkswirtschaftlichen Kosten im Auge haben, die durch Staus an der Baustelle entstehen. Am Ende, sagt Balthasar Novák, der die Grundlagen des Programms miterarbeitet hat, kann dabei durchaus herauskommen, dass man eine marode Brücke lieber noch einige Jahre weiter vergammeln lässt. Damit man statt mehrerer kleiner Baumaßnahmen nur eine große bekommt.

Novák kennt allerdings auch die Grenzen des BMS: »Würde man die Kosten der bei Brückensanierungen unvermeidlichen Staus wirklich nüchtern volkswirtschaftlich kalkulieren, führte das jede Baumaßnahme schnell ad absurdum. Dann wäre das Ergebnis: eine Brücke bauen, zwanzig Jahre lang nichts tun – und sie wieder abreißen.«

QUELLE: DIE ZEIT, 04.10.2007 Nr. 41

ADRESSE: <http://www.zeit.de/2007/41/T-Brueckensicherheit/komplettansicht>