

Schädigung schlaff bewehrter Betonbrücke durch Verkehrsbelastungen

Martin Pircher, Bernhard Lechner, Oliver Mariani, Andreas Kammersberger

1 Einleitung

Brückenbauwerke werden im Allgemeinen gemäß den geltenden Normen geplant, bemessen und für eine bestimmte Nutzungsdauer ausgelegt. Normgemäße Planung soll gewährleisten, dass die Versagenswahrscheinlichkeit von Bauwerken während der Nutzungsdauer vorgegebene Grenzwerte nicht übersteigt. Während der Nutzungsdauer sind Bauwerke Belastungen aus Umwelteinflüssen, Eigengewicht und Gebrauchslasten ausgesetzt. Man kann von der Vorstellung ausgehen, dass jede einzelne Belastung einen kleinen Schaden verursacht, welcher sich über die Zeit akkumuliert. Dieser über die Zeit akkumulierte Schaden vermindert im Allgemeinen den Bauwerkswiderstand und damit die Zuverlässigkeit des Bauwerkes. Auch die Belastung von Brücken unterliegt oftmals zeitlichen Änderungen. Normgemäße Verkehrsbelastungen erhöhen sich erfahrungsgemäß mit neuen Ausgaben von Belastungsnormen und durch Erhöhungen des Verkehrsaufkommens steigt die Anzahl der Belastungsvorgänge.

Schaden, im Sinne dieses Berichtes, soll qualitativ als Reduktion des Bauwerkswiderstandes verstanden werden. Zur Quantifizierung dieses Schadens steht eine Anzahl von Schädigungsmodellen für die üblicherweise verwendeten Baustoffe im Brückenbau zur Verfügung. Bei normgemäßer Belastung kann davon ausgegangen werden, dass der Bauwerkswiderstand über die Zeit als Folge von vielen kleinen Schädigungen stetig abnimmt und der akkumulierte Schaden nach Ablauf der Nutzungsdauer ein kritisches Niveau erreicht (Abbildung 1). Ein Zusammenwirken einer Reihe von Schädigungsmechanismen, wie zum Beispiel Rissbildungen, chemische Veränderungen, Materialermüdung oder Korrosion etc. ist in der Regel für diesen Prozess verantwortlich.

Einzelne Ereignisse mit Belastungen über dem laut Norm vorgesehenen Niveau können den Bauwerkswiderstand plötzlich innerhalb kurzer Zeit verringern. Abbildung 1 illustriert so einen Vorgang schematisch. Durch eine derartige Überbelastung springt die Kurve für den akkumulierten Schaden plötzlich auf ein höheres Niveau. Wenn nach dieser Überbelastung der kritische Wert für den akkumulierten Schaden noch nicht erreicht ist, kann ein Bauwerk in der Regel weiter genutzt werden. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass durch eine derartige Überbelastung die Nutzungsdauer herabgesetzt wird, da der kritische Wert für den akkumulierten Schaden früher erreicht wird. Man könnte annehmen, dass durch eine Überbelastung die Kurve für den akkumulierten Schaden parallel verschoben wird (Abbildung 1a). Dies wird in manchen Fällen auch zutreffen, jedoch kann durch eine Überbelastung auch eine Beschleunigung der Zunahme des akkumulierten Schadens hervorgerufen werden (Abbildung 1b), zum Beispiel wenn durch Rissbildungen aufgrund der Überbelastung neue Angriffsflächen für Korrosionsvorgänge erzeugt werden. Dies kann zu einer weiteren Verminderung der Nutzungsdauer aufgrund von Folgeschäden führen.

Im vorliegenden Bericht sollen einzelne Belastungsvorgänge hinsichtlich ihres Beitrags zum akkumulierten Schaden von drei ausgewählten Brücken an der B64 zwischen Gleisdorf und Weiz in der Steiermark exemplarisch untersucht werden und Möglichkeiten der Quantifizierung von Schädigungen durch einzelne Belastungsereignisse aufgezeigt werden. Als Schädigungsmodell für diese Betrachtungen wurde Werkstoffermüdung von Bewehrungsstahl zufolge Biegebelastung verwendet. Es wurde in diesem Sinne untersucht, wie sich typischer täglicher Verkehr auswirkt, welchen Einfluss dynamische Effekte in Abhängigkeit der Überfahrtgeschwindigkeit haben können und welchen Beitrag

(über)schwere Fahrzeuge zum akkumulierten Schaden liefern. Dafür wurden über mehrere Wochen Monitoringanlagen an diesen betrieben und die Messwerte ausgewertet.

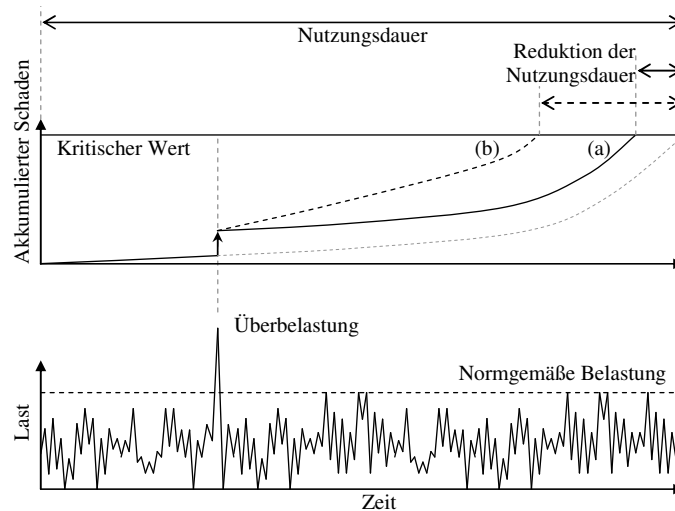


Abbildung 1. Zusammenhang zwischen einzelner Überbelastung und Nutzungsdauer.

2 Ergebnisinterpretation & Schlussfolgerungen

1) Für alle drei Brücken konnte gezeigt werden, dass Schwerverkehr überproportional hohe Schädigungen hervorruft. Mit großem Abstand am deutlichsten zeigte sich dies auf der Weizbachbrücke. Während 1% des Messzeitraumes wurden auf der Weizbachbrücke in Fahrtrichtung Weiz – Gleisdorf 51.8% der Schädigung durch Verkehr verursacht. Auf den beiden anderen Brücken lag dieser Wert bei 8.28% (Salmbachbrücke) und 7.05% (Arndorfbachbrücke). Die Überfahrt eines Schwertransports verursachte auf der Weizbachbrücke die gleiche Schädigung wie ein durchschnittlicher Tag mit normalem Verkehrsaufkommen. Auf der Arndorfbachbrücke entspricht die Schädigung eines durchschnittlichen Tages der Schädigung von 330 Schwertransporten und auf der Salmbachbrücke der Schädigung von 75 Schwertransportern.

Das Tragwerk der Weizbachbrücke ist ein Doppel-T Träger während die beiden anderen Brücken als Plattentragwerke ausgebildet sind. Die Regelmäßigkeit und die Abstände der Biegerisse in Feldmitte der Weizbachbrücke, sowie die deutlichen Schubrisse im Bereich der Stützen lassen den Schluss zu, dass sich die Brücke vollständig im Zustand II befindet, wohingegen dies für die Arndorfbachbrücke und Salmbachbrücke nicht der Fall zu sein scheint.

Bei den Plattenbrücken werden lokale Lasten aus Verkehrsbelastung zweidimensional abgeleitet. Spannungen entstehen dadurch sowohl in der Längsbewehrung als auch in der Querbewehrung. Beide Plattenbrücken zeigten nur Risse in Querrichtung, welche auch zur Schadenanalyse genutzt wurden. Bei der Weizbachbrücke hingegen ist ein ausgeprägtes Längstragsystem ausgebildet. Die Längsbewehrung an der Trägerunterseite ist in Feldmitte für den Abtrag der Verkehrslasten verantwortlich.

Die Bewehrungsspannungen welche aus dem gemessenen Rissweitzenspiel errechnet werden konnten sind für die Weizbachbrücke deutlich höher als für die beiden anderen Brücken. Durch die doppel-logarithmische Charakteristik der Wöhlerkurve für Bewehrungsstahl führen diese höheren Spannungen zu viel höheren Werten für die Schädigung. Die vergleichsweise hohen lokalen Spannungen in den gerissenen Querschnitten der

Weizbachbrücke können einerseits mit der beschriebenen Tragwirkung und andererseits mit der Tatsache, dass die Weizbachbrücke sich in Zustand II befindet, erklärt werden.

2) Sondertransporte mit hoher Anzahl von Achsen waren verantwortlich für den Grossteil der schädlichsten Überfahrten auf der Weizbachbrücke. Auch auf der Salmbachbrücke gehen zwei der drei schädlichsten Überfahrten auf das Konto von Sonderfahrzeugen, allerdings wurde die mit Abstand schädlichste Überfahrt auf der Salmbachbrücke einem 5-achsigen Fahrzeug zugeordnet. Auf der Arndorfbachbrücke findet sich kein Sonderfahrzeug in der Liste der schädlichsten Überfahrten sondern ausschließlich 4-achsige und 5-achsige Fahrzeuge mit relativ kurzen Achsabständen.

Die Arndorfbachbrücke und die Weizbachbrücke sind dreifeldrige Bauwerke. Das Mittelfeld der Weizbachbrücke weist eine Länge von 20m auf, und das Mittelfeld der Arndorfbachbrücke misst 12.6m. Sonderfahrzeuge verteilen die Verkehrslast auf viele Achsen welche in kurzen Abständen angeordnet sind. Näherungsweise kann das erzeugte Lastbild als Gleichlast im Bereich dieser Achsen angesehen werden. Die Mittelspannweite der Weizbachbrücke bietet genug Platz für einen großen Teil dieser Belastung durch Sonderfahrzeuge, während bei der Arndorfbachbrücke immer auch mindestens ein Randfeld belastet wird. Daraus erklären sich die hohen Schädigungswerte für Sonderfahrzeuge auf der Weizbachbrücke, während diese Fahrzeuge auf der Arndorfbachbrücke nur eine untergeordnete Rolle bei der Schadensakkumulation spielen. Das einfeldrige Bauwerk der Salmbachbrücke mit 7.5m Spannweite verfügt zwar nicht über entlastende Randfelder, allerdings passen aufgrund der Geometrie nur mehr eine begrenzte Anzahl von Achsen eines Sonderfahrzeuges gleichzeitig auf die Brücke. Schwere LKW mit kurzen Achsabständen erzeugen in diesem Fall eine ähnliche Schädigung wie Sonderfahrzeuge.

3) Die Daten für die Weizbachbrücke zeigten für viele Überfahrten einen starken Einfluss von dynamischen Effekten. Bei der Salmbachbrücke und der Arndorfbachbrücke waren dynamische Effekte sehr klein. Die maßgeblichen Eigenfrequenzen der beiden Plattenbrücken liegen weit über den Eigenfrequenzen der Weizbachbrücke. Typische dynamische Belastungen aus dem Straßenverkehr können die hohen Eigenfrequenzen der Salmbachbrücke und der Arndorfbachbrücke nicht signifikant anregen.

4) Auf allen Brücken ist die Schädigung in Richtung Weiz – Gleisdorf deutlich größer als in der Gegenrichtung. Auch der Anteil der Schädigung durch schwere Fahrzeuge ist in Richtung Weiz – Gleisdorf auf allen Brücken größer.

Während die Richtung Gleisdorf – Weiz der Zulieferung von Material für die Industriebetriebe entlang der B64 dient, werden in der Gegenrichtung die erzeugten Produkte abtransportiert. Die Fahrzeuglasten beim Abtransport sind offenbar höher als bei der Zulieferung wodurch die höheren Schädigungswerte in Richtung Weiz – Gleisdorf erklärt werden können.