

## Vorläufige Erkenntnisse zur Ursache und Hergang des Teileinsturzes der Carolabrücke

Die Untersuchungen zur Ursache des Teileinsturzes der Carolabrücke haben einen fortgeschrittenen Arbeitsstand erreicht. Eine Vielzahl von Hypothesen wurde geprüft, umfassende diagnostische und rechnerische Analysen durchgeführt sowie Hinweise und Beiträge von Fachexperten und der Bevölkerung berücksichtigt. Die vorliegenden Zwischenergebnisse deuten darauf hin, dass wasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion\* die Hauptursache für das Versagen ist.

Diese Art der Korrosion kann bei gefährdeten Spannstählen, wie dem in der Carolabrücke verbauten Hennigsdorfer Spannstahl, bereits durch kurzzeitige Feuchtigkeitseinwirkung – etwa durch Bewitterung oder Kondenswasserbildung in der Herstellungszeit – ausgelöst werden. Besonders kritisch wird dies, wenn der Spannstahl über längere Zeit ungeschützt im Hüllrohr lagert. Bei der Carolabrücke war dies durch den planmäßigen Bauablauf für die Spannglieder in der Fahrbahnplatte zutreffend. An diesen Spanngliedern wurden die schwerwiegendsten Schadensbilder gefunden. Dies deutet darauf hin, dass die Korrosionsschäden schon während der Bauphase entstanden und ein signifikanter Anteil der Spanndrähte bereits über einen längeren Zeitraum nicht mehr zur Tragfähigkeit des Bauwerks beitrug.

Der initiale Schädigungszustand aus der Bauphase verschlechterte sich durch Ermüdungsbeanspruchung fortlaufend. Besonders kritisch wirkte sich dies auf den stark beanspruchten Querschnitt in der Pfeilerachse D aus, wo ein fortschreitender Spannstahlausfall letztlich zum Tragfähigkeitsverlust führte. Am Gelenk II (Kragarmspitze) ermöglichte eine Querträgerverbindung zunächst eine Lastumlagerung auf benachbarte Brückenteile und verhinderte möglicherweise lange Zeit einen Einsturz. Eine Kombination aus besonderer Temperaturbeanspruchung und Verkehrslast führte vermutlich zu den entscheidenden Spanndrahtbrüchen, folglich zur weiteren Lastumlagerung und somit zur Überlastung der Querträgerverbindung in den Morgenstunden des 11. Septembers 2024. Im Moment des Versagens des Querträgers war der Stützquerschnitt nicht mehr in der Lage die entstehende Beanspruchung aufzunehmen.

Die Stadt Dresden hat die Carolabrücke in der Vergangenheit einer gewissenhaften Beobachtung und Bewertung unterzogen. Bauwerksprüfungen wurden regelmäßig nach den geltenden Normen durchgeführt, und spezifische Sonderuntersuchungen zu potenziellen Risiken wie chloridinduzierter Korrosion im Hohlkasten wurden wiederkehrend veranlasst. Ebenfalls wurden die damals gültigen Empfehlungen zur Bewertung der Gefährdung durch Spannungsrissskorrosion berücksichtigt und das Ankündigungsverhalten rechnerisch nachgewiesen. Vorhandene Risse, die hiermit im Zusammenhang gesehen wurden, wurden u. a. im Rahmen von Belastungsversuchen und durch messtechnische Dauerüberwachungen

mittels Rissbewegungsmessung überwacht und beurteilt. Die damalige Bewertung sah aber eine erhöhte Kriechverformung des Überbaus als ursächlich an, so dass die Verbindung mit einer Spannstahlschädigung infolge Spannungsrissskorrosion ausgeschlossen worden ist. Heute wissen wir, dass auch sehr kleine Risse bereits als Kriterium für eine Schädigung und somit eine Vorankündigung angesehen werden müssen. Eine umfassende Aktenlage belegt, dass das Bauwerk innerhalb der geltenden Regelwerke bewertet und betrieben wurde. Ein nachlässiger Umgang ist nicht erkennbar.

Die statischen Analysen der Carolabrücke verdeutlichen, dass das Bauwerk mit einer hoher hohen Querschnittsauslastung entworfen und erbaut wurde. Konstruktive Besonderheiten führen dazu, dass die erhoffte Versagensankündigung durch ausgeprägte Rissbildung nicht eintreten kann. Es sind unmittelbar vor Eintreten des Bruches Rissbreiten zu erwarten, die unterhalb der normativen Grenzwerte für Spannbetonbauteile bleiben, so dass die Ankündigung eines standtragsicherheitskritischen Zustands sich faktisch nicht oder erst viel zu spät einstellt. Eine verlässliche Vorhersage wäre mit den üblichen Methoden daher nicht möglich gewesen.

Die Erkenntnisse aus den materialtechnischen Untersuchungen belegen, dass die Überbauzüge A und B in vergleichbarem Maße durch Schäden infolge von Spannungsrissskorrosion betroffen sind, wie Überbauzug C. Eine Wiederinbetriebnahme für überführte Verkehre ist aufgrund der bereits eingetretenen Rissbildung und damit Vorankündigung daher – auch temporär – nicht zu verantworten und ausgeschlossen. Das Risiko eines schlagartigen Versagens ohne Vorankündigung wäre zu hoch. Das Bauwerk darf bis zum kontrollierten Rückbau keinen vermeidbaren Lastwechseln ausgesetzt werden.

Die temporäre Freigabe der Wasserstraße für den Schiffverkehr kann nur durch die Installation eines Schallemissionsmonitorings und einen ausreichend vorlaufenden Messzeitraum von mindestens vier Wochen erfolgen, durch welches die Zustandsveränderung der Überbauzüge A und B bis zum Rückbau präzise überwacht wird. Dieses Überwachungssystem erfasst in Echtzeit akustische Signale, die durch Spannstahlbrüche entstehen und liefert so wichtige Hinweise auf potenziell kritische Entwicklungen.

**\* Wasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion (SCC)** ist ein Schadensmechanismus, der unter spezifischen Voraussetzungen in hochbelasteten Metallen, wie vergütetem Spannstahl (u. a. auch Hennigsdorfer Spannstahl), auftreten kann. Dabei diffundiert Wasserstoff in die innere Gefügestruktur und führt dort unter anhaltender mechanischer Spannung zu Mikrorissen, die sich fortschreitend ausbreiten und schließlich zum spröden Versagen des Stahls führen können. Mangelnder Schutz vor Feuchtigkeit, korrosive Umgebung oder Verarbeitungsfehler begünstigen diesen Prozess.