



Eisenbahn-Bundesamt



VDV Die Verkehrs-
unternehmen

Bewertung der dynamischen Brückenkompatibilität für Fahrzeugeinsätze mit Einmaligkeitscharakter

- AP1-Verfahren -

Ausgabe 3.0 vom 27. November 2019

Gesamtbearbeitung
Lenkungsreis Fahrzeuge
Arbeitskreis Brückendynamik

AP1-AGr:
Jörg Schurig - RailAdventure
Monika Möller - DB Netz AG
Günther Grunert - DB Netz AG
Henry Sulz - DB AG
Dr. Stefan Schlagner - Bombardier Transportation
Karl-Heinz Fehr - VPI Hamburg

Inhaltsverzeichnis

0 Nachweise, Referenzen, Begriffe	3
Änderungsnachweis	3
Referenz-Dokumente	4
Begriffe/Abkürzungen	4
1 Auftrag	5
1.1 Veranlassung	5
1.2 Auftrag	5
2 Einsatzartenerfassung und Vorbewertung	6
2.1 Grundlage und Rahmenbedingung	6
2.2 Anwendungsbereich	6
2.2.1 Fahrzeug havariert bzw. Untersuchungsfrist abgelaufen	6
2.2.2 Überführungsfahrt	7
2.2.3 Probefahrt	8
2.2.4 Schlussfolgerung hinsichtlich Einsatzarten	8
3 Beanspruchungserfassung und Bewertung	9
3.1 Untersuchung Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit	9
3.1.1 Schlussfolgerung Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit	9
3.2 Untersuchung Tragfähigkeit	9
4 Entwicklung Nachweisverfahren Erprobung	10
4.1 Erstbetrachtung	10
4.2 Untersuchungsschritte	10
4.2.1 Auswahl Referenzfahrzeug	10
4.2.2 Toleranzvergleich Referenzfahrzeug mit Prüfling	10
4.2.3 Geschleppte Erprobungszüge	10
4.2.4 Anwendung des Nachweisverfahrens	11
4.3 Alternative	12
5 Lokomotiven und Einzelwagen	13
5.1 Grundbedingungen	13
5.2 Einzelbedingungen	13
5.3 Konstellationen	14
6 Umsetzung	15
6.1 Zusammenfassung	15
6.2 Freigabe und Einführung	15

0 Nachweise, Referenzen, Begriffe

Änderungsnachweis

Ausgabe/Revision	Datum	Beschreibung	Verfasser	Freigabe
1.0	02.05.2018	Erstellung	AP1-AGr im AK Brückendynamik	
1.1	08.05.2018	Red. Änderungen (Satzbau) in den Abschn.en 2.1, 2.2.1, 2.2.2, 5.1 und 5.2; Nummerierung des Abschn.es 4.2 geändert und Einschub des Abschn. 4.2.2 mit Tabelle 1 „Toleranzbedingungen“	AP1-AGr im AK Brückendynamik	Lenkungskreis Fahrzeuge
1.2	16.05.2018	Red. Änderungen (Querverweise richtiggestellt; sprachliche Klarheit) in den Abschn.en 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3.1, 4.2.3.2, 4.2.3.3 und Pkt. 3 in 4.3	AP1-AGr im AK Brückendynamik	Lenkungskreis Fahrzeuge
1.3	16.05.2018	Red. Änderungen (Querverweise richtiggestellt; sprachliche Klarheit) in den Abschn.en 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3.1, 4.2.3.2, 4.2.3.3 und Pkt. 3 in 4.3	AP1-AGr im AK Brückendynamik	Lenkungskreis Fahrzeuge
2.0	13.06.2019	Abschn. 0: Verzeichnis „Referenz-Dokumente“ vervollständigt und nicht veröffentlichte Arbeitspapierhinweise entfernt; Verzeichnis „Begriffe/Abkürzungen“ um drei Angaben ergänzt; Abschn. 1: redaktionelle bzw. grammatikalische Richtigstellungen; Abschn. 3.1: Verständlichkeit des ersten Halbsatzes und des AK-Beschlusses durch Umformulierung verbessert; Abschn. 4.2.1: Anpassung der Verweis-Nummerierung wg. Einfügung Abschn. 4.2.3 neu; Abschn. 4.2.2: Anpassung Verweis-Nummerierung; in Tab. 1 Spalten der zul. Toleranzen aufgeteilt in Mittelwg. und Endwg.; Abschn. 4.2.3 neu „Geschleppte Erprobungszüge“ eingefügt; Abschn. 4.2.4.1: Red. Anpassung; Abschn. 4.2.4.4: Nr.n-Anpassung; Abschn. 5: Überschrift geändert; Abschn. 5.2: Überschrift geändert und dritten Umsetzungspunkt eingefügt.	AP1-AGr im AK Brückendynamik	AK Brückendynamik
3.0	27.11.2019	Abschn. 2.2.3: Red. Anpassung Abschn. 2.2.4: Anpassung zum besseren Verständnis Abschn. 4.2.2: Tabelle geändert Abschn. 4.2.4.4: Änderung des Satzbaus zur Erhöhung der Verständlichkeit Abschn. 5: Neu eingefügt Abschn. 6.2: Vierten Umsetzungsabsatz eingefügt	AP1-AGr im AK Brückendynamik	

Referenz-Dokumente

Referenz	Dokument	Ausgabe
[1]	SNB-RW 810.0200A81 gültig ab 01.11.2016, übergegangen in Abschn. E.3 des TNB	SNB der DB Netz AG
[2]	EBA 3.230-32xsa/005-0001#016; Überführungsfahrten - materielle und formale Anforderungen an Fahrzeuge - vgl. www.eba.bund.de	05.09.2012
[3]	Verzeichnis „AP1-Referenzfahrzeuge“ in der Rubrik „Brückendynamik“ auf der Website www.dbnetze.com/probefahrten - in der jeweils aktuell bereitgestellten Fassung -	im ständigen Fortschreibungsmodus
[4]	Verzeichnis „AP1-Erprobungsstrecken“ in der Rubrik „Brückendynamik“ auf der Website www.dbnetze.com/probefahrten - in der jeweils aktuell bereitgestellten Fassung -	im ständigen Fortschreibungsmodus
[5]	Verzeichnis „AP1-Versuchsparameter“ in der Rubrik „Brückendynamik“ auf der Website www.dbnetze.com/probefahrten - in der jeweils aktuell bereitgestellten Fassung -	im ständigen Fortschreibungsmodus
[6]	Vordrucke 1-9, Arbeitsblätter zum Nachweis der Tragfähigkeit in der Rubrik „Brückendynamik“ auf der Website www.dbnetze.com/probefahrten - in der jeweils aktuell bereitgestellten Fassung -	im ständigen Fortschreibungsmodus

Begriffe/Abkürzungen

SNB	Schiennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netz AG - vgl. www.dbnetze.com/snb
SNB-RW	Regelwerk der DB Netz AG, das Bestandteil der SNB ist
TNB	„Technische Netzzugangsbedingungen“ - netzzugangsrelevantes Regelwerk der DB Netz AG, das Bestandteil der SNB ist
AP1-AGr	Arbeitspaket1-Arbeitsgruppe im AK Brückendynamik
AK	Arbeitskreis

1 Auftrag

1.1 Veranlassung

Die DB Netz AG hat 2016 mit Aufnahme eines neuen Regelwerks [1] in die Schienennetz-Benutzungsbestimmungen (SNB) einen seit Privatisierung der deutschen Eisenbahn ungeregelten Zustand beendet. Das Zusammenwirken der Fahrzeuge und der Brücken fand früher im Beförderungs- und Transportwesen der Eisenbahn Berücksichtigung. Neue Entwicklungen wurden mit allen Bereichen der Eisenbahn abgestimmt. So auch dynamische Bemessung von Eisenbahnbrücken.

Der erste Schritt der Privatisierung 1994 hatte geringe Auswirkung auf neuere Entwicklungen. Die Geschäftsbereiche arbeiteten in gewohnter Weise weiter zusammen. Mit dem zweiten Schritt der Bahnreform konzentrierten sich neue Entwicklungen auf gesetzliche und normative Regeln. Kompatibilitätsregeln mussten erst erarbeitet werden.

Die gleichzeitig zunehmende Vielfalt unterschiedlicher Züge insbesondere des Personenverkehrs, gestiegene Fahrzeuggeschwindigkeiten und Radsatzlasten wie auch Radsatzanordnungen bedeuten, dass hinsichtlich der Brückenbeanspruchung geänderte Faktoren zu berücksichtigen sind. Diese waren und sind zu ermitteln, damit die Einwirkung auf Brücken untersucht werden kann. Darüber hinaus muss es einem Fahrzeughersteller möglich sein, die brückendynamischen Eigenschaften seines Zuges bereits in der Konzeptphase bewerten zu können. Das o.g. SNB-RW gibt die Anforderungen für Fahrzeuge bzw. Züge bekannt, die für die Brückenkompatibilität erforderlich sind.

1.2 Auftrag

Um den Umgang mit dem SNB-RW [1] transparent zu gestalten wurde vom Lenkungskreis (LK) Fahrzeuge der Arbeitskreis (AK) Brückendynamik einberufen. Dieser ermittelte das Aufgabefeld und systematisierte die anstehenden Aufgaben. Darauf aufbauend hat der LK Fahrzeuge am 16.11.2016 in seiner 57. Sitzung fünf Arbeitspakete beauftragt.

Für das Arbeitspaket 1 wurde folgende Aufgabenstellung formuliert:

Regelungen für die Fahrten mit Einmaligkeitscharakter (Überführungsfahrten, Probefahrten und dergleichen) weiterentwickeln, festlegen und in den Leitfaden in AP 2 überführen

Zielstellung: Vereinfachte Nachweisführung Anwendung kompensierender betrieblicher Maßnahmen

Die vorbeschriebene Aufgabe ist entstanden, weil die brückendynamische Bewertung eines Fahrzeugs bzw. Zuges zeitaufwendig ist. Insbesondere für neue Fahrzeuge, die schon fertig gebaut sind und im Bereich der Schienenwege der DB Netz AG in Erprobung genommen werden sollen ist ein einfach, direkt und unkompliziert anzuwendendes Prüfverfahren für den aktuell anstehenden Übergangszeitraum nötig. Es galt somit, für Fahrzeugeinsätze mit Einmaligkeitscharakter zu prüfen, ob die Möglichkeit besteht, einen vereinfachten, vorläufigen Kompatibilitätsnachweis zu erbringen und - im positiven Erkenntnisfall - diesen zu entwickeln.

Der Anwendungsbedarf endet automatisch, wenn alle neu zuzulassenden Fahrzeuge spätestens vor dem ersten Erprobungseinsatz der klassischen brückendynamischen Bewertung unterzogen werden konnten.

Die zu entwickelnde Methode ist ausdrücklich für dauerhafte oder länger dauernde Einsätze ausgeschlossen.

2 Einsatzartenerfassung und Vorbewertung

2.1 Grundlage und Rahmenbedingung

Lt. SNB-RW [1] gilt folgendes:

- Für Fahrten mit Einmaligkeitscharakter (z.B. Probefahrten, Überführungsfahrten) können im Einzelfall andere Werte zugelassen werden.

Diese Regelung gestattet die Erarbeitung und Anwendung eines vereinfachten Verfahrens. Die von der DB Netz AG vorgegebene und zu beachtende Grundanforderung:

- Das Fahrzeug bzw. der Zug muss sicher, störungs- und fehlerfrei zum Einsatz kommen. ist auch bei einer vereinfachten Bewertung zu gewährleisten.

2.2 Anwendungsbereich

Der Begriff „Fahrten mit Einmaligkeitscharakter“ ist seitens der zuständigen nationalen Sicherheitsbehörde, dem Eisenbahn-Bundesamt, formuliert und definiert worden. Die Definition ist im Referenz-Dokument [2] enthalten und bezieht sich auf Fahrzeugbewegungen, die i.d.R. einmalig oder in sehr geringem Umfang erfolgen und z.B. der Fertigstellung in anderem Werksteil bzw. im benachbarten Ausland oder einem Ausstellungszweck dienen. Im Allgemeinen wird der Begriff sehr restriktiv ausgelegt, so dass üblicherweise ein Hin und-Zurück darunter zu verstehen ist. Die Gemeinsamkeit dieser Einsätze besteht darin, dass sie mit nicht zugelassenen Fahrzeugen erfolgen.

Die Fahrten mit Einmaligkeitscharakter teilen sich nach [2] in drei Gruppen auf:

- 2.2.1. Fahrten nach Havarie oder nach Ablauf der Untersuchungsfrist,
- 2.2.2. Überführungsfahrten von nicht zugelassenen Fahrzeugen und
- 2.2.3. Probefahrten.

Für diese drei Gruppen wird im Weiteren betrachtet, ob und in welchem Umfang der Einsatzbereich weitergehende Untersuchungen im Rahmen der AP1-Aufgabe zulässt oder erfordert.

Die Verwendung der in dem vorliegenden Dokument vorgestellten Verfahren ist - unter Berücksichtigung der vorgesehenen Maximalgeschwindigkeit und der Radsatzlasten bei der Erprobung - nicht erforderlich, wenn der Nachweis gem. [1] erbracht wird. Das gilt insbesondere auch dann, wenn die Einstufung des Fahrzeuges gem. [1] keine gesonderte Betrachtung einer Kompatibilität hinsichtlich brückendynamischer Effekte erfordert.

2.2.1 Fahrzeug havariert bzw. Untersuchungsfrist abgelaufen

Wenn ein Fahrzeug havariert bzw. wenn die Untersuchungsfrist eines Fahrzeugs abgelaufen ist, hat das Eisenbahnunternehmen, das die nächste Beförderung mit diesem Fahrzeug beabsichtigt, in eigener Verantwortung die Gebrauchstauglichkeit festzustellen.

Da Fahrzeuge bereits vor Eintritt eines der beiden vorgenannten Ereignisse im Netz verkehrten, kam das SNB-RW [1] bereits zur Anwendung. D.h., es ist nicht von brückendynamisch kritischem Zustand auszugehen.

Ist der ordnungsgemäße Zustand nicht zu erreichen, das Fahrzeug kann aber als einmalig lauffähig bewertet werden, kann davon ausgegangen werden, dass die Einsatzgeschwindigkeit eher geringer sein wird als die ursprünglich zugelassene. Unter dieser Annahme ist auch dieser Fall brückendynamisch nicht kritisch zu bewerten.

Sollte bei einem Einsatz nach einer Havarie ein Hilfs-Drehgestell zur Anwendung kommen, kann von sehr geringen Geschwindigkeiten (30 km/h bis max. 50 km/h) ausgegangen werden, so dass auch hier kein brückendynamisch kritischer Zustand zu betrachten ist.

Somit kann die Gruppe der havarierten Fahrzeuge wie auch die der Fahrzeuge, bei denen die Untersuchungsfrist abgelaufen ist, von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden. In

diesen Fällen ist nicht von neu entstandenen resonanzerregenden Faktoren auszugehen. Die gewonnene Erkenntnis lautet:

Nach Havarien bzw. bei Fahrzeugen mit abgelaufener Untersuchungsfrist sind keine Brückendynamik-Eigenschaften zu untersuchen.

2.2.2 Überführungsfahrt

Grundsätzlich wird der Begriff „Überführungsfahrt“ im Weiteren nur für nicht zugelassene Fahrzeuge verwendet; Überführungsfahrten von zugelassenen Fahrzeugen werden als Leerfahrten bezeichnet. Bei Überführungsfahrten nach [2] handelt es sich um einmalige Verbringungen z.B. zur Fertigstellung, zur Überführung ins Ausland oder zur Ausstellung.

Von der im Referenz-Dokument angesprochenen EBA-Regelung wurden ausdrücklich die Überführungsfahrten zwischen einzelnen Probefahrten ausgenommen. Diese werden von der Zulassungsstelle im Rahmen der Zustimmung zur Erprobung behandelt. Diese Trennung erfolgt, weil keine rechtliche Zuständigkeitsüberschneidung entstehen darf. Einsätze nach [2] unterstehen der zuständigen Aufsichtsbehörde; Überführungen zwischen den Erprobungsstrecken unterstehen der zuständigen Zulassungsbehörde.

Demgegenüber dient die Überführungsfahrt in beiden Fällen dem gleichen Ziel. Die technischen Anforderungen und Bedingungen bei Überführungsfahrten bleiben trotz unterschiedlicher behördlicher Zuständigkeit gleich. Somit kann diese Unterscheidung im Weiteren unberücksichtigt bleiben. Die Überführungsfahrten nach [2] wie auch die Überführungsfahrten im Rahmen der Erprobung werden, solange das zu überführende Fahrzeug als regelgerecht gebrauchstauglich zu bezeichnen ist, von dem zuständigen EVU in alleiniger Verantwortung durchgeführt.

- Da qualitativ kein Unterschied zwischen Überführungsfahrten während und außerhalb einer Erprobung festzustellen ist, sind diese Fahrten dem AP1-Auftrag gleichgesetzt.

Überführungsfahrten erfolgen ausschließlich mit der Zielstellung, das Fahrzeug von A nach B zu befördern. Die Geschwindigkeit wie auch die befahrenen Strecken/-Abschn.e sind nachrangig.

An dieser Stelle wird ein weiterer Inhalt des Referenz-Dokuments [1] herangezogen:

Dynamische Überprüfungen für den Nachweis der Kompatibilität sind nicht erforderlich für Güterwagen mit der Höchstgeschwindigkeit bis zu 120 km/h und Radsatzlasten bis 22,5 t sowie Meterlasten bis 6,4 t/m¹.

Davon ausgehend, dass diese Geschwindigkeit als die Grenzggeschwindigkeit der Kritikalität für Eisenbahnüberführungen anzusehen ist und davon ausgehend, dass i.S. der geltenden Regeln übergroße Radsatzlasten als „Außergewöhnlicher Transport/Beförderung“² mit entsprechend vorhergehenden Untersuchungen durchzuführen sind, kann somit die Geschwindigkeit von 120 km/h pauschal als die gestattungsfähige Obergrenze für alle Überführungsfahrten angenommen werden, soweit nicht andere regulative Bestimmungen dem entgegen stehen. Ein weiterer brückendynamischer Nachweis ist an dieser Stelle entbehrlich. Die gewonnene Erkenntnis lautet:

Überführungsfahrten mit gebrauchstauglichen Fahrzeugen, die keine außergewöhnlichen Eigenschaften aufweisen, können ohne brückendynamische Bewertung mit bis zu 120 km/h durchgeführt werden.

Dieses Ergebnis wurde im Februar 2017 in die 58. Sitzung LK Fahrzeuge eingebracht und von diesem verabschiedet.

¹ Diese Begrenzung wird mit den SNB2019 ergänzend eingeführt.

² Weist ein Fahrzeug bzw. Transport außergewöhnliche Eigenschaften auf, wie z.B. übergroß oder über-schwer, muss eine besondere Untersuchung nach TNB durchgeführt werden.

2.2.3 Probefahrt

Probefahrten werden erforderlich, damit die notwendigen Nachweise für die Zulassung erarbeitet werden können. Die Probefahrt bzw. der Erprobungseinsatz entspricht zunächst nicht völlig dem Einmaligkeitscharakter. Eine definierte Erprobungsstrecke wird durchaus über mehrere Tage hinweg mehrmals befahren. Jedoch hat die Summe der Erprobungsüberfahrten für die Brücken bezogen auf die jährliche Gesamtüberfahrtenmenge einen eher geringen Einfluss.

Daher können auch Probefahrten als Fahrten mit Einmaligkeitscharakter im Hinblick auf brückendynamische Wirkung betrachtet werden. Generell gilt:

Probefahrten bis zur Geschwindigkeit von 120 km/h können aus brückendynamischer Sicht als vernachlässigbar geringfügig kritisch bzw. unkritisch angenommen werden.

2.2.4 Schlussfolgerung hinsichtlich Einsatzarten

Mit den vorstehenden Feststellungen (rot umrandet) wurde eine Ausgangslage wie auch eine Handlungsanweisung geschaffen. Der Bereich der Einsätze, die als Brückeneinwirkung im Rahmen des Erträglichen anzusehen ist, wurde ermittelt, begründet und definiert. Die folgenden, erarbeiteten Leitsätze werden angewendet:

1. Nach Havarien bzw. bei Fahrzeugen mit abgelaufener Untersuchungsfrist sind keine Brückendynamik-Eigenschaften zu untersuchen.
2. Überführungsfahrten mit gebrauchstauglichen Fahrzeugen, die keine außergewöhnlichen Masseigenschaften aufweisen, können ohne brückendynamische Bewertung mit bis zu 120 km/h durchgeführt werden.
3. Probefahrten bis zur Geschwindigkeit von 120 km/h können aus brückendynamischer Sicht als vernachlässigbar geringfügig kritisch bzw. unkritisch angenommen werden.

Als weiteres Ergebnis ist festzustellen, dass die Probefahrt zweckentsprechend den ermittelten Bereich ggf. überschreiten muss. Für das Fahrzeug, das die Probefahrt mit höherer Geschwindigkeit durchführen soll, sind zur Erreichung eines vereinfachten Bewertungsverfahrens weitere Untersuchungen notwendig.

Probefahrten werden vorzugsweise auf bestimmten Strecken durchgeführt - vgl. [4]. Diese Strecken sind Basis für die im Weiteren beschriebenen Verfahren und somit Voraussetzung für dessen Anwendung.

3 Beanspruchungserfassung und Bewertung

Gemäß den vorangegangenen Ausführungen wird im Weiteren als besondere Einsatzart mit Einmaligkeitscharakter - die Probefahrt vertiefend betrachtet. Probefahrten werden in den meisten Fällen mit Geschwindigkeiten von mehr als 120 km/h durchgeführt.

D.h., für die Probefahrt ist zunächst die Wirkung zu bestimmen, die sie auf Brücken ausübt. Diese Wirkung ist anschließend hinsichtlich temporär auftretender Lastfälle zu bewerten.

Einfluss nehmen die Brückenbeanspruchungsgruppen

1. Ermüdung (Dauerhaftigkeit, nutzungszeitbezogen),
2. Gebrauchstauglichkeit und
3. Tragfähigkeit.

Diese Beanspruchungsgruppen sind hinsichtlich Ihrer Kritikalität zu betrachten.

Zunächst werden die Einflüsse untersucht, die durch die geringe Wiederholungsrate der Erprobungseinsätze als vernachlässigbar angenommen werden können.

3.1 Untersuchung Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit

Hierzu wurden von der AP1-AGr Untersuchungen durchgeführt, die in dem Dokument „Nachweis Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit für die Zulässigkeit brückendynamischer Einflüsse von Probefahrten und sonstiger Fahrten mit Einmaligkeitscharakter“ zusammengefasst und am 24.08.2017 dem AK Brückendynamik vorgestellt wurden. Darin werden die Beanspruchungsgruppen hinsichtlich ihrer Bedeutung auf die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit untersucht. Anlass der Untersuchung war die Feststellung, dass sich diese Lastfälle vorwiegend in Life-Cycle-Phänomenen manifestieren. D.h., dass die im Gegensatz zu der zu erwartenden Lebensdauer eines Fahrzeugs nur kurzzeitig durchzuführenden Probefahrten Einwirkung erwarten lassen, die eher marginal ist. Das wurde durch das vorgenannte Dokument plausibel dargestellt. Dem folgend hat der AK Brückendynamik dem LK Fahrzeuge dieses Zwischenergebnis vorgetragen und zur Verabschiedung vorgelegt.

- Beschluss in 60. Sitzung am 07.09.2017:
Der Lenkungskreis Fahrzeuge gibt das Grundlagenpapier "Nachweis Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit für die Zulässigkeit brückendynamischer Einflüsse von Probefahrten und sonstiger Fahrten mit Einmaligkeitscharakter" vom 24.08.2017 als Entwicklungsbasis für das AP1-Verfahren frei.

3.1.1 Schlussfolgerung Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit

Zusammenfassend betrachtet liegt die zusätzliche Belastung durch Probefahrten bei konservativer Betrachtung unter 5 %. Unter Annahme einer identischen Belastung der Brücken durch einen Erprobungszug im Vergleich zu einem Regelzug liegt die zusätzliche Belastung durch Probefahrten unter 1 %.

Da die Belastungssteigerungen durch Probefahrten geringer sind als die Belastungssteigerungen durch gestiegene Verkehrsleistung, sind hinsichtlich der Auswirkungen auf die Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit von Brückenbauwerken zu den Maßnahmen, wie sie bereits für gestiegene Verkehrsleistung gelten, keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

Der Kompatibilitätsnachweis für Probefahrten hinsichtlich Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit von Brückenbauwerken gilt somit als erbracht.

3.2 Untersuchung Tragfähigkeit

Die erforderlichen Untersuchungen zur Tragfähigkeit stellen somit das eigentliche Problem dar, für das es ein vereinfachtes Bewertungsverfahren zu entwickeln gilt. Dieses wird im Abschn. 4 vorgestellt.

4 Entwicklung Nachweisverfahren Erprobung

4.1 Erstbetrachtung

Zuerst wurden typische Erprobungszugkonstellationen ermittelt und bewertet. So konnte die Feststellung getroffen werden, dass die Verwendung der Triebzugkonstellationen nach DIN EN 15528 „Bahnanwendungen - Streckenklassen zur Behandlung der Schnittstelle zwischen Lastgrenzen der Fahrzeuge und Infrastruktur; Deutsche Fassung EN 15528:2015“ als Basis für alle Erprobungszüge herangezogen werden kann.

4.2 Untersuchungsschritte

4.2.1 Auswahl Referenzfahrzeug

Analog dem Prinzip der fahrtechnischen Erprobung, bei dem ein Teil der praktischen Erprobung durch Analogbewertung des Prüflings zu einem Referenzfahrzeug ersetzt werden kann, wird hier ein Referenzfahrzeug aus [3] gewählt und im Weiteren unter Beachtung der Toleranzen der DIN EN 15528 auf die Verwendungsfähigkeit geprüft.

Dabei gilt, dass kein Fahrzeug als Referenzfahrzeug ausgewählt werden darf, das

- in allen vier in den Abs. 4.2.4.1 bis 4.2.4.4 genannten Toleranzbereiche differiert.
- für eine geringere Geschwindigkeit gebaut ist.

Der nächste Schritt ist, die Unterschiede zu vergleichen.

4.2.2 Toleranzvergleich Referenzfahrzeug mit Prüfling

Mit der in Tabelle 1 gegebenen Liste können die ggf. vorhandenen Unterschiede zwischen dem Referenzfahrzeug und dem Prüfling verglichen werden. Befinden sich die Unterschiede innerhalb der genannten zulässigen Toleranzen bzw. treffen die vorgegebenen Bedingungen zu, ist der Nachweis durch Anwendung der Arbeitsblätter [6] nach 4.2.4 zu dokumentieren.

Fall/ Arbeits- blatt	Geo- metrie	Zulassungs- höchstgeschwin- digkeit Referenz- zug ³	zulässige Geometrie-Toleranz		zulässige Radsatzlast-Toleranz		erhöhte Prüfge- schwindigkeit auf Referenz- Str. zulässig
			Mittelwagen	Endwagen	Einzel-RSL ⁴	Mittlere und Summen-RSL	
A	unver- ändert	irrelevant	0 %	0 %	-100 ...+10 %	-100 ...+10 %	ja
B	verän- dert	nachvollziehbar überschritten	-10 ... +10 % -2 ... +2 %	-20 ... +20 % -4 ... +4 %	-100 ...+10 %	-100 ...+3 %	ja
C	verän- dert	nicht nachvoll- ziehbar überschritten	-5 ... +5 % -1 ... +1 %	-10 ... +10 % -2 ... +2 %	-100 ...+10 %	-100 ...+3 %	ja

Tabelle 1 „Toleranzbedingungen“

4.2.3 Geschleppte Erprobungszüge

Eine mögliche Konstellation eines Erprobungszugverbandes ist die Erprobung eines geschleppten Prüflings. In diesem Fall übernimmt eine zugelassene Lokomotive die Traktion des Zugver-

³ Hierbei wird beurteilt, ob der Referenzzug seine fahrtechnischen Versuchsfahrten auf den deutschen Referenzstrecken absolvierte.

⁴ Dabei darf die max. RSL der Streckenklasse der Erprobungstrecke nicht überschritten werden.

bandes. Ist der Prüfling ein Triebwagen, werden zur Ermöglichung der Fremdtraktion im Allgemeinen Kupplungsadapterwagen verwendet. In einem Erprobungszug sind ggf. auch Bremswagen erforderlich.

Bereits die Traktionslokomotive, Kupplungsadapterwagen und ggf. erforderliche Bremswagen haben untereinander unterschiedliche Geometrien bzw. Radsatzabstände, die sich zudem von denen des Prüflings nochmals unterscheiden. Diese Unterschiedlichkeiten in der Geometrie wirken möglichen Resonanzeregungen von Brückenbauwerken entgegen.

Bei dieser Konstellation sind folgende Schritte bzw. Kriterien bei der Nachweisführung erforderlich:

- Betrachtung der geometrischen Eigenschaften des Prüflings gem. Kap. 4.2.2
- Maximale Radsatzanzahl des Prüflings $\leq 50\%$ des Referenzfahrzeuges
- Summenradsatzlast Erprobungszugverband⁵ \leq Summenradsatzlast Referenzzug⁶
- Erprobungsgeschwindigkeit ≤ 200 km/h
- Radsatzanzahl Traktionslokomotive ≤ 4

Der Nachweis ist in dem passenden Arbeitsblatt mit Bezug zwischen Prüfling und Referenzfahrzeug zu bewerten (s. Kap. 4.2.4). Die ergänzenden Prüfungen für den Erprobungszugverband sind im Kap. 2 des entsprechenden Arbeitsblattes zu dokumentieren.

4.2.4 Anwendung des Nachweisverfahrens

4.2.4.1 Geometrievergleich

Wenn die Anordnung der Radsätze, der Drehgestelle, Länge der Segmente und/oder weitere geometrische Eigenschaften zwischen Prüfling und Referenzfahrzeug differieren, ist der Vergleich nach Arbeitsblättern \rightarrow B, C durchzuführen. Welches Arbeitsblatt auszuwählen ist, bestimmt sich nach den weiteren Kriterien.

4.2.4.2 Massenvergleich

Wenn sich die Massen bzw. die Radsatzlasten zwischen Referenzfahrzeug und Prüfling in dem Sinne unterscheiden, dass die Radsatzlast des Prüflings höher als die des Referenzfahrzeugs sind, sind die Arbeitsblätter \rightarrow A, B, C zu verwenden. Welches Arbeitsblatt auszuwählen ist, bestimmt sich nach den weiteren Kriterien.

4.2.4.3 Radsatzmengenvergleich

Wenn sich die Anzahl der Radsätze des Prüflings gegenüber dem Referenzfahrzeug erhöht, sind die Arbeitsblätter \rightarrow A, B, C zu verwenden. Welches Arbeitsblatt auszuwählen ist, bestimmt sich nach den weiteren Kriterien.

4.2.4.4 Geschwindigkeitsvergleich

Es ist nicht vorgesehen, dass ein Referenzzug ausgewählt wird, der für geringere Zulassungsgeschwindigkeit gebaut ist als der Prüfling.

Bei der Erprobung des Prüflings ergibt sich dann aber trotzdem eine, wenn auch nachvollziehbare Überschreitung der Fahrzeughöchstgeschwindigkeit. Diese ist erforderlich zur Erbringung der fahrtechnischen Nachweise. Aus Sicht der Brückendynamik ist die Einhaltung der Maximalgeschwindigkeiten gem. [4] bzw. [5] erforderlich. Es wird zunächst davon ausgegangen, dass der Referenzzug auch diese fahrtechnische Erprobung durchführen musste. Daher ist die Überschreitung der Höchstgeschwindigkeiten im Rahmen der fahrtechnischen Erprobung durch das vorliegende Bewertungsverfahren abgedeckt. Wenn die Probefahrten des Referenzzuges auf

⁵ Betrachtet wird die tatsächliche Zugmasse bei der Probefahrt. D.h., ggf. müssen mehrere Bewertungen durchgeführt werden.

⁶ Betrachtet wird die Masse bei außergewöhnlicher Zuladung.

dem deutschen Streckennetz durchgeführt wurden, gilt die für (fahrtechnische) Probefahrten erforderliche Überschreitung der Erprobungshöchstgeschwindigkeit als „nachvollziehbar übersritten“ (siehe Fall B in Tabelle 1 im Abschn. 4.2.2). Im Fall A darf die Erprobungshöchstgeschwindigkeit im Rahmen von Probefahrten aufgrund unveränderter Geometrieigenschaften ebenfalls oberhalb der Zulassungshöchstgeschwindigkeit des Referenzfahrzeuges liegen.

4.3 Alternative

Werden die Anforderungskriterien des vereinfachten Prüfverfahrens nicht erreicht, ist das Ergebnis der Regelbewertung nach SNB vor Aufnahme des ersten Einsatzes zumindest im Bereich der Schienenwege der DB Netz mit mehr als 120 km/h abzuwarten.

Als weitere Alternative bietet sich, dass ein Fahrzeug des Bestandes vor dem 01.11.2016, das nicht oder noch nicht in die Referenzliste aufgenommen wurde, ebenfalls im Rahmen dieses AP1-Verfahren zugrunde gelegt werden kann.

Die Bestandsfahrzeuge bestimmen das derzeitige Sicherheitsniveau. Dies gilt von allen Seiten als akzeptiert. Analog dem Procedere des Bestandschutzes bei Fahrzeugzulassungen gilt der Bestandschutz für den Netzzugang beim Thema Brückendynamik für Fahrzeuge, die vor dem 01.11.2016 einen uneingeschränkten Netzzugang hatten und im Regelbetrieb eingesetzt waren.

Varianten mit dieser Differenzierung des Netzzuganges im Themenbereich Brückendynamik:

(bestätigt in 61. Sitzung LK Fahrzeuge am 09.11.2017)

1. **Akzeptiert:** Neufahrzeuge, die nach Beurteilung mittels Softwaretool dem netzweit eingesetzten Bestand entsprechen, gelten als akzeptiert und können uneingeschränkt eingesetzt werden.
2. **Nachgewiesen (Nachweisverfahren SNB-RW 810.0200A81):**
 - a) Neufahrzeuge durchlaufen das Nachweisverfahren gemäß SNB-RW 810.0200A81.
 - b) Netzzugang je Nachweisverfahren netzweit oder streckenbezogen.
3. **Nachgewiesen (mittels Softwaretool):** Neufahrzeuge, die nach Beurteilung mittels Softwaretool den bereits durch DB Netz für das gesamte Streckennetz nachgewiesenen und in der Datenbank hinterlegten Fahrzeugen entsprechen.

5 Lokomotiven und Einzelwagen

Der Ansatz der nun folgenden Ausführungen und Bedingungen sind gegenüber dem vorherigen Abschn. 4 eine Nachweismöglichkeit, die mithilfe der mittlerweile gewonnenen Erfahrungen alternativ beschränkt werden kann. Der zu betrachtende Erprobungszug umfasst hier deutlich weniger Fahrzeuge bzw. Segmente als die Züge des Abschn. 4. Hinzu kommt, dass sich wenigstens eine Lokomotive im Zug befindet. Er stellt somit ein anderes Risikopotential dar als die gleichförmigen Triebzüge mit vielen Radsätzen. Lokomotiven sind hier der Hauptanregungspunkt der brückendynamischen Betrachtung.

5.1 Grundbedingungen

- a. Die Probefahrten sollen mit⁷ oder für⁸ Lokomotiven stattfinden.
- b. Diese Art der Nachweisführung ist auf Loks mit maximal 4 Radsätzen anwendbar.
- c. Die zum Erprobungseinsatz kommenden Wagen bzw. Segmente haben jeweils maximal vier Radsätze.
- d. Die durchschnittliche Radsatzlast des Wagenzugs darf 20 t nicht überschreiten.

5.2 Einzelbedingungen

- a. Laut gültigem Regelwerk [1] ist der Einsatz von Loks der Streckenklasse D2 oder geringer auf D4-Strecken bis Doppeltraktion⁹ und v_{\max} 160 km/h zulässig. Die für fahrtechnische Nachweisfahrten erforderliche Geschwindigkeitserhöhung bis zu 176 km/h ist statthaft, wobei die Maximalgeschwindigkeiten gem. [5] zu berücksichtigen bleibt.
- b. Für Geschwindigkeiten > 176 km/h sind einzelne Lokomotiven dann nachgewiesen, wenn der Nachweis hinsichtlich Geometrie und Radsatzlast mit den in der Referenzliste genannten Lokomotiven - ohne Berücksichtigung des ggf. dort genannten, anhängenden Wagenzugs - im Rahmen des Abschn. 4 des AP1-Verfahrens gelingt. - Für Lokomotiven gelten hierbei die Geometrietoleranzen für „Endwagen“ gem. Tab. 1.
Gemäß Abschn. 4 des AP1-Verfahrens sind Geschwindigkeitserhöhungen von 10% gegenüber der Zulassungsgeschwindigkeit der (Referenz-)Lokomotive zulässig.
- c. Bei der Erprobung mit bis zu zwei Lokomotiven im Erprobungszug können bis zu zwei Wagen an beliebiger Position eingestellt werden.
- d. Bei nachlaufenden Wagen und Einfachtraktion kann die Wagenanzahl auf drei erhöht werden.
- e. Bei nachlaufenden Wagen und Einfachtraktion, wenn der anhängende Wagenzug vier bis zu fünf Wagen umfasst, ist die Geschwindigkeit auf 200 km/h beschränkt.
- f. Für Wagen mit max. 22,5 t Radsatzlast - z.B. Güterwagen - gilt folgendes: die Erprobungsgeschwindigkeit unter Einsatz von max. zwei Lokomotiven an beliebiger Stelle im Erprobungszug ist ohne Anzahlbegrenzung aus brückendynamischer Sicht bis max. 132 km/h freigegeben.

⁷ Traktionslok ist zugelassen, im Zugverband befindet/-en sich Prüfling/-e.

⁸ Lok ist Prüfling, Wagen sind zugelassene Mess- oder Bremswagen.

⁹ In dem vorliegenden Dokument wird der Begriff „Doppeltraktion“ dahingehend verwendet, dass die Position zweier Lokomotiven im Zugverband an beliebiger Stelle sein kann.

5.3 Konstellationen

Im Rahmen der vorbeschriebenen Erprobung sind z.B. folgende Erprobungszugkonstellationen möglich:

Beispiel	Zug	möglicher Bezug
1	Lok - Wagen (- Wagen - Wagen - Wagen - Wagen)	b, c, e, f
2	Wagen (- Wagen) - Lok (- Lok)	a, b, c, f
3	Lok - Lok	a
4	Lok - Wagen (- Wagen) - Lok	a, c, f
5	Lok - Lok - Wagen (- Wagen)	a, c, f
6	Lok - Wagen - Wagen - Wagen - Wagen ... Wagen	b, d, f
7	Lok - Wagen ... Wagen (- Lok - Wagen ... Wagen)	a, b, d, f

Erprobungszüge sollten grundsätzlich nach Abschn. 4 wie auch Abschn. 5 nachgewiesen werden können. Es ist aber auch als ausreichend anzusehen, wenn der Nachweis nur nach einem der Abschn.e gelingt.

Im Abstimmungsverfahren mit der DB Netz AG zur Vorbereitung der Erprobung ist das angewendete Verfahren anzugeben. Sollte (auch) das Abschn. 5-Verfahren angewendet worden sein, sind die zugrunde gelegten Bedingungen (→ Kleinbuchstaben) zu benennen.

6 Umsetzung

6.1 Zusammenfassung

Es gilt die ausschließliche Gültigkeit dieser Regelungen für Erprobungseinsätze. Das hier dargestellte Verfahren bietet keine Grundlage für eine dauerhafte Inverkehrbringung. Es ist nur für besondere Einzeleinsätze akzeptabel, Beanspruchungen aus Ermüdung und Gebrauchstauglichkeit als vernachlässigbar einzustufen. Ebenso ist es nur für diese unabdingbaren Einzeleinsätze tolerierbar, die vorgestellte überschlägliche Kompatibilitätsbewertung als temporär unbedenklich zu akzeptieren.

Weiterhin muss es das Ziel sein, ausschließlich streckenbezogenen Netzzugang zu vermeiden und nach wie vor den Netzzugang für das Gesamtnetz zu erteilen. Teilnetzbezogene Freigaben sind zwar mit verhältnismäßig geringerem Aufwand zu erreichen, grenzen aber die Flexibilität des Betreibers ein, erschweren die operative Betriebsführung und sind langfristig nicht praktikabel.

6.2 Freigabe und Einführung

Der Lenkungskreis Fahrzeuge hat am 8. Mai 2018 beschlossen, dass

1. das vorgeschlagene Nachweisverfahren bei der Vorbereitung von Probefahrten wie auch von Einsätzen mit Einmaligkeitscharakter angewendet werden darf und
2. Prüflinge, die nicht im Rahmen der verabschiedeten vereinfachten Nachweisverfahren behandelbar sind, auch vor Erprobungseinsätzen gem. den Vorgaben der Referenz [1] zu untersuchen sind.

Der Arbeitskreis Brückendynamik hat am 13.06.2019 beschlossen, dass

3. das vorliegende fortgeschriebene Dokument wie auch die Referenz-Dokumente [3] bis [6] im Internet auf der Website der DB Netz AG unter www.dbnetze.com/probefahrten veröffentlicht werden und angewendet werden dürfen.

Der Arbeitskreis Brückendynamik hat am 27.11.2019 beschlossen, dass

4. das vorliegende fortgeschriebene Dokument wie auch die Referenz-Dokumente [3] und [6] im Internet auf der Website der DB Netz AG unter www.dbnetze.com/probefahrten veröffentlicht werden und angewendet werden dürfen und
5. die AP1-Arbeitsgruppe die Dokumente [3], [4] und [5] bedarfsweise fortzuschreibt und veröffentlicht.