

# Nachrechnung von Brücken – Bedeutung für die Praxis

Gero MARZAHN

Landesbetrieb Straßenbau NRW (Wildenbruchplatz 1, 45888 Gelsenkirchen/  
gero.marzahn@strassen.nrw.de)

**Kurzfassung.** Die gestiegene Verkehrsbeanspruchung hat die Reserven der älteren Brücken insbesondere im hochbelasteten Autobahnnetz aufgebraucht. Folgerichtig müssen die Brücken verstärkt oder erneuert werden, wobei eine fundierte Nachrechnung den ersten Schritt der Brückenertüchtigung darstellt. Die Brückenertüchtigung weckt große Herausforderungen, denen sie sich die Bundesländer mit unterschiedlichen Strategien stellen. Die Veranlassung und die Durchführung der Nachrechnung sowie die Umsetzung in Nordrhein-Westfalen werden nachfolgend dargestellt.

## 1. Einführung

Die Zunahme des Verkehrs wird jedem Verkehrsteilnehmer durch lange Wartezeiten an Ampeln, Kreuzungen oder an Baustellen täglich bewusst. Doch nicht nur die wachsende Verkehrsdichte, sondern auch die gestiegenen Fahrzeuggesamtgewichte insbesondere im Güterverkehr bereiten vor allem den Brücken große Probleme. In einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen zum Verkehrsgeschehen in Deutschland [1 bis 4] musste man feststellen, dass durch die starke Zunahme des Schwerverkehrs sowie gestiegener Achs- und Gesamtgewichte der Fahrzeuge insbesondere für ältere Straßenbrücken faktisch eine Nutzungsänderung hinsichtlich der Belastung infolge Straßenverkehrs für die Straßenbrücken eingetreten ist.

Gerade in Nordrhein-Westfalen, das einerseits vielfach ältere Autobahnabschnitte und andererseits eines der stärksten Verkehrsbelastungen in Deutschland aufweist, stellt sich die Frage einer ausreichenden Tragfähigkeit der Brücken sehr drängend. Um die Leistungsfähigkeit des gut ausgebauten Straßennetzes in NRW und in Deutschland zu erhalten, muss es daher das langfristige Ziel sein, Straßenbrücken sowohl für die Beanspruchungen aus dem aktuellen Verkehr, aber auch für einen absehbaren zukünftigen Verkehr zu ertüchtigen. Der vordringliche Fokus liegt hierbei bei den Autobahnen, die mit Abstand den größten Anteil an Schwerverkehr zu bewältigen haben.

Ein erster grundlegender Schritt für eine Ertüchtigung von Brücken ist eine zutreffende Bewertung hinsichtlich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Ermüdungssicherheit unter Berücksichtigung des vorhandenen Bauwerkzustands. Diese Bewertung erfolgt hauptsächlich durch eine Nachrechnung, bei der jedoch alle Erkenntnisse zum Bauwerkzustand, visuellen Schadensbildern und sonstigen bekannten Mängeln ausreichend Berücksichtigung finden.

Die Nachrechnung selbst fußt auf der „Richtlinie für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)“ [5], eine neue und vom Bund initiierte Richtlinie, die für die Bewertung von Bestandsbauwerken einheitliche Standards, aber auch Hilfestellung vorgibt, damit die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bestehender Stra-

ßenbrücken realistisch beurteilt werden können und die Nachrechnungsergebnisse für eine Entscheidungsfindung nachvollziehbar und bundesweit vergleichbar werden.

Auf Basis der so gewonnenen Erkenntnisse wird dann entschieden, ob bauliche Maßnahmen, wie z.B. eine Instandsetzung in Kombination mit einer Verstärkung, erforderlich werden, oder ob ggf. ein Ersatzneubau die wirtschaftlichere Alternative darstellt. Sofern Verstärkungsmaßnahmen technisch nicht sinnvoll oder nicht wirtschaftlich umsetzbar sind oder auch nur, um den Zeitraum bis zu einer Ertüchtigung oder bis zu einem Ersatzneubau zu überbrücken, sind ggf. Nutzungseinschränkungen für den weiteren Betrieb des Bauwerks zu verhängen.

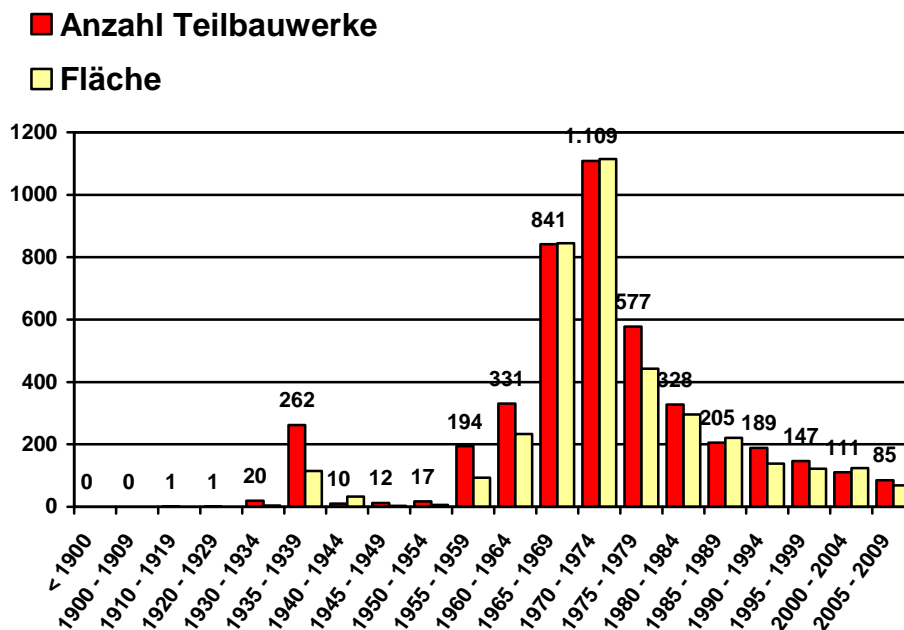
Über die Veranlassung, die Bedeutung und den Nutzen der Nachrechnung wird im Folgenden ebenso berichtet, wie über die Richtlinie, die der Nachrechnung zugrunde liegt, sowie die Aufgaben aus der praktischen Umsetzung, die den Bundesländern - hier insbesondere NRW - in den nächsten Jahren erwachsen.

## 2. Nachrechnung von Brücken

### 2.1 Veranlassung zur Nachrechnung

Die Diskussion über einen Einsatz von Giga-Linern mit Gesamtgewichten von bis zu 60 Tonnen führte zu Untersuchungen, deren Ergebnisse aufzeigten, dass Probleme für die Brücken nicht erst beim Einsatz von Giga-Linern eintreten werden, sondern dass die im Bestand befindlichen älteren Brücken bereits mit dem täglichen Verkehr, insbesondere dem Güterverkehr, „schwer zu tragen“ haben [1 bis 4]. Dies gilt in erster Linie für die Autobahnen, aber auch für stark befahrene Bundes- und Landesstraßen.

Die meisten Brücken des Autobahnnetzes wurden zwischen 1960 und 1980 errichtet. Sie stammen aus einer Zeit, die durch sparsamen Baumaterialeinsatz geprägt war. Mit einem Alter von 30 bis 50 Jahren haben diese Brücken bereits einen großen Teil ihrer geplanten Nutzungszeit erfüllt (Bild 1).



**Bild 1** Altersstruktur der Brücken im Zuge von Bundesautobahnen in NRW

Die in die Brücken eingeplanten Tragreserven sind auf Grund der ungebremsten Zunahme des Güterverkehrs sowie der angewachsenen Anzahl an Schwertransporten mit Gewichten von oft mehr als 150 Tonnen allmählich aufgebraucht. Bis 2050 ist für den Güterverkehr eine weitere Steigerung des Schwerverkehrs auf deutschen Autobahnen von mehr als 50 Prozent zu erwarten. Das Güteraufkommen wird von heute 3,7 Milliarden Tonnen auf rund 5,5 Milliarden Tonnen ansteigen. Die Güterverkehrsleistung wächst in dieser Folge bei längeren Transportwegen sogar von derzeit 600 Milliarden auf dann mehr als 1.200 Milliarden Tonnenkilometern an [6].

Da eine große Zahl der Brücken des Bestands für geringere Belastungsklassen gebaut wurde und die dabei zugrunde gelegten Regeln für die Brückenstatik oft nicht mehr den heutigen Anforderungen genügen [4], ergibt sich ein direkter Handlungsbedarf. Beispielsweise bei Staus auf den Autobahnen können sich aufgrund der zunehmenden Güterverkehrsdichte kritische Ansammlungen von Schwerlastfahrzeugen ergeben (Bild 2).



**Bild 2** Ansammlung von Schwerlastfahrzeugen bei Stau auf der Bundesautobahn A45



**Bild 3** Einstreifige Verkehrsführung auf einer Brücke über die Autobahn zur Verhinderung von Begegnungsverkehr

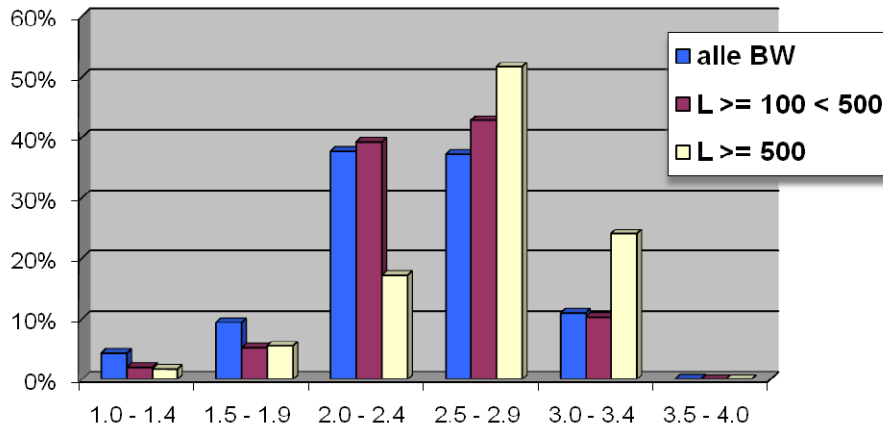
Aber auch kleinere Brücken können durch die Schwerlastfahrzeuge überbeansprucht werden. Sie müssen daher gegebenenfalls durch verkehrsbeschränkende Maßnahmen gesichert werden (Bild 3).

Viele Großbrücken sind aus Spannbeton gefertigt, eine damals neue und revolutionäre Bauweise. Deutschland war führend im Spannbetonbrückenbau. Kehrseite dieser Entwicklung war, dass auch alle Kinderkrankheiten dieser neuen Bauweise vorwiegend in deutschen Brücken zu finden sind und entsprechende Probleme anzeigen [7, 8]. Entsprechend schlecht sind die Zustandsnoten von Großbrücken, wie das Bild 4 wiedergibt. Im Ausland setzte der Bauboom etwas später ein und man konnte von den deutschen Erfahrungen im Spannbetonbau profitieren.

Aber auch im Stahl- und Stahlverbundbrückenbau kennt man heute die Schwachstellen der Konstruktionen, die vorwiegend auf einen, aus heutiger Sicht deutlich zu sparsamen Materialeinsatz, aber auch veränderte Konstruktionsgrundsätze zurückzuführen sind. Die Bemessungsregeln haben sich auf Grund wachsender Erfahrungen und Kenntnisse stetig weiterentwickelt und sind gerade im Hinblick auf das Stabilitätsverhalten dünner Bleche und Stäbe nicht mehr mit denen der Vergangenheit zu vergleichen [9].

Schlussfolgernd muss festgehalten werden, dass viele ältere Brücken ausgeprägte Defizite in der Gebrauchstauglichkeit, aber auch in der Tragfähigkeit besitzen können, die durch eine Nachrechnung aufgedeckt und durch eine Verstärkung behoben werden müssen. Nur auf diese Weise lässt sich das vorhandene Straßenverkehrsnetz gerade im dicht besiedelten NRW zukunftsfähig halten.

**Brücken im Zuge der Bundesfernstraßen**  
Zustandsnoten nach Brückenflächen der Teilbauwerke [%]



**Bild 4** Zustandsnoten für Großbrücken im Vergleich zum übrigen Bestand

## 2.2 Nachrechnungsrichtlinie

In [1 bis 4] wurde aufgezeigt, dass die Verkehrslastmodelle der früher für die Berechnung von Brücken geltenden Normenreihe DIN 1072 (BK60/30, BK 30/30, BK60) die Einwirkungen aus dem heutigen Verkehr nur noch bedingt abdecken. Grund hierfür sind insbesondere die steigenden Fahrzeuggesamtwerte und steigenden Achslasten des Schwerverkehrs. Das Lastmodell LM1 des DIN-Fachberichts 101 „Einwirkungen auf Brücken“ dagegen bildet den heutigen Verkehr noch gut ab.

Auf der anderen Seite altern die Bauwerke. Verschleißerscheinungen und Schäden treten zu Tage, die die Tragreserven aufzehren können. Die seinerzeitigen Konstruktionsgrundsätze, aus heutiger Sicht oftmals unzureichend, führen zu einer weiteren Verschärfung des Problems. Mit der Annahme, dass die Tragfähigkeitsreserven älterer Brückenbauwerke weitestgehend aufgebraucht sind, stellt sich bei der Bewertung älterer Brücken die Frage, inwieweit diese bei weiter zunehmendem Schwerverkehr noch zukunftsfähig sind.

Die aufgeworfenen Fragen lassen sich nur im Detail mit einer bauwerksbezogenen Nachrechnung beantworten. Erste praktische Erkenntnisse mit der Nachrechnung älterer Talbrücken konnten im Zuge der BAB A45 gewonnen werden. Es wurde festgestellt, dass die mit den seinerzeit geltenden Berechnungsgrundlagen geplanten und gebauten Brückenbauwerke auf der Grundlage der heute gültigen Regelwerke DIN-Fachbericht 101 bis 104 [10 bis 13] nur bedingt nachweisbar sind. Dies ist nicht weiter verwunderlich, weil die in den DIN-Fachberichten 101 bis 104 enthaltenen Regelungen auf den Brückenneubau ausgerichtet sind. Für Brückenbauwerke, die ihre Nutzungszeit noch vor sich haben, werden mit diesen Bemessungsmodellen sowohl die weitere Entwicklung des Verkehrs, insbesondere des Schwerverkehrs, aber auch die zu erwartende Bauwerksalterung über den Nutzungszeitraum berücksichtigt. Für Bauwerke, die bereits viele Jahre genutzt werden, benötigt man spezifischere Regelungen, die ein angepassteres und differenzierteres Vorgehen ermöglichen.

Diese Erkenntnis war der Auslöser für die Erarbeitung einer Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie) [5], welche in interdisziplinärer Arbeit zwischen Vertretern aus Verwaltung, Hochschulen und praktisch tätigen Ingenieurbüros in relativ kurzer Zeit entstand.

Die Nachrechnungsrichtlinie befasst sich mit allen wesentlichen Bauweisen des Brückenbaus: Betonbrücken, Stahlbrücken, Stahlverbundbrücken und Gewölbebrücken aus

Mauerwerk. Durch verfeinerte Nachweismethoden bietet sie Hilfestellung für eine möglichst wirklichkeitsnahe Beurteilung der Bauwerke unter Berücksichtigung der Fortentwicklung der Bautechnik, des technischen Regelwerks, aber auch der gestiegenen Anforderungen hinsichtlich der zu erwartenden Verkehrsentwicklung insbesondere des Schwerverkehrs. Gleichzeitig werden Bauwerksalter und Bauwerkzustand sowie die weitere Nutzung berücksichtigt.

Durch die Nachrechnungsrichtlinie ist es zudem möglich, allgemein anerkannte und abgesicherte alternative Ingenieurmodelle parallel und gleichrangig zu Nachweismodellen der aktuellen Bemessungsnormen anzuwenden, ohne dafür in jedem Einzelfall eine bauaufsichtliche Zustimmung einholen zu müssen.

### *2.3 Aufgabenstellung für das Land NRW*

Auf Grund der Brückenproblematik sah das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) Handlungsbedarf. Um das Straßennetz in Deutschland weiterhin leistungsfähig zu halten, soll rechtzeitig durch geeignete Maßnahmen (Instandsetzung, Ertüchtigung, Erneuerung) gegengesteuert werden. So erstellte die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in Zusammenarbeit mit den Straßenbauverwaltungen der Länder einen Kriterienkatalog bei dem neben Baujahr, Brückenklasse, Zustandsnote auch die heute bekannten Defizite bei der Bemessung, wie z.B. Defizite bei Koppelfugen, berücksichtigt wurden. Damit konnten in einem ersten Schritt die prioritär nachzurechnenden Brückenbauwerke erhoben werden.

Diese Liste umfasste in einer ersten Ausgabe ca. 2200 Teilbauwerke im Zuge von Bundesautobahnen und Bundesstraßen, mehrheitlich Spannbetonbauwerke, wobei eine Brücke ggf. aus mehreren Teilbauwerken, z.B. je ein Überbau für jede Fahrtrichtungen, bestehen kann. Aus der Gesamtanzahl fielen auf NRW 492 Teilbauwerke, was in Summe 308 Brücken ausmacht. Diese Brücken sollen zeitnah nachgerechnet und, sofern erforderlich, verstärkt oder erneuert werden. Gegebenfalls sollten Verkehrseinschränkungen vorgenommen werden.

In einem zweiten Schritt wurde die Liste um schwache Stahl- und Stahlverbundbrücken ergänzt, sodass sich die Anzahl der vordringlich zu untersuchenden Bauwerke in NRW auf insgesamt 632 Teilbauwerke bzw. auf 388 Brücken erhöhte. Diese Brücken nehmen eine Brückenfläche ein, die in etwa einem Drittel der Brückengesamtfläche an Brücken im Netz der Autobahnen und Bundesstraßen in NRW entspricht.

Diese Zahlen verdeutlichen, dass Nordrhein-Westfalen aufgrund des hohen Schwerverkehrsaufkommens und der Altersstruktur seiner Autobahnen und Bundesstraßen das mit Abstand am stärksten betroffene Bundesland ist. Viele ältere Brücken besitzen ausgeprägte Defizite in der Gebrauchstauglichkeit aber auch in der Tragfähigkeit, die durch eine Nachrechnung aufgedeckt und durch eine Verstärkung behoben werden müssen. Zukünftig kann es nicht - wie bisher üblich - bei alleinigen Instandsetzungsmaßnahmen bleiben, sondern Instandsetzungen sind nunmehr stets mit der Frage der Notwendigkeit von Verstärkungsmaßnahmen zu kombinieren und gemeinsam abzarbeiten. Durch den Begriff Brückenertüchtigung lässt sich der neue Ansatz zutreffend beschreiben.

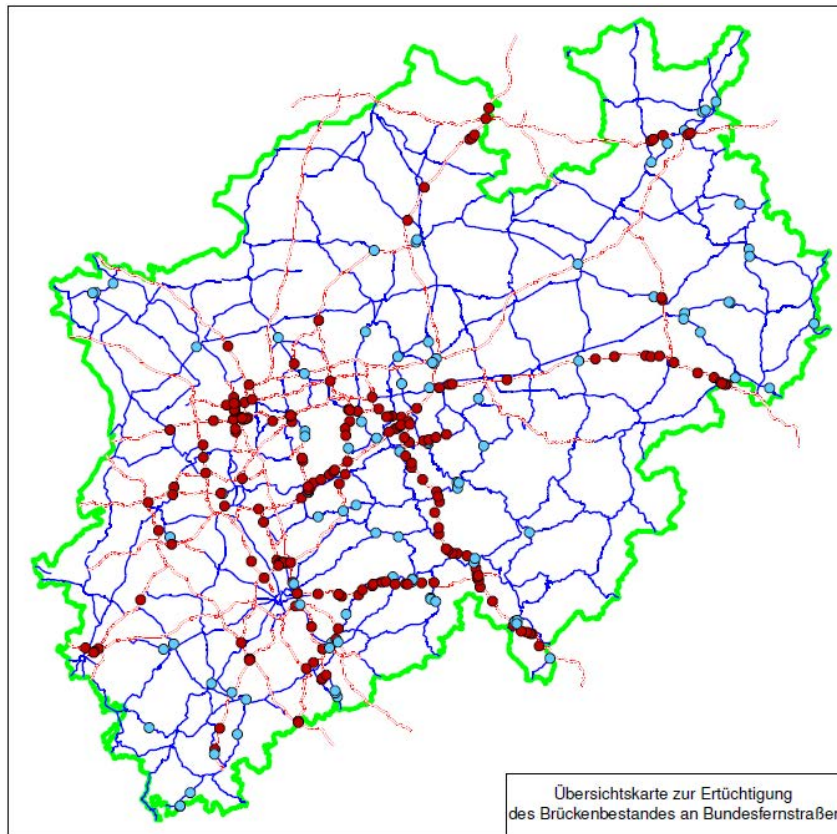
### *2.4 Umsetzung des Brückenertüchtigungsprogramms in NRW*

Für die Umsetzung des sehr anspruchsvollen Ertüchtigungsprogramms wurde im Landesbetrieb Straßenbau NRW eine besondere Organisationsform gewählt, die losgelöst von der Niederlassungsstruktur landesweit agieren muss. Vorerst fokussiert auf die Bundesautobahnen obliegt es der Projektgruppe, die Nachrechnung der vordringlichen Brücken im Zuge von Autobahnen einzuleiten. Dabei setzt sie vorrangig auf den

Sachverstand ausgewiesener Ingenieurbüros, die entsprechende langjährige Erfahrungen und Referenzen in der Brückeninstandsetzung vorweisen können. Durch gezielte Vergabe sollen aber auch junge und aufstrebende Büros gefördert und für diese Aufgaben befähigt werden, sodass mittelfristig eine breitere Basis an Ingenieurwissen zu Verfügung steht.

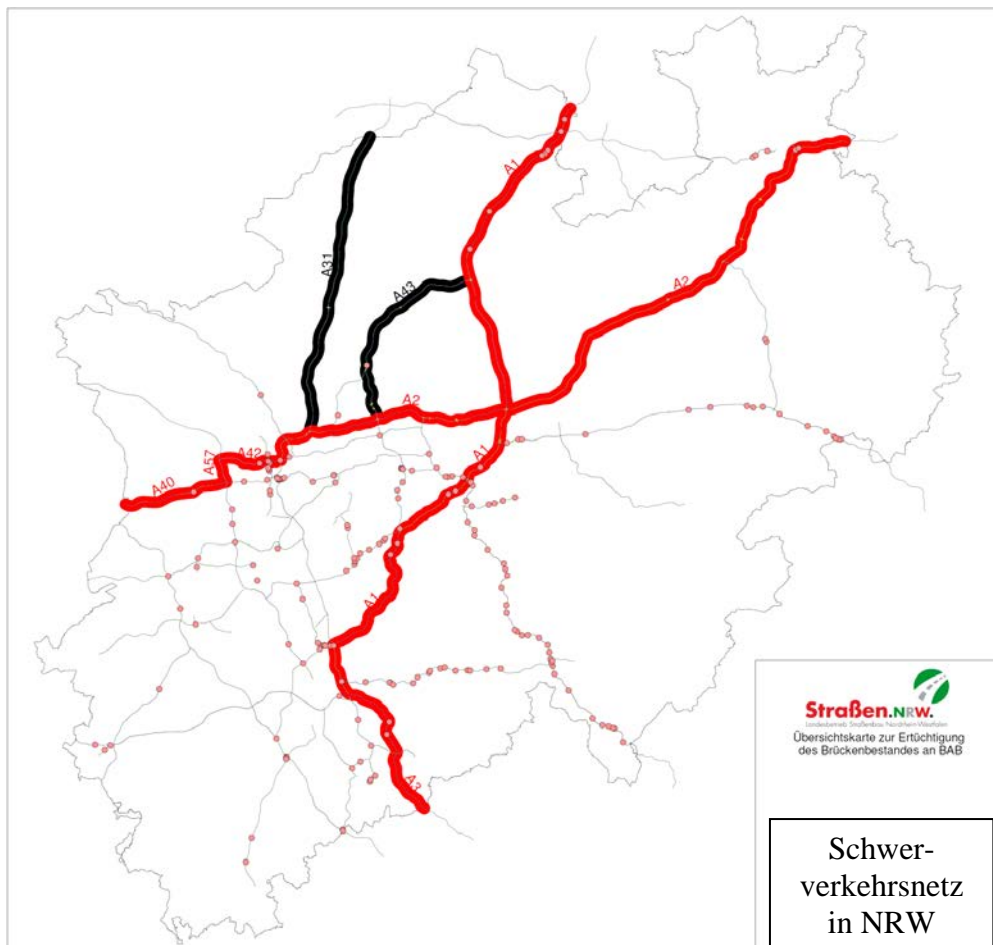
Durch die rechnerische Untersuchung erarbeitet die Projektgruppe die Grundlage für eine systematische Brückenertüchtigung und unterstützt auf diese Weise die bauenden Niederlassungen des Landesbetriebs Straßenbau NRW. Mit dem Ergebnis der Nachrechnung werden die weiteren Schritte unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit und in Abstimmung mit dem Landes- und Bundesverkehrsministerium festgelegt. Die bauliche Umsetzung der Maßnahmen wird im Wesentlichen durch die bauenden Niederlassungen des Landesbetriebs vorgenommen. Insofern ist die Nachrechnung der erste Schritt der Brückenertüchtigung, dem weitere Schritte in Form von Baumaßnahmen unmittelbar folgen. Denn nur auf diese Weise ist sichergestellt, dass nicht nur theoretische Ergebnisse produziert, sondern dem Bauwerk in praktischer Weise geholfen wird.

Aufgrund des sehr großen Bestands an Brücken in Nordrhein-Westfalen muss die Projektgruppe nach einer Prioritätenreihung vorgehen. In einem ersten Arbeitspaket sind ca. 400 Großbrücken zeitnah zu untersuchen (Bild 5). Dafür sind nach internen Planungen ca. 10 Jahre vorgesehen.



**Bild 5** Übersicht über die vordringlich zu überprüfenden Brücken in Nordrhein-Westfalen (rote Punkte: Brücken im Zuge von Autobahnen, blaue Punkte: Brücken im Zuge von Bundesstraßen)

Dabei sollen die Hauptrouten für den Schwerverkehr in Nordrhein-Westfalen, das sind die Autobahnen A1, A2, A3 und A40, zuerst bearbeitet werden, bevor weitere Autobahnabschnitte folgen (Bild 6).



**Bild 6** Zukünftige Haupttrouten für den Schwerverkehr in NRW (Transitrouten)

Diese systematische Vorgehensweise hat den großen Vorteil, dass die Brückenertüchtigung nicht punktuell, sondern streckenbezogen vorgeht, sodass nach Abarbeitung einzelner Streckenabschnitte nach und nach ganze Verkehrskorridore für die Zukunft hergerichtet sind. Etwaige Erhaltungs- und Ausbauplanungen der restlichen Niederlassungen werden ebenso berücksichtigt, wie ein jährliches Programm zur Abarbeitung der vom Bund übertragenen Liste mit den vordringlichen Bauwerken.

Für die sich aus der Überprüfung dieser Brücken ergebenden Ertüchtigungsmaßnahmen wird ein Bauvolumen von ca. 3,5 Mrd. Euro für die nächsten 10 Jahre kalkuliert.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Aktuelle Untersuchungen zum Verkehrsgeschehen und dem Bauwerkszustand von Brücken in Deutschland belegen, dass die seinerzeit in die Brücken eingerechneten Tragfähigkeitsreserven inzwischen weitgehend aufgebraucht sind und die Brücken dringend untersucht und ggf. verstärkt oder erneuert werden müssen. Mit diesem Wissen wurden aus dem Gesamtbestand an Bauwerken im Zuge von Bundesfernstraßen insbesondere jene Bauwerke herausgefiltert, die größere Defizite erkennen ließen. Diese Bauwerke wurden vom Bund den Ländern zur vordringliche Untersuchung aufgetragen.

Eine Nachrechnung ist dafür der Initialschritt, um die Defizite im Detail herauszufinden und entsprechende Verstärkungsmaßnahmen planen zu können.

Einheitliche Maßstäbe für die Nachrechnung und die ingenieurmäßige Bewertung der Ergebnisse bietet eine neue Nachrechnungsrichtlinie.

Allen Beteiligten ist bewusst, dass es oftmals nicht bei reinen Verstärkungsmaßnahmen bleiben wird, sondern dass im Rahmen der wirtschaftlichen Abwägung auch großzügig Ersatzneubauten angegangen werden müssen.

## Referenzen

- [1] Kaschner, R. et al.: „Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen.“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 68, Bergisch Gladbach, Juli 2009
- [2] Naumann, J.: „Brücken und Schwerverkehr - wo sind die Grenzen?“, Bauingenieur 82 (2007), Heft Juli/August, S. 326-332
- [3] Naumann, J.: „Brücken und Schwerverkehr - eine Bestandsaufnahme.“, Bauingenieur 85 (2010), Heft Januar, S. 1-9
- [4] Naumann, J.: Brücken und Schwerverkehr – Strategie zur Ertüchtigung des Brückenbestands in Bundesfernstraßen, Bauingenieur 85 (2010), Heft 5, S. 210 – 216
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie). Entwurf, Stand: November 2010, Bonn
- [6] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs bis 2050. ProgTrans AG, Zürich (Schweiz); Berlin, Mai 2007
- [7] Kordina, K.: Schäden an Koppelfugen. Beton- und Stahlbetonbau 74 (1979), Heft 4, S. 95-100
- [8] König, G.; Maurer, R.: Sicherheit von Spannbetonbrücken. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 590, 1990
- [9] Hanswille, G.; Neumann, W.: „Erläuterungen und Hintergründe zur Nachrechnungsrichtlinie – Stahl- und Stahlverbundbrücken.“, Bauingenieur 86 (2012), Sonderheft „Erläuterungen zur Nachrechnungsrichtlinie von Straßenbrücken“, Springer Verlag, (noch nicht erschienen)
- [10] DIN-Fachbericht 101:2009-03: Lastannahmen für Brücken.
- [11] DIN-Fachbericht 102:2009-03: Betonbrücken.
- [12] DIN-Fachbericht 103:2009-03: Stahlbrücken.
- [13] DIN-Fachbericht 104:2009-03: Verbundbrücken.