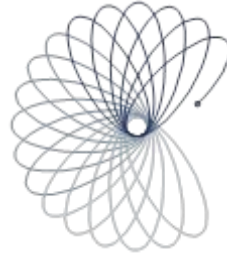


INGENIEURBÜRO PROF. DR. U. FREUNDT  
Industriestraße 1a | 99427 Weimar



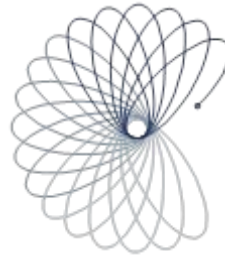
INGENIEURBÜRO  
PROF. DR. U. FREUNDT

Entwurf, Statik und  
Konstruktion von Brücken  
und Ingenieurbauwerken

## **Verkehrslasten aus Straßenverkehr bei Bestandsbrücken**

Prof. Dr.-Ing. Ursula Freundt

Ingenieurbüro Prof. Dr. U. Freundt  
Industriestraße 1 a  
99427 Weimar  
[www.ib-freundt.de](http://www.ib-freundt.de)



## 1. Einleitung

Der Wirtschaftsverkehr findet zu 65% auf der Straße statt und vorliegende Prognosen sagen hohe Steigerungen voraus. Die Verkehrsentwicklung der letzten 30 Jahre bedeutet für die Querschnittsauslegung, die Belastung der Straße und der Ingenieurbauwerke eine Änderung der vorgesehenen Nutzung. Probleme der Verkehrssicherheit und verstärkter Schädigung der Straße und der Bauwerke sind die Folge. Der aktuelle Verkehr und stetig steigende Schwertransportgenehmigungen führen zu erhöhten Einwirkungen auf Straße und Ingenieurbauwerke. Deshalb wurden die Regelwerke angepasst. Die Altersstruktur der Brücken der Bundesfernstraßen weist einen hohen Anteil an Bauwerken bis Baujahr 1985 auf. Die für Brücken bis Baujahr 1985 zugrunde gelegten Lastmodelle decken die mittelfristig zu erwartenden Einwirkungen aus Verkehr auf BAB nur bedingt ab und Brücken bis Baujahr 1985 können, je nach verwendeten Entwurfs-/Bemessungsregeln, systematische Schwachstellen aufweisen.

## 2. Lastmodelle für Straßenverkehr

Der reale Straßenverkehr zeichnet sich durch den Typ und die Anzahl der Fahrzeuge und deren Achslasten und Gesamtgewichte aus. Stau, fließender Verkehr oder Pulkbildungen sind Verkehrszustände, die unregelmäßig aufeinander folgen. Spureinengungen und Fahrbahnunebenheiten bestimmen das Fahrverhalten und die Bauwerksreaktionen. Für die Dimensionierung von Bauwerken sind diese komplexen Vorgänge nicht in Echtform anwendbar. Deshalb werden Lastmodelle vereinbart.

Da es sich dabei um Modelle handelt und nicht um die Widerspiegelung des realen Verkehrs werden für die unterschiedlichen Nachweisziele unterschiedliche Lastmodelle benötigt. Die DIN EN 1991-2 beinhaltet vier Modelle für die statische Nachweisführung und fünf Modelle für den Ermüdungsnachweis. Im Schwerpunkt hier steht das Lastmodell LM 1 für globale statische Nachweise.

Seit es im Brückenbau Standsicherheitsnachweise gibt, mussten die Lastmodelle des Straßenverkehrs immer wieder höher ausgelegt werden. Die fiktiven Lastmodelle sollen zu den gleichen Beanspruchungen führen, wie der reale Verkehr und eine sinnvolle praktische Handhabung erlauben.

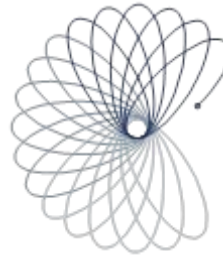
In der Vergangenheit entstammten diese Lastmodelle rechnerischen Widerspiegelungen ungünstiger gefühlter Verkehrssituationen und deren Prognosen. Verkehrsstatistiken gab es zwar, jedoch zwang mangelnde Rechentechnik zu ingenieurmäßigen Ableitungen.

Verkehrslasten müssen auch die künftige Verkehrsentwicklung beinhalten, da die Brücken für eine Nutzungsdauer von 80 bis 100 Jahren geplant werden.

## 3. Das Lastmodell LM1 und seine Entwicklung

Für die Ableitung eines europäischen Verkehrslastmodells wurden in den 1980er Jahren umfangreiche Untersuchungen in ganz Europa initiiert, um genauere Informationen zum Schwerverkehr zu erhalten. In Auswertung der Messungen wies der Auxerre-Verkehr die größte Häufigkeit größerer Achslasten von allen europäischen Messungen auf. Angaben zur Zusammensetzung des Schwerverkehrs und zu den Gesamtgewichtsverteilungen der

Verkehrslasten aus Straßenverkehr bei Bestandsbrücken  
Prof. Dr.-Ing. Ursula Freundt /



verschiedenen LKW-Typen wurden jedoch im größeren Umfang durch Bauwerksmessungen an der Brohltalbrücke im Zuge der BAB A61 in Deutschland in den Jahren 1984/85 [1] gewonnen. Das Lastmodell LM1 wurde so formuliert, dass eine nationale Modifikation der einzelnen Komponenten über „Anpassungsfaktoren“ möglich ist. Für den DIN Fachbericht 101 wurden nach umfangreichen Untersuchungen [4] diese Faktoren modifiziert. In [5] wurde nach 2003 gezeigt, dass der gestiegene aktuelle Straßengüterverkehr gut vom LM 1 erfasst wird.

Deshalb wurden Untersuchungen veranlasst, die das bestehende Lastmodell LM1 für die Einführung der DIN EN 1991-2 (EC1) [2] in Deutschland so vorbereiten, dass es ein zukunftsfähiges Lastmodell für den Brückenneubau darstellt. Für den nationalen Anhang (DIN EN 1991-2/NA [3]) waren daher entsprechende Anpassungsfaktoren zu entwickeln. Gleichzeitig sollte dieser Anlass genutzt werden, um den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_Q$  für Verkehr, der im DIN Fachbericht 1,5 war, wieder mit 1,35 zu belegen.

Da die Vergangenheit beweist, dass ein Lastmodell für den Straßenverkehr keine mit der normativen Lebensdauer einer Brücke vergleichbare Geltungsdauer haben kann, wurde eine Methode gesucht die es erlaubt das Modell in regelmäßigen Abständen zu kalibrieren, das Modell für Verkehre unterschiedlicher Trassen aber mit gleichem Sicherheitsanforderungen anzupassen, das Modell für Strecken mit besonderer Verkehrsführung zu prüfen und somit stets handlungsfähig zu sein.

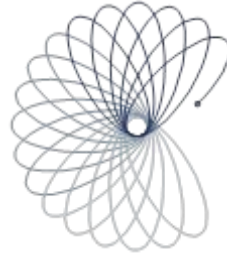
Eine solche Methode haben wir dann an der Bauhaus-Universität beginnend und heute im Ingenieurbüro fortführend über mehrere Entwicklungsstufen hinweg erarbeitet, welche mit der Dissertation von Herrn Böning [6] final strukturiert und auch erprobt vorlag. Die Methode umfasst:

- eine zufallsbasierte Verkehrssimulation von unterschiedlichen schweren Fahrzeugen, die im fließenden Verkehr mit Stausituationen abgebildet werden
- eine Schnittgrößen- Zeitermittlung für verschiedene Tragwerke aus den resultierenden Verkehrsströmen der Verkehrssimulation
- eine Extrapolation der Schnittgrößen-Zeitfunktion hin zum charakteristischen Wert der entsprechenden Schnittgröße

Durch den Quervergleich der so ermittelten charakteristischen Schnittgröße mit den deterministisch ermittelten Schnittgrößen aus bekannten Lastmodellen, wie LM 1 aus DIN Fachbericht, BK 30, BK 60 oder BK 60/30 aus DIN 1072, ist eine Bewertung und Anpassung des Lastmodells möglich. Beim Vergleich mit den Ergebnissen der historischen Lastmodelle sind die Ergebnisse dieser als charakteristische Werte zu beurteilen. Beim Vergleich mit Ergebnissen aus dem Lastmodell LM 1 aus dem DIN Fachbericht 101 sind die Anpassungsfaktoren zu verändern. Hierzu sind weitere Untersuchungen für die Aufteilung auf Achslasten und Flächenlasten erforderlich. Dazu dient eine analytische Betrachtung zu den Achslasten.

Der gesamte Weg wurde automatisiert aufbereitet und mehrfach getestet. Da häufig Eingangsdaten für die Berechnung fehlen haben wir nunmehr auch ein Brückenmonitoring zur Erfassung der Daten des aktuellen Verkehrs und des „realen“ Tragwerksmodells entwickelt.

**Unersetzbare Ausgangsbasis aller Untersuchungen sind die Daten des aktuellen Verkehrs und deren Prognosen.**



Für den Brückenneubau wurde das durch die Bundesanstalt für Straßenwesen vorgedachte national angepasste Lastmodell LM 1 von DIN EN 1991-2 –NA mit der beschriebenen Methode geprüft und kalibriert. Die entsprechenden Verkehrsdaten entstammen WIM Messungen (Weigh in Motion) der BAST. Die umfangreichsten Ergebnisse von WIM Messungen liegen von der Messstelle "Bliesheim" im Zuge der BAB A61/A1 vor, an der ein besonders extremer LKW-Verkehr in Häufigkeit und Schwere gemessen wurde. Deshalb wurden die Daten dieser Messstelle den Untersuchungen zugrunde gelegt. Aus diesen Daten wurden aufbereitet:

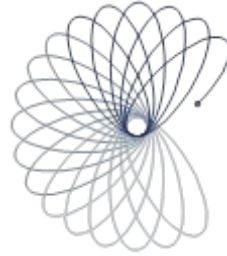
- DTV-SV (10.000 pro Richtung und Werktag)
- Die Häufigkeit der ausgewählten Fahrzeugtypen
- Die Gesamtgewichtverteilung der Fahrzeugtypen
- Der Fahrzeugabstand in fließenden Verkehr
- Stauabstand und Stauhäufigkeiten werden mangels Daten angenommen
- Es werden verschiedene Tragsysteme verwendet
- Für die Verkehrsprognose werden der DTV-SV gesteigert, die zulässigen Gesamtgewichte angehoben, neue Fahrzeugkonzepte angenommen und ein Anteil genehmigungspflichtiger Verkehr eingemischt

Gegenüber den Daten von Auxerre, die Grundlage für das LM 1 von DIN Fachbericht 101 waren, sind dies gestiegene DTV-SV und gestiegenen Gesamtgewichte. Die Anwendung dieser Daten und die Berechnungen nach oben dargestellter Methode [7] führten zu den Anpassungsfaktoren die im NA [3] der DIN EN 1991-2 [2] zu finden und im Quervergleich in Tabelle 1 dargestellt sind. Sie beinhalten auch die Umrechnung des Teilsicherheitsbeiwertes von 1,5 auf 1,35.

Stellung						
	Grundwert	$\alpha_{Qi}$ 2003 DIN FB	$\alpha_{Qi}$ 2013 NA DIN EN 1991-2	Grundwert	$\alpha_{qi}$ 2003 DIN FB	$\alpha_{qi}$ 2013 NA DIN EN 1991-2
	Achslast $Q_{ik}$ in kN			$q_{ik}$ in kN/m <sup>2</sup>		
Fahrstreifen 1	300	0,8	1,0	9,0	1,0	1,3
Fahrstreifen 2	200	0,8	1,0	2,5	1,0	2,4
Fahrstreifen 3	100	0,0	1,0	2,5	1,0	1,2
andere Fahrstreifen	0	-		2,5	1,0	1,2

Tabelle 1: Grundwerte und angepasste Grundwerte des Lastmodells LM1(DIN Fachbericht) und modifizierten Lastmodells (DIN EN 1991-2)

Die Daten der A61 sind die Spitzenwerte in Deutschland und garantieren zusammen mit angenommenen Prognoseszenarien somit ein zukunftsfähiges Lastmodell.



#### 4. Der Straßenverkehr für Bestandsbrücken

Bestehende Brücken sind auf Basis des Normenstandes ihres Entstehungsjahres entworfen. Sie haben bereits eine Nutzungsdauer vorzuzeigen. Entsprechend ihrer Lage haben sie einen unterschiedlichen aktuellen Verkehr zu bewältigen.

Die zu diesen Errichtungszeitpunkten gültigen Normen und Regelungen enthielten Verkehrslastannahmen, die die Beanspruchungen aus aktuellem starkem und zukünftigem Straßenverkehr nicht abdecken. Nicht alle bestehenden Brückenbauwerke unterliegen aber dem für die zukunftsorientierten Lastannahmen berücksichtigten starken Verkehrsaufkommen in der Gegenwart und den daraus abgeleiteten prognostizierten Verkehrsentwicklungen. Es wurde deshalb untersucht, welche Beanspruchungen sich infolge breit differenzierter Verkehr (hinsichtlich Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung) ergeben und inwieweit diese Beanspruchungen durch aktuelle und historische Verkehrslastmodelle abgedeckt werden können [8].

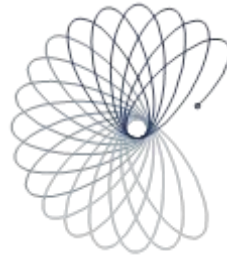
Die Ergebnisse dieser Untersuchungen führten zu den Ziellastniveaus der Nachrechnungsrichtlinie, die in Abhängigkeit der objektspezifischen Verkehrscharakteristik (Stärke und Zusammensetzung) und der Querschnittsbelegung Lastmodelle zur Abdeckung der Beanspruchung aus diesem objektspezifischen Verkehr ausweisen. Diese liegen zum Teil deutlich unter den Beanspruchungsniveaus die sich aus den aktuellen Verkehrslastannahmen für den Brückenneubau ergeben würden.

Die Untersuchungen beinhalten Betrachtungen für das Bundesfernstraßennetz und das untergeordnete Straßennetz (Landstraßen, Kreisstraßen usw.).

Für das Bundesfernstraßennetz wird auf die beschriebenen Daten der A 61 zurückgegriffen. Für das untergeordnete Straßennetz wird die Verkehrsbelegung an der A 61 hinsichtlich Verkehrszusammensetzung und Gesamtgewichtsverteilung der einzelnen Fahrzeugtypen als nicht repräsentativ angesehen. Verkehrserfassungen wie an der A 61 und anderen Abschnitten im deutschen Autobahnnetz wurden aber bisher im untergeordneten Straßennetz nicht durchgeführt. Daher war es erforderlich hinsichtlich der Verkehrszusammensetzung und der Gesamtgewichtsverteilungen Annahmen aufzustellen.

Für die Verkehrszusammensetzung werden hierbei die Zahlenwerte verwendet, die im Lastmodell 4 für Ermüdungsberechnungen der DIN EN 1991-2 enthalten sind (Tabelle 2). In der Tabelle sind in den Spalten 4 bis 6 für die drei Verkehrsarten „Große Entfernungen“, „mittlere Entfernungen“ und „Ortsverkehr“ Häufigkeiten von fünf verschiedenen Fahrzeugtypen dargestellt.

Es wird davon ausgegangen, dass durch diese drei verschiedenen Verkehrscharakteristiken der Verkehr auf dem untergeordneten Straßennetz hinsichtlich der Zusammensetzung beschrieben werden kann. **Welcher dieser drei Arten für ein konkretes Brückenbauwerk zutreffend ist, muss aus Verkehrserfassungen von Dauerzählstellen abgeleitet werden.**





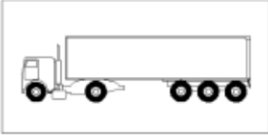

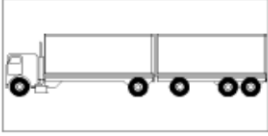
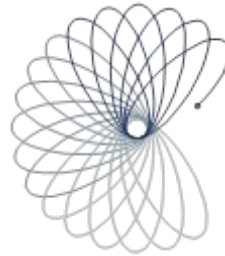
FAHRZEUGTYP			VERKEHRSART			
1	2	3	4	5	6	7
			Große Entfer- nung	Mittlere Entfer- nung	Orts- verkehr	
SCHWERFAHRZEUG	Achsab- stand (m)	Ersatz- achslast (kN)	Schwer- ver- kehrs- anteil	Schwer- ver- kehrs- anteil	Schwerv- er-kehrs- anteil	Reifenart
	4,5	70 130	20,0	40,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90	50,0	30,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0	A B C C C

Tabelle 2: Ermüdungslastmodell 4 nach DIN EN 1991-2 (Tab. 4.7)

Die beschriebene Verwendung verschiedener Verkehrszusammensetzung erlaubt einen ersten Schritt der Differenzierung der Untersuchungen. Der nächste Schritt besteht in einer erweiterten Differenzierung hinsichtlich der Gesamtgewichtsverteilungen der Fahrzeugtypen. Hierzu wird wie folgt vorgegangen. Für die Verkehrscharakteristik Große Entfernung werden die Parameter der aus den Messungen an der A61 ermittelten Gesamtgewichtsverteilungen verwendet. Dies entspricht damit den bisher verwendeten Daten. Für die Verkehrscharakteristik Mittlere Entfernung werden Gesamtgewichtsverteilungen verwendet, die anhand von Messungen an der Talbrücke Denkendorf (A 8 nahe Stuttgart) im Rahmen eines vorhergehenden Forschungsprojektes ermittelt wurden. Für die Verkehrscharakteristik Ortsverkehr werden von der Bundesanstalt für Straßenwesen bereitgestellte



Gesamtgewichtsverteilungen aus Messungen an der A66 (Kreuz Miquelallee, Frankfurt a.M.) verwendet. Hintergrund für diese Differenzierung der Gesamtgewichtsverteilungen ist die Erfahrung, dass auch die tatsächlichen Fahrzeuggewichte (nicht die zulässigen Gesamtgewichte) streckenspezifisch sind. In Bild 1 sind die Gesamtgewichtsverteilungen des Fahrzeugtyps 98 (Sattelschlepper mit zweiachsiger Zugmaschine und dreiachsigem Auflager) für die drei aufgeführten Messstellen dargestellt.

Es wird deutlich, dass die für die Gesamtgewichtsverteilung eines Fahrzeuges eine starke Ortsabhängigkeit vorliegt. Die lokalen Maximalpunkte sind in den drei Verteilungen sehr ähnlich. Ein Maximalpunkt liegt im unteren Bereich der Gesamtgewichte bei 15 t bis 25 t und ein weiterer im oberen Bereich bei 35 t bis 40 t. Der untere Maximalwert widerspiegelt gering- bis unbeladene Fahrzeuge und der obere Maximalwert die voll- bis überladenen Fahrzeuge.

Die Häufigkeit dieser beiden groben Gruppen zueinander ist aber bei den drei Messstellendaten deutlich unterschiedlich.

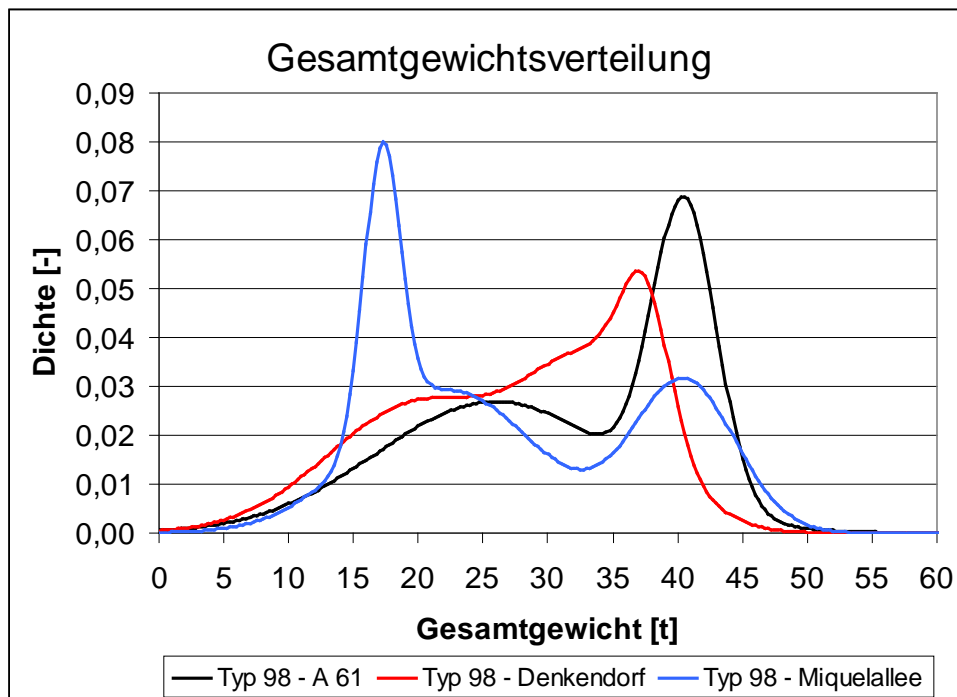
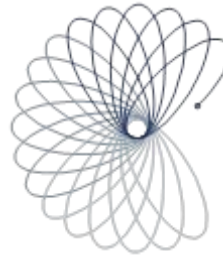


Bild 1: Gesamtgewichtsverteilung Fahrzeugtyp 98 für drei Messstellen

**Die Verwendung dieser drei Datenbestände für das untergeordnete Netz mit den verschiedenen aufgeführten Verkehrscharakteristiken stellt aber dennoch eine Annahme dar, da konkrete Messdaten aus diesem Netz nicht vorliegen.**

Die Untersuchungen wurden in der gleichen Weise wie die Untersuchungen zum europäischen Lastmodell geführt. Alle Sicherheitselemente sind gleich.

Die Eingangsdaten beruhen aus den genannten Messungen und decken somit nicht das wirkliche Spektrum vor allem für Brücken im untergeordneten Netz ab. Da im untergeordneten Netz der Begegnungsverkehr gegenüber dem Richtungsverkehr überwiegt, wird auch dieser Sachverhalt getrennt untersucht. Annahmen zu Schwerverkehr werden durch ausgewählte Szenarien abgebildet. Während für die große Entfernung auch



genehmigungspflichtiger Verkehr in Form von 48 t Mobilkränen eingemischt wird erfolgt das für das untergeordnete Netz nicht.

Ergebnis dieser Untersuchungen sind die in der Nachrechnungsrichtlinie dargestellten Ziellastniveaus. Die aufgeführten Grundannahmen zeigen, dass die zur Verfügung stehenden Verkehrsdaten nicht hinreichend sind, um das Netz der Autobahnen, Bundesfernstraßen und den untergeordneten Straßen umfassend abzudecken. Sie stellen vielmehr eine Umhüllende der Möglichkeiten dar, die bei vorhandenen Daten durchaus zu abweichenden Ergebnissen führen. Die Umhüllende ist allerdings nach oben abgesichert.

Wir haben inzwischen einige objektspezifische Ermittlungen von Ziellastniveaus durchgeführt. Dies wurde jeweils in die Stufe 4 der Nachrechnungsrichtlinie eingeordnet. Die Ergebnisse führten in der Regel zu Einstufungen unterhalb der Nachrechnungsrichtlinie.

#### 5. Kompensationsmaßnahmen

Unsere Bestandsbauwerke aus den Jahren vor 1985 liegen auch in hoch befahrenen Trassen. Diese können weder zeitnah verstärkt oder ersetzt werden und auch nicht aus dem Verkehr genommen werden. Deshalb steht die Frage nach möglichen Kompensationsmaßnahmen, also was können wir tun, um beispielsweise eine Brücke, die für eine BK 60 nachgewiesen wurde aber ein LM 1 benötigt mit der erforderlichen Sicherheit im Verkehr zu belassen.

Die Möglichkeiten sind begrenzt, vorstellbar sind

- LKW Überholverbot
- Abstandsbeschränkung
- Geschwindigkeitsbeschränkung
- Einschränkung des genehmigungspflichtigen Großraum- und Schwerlastverkehrs

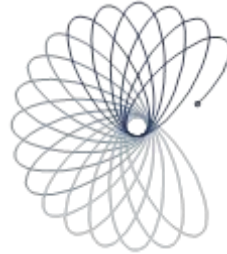
Für diese Maßnahmen wurden nunmehr die Untersuchungen in bisher dargestellter Weise geführt. Da das dargestellte Problem vorwiegend ein Problem der Autobahnen ist, wurden für diese Untersuchungen folgende Ausgangsdaten verwendet:

- Gesamtgewichtsverteilungen aus Daten A61
- Verkehrszusammensetzung (LKW) aus Daten A61
- Ansatz von gen. SV durch 48t Mobilkran
- Verkehrsstärken zwischen 10000 und 500 (DTV-SV pro Richtung):

Es ist verständlich, dass eine Geschwindigkeitsbeschränkung als Kompensationsmaßnahme nur bedingt geeignet ist. Ein verminderter Schwingbeiwert im fließenden Verkehr zeigt keine nachhaltige Wirkung. Die Maßnahme ist aber geeignet um Unfälle zu minimieren, was rechnerisch keine Berücksichtigung findet aber beachtet werden sollte.

Die weiteren genannten Maßnahmen sind jedoch wirksam. Ein rechnerisch maßgebender Parameter ist der Fahrzeugabstand im Stau. Hier existieren keine erfassten Daten. Alle Eingangswerte sind Annahmen. Alle Rechnungen zur Ermittlung von Kompensationsmaßnahmen wurden mit einem gleichverteilten Fahrzeugabstand im Stau von (Stoßstange zu Stoßstange) 0 bis 10 m und 0 bis 20 m geführt.





Trendanalysen und objektspezifische Untersuchungen mit veränderten Abständen weisen einen relevanten Einfluss aus.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Anhang 1 der Nachrechnungsrichtlinie dokumentiert. Als Kompensationsmaßnahme ist dort auch die Elimination des genehmigungspflichtigen Schwerverkehrs gelistet. Das führte anfangs zu Missverständnissen. Genehmigungspflichtiger Schwerverkehr, der für die jeweilige Brücke durch Nachrechnung geprüft wurde, ist darunter nicht zu verstehen, sondern nur der genehmigungspflichtige Schwerverkehr mit Dauererlaubnis, der nicht spezifisch nachgewiesen wurde und im Verkehr mitfährt.

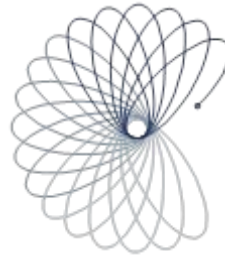
## 6. Verkehrsführungen

Die bisherigen Darlegungen dienen der Ermittlung der Einwirkungen von Straßenverkehr auf Brücken. Die Bestandsbrücken aus den Jahren mit geringeren Lastannahmen und Nachweisen, die nicht dem aktuellen Stand der Technik entsprechen werden nachgerechnet. Im Ergebnis der Nachrechnung kann es erforderlich werden, dass die Bestandsbrücken ertüchtigt oder neu gebaut werden müssen. Ertüchtigung von Autobahnbrücken heißt Bauen unter Verkehr. Auf den Bestandsbrücken ist eine veränderte Verkehrsführung erforderlich. Mit einer veränderten Verkehrsführung geht aber unter Umständen auch eine Veränderung der Beanspruchungen der Brückenbauwerke infolge dieser „Umnutzung“ einher. Deshalb wurden auch Analysen zum Einfluss der veränderten Verkehrsführung bei Ertüchtigungsmaßnahmen auf die Bauwerksbeanspruchungen durchgeführt.

Im Rahmen der Untersuchungen werden verschiedene Verkehrscharakteristiken und veränderte Spurgeometrien, die im Rahmen einer veränderten Verkehrsführung wegen Baumaßnahmen notwendig werden, betrachtet. In den Untersuchungen wird die Verkehrsart „Große Entfernung“ und „Mittlere Entfernung“ betrachtet. Ergänzend wird ein ausgewähltes Szenario für den prognostizierten zukünftigen Verkehr betrachtet, in dem von einem erhöhten zulässigen Gesamtgewicht des Sattelzuges ausgegangen wurde.

Gegenstand der Untersuchungen ist die sogenannte 4+0 Verkehrsführung. Hierbei werden auf einem Streckenabschnitt vier Fahrspuren auf eine Richtungsfahrbahn gelegt. Diese Verkehrsführung geht mit einer Verengung der Spurbreite einher.

In den Untersuchungen werden drei verschiedene Varianten von Breite und Lage der vier betrachteten Spuren behandelt. Betrachtet wurden hierbei verschiedene Varianten der Anordnung von 4 Fahrstreifen (2 pro Richtung) auf einem Überbauquerschnitt sowie der Ansatz bzw. nicht Ansatz von LKW-Überholverbot (LKW-Verkehr auf dem zweiten Fahrstreifen einer Richtung). Vier verschiedene Verkehrsstärken sowie zwei Varianten der Verkehrszusammensetzung wurden zur Abbildung des aktuellen Verkehrsaufkommens betrachtet und um eine Prognosevariante für zukünftiges Verkehrsaufkommen ergänzt. Im Ergebnis entstand die Anlage 5 der Nachrechnungsrichtlinie in der 1. Ergänzung mit folgender hier zusammengefasster Information:



Die Einwirkungen aus Verkehr in einer 4+0- bzw. 4s+0-Verkehrsführung sind

- a) beginnend mit dem Verkehrslastmodell Brückenklasse 60 und höher gemäß der Normenreihe DIN 1072 inkl. Einrechnung eines Schwingbeiwertes zur Erfassung dynamischer Einflüsse

oder

- b) mit dem Lastmodell LM1 nach DIN-Fachbericht 101 oder höher abgedeckt.

## 7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Darstellung wurden die Einwirkungen aus Straßenverkehr auf Brücken beginnend vom Lastmodell für die vertikalen Einwirkungen aus Verkehr aus dem DIN Fachbericht zu DIN EN 1991-2 und des nationalen Anhangs bis zu den Regelungen für Bestandsbrücken erläutert. Dabei wurde das Ziel eines Überblickes verfolgt. Detaillierte Annahmen und Berechnungsabläufe konnten nicht dargestellt werden. Dafür wird auf die Literatur verwiesen.

## Literatur

- [1] Ladda, V.; Steinhilber, H.: Messung und statische Beschreibung der Verkehrslasten einer Autobahn; Schlussbericht zum Forschungsprojekt BMV-FE15.138R84G, Darmstadt 1985.
- [2] DIN EN 1991-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken. Ausgabe 12/2010.
- [3] DIN EN 1991-2/NA: Nationaler Anhang – national festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken. Ausgabe 08/2012
- [4] König, G.; Novak, B.: Untersuchungen über den Einfluss von Anpassungsfaktoren (a-Werte) für Straßenverkehrslasten gemäß Eurocode 1, Teil 3 auf Brücken, Schlussbericht zum Forschungsprojekt BAST-FE12.259R95F, Leipzig 1998.
- [5] Geißler, K.: Auswirkungen der Zulassung von 60t-Lkw auf Brückenbauwerke im Zuge der Bundesfernstraßen. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 68. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen, 2009.
- [6] Böning, S.: Entwicklung einer geschlossenen Vorgehensweise zur Ermittlung von Beanspruchungen von Brückenbauwerken infolge Straßenverkehr. Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, Dissertation, 2013.
- [7] Freundt, U.; Böning, S.: Anpassung des DIN-Fachberichts 101 „Einwirkungen auf Brücken“ an Eurocodes - Zukunftsfähiges Lastmodell für Straßenverkehrslasten. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Brücken- und Ingenieurbau - Heft B 77. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen, 2011.
- [8] Freundt, U.; Böning, S.: Anpassung des DIN-Fachberichts 101 „Einwirkungen auf Brücken“ an endgültige Eurocodes und nationale Anhänge einschließlich Vergleichsrechnung - Brückenbestand (Schlussbericht FE 84.107/2009) (Forschungsbericht). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen, 2011.