



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Bundesnetzagentur

Eisenbahn-Bundesamt



DIE BAHNINDUSTRIE.

VDB VERBAND DER BAHNINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND E.V.



VERBAND DER GÜTERWAGENHALTER IN DEUTSCHLAND E.V.



VDV Die Verkehrs-
unternehmen

LF Aero Erpro

Leitfaden für die Berücksichtigung aerodynamischer Aspekte bei der Planung und Durchführung von Probefahrten

Datum: 09.11.2022

Ersteller: Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des
Lenkungskreis Fahrzeuge in Zusammenarbeit mit der
AbstimmungsRunde Erprobung

Änderungsindex

Rev.	Datum (TT.MM.JJJJ)	Beschreibung der Änderung	Verfasst	Freigabe
01	06.09.2012	Erstausgabe	DB Systemtechnik GmbH, T.TVI 32(2) im Rahmen des AK Aerodynamik für den LK Fahrzeuge	
02	26.10.2022	Fassung zur Freigabe durch den LK Fahrzeuge	Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des Lenkungskreis Fahrzeuge in Zusammenarbeit mit der Abstimmungsrunde Erprobung	
03	09.11.2022	Kapitel 6: Ergänzung der Freigabe durch Lenkungskreis Fahrzeuge	Siehe oben	Lenkungskreis Fahrzeuge (Veröffentlichung)

Inhaltsverzeichnis	Seite
Nachweise, Referenzen, Begriffe	4
Referenz-Dokumente	4
Abkürzungen und Begriffe	5
1 Einleitung	6
2 Anwendungsbereich	7
2.1 Probefahrten	7
2.2 Bewertung der Aerodynamik für Probefahrten	7
2.3 Bewertung von Fahrzeugen außerhalb der aerodynamischen Stellungnahme	8
3 Inhalte der aerodynamischen Stellungnahme	9
3.1 Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten	9
3.1.1 Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten an der freien Strecke	9
3.1.2 Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten in Tunneln	10
3.2 Aerodynamische Lasten auf und durch begegnende Züge	10
3.3 Aerodynamische Lasten auf Personen	10
3.4 Nachweis Sicherheit bei Seitenwind	11
3.5 Mikrodruckwellen-Thematik	11
4 Verfahren zur Bewertung	12
4.1 Fachliche Grundlagen	12
4.2 Grundlagen der Nachweisführung	12
4.2.1 Einhaltung von Anforderungen	12
4.2.2 Nachweis gleicher Sicherheit bei der Probefahrt	12
4.2.3 Nachweis zur Ertragbarkeit höherer Lasten im Einzelfall	13
4.2.4 Ausschluss oder Beschränkung aerodynamischer Lasten	13
4.2.5 Nachweis zu Seitenwind	13
4.3 Maßnahmen und besondere Anforderungen an die Probefahrt	14
4.3.1 Windwarnverfahren für Seitenwind	14
4.3.2 Mikrodruckwellen	15
4.3.3 Schotterflug	16
5 Zusammenfassung	17
6 Freigabevermerk	18
Anhang	19

Referenzen und Begriffe

Referenz-Dokumente

[1]	Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem (Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung - EIGV)
[2]	Eisenbahn-Bundesamt, „Probefahrten“. https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeugzulassung/Probefahrten/probefahrten_node.html
[3]	Die Regelungen zu Probefahrten sind auf der Homepage der DB Netz veröffentlicht: www.dbnetze.com/probefahrten
[4]	DB Netz AG, „Züge fahren; Versuchszüge“, Richtlinie 408.1431 und 408.3431, DB Netz AG, gültig ab 12.12.2021
[5]	DB Netz AG, „Bautechnik, Leit-, Signal- und Telekommunikationstechnik, Ausgewählte Maßnahmen für das Gesamtsystem Fahrweg / Fahrzeug - Aerodynamik / Seitenwind“, Modul 807.0401 bis Modul 807.0449, gültig ab 30.04.2006
[6]	DB Netz AG, „Nutzungsbedingungen Netz der DB Netz AG“ (NBN), veröffentlicht im Internet aktuell unter www.dbnetze.com/nbn
[7]	DB Netz AG, Richtlinie 853, Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten. Aktualisierung 9, 01.09.2018
[8]	VERORDNUNG (EU) Nr. 1303/2014 DER KOMMISSION vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im Eisenbahnsystem der Europäischen Union, (Text von Bedeutung für den EWR) (ABl. L 356 vom 12.12.2014, S. 394). Geändert durch: Verordnung (EU) 2016/912 der Kommission vom 9. Juni 2016, Amtsblatt Nr. L 153, Seite 28. Geändert durch: Durchführungsverordnung (EU) 2019/776 der Kommission vom 16. Mai 2019, Amtsblatt Nr. L 139I, Seite 108
[9]	CEN Norm, Bahnanwendungen Aerodynamik, hier - Teil 1: EN 14067-1:2003, Formelzeichen und Einheiten - Teil 3: EN 14067-3:2003, Aerodynamik im Tunnel - Teil 4: EN 14067-3:2019, Anforderungen und Prüfverfahren für Aerodynamik auf offener Strecke - Teil 5: EN 14067-5:2021, Anforderungen und Prüfverfahren für Aerodynamik im Tunnel - Teil 6: EN 14067-6:2018, Anforderungen und Prüfverfahren zur Bewertung von Seitenwind - Teil 7: CEN/TR 14067-7:2021, Fundamentals for test procedures for train-induced ballast projection
[10]	Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des Lenkungsreis Fahrzeuge: Leitfaden: „Bewertung von Änderungen an Schienenfahrzeugen bezüglich Seitenwind“, veröffentlicht am 24.10.2018
[11]	Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des Lenkungsreis Fahrzeuge, Leitfaden: „Sicherstellung der technischen Kompatibilität für Fahrzeuge mit Seitenwindnachweis nach TSI LOC&PAS zu Anforderungen der Ril 807.04“, veröffentlicht am 07.09.2016
[12]	Arbeitskreis Aerodynamik im Auftrag des Lenkungsreis Fahrzeuge, Leitfaden: „Bestimmung aerodynamischer Lasten für Schienenfahrzeuge“, veröffentlicht am 12.02.2019

[13]	Allgemeine Geschäfts- und Rahmenbedingungen für Probefahrten, DB Netz AG, Zentrale, in der jeweils gültigen Fassung www.dbnetze.com/probefahrten , Rubrik ‚Allgemeiner Überblick‘
[14]	https://www.deutschebahn.com/de/geschaefte/infrastruktur/bahnhof/Bau-und-Betrieb-Personenbahnhoefe/Bauregelwerke-6880138 . Kontakt: Kundenservice für Regelwerke, Formulare, Vorschriften, DB Kommunikationstechnik GmbH, Medien- und Kommunikationsdienste, Kriegsstraße 136, 76133 Karlsruhe. E-Mail: dzd-bestellservice@deutschebahn.com . Tel.:+49-721-938-5965
[15]	Eisenbahn-Bundesamt, Liste der zu notifizierenden technischen Vorschriften https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeugzulassung/Genehmigung_von_Fahrzeugen/NNTV_NNTR_Listen/nntv_nntr_listen_node.html

Abkürzungen und Begriffe

AbR Erpro	AbstimmungsRunde Erprobung - Zusammenschluss von Vertretern von Erprobungsinstituten, Verkehrsunternehmen und Infrastrukturbetreiber
AK Aerodynamik	Arbeitskreis Aerodynamik - im Auftrag des LK Fahrzeuge arbeitender Kreis von Fachleuten
EIGV	Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung
ErproStrecken	Erprobungsstreckenverzeichnis (Antragsdokument fahrzeugseitige Probefahrten)
LK Fahrzeuge	Lenkungskreis Fahrzeuge - Sektorgremium mit zentraler Rolle bei der Weiterentwicklung der sektorübergreifenden Prozesse sowie der Anforderungen an Technik und Nachweisführung in dem liberalisierten Markt der Schienenfahrzeuge
NBN	Nutzungsbedingungen der DB Netz AG
UAG Probe-fahrten	Arbeitsgruppe Aerodynamik bei Probefahrten - temporärer Zusammenschluss aus Mitgliedern des AK Aerodynamik und der AbR Erpro

1 Einleitung

Im vorliegenden Regelwerk werden die Aerodynamik-Vorgaben für Probefahrten geregelt. Es gilt für diese besonderen Einsätze im Bereich der Schienenwege im Geltungsbereich der Eisenbahn-Bau- und -Betriebsordnung. Probefahrten sind im Rahmen geltender Gesetze, aktueller Rechtslage, dem Stand der Technik und nicht zuletzt den Nutzungsbedingungen Netz des Infrastrukturbetreibers, in dessen Netz die Probefahrt stattfinden soll, durchzuführen. Sich über diese zu informieren ist Sache des Anwenders.

Die vorliegenden Regeln dienen der einheitlichen Behandlung von Probefahrten unter besonderer Berücksichtigung der aerodynamischen Beanspruchung. Sie sollen gewährleisten, dass Probefahrten sicher, störungs- und fehlerfrei geplant und durchgeführt werden können.

Dabei können neuere als die in der Literaturliste ausgewiesenen Regelwerke inhaltsgleich angewendet werden.

2 Anwendungsbereich

2.1 Probefahrten

Übergeordnete Regelungen und Definitionen zu Probefahrten finden sich in der Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem (Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung - EIGV) [1]. Gemäß §15 der EIGV bedürfen Probefahrten einer Genehmigung bei Abweichung von den in §15 (4) beschriebenen Parametern. Diese genehmigungspflichtigen Probefahrten werden in der Regel als Versuchsfahrten nach Richtlinie 408.1431/3431 [4] durchgeführt.

Dies ist laut [2] insbesondere der Fall bei neuen Fahrzeugkonstruktionen bzw. Bauarten, innovativen technischen Lösungen (Komponenten bzw. Fahrzeug), neuen Sicherheitskonzepten oder Geschwindigkeiten oberhalb der zulässigen Fahrzeug- bzw. Streckenhöchstgeschwindigkeit.

Probefahrten

Probefahrten sind Fahrten zur praktischen Erprobung noch nicht genehmigter technischer oder betrieblicher Parameter struktureller Teilsysteme oder Fahrten zur Erprobung der sicheren Integration der strukturellen Teilsysteme untereinander. Die Erprobung ist nur vorübergehend und schließt einen bestimmungsgemäßen Betrieb, insbesondere die Beförderung von Personen und Gütern, aus. Probefahrten werden in Versuchsfahrten und Prüffahrten unterschieden, siehe Definition in [13].

Versuchsfahrten

Versuchsfahrten sind Probefahrten, die nach den Regeln der Richtlinie 408.3431 durchgeführt werden. Eine Probefahrt ist insbesondere in folgenden Fällen als Versuchsfahrt durchzuführen:

- Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeiten,
- unzureichendes Bremsvermögen,
- fehlende Sicherheitsverantwortung der Zugbeeinflussung und
- auf Anforderung des Infrastrukturbetreibers.

Prüffahrten

Eine Prüffahrt ist eine Probefahrt, die nicht als Versuchsfahrt durchgeführt wird, siehe Definition in [13].

Der vorliegende Leitfaden deckt sowohl fahrzeugseitige als auch infrastrukturseitige Probefahrten ab.

2.2 Bewertung der Aerodynamik für Probefahrten

Gemäß 408.3431 gilt:

Wird bei der Fahrt eines Versuchszuges

- die zulässige Geschwindigkeit der Fahrzeuge oder
- werden die zulässigen Geschwindigkeiten nach dem Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) überschritten,

muss das Unternehmen die Aerodynamik unter Bezug auf den LF Aero Erpro in der jeweils gültigen Fassung bewerten.

Die aerodynamische Stellungnahme behandelt die Themen gemäß Kap. 3. Es wird empfohlen, bei Bedarf eine bewertende Stelle zu konsultieren, die fachlich kompetent ist und mit dem nationalen und europäischen Regelwerk der Eisenbahnaerodynamik vertraut ist.

Grundsätzlich zu berücksichtigen sind Anforderungen, die sich aus den Nutzungsbedingungen Netz der DB Netz AG (NBN) bzw. TNB nach aktuellem Stand, siehe [6], ergeben, insbesondere

- TNB F.1.2: Strukturelle Festigkeit für Zugbegegnungen auf SFS mit Höchstgeschwindigkeit größer 250 km/h, insbesondere bei Begegnung im Tunnel

- TNB F.2.2 für SFS Hannover – Würzburg: Bewertung Seitenwindmangels Nachweis für die Fahrzeugklassen A und D.

Die Aufgabenstellung einer aerodynamischen Stellungnahme liegt daher in der inhaltlich fachlichen Prüfung sicherheitsrelevanter Zusammenhänge für Probefahrten. Die Aufgabe besteht jedoch nicht in der Vorwegnahme von Konformitätsaussagen, wie sie im Genehmigungsprozess erforderlich sind. Mit den Stellungnahmen wird das für die Probefahrten verantwortliche Unternehmen in der Wahrnehmung seiner Betreiberpflichten bezüglich sicherer Betriebsführung unterstützt.

Eine Entscheidungshilfe als Unterstützung zur Prüfung einer Notwendigkeit einer aerodynamischen Stellungnahme ist in Abbildung 1 gegeben.

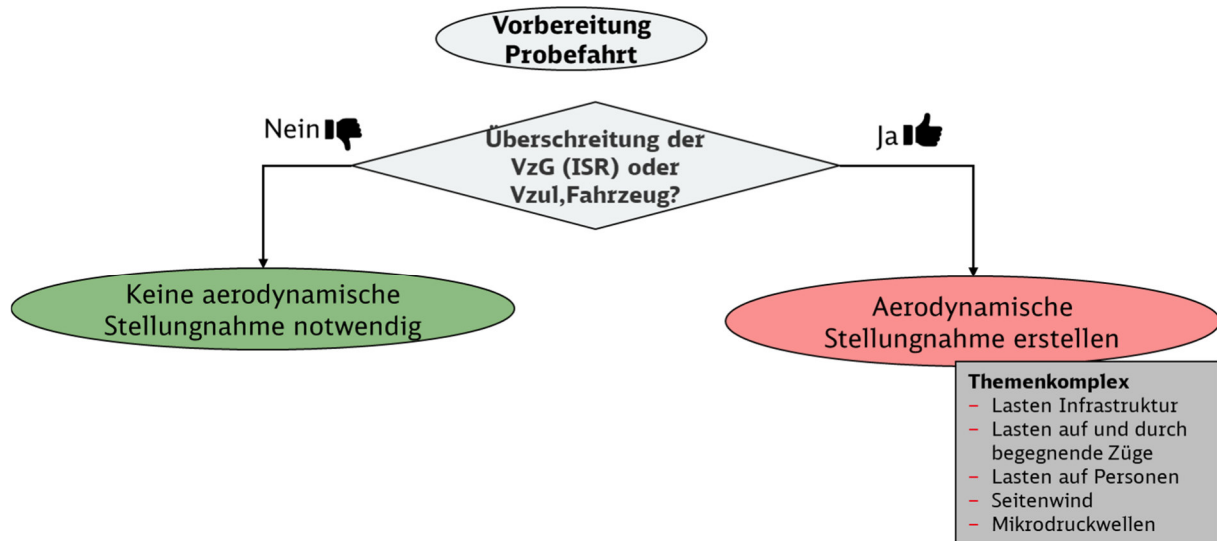


Abbildung 1: Prinzip-Skizze zur Notwendigkeit einer aerodynamischen Stellungnahme

2.3 Bewertung von Fahrzeugen außerhalb der aerodynamischen Stellungnahme

Aspekte der Aerodynamik, die für die Durchführung von Probefahrten von Relevanz sein können und für die keine aerodynamische Stellungnahme gemäß Ril 408.3431 notwendig ist, sind auf der Seite der DB Netz AG [3] aufgelistet.

3 Inhalte der aerodynamischen Stellungnahme

Zu folgenden fünf Themen sind Nachweise im Rahmen der aerodynamischen Stellungnahme zu erbringen:

- Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten (Druckänderungen neben dem Gleis, zuginduzierte Strömungslasten)
- Aerodynamische Lasten auf und durch begegnende Züge
- Aerodynamische Lasten auf Personen (Druck- und Strömungslasten in Gleisnähe, auf Bahnsteigen und in den sich begegnenden Zügen)
- Sicherheit bei Seitenwind
- Mikrodruckwellenthematik

Es wird empfohlen, die aerodynamische Stellungnahme durch einen Fachdienst erstellen zu lassen, der zu obigen Themen fachlich kompetent und mit dem nationalen und europäischen Regelwerk der Eisenbahnaerodynamik vertraut ist. Obige Auflistung grenzt den Bereich des Nachweises zu den Themen der Eisenbahnaerodynamik ab. Innerhalb dieser Abgrenzung ist das gesamte Spektrum aerodynamischer Fragestellungen mit sicherheitsrelevanten Bezügen zu berücksichtigen, da in den Probefahrten potenziell von Regelwerken bzw. Auslegungslasten abgewichen werden kann.

Die Zusammenhänge und Hintergründe sicherheitsrelevanter Fragestellungen der Aerodynamik sind vielschichtig. Zur Darstellung der Gefährdungen werden in den nachfolgenden Abschnitten je Nachweisthema die aerodynamischen Phänomene und exemplarisch die zu schützenden Güter (Objekte, Personen) knapp beschrieben.

In der Stellungnahme zu berücksichtigen sind stets die betroffenen Fahrzeuge, Betriebsweisen (lokale Geschwindigkeiten entlang der Strecken, ggf. bogenschneller Betrieb) und Strecken mit ihren jeweiligen Eigenschaften. Besonders zu berücksichtigen sind die Zielsetzungen bzw. Besonderheiten der Probefahrten, wie Abweichungen von der EIGV oder neuartige temporäre Versuchsaufbauten, die für sich genommen aerodynamische Fragestellungen aufwerfen können.

3.1 Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten

Unter dieser Überschrift sollen alle stationären Komponenten des Systems Bahn im Nachweis zur Aerodynamik berücksichtigt werden. Entsprechend der Erprobungsstrecke sind aerodynamische Lasten für die freie Strecke und ggf. die Fahrt in Tunneln zu bewerten. Die schützenswerten Güter sind nachfolgend exemplarisch dargestellt.

Es ist zu beachten, dass Drucklasten quadratisch mit der Zuggeschwindigkeit, während die Strömungslasten linear mit dieser zunehmen. Dies erleichtert eine Abschätzung der Lastzunahme bei entsprechender relativer Geschwindigkeitsüberschreitung der lokal zulässigen Fahrgeschwindigkeiten nach VzG.

3.1.1 Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten an der freien Strecke

Auf der freien Strecke finden sich die zu schützenden Bauteile in der direkten Umgebung der befahrenen Gleise. Mit zunehmendem Abstand zum Fahrzeug nehmen die aerodynamischen Lasten ab und stellen keine signifikante Last dar, bzw. sind durch andere Auslegungskriterien (Windlasten, Trittfestigkeit) abgedeckt. Zu berücksichtigen sind:

- Drucklasten auf großflächige Installationen wie Schallschutzwände, Bahnsteigdächer oder Gleiseindeckungs-Systeme an Bahnübergängen
- Drucklasten auf Hohlkörper, wie Gehäuse von stationär installierten Bauteilen (geschlossene Volumina, bei denen der Innendruck sich nicht umgehend dem Außendruck anpassen kann)
- Strömungslasten auf Bauteile im und neben dem Gleis, wie LST Komponenten oder Schaltschränke
- Strömungslasten auf den Schotteroberbau oder Anschotterungen an fester Fahrbahn (aerodynamisch induzierter Schotterflug).

3.1.2 Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten in Tunneln

Da sich die Druckwellen in allen verbundenen Tunnelröhren ausbreiten, sind zu berücksichtigende Bauteile im gesamten System der Tunnelröhren ggf. mit Luftschächten bis zur Erdoberfläche zu vermuten. Zu berücksichtigen sind vorrangig:

- Drucklasten auf Türen oder Schachtdeckel im Tunnel (hinter dem Bauteil ist ein Luftvolumen, das einer Druckänderung auf der zum Tunnel gewandten Vorderseite nicht folgt, wodurch ein Differenzdruck auf das Bauteil entsteht)
- Drucklasten auf Schaltschränke im Tunnel (Hohlkörper, deren Innendruck sich dem veränderlichen Außendruck im Tunnel nicht umgehend anpasst)
- Strömungslasten auf alle Einbauten im Tunnel (hohe Strömungslasten im Moment der Zugvorbeifahrt)

Bei Probefahrten in zweigleisigen Tunneln sind als Lastfall die höheren Lasten bei Zugbegegnung zu berücksichtigen. Eventuell sind Zugbegegnungen auszuschließen, da sich die Druckwellen beider Züge ungünstig überlagern können. Die Vorgaben aus der Ril 853 [7] und der TSI INF 2014 [8] sind zu berücksichtigen.

3.2 Aerodynamische Lasten auf und durch begegnende Züge

Unter dieser Überschrift sollen alle Fahrzeuge im Nachweis berücksichtigt werden. Aerodynamische Lasten sind für begegnende Fahrzeuge (fahrend oder stehend) zu bewerten, wie auch für das Fahrzeug der Probefahrt selbst:

- Druck- und Strömungslasten auf die Fenster, Türen und Wagenkästen der begegnenden Züge (begegnende Regelzüge, aber auch abgestellte Schienenfahrzeuge und Baumaschinen im Nachbargleis), hervorgerufen durch die Probefahrt
- Druck- und Strömungslasten auf Fenster, innere und äußere Türen, Anbauteile und Wagenkästen der Fahrzeuge der Probefahrt, hervorgerufen durch begegnende Züge auf freier Strecke oder im Tunnel bzw. bei Solofahrt des Probezuges (Fahrtwind, Druckwechsel im Tunnel)

Entsprechend der Strecke der Probefahrt sind Untersuchungen für die freie Strecke und ggf. Fahrten im Tunnel erforderlich. Bei Bedarf sind Maßnahmen zu treffen, z.B. Tunnelbegegnungsverbote.

Zur strukturellen Festigkeit der Fahrzeuge sind die Angaben aus der TNB Kap. F.1.2 auf SFS zu beachten, siehe die Ausführungen in Kap. 2.2.

3.3 Aerodynamische Lasten auf Personen

Unter dieser Überschrift sollen alle Personen, die sich im aerodynamischen Einflussbereich der Probefahrt aufhalten, im Nachweis berücksichtigt werden.

Auf freier Strecke sind Strömungslasten maßgeblich für die Standsicherheit von Personen und von mitgeführten Objekten für:

- Reisende am Bahnsteig (Lasten auf Personen, Kinderwagen und Kofferkulis)
- Arbeiter oder Personal nahe dem Gleis.

Bei Fahrt im Tunnel sind die für Menschen maximal ertragbaren Druckänderungen und Luftströmungen sicherzustellen.

- Personen im Tunnel
- Teilnehmer an der Probefahrt
- Personen in begegnenden Zügen.

Separat betrachtet wird die Thematik der Mikrodruckwellen (MDW), siehe Kap. 3.5 und 4.3.2. Hier treten keine aerodynamischen Lasten im Sinne von Druck- oder Strömungslasten auf. Es gilt vielmehr, das Ereignis der Abstrahlung einer hörbaren Mikrodruckwelle (Tunnelknall, Sonic Boom) in der Nähe der Tunnelportale in einem akzeptierbaren Rahmen für Anwohner, Fußgänger oder Personal zu halten.

3.4 Nachweis Sicherheit bei Seitenwind

Der Nachweis zur Sicherheit bei Seitenwind ist im Regelwerk DIN EN 14067-6 [9], unter Hinzunahme des Leitfadens zur Sicherstellung der technischen Kompatibilität für Fahrzeuge mit Seitenwindnachweis nach TSI LOC&PAS zu Anforderungen der Ril 807.04 [11] und, bei Bedarf, des Leitfadens zur Bewertung von Änderungen an Schienenfahrzeugen [10] niedergelegt. Die aktuell national geltenden Regelwerke sind in der NNTR Liste des EBA [15] genannt. Für Probefahrten ist die Verfügbarkeit entsprechender Nachweise zu prüfen oder andernfalls ein Windwarnverfahren für die Probefahrt einzurichten, um die Sicherheit der Probefahrt auch bei Starkwind herzustellen, siehe Richtlinie 408.1431 Abschnitt 1 Absatz 1 2 (1) f und die Ausführungen in den nachfolgenden Kapiteln 4.2.5 und 4.3.1.

3.5 Mikrodruckwellen-Thematik

Der Umgang mit der MDW Thematik ist in der Ril 853 im Modul 853.1002A01 geregelt, siehe Abschnitt 4.3.2.

4 Verfahren zur Bewertung

4.1 Fachliche Grundlagen

Neuere als die in der Literaturliste ausgewiesenen Regelwerke können inhaltsgleich angewendet werden.

Regelwerke und Vorschriften der Deutschen Bahn lassen sich über den in [14] angegebenen Bestellweg beziehen.

Geeignete Bewertungsverfahren für die Aerodynamik der freien Strecke und im Tunnel können der Normenreihe DIN EN 14067 „Bahnanwendungen - Aerodynamik“ entnommen werden [9]. Für die freie Strecke sind in DIN EN 14067-4 „Anforderungen und Prüfverfahren für Aerodynamik auf offener Strecke“ folgende Verfahren betreffend durch Züge verursachte Druckänderungen und Strömungen beschrieben:

- Näherungsgleichungen
- Simulationsrechnungen
- Versuche (Modell oder 1:1)

Die Normenreihe DIN EN 14067 „Bahnanwendungen Aerodynamik“ stellt Grundlagen für fachliche Bewertungen dar.

Das Seitenwindregelwerk [5], [9], [10], [11] verfügt über einfache (Vorbewertung nach Modul 807.0412) und detaillierte Bewertungsverfahren, die eine Beurteilung von Fahrzeugen und Strecken zu Seitenwind erlauben.

In der Ril 853 [7] sind zu berücksichtigende Lasten für Infrastrukturkomponenten und Mikrodruckwellen hinterlegt. Im Leitfaden „Bestimmung aerodynamischer Lasten für Schienenfahrzeuge“ [12] sind in Kap. 6.2 Betriebsszenarien für die Bewertung der zuginduzierten Lasten bei Zugbegegnung hinterlegt. Diese können bei der Bewertung gemäß Kap. 3.2 berücksichtigt werden.

Informativ: Für Vorbeifahrten an Bahnsteigen finden die Bestimmungen in der Ril 408.1431 Berücksichtigung [4].

4.2 Grundlagen der Nachweisführung

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Prinzipien dargestellt, die zur Bewertung von Sachverhalten aus Kapitel 3 herangezogen werden können.

4.2.1 Einhaltung von Anforderungen

Zu untersuchende aerodynamische Lasten, die durch Anforderungen in Regelwerken beschränkt werden und bei der Probefahrt eingehalten werden, gelten als unkritisch. Anstelle der Regelwerke können auch dokumentierte Feststellungen (Ergebnisse von früheren Untersuchungen, z.B. zu Zugbegegnungen von Güterzügen mit HGV Fahrzeugen im Tunnel) für die Bewertung herangezogen werden.

Diese Herangehensweise ist anwendbar, sofern von einem regelkonformen Zustand der schützenswerten Güter ausgegangen werden kann. Dies bedeutet, dass keine Schäden an diesen Gütern, trotz regelkonformer Auslegung bzw. Nutzung, bekannt sein dürfen und die Auslegungsregeln der Komponenten als belastbar und anerkannt eingestuft werden müssen. So führten zum Beispiel die Schäden an Schallschutzwänden der NBS Köln-Rhein/Main zu einer Überarbeitung der Auslegungswerte der Wände, was bei der Durchführung von Probefahrten in einer Übergangsphase mit zu berücksichtigen war.

4.2.2 Nachweis gleicher Sicherheit bei der Probefahrt

Für einen Nachweis gleicher Sicherheit im Sinne der EBO §2 Abs. 2 ist zu zeigen, dass bei der Probefahrt mindestens die gleiche Sicherheit besteht, wie bei Beachtung der relevanten technischen und betrieblichen Regeln. Die Umsetzung dieses Ansatzes im Sicherheitsnachweis kann wie folgt erfolgen.

Als Maß für die Sicherheit wird auf die zuginduzierten Druck- und Strömungslasten zurückgegriffen. Der Zusammenhang dieser beiden Größen ist in Kapitel 3 beschrieben. Diese Werte können

aus Näherungsgleichungen nach DIN EN 14067, Simulationen oder Messungen abgeleitet werden. Diese Werte sind mit einem als sicher erachteten Referenzwert zu vergleichen, welcher aus eingeführten und zugelassenen Betriebsformen abgeleitet werden kann.

Dies bedeutet, dass der Nachweis als erbracht gilt, wenn gezeigt werden kann, dass die aerodynamischen Lasten einer Probefahrt dennoch kleiner oder gleich sind als diejenigen eines regelkonformen Zugbetriebes. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass eine grundsätzliche Aussage getroffen werden kann, d. h. keine Kenntnis der schützenswerten Güter entlang der Strecke erforderlich ist. Wie im Abschnitt 4.2.1 beschrieben, ist auch hier die regelkonforme Auslegung der schützenswerten Güter auf aerodynamische Lasten sowie eine positive Betriebserfahrung aus dem Regelbetrieb vorauszusetzen.

Da Probefahrten selten vorkommen (geringe Anzahl von Fahrten pro Jahr verglichen zum Regelbetrieb), kann der Referenzwert ebenfalls aus seltenen Ereignissen im regelkonformen Betrieb abgeleitet werden, d. h. aus einem ungünstigen, aber für den Betrieb realistischen Fall.

4.2.3 Nachweis zur Ertragbarkeit höherer Lasten im Einzelfall

Treten erhöhte aerodynamische Lasten bei der Probefahrt auf, die nicht wie zuvor beschrieben durch globale Betrachtungen der Aerodynamik mit positivem Ergebnis bewertet werden können, kann ein Nachweis im Detail für die befahrene Strecke geführt werden. Hierbei ist das Einwirken erhöhter aerodynamischer Lasten auf die jeweiligen schützenswerten Objekte entlang der Strecke zu prüfen und ggf. durch Maßnahmen abzusichern. Dies erfordert die Kenntnis bzw. Erfassung schützenswerter Komponenten entlang der Strecke.

Zur Darstellung folgt ein Beispiel für das schützenswerte Objekt „Schallschutzwand“: Bei einer Probefahrt (schneller als im Verzeichnis der zulässigen Geschwindigkeiten) treten höhere Lasten als im Regelbetrieb auf bzw. höhere Lasten als die Auslegungslasten der Schallschutzwand. Mögliche Maßnahmen nach Untersuchung der Strecke bezüglich des schützenswerten Bauteils „Schallschutzwand“ sind:

- Aussage zur Ertragbarkeit der Lasten im Einzelfall durch die Anlagenverantwortlichen und den Infrastrukturbetreiber,
- Nachweis durch den Schallschutzwandhersteller, dass die Lasten ertragen werden (z.B. wegen geringer Häufigkeit der Probefahrten) und / oder
- messtechnische Überwachung abgestimmter kritischer Parameter der Schallschutzwand bei schrittweiser Steigerung der Zuggeschwindigkeit.

4.2.4 Ausschluss oder Beschränkung aerodynamischer Lasten

Können oben genannte Nachweiswege nicht mit positivem Ergebnis abgeschlossen werden, steht die Möglichkeit offen, entsprechende Einschränkungen als Auflage an die Probefahrt in der Aerodynamikstellungnahme gemäß dem vorliegenden Leitfaden aufzustellen. Für den Fall der zuvor beschriebenen Lasten auf Schallschutzwände kann dies z.B. das Beschränken erhöhter Zuggeschwindigkeiten auf einen Streckenabschnitt ohne Schallschutzwände in kritischer Nähe zum befahrenen Gleis sein oder die lokale Beschränkung der Zuggeschwindigkeit nahe einer Schallschutzwand. In zweigleisigen Tunneln können durch Begegnungsverbote aerodynamische Lasteinwirkungen auf begegnende Züge ausgeschlossen werden, wie auch Lasten auf die Tunnelinfrastruktur bei Solofahrten geringer ausfallen als bei ungünstigen Zugbegegnungen.

4.2.5 Nachweis zu Seitenwind

Wie in Kap. 3.4 ausgeführt, ist die Bewertung des Seitenwindes für Fahrzeuge des Personenverkehrs oberhalb 140 km/h erforderlich, wobei auf die Verfahren der DIN EN 14067-6 [9], unter Hinzunahme des Leitfadens [11] und, bei Bedarf, des Leitfadens [10] zurückgegriffen wird. Die aktuell national geltenden Regelwerke sind der NNTR Liste des EBA [15] zu entnehmen.

Liegen Fahrzeugnachweise entsprechend DIN EN 14067-6 oder Ril 807.04 vor, können diese für die Bewertung herangezogen werden.

Die Nachweise müssen inhaltlich den Anforderungen der DIN EN 14067-6 oder Richtlinie 807.0411 entsprechen. Für Probefahrten soll nicht die Konformitätsprüfung im Rahmen der Fahrzeugzulassung/ des Genehmigungsprozesses vorweggenommen werden. In der heranzuziehenden Dokumentation kann daher auf das Gesamtgutachten eines EBA anerkannten Gutachters und die Übergabe der Dokumentation an die zuständige Behörde verzichtet werden.

Eine Vorbewertung, z.B. analog zu Modul 807.0412 [5], kann im Rahmen einer Aerodynamikstellungnahme durchgeführt werden, sofern alle Eingangsdaten zu den Fahrzeugen im Zugverband der Probefahrt verfügbar sind. Bewertet wird der empfindlichste Wagen im Zugverband. Weist die Vorbewertung eine große Seitenwindstabilität aus, gilt der Nachweis als erbracht.

Analog TSI, DIN EN 14067-6 [9], Leitfaden [13] oder Ril 807.04 [5] gilt ein Fahrzeug als seitenwindstabil, wenn es die Seitenwindanforderungen an Fahrzeuge per Vergleich der Windkennkurven zu den Referenzwerten seiner Fahrzeugklasse erfüllt. Für einige Prüfungen ist in den Probefahrten eine erhöhte Geschwindigkeit von Maximalgeschwindigkeit V_{max} plus 10% zu realisieren. Liegen Windkennkurven für den Geschwindigkeitsbereich bis V_{max} plus 10% vor, können diese zum Vergleich zur oben genannten Referenzwindkennkurve entsprechend der gegebenenfalls höheren Fahrzeugklasse für V_{max} plus 10% herangezogen werden. Liegen Windkennkurven bis V_{max} vor, kann aus den vollständigen Windkennkurven auf die fehlenden Werte der Windkennkurve bei Fahrzeuggeschwindigkeit V_{max} plus 10% bei $\beta_w = 90^\circ$ geschlossen werden. Für die gegebenenfalls über $a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$ erhöhte Querbeschleunigung sind WKK-Werte zu extrapolieren und zu den Referenzwerten für $a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$ zu vergleichen.

Sofern keine Nachweise zum Seitenwind vorliegen oder (im erweiterten Geschwindigkeitsbereich) eine hinreichende Seitenwindstabilität nicht aufgezeigt werden kann, ist ein Windwarnverfahren nach [4] für die Probefahrt einzurichten, siehe Abschnitt 4.3.1. Gleiches gilt für neue Strecken, für die kein vollständiger Sicherheitsnachweis zum Seitenwind vorliegt.

4.3 Maßnahmen und besondere Anforderungen an die Probefahrt

Je nach Sachlage gelingen Nachweise mit den obigen Verfahren nur, wenn Maßnahmen vorgesehen werden, die bei der Probefahrt umzusetzen sind bzw. zusätzliche Beschränkungen eingeführt werden.

Um die Probefahrt nicht unnötig zu behindern, sollen die Maßnahmen die Schwelle der Zuggeschwindigkeit oder der Querbeschleunigung benennen, ab der sie zu realisieren sind. Der Versuchsleiter kann im Probetrieb sodann bei Bedarf eigenständig zwischen der Unterschreitung der jeweiligen Geschwindigkeitsschwelle oder der Umsetzung der Maßnahme entscheiden.

Im Folgenden werden die Grundlagen für Maßnahmen zur Erzielung des Nachweises dargestellt.

- Kompensierende Maßnahmen für einen Nachweis gleicher Sicherheit, z. B. Fahrten nur auf Strecken mit höherem Gleismittenabstand als der Mindestabstand nach Regelwerk
- Vermeidung, Ausschluss oder Beschränkung des kritischen Sachverhaltes, z.B. Begegnungsverbote im Tunnel, örtliche Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Absperrungen eines Bahnsteiges
- Überwachung der Probefahrt, z. B. Messungen an Schallschutzwänden mit Eingriffsmöglichkeit in den Ablauf der Probefahrt
- Windwarnverfahren
- Externe ergänzende Nachweise zur Ertragbarkeit der aerodynamischen Lasten wie Stellungnahmen von Herstellern oder Statikern.

4.3.1 Windwarnverfahren für Seitenwind

Das in [4] zitierte Windwarnverfahren soll im Folgenden kurz erläutert werden. Es wird angewendet, wenn für ein Fahrzeug bzw. für einen Geschwindigkeitsbereich keine große oder hinreichende Seitenwindstabilität des Fahrzeuges nachgewiesen ist. Für ein Fahrzeug mit hinreichender Seitenwindstabilität besteht keine Beschränkung des Einsatzes in Abhängigkeit der Windstärke. Durch die Beurteilung der Windeinflüsse auf Eisenbahnstrecken, woraus ggf. der Bau von Windschutzwänden resultiert, wird die Sicherheit des Betriebes der hinreichend seitenwindstabilen Fahrzeuge auf allen nach Richtlinie 807.04 auf Seitenwind untersuchten Strecken hergestellt.

Durch das Windwarnverfahren werden Beschränkungen für die Probefahrt abhängig der Wetterlage (Vorhersage) eingeführt, wobei die Umsetzung der Beschränkung durch den betrieblichen Versuchsleiter im Zug sicherzustellen ist.

Das Verfahren besteht zum einen aus der Beurteilung der Windeigenschaften des Fahrzeuges und zum anderen aus der Abfrage tagesaktueller Windvorhersagen bei der Probefahrt durch den Versuchsleiter. Das Verfahren ist nur für Probefahrten unter der Leitung eines benannten Versuchsleiters nach [4] geeignet. Windvorhersagen werden üblicherweise in der Beaufort-Skala (Einheit Bft) angegeben.

Entsprechend der verfügbaren Unterlagen sind die Windeigenschaften des Fahrzeuges bestmöglich abzuschätzen. Wenn verfügbar, sind Unterlagen zum Sicherheitsnachweis Seitenwind heranzuziehen.

Herangezogen wird die Windkennkurve für die maximal auftretende Querschleunigung in der Probefahrt. Diese Windkennkurve weist über der Zuggeschwindigkeit die charakteristische Windgeschwindigkeit in m/s aus.

In erster Näherung kann der meteorologische Wind mit dem charakteristischen Wind in Bezug gesetzt werden, wobei Unterschiede bestehen, z.B. in der Bezugshöhe über Grund. Ziel ist es, in Abwägung von pragmatischem und hinreichend konservativem Ansatz windbedingte Geschwindigkeitslimitierungen zu ermitteln. Dieses Verfahren ist nicht für den Regelbetrieb anwendbar.

Unterhalb der Windkennkurve werden die Obergrenzen des nächstniedrigeren Beaufortgrades ($b = x$ Bft) eingetragen. Bei Windkennkurven nach Ril 807.04 (TFG Bodenkonfiguration) werden Effekte auf Damm- und Brückenlagen pauschal mit einem Abschlag von einem Beaufortgrad berücksichtigt. Abhängig von der jeweiligen Zuggeschwindigkeit kann die Probefahrt folglich bis zum Beaufortgrad $b = x - 1$ Bft durchgeführt werden. Da Windkennkurven nach EN 14067-6 (STBR Bodenkonfiguration) typischerweise mindestens eine Beaufortstufe unter denjenigen mit TFG Bodenkonfiguration liegen, kann bei diesen Windkennkurven auf den Abschlag verzichtet werden. Sind keinerlei Angaben zur Windkennkurve verfügbar, darf für die Auslegung des Windwarnverfahrens die Referenzwindkennkurve nach Richtlinie 807.0413 herangezogen werden, wobei ein zusätzlicher Abschlag von einem Beaufortgrad anzusetzen ist ($b = x - 2$ Bft).

Nachfolgend wird ein Beispiel für einen Wert der Windkennkurve v_{WKK} gegeben. Für eine Fahrzeuggeschwindigkeit $v_{tr} = 230$ km/h sei die zulässige Windgeschwindigkeit gem. Ril 807.04 (TFG Bodenkonfiguration) $v_{WKK} = 26$ m/s. Die nächstniedrigere Beaufortstufe ist $b = 9$ Bft (von 20,8 m/s bis 24,4 m/s). Die Probefahrt mit $v_{tr} \leq 230$ km/h kann bei Windprognosen für Böen bis maximal 8 Bft (maximal 20,7 m/s) erfolgen. Bei Windgeschwindigkeiten über 8 Bft wird die Fahrzeuggeschwindigkeit begrenzt.

Das Ergebnis ist eine Tabelle, in der in Abhängigkeit der Windstärke in Beaufort die maximale Zuggeschwindigkeit und bei bogenschnell verkehrenden Fahrzeugen die maximale Querschleunigung ausgewiesen wird. Entsprechend dem Gültigkeitsbereich der Richtlinie 807.04 gelten Zuggeschwindigkeiten bis inklusive 140 km/h für nicht-bogenschnelle Fahrzeuge des Personenverkehrs grundsätzlich als unkritisch.

Anhand dieser Tabelle obliegt es dem Versuchsleiter, täglich vor Aufnahme der Probefahrt zu prüfen, ob für die befahrenen Regionen aufgrund von Windvorhersagen (maßgeblich sind Windspitzen / Böen) Beschränkungen der Geschwindigkeit oder der Querschleunigung für die Probefahrt resultieren. Die zeitlich und räumlich beschränkte Gültigkeit der Wettervorhersage ist durch den Versuchsleiter bei der Festlegung der maximalen Geschwindigkeit (Querschleunigung) für die Probefahrten zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich, abgefragte Wettervorhersagen zu dokumentieren.

4.3.2 Mikrodruckwellen

Eine Mikrodruckwelle oder ein Tunnelknall, im Englischen „sonic boom“, entsteht unter ungünstigen Umständen beim Hochgeschwindigkeitsverkehr an Eisenbahntunnelportalen. Bei der Einfahrt von Zügen mit hoher Geschwindigkeit in einen Tunnel entsteht im Tunnel eine Druckwelle, die mit Schallgeschwindigkeit dem Zug voraus zum gegenüberliegenden Portal läuft und dort teilweise in die Umgebung abgestrahlt wird. Unter ungünstigen Umständen kann diese Abstrahlung deutlich wahrnehmbar akustisch in Erscheinung treten (lauter Knall). Diese am Tunnelausgang abgestrahlte Druckwelle wird als Mikrodruckwelle (MDW) bezeichnet.

Der Umgang mit der MDW Thematik ist in der Ril 853 [7] im Modul 853.1002A01 geregelt.

In folgenden Fällen ist keine weitere Bewertung von MDW Emissionen im Zusammenhang mit Probefahrten notwendig:

- Keine Tunnel auf der Strecke oder
- Maximale Fahrgeschwindigkeit in den Tunneln kleiner gleich $VzG + 10\%$.

Andernfalls ist eine bewertende Stelle zu konsultieren, die fachlich kompetent ist und mit dem nationalen und europäischen Regelwerk der Eisenbahnaerodynamik vertraut ist.

4.3.3 Schotterflug

Zum Thema Schotterflug ist mit dem technischen Bericht TR 14067-7:2021 der Wissensstand im Sektor zu Methoden und Kriterien dokumentiert, jedoch besteht derzeit kein einheitliches europäisches Regelwerk. Oberhalb von 250 km/h ist das Thema Schotterflug ggf. mit Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen, wenn keine positive Betriebserfahrung auf die Probefahrt übertragen werden kann. Treibende Parameter für potenziellen Schotterflug sind:

- Eigenschaften bzw. Bauart des Oberbaus
- Eigenschaften bzw. Bauart des Fahrzeuges (Unterflur-Aerodynamik, Zuglänge)
- Hohe Zuggeschwindigkeiten über 250 km/h
- Erstmaliges Befahren einer Strecke in der jeweiligen Richtung und Geschwindigkeit (Oberbau noch nicht verfestigt)

Als Schutzmaßnahmen einsetzbar sind:

- Durchführung einer Auskehrung des Schotters im Schwellenfach bzw. Prüfung der Auskehrtiefe im Schwellenfach
- Gestaffelte Geschwindigkeitssteigerung der Probefahrten in Schritten von z.B. 20 km/h auf gleichwertiger Versuchsstrecke
- Beobachtung und Geschwindigkeitsbeschränkung im Bedarfsfall: Ein Beauftragter im letzten Wagen des Probezuges meldet dem Versuchsleiter Geräusche, die auf Steineinschläge schließen lassen, die Zuggeschwindigkeit wird ggf. durch den Versuchsleiter beschränkt.
- Kontrollfahrten nach Abschluss der Probefahrten, Sichtkontrollen an bekannten Schwachstellen.

5 Zusammenfassung

Der Leitfaden stellt sowohl die Grundlagen als auch eine Übersicht zu Notwendigkeiten für Nachweise zur Aerodynamik im Rahmen der Planung und Durchführung von Probefahrten zusammen. Die Inhalte der Nachweise zum Thema Aerodynamik werden im Kapitel 3 anhand der fünf Kernthemen, welche im Rahmen der Probefahrten tangiert werden, aufgezeigt. Das Kapitel 4 beschreibt die Verfahren für die fachliche Bearbeitung und die Nachweisführung sowie die ggf. bei einer Probefahrt umzusetzenden Maßnahmen oder Anforderungen zum Erhalt des Nachweises der Sicherheit.

Für aerodynamische Stellungnahmen für Probefahrten sind neben fachlichem Wissen detaillierte Kenntnisse aus dem Systemverbund von Fahrzeug und Strecke sowie Betrieb und Regelwerk erforderlich, wie dies z. B. aus dem Abschnitt 4.2.3 und 4.3.2 hervorgeht.

6 Freigabevermerk

Bis dato gab es zur aerodynamischen Bewertung von Probefahrten den „Leitfaden für die Berücksichtigung aerodynamischer Aspekte bei der Planung und Durchführung von Probefahrten“. Dieser Leitfaden wurde am 06.09.2012 vom Lenkungskreis Fahrzeuge erstmalig zur Anwendung freigegeben. Er wurde bei der Vorbereitung und Bewertung von Probefahrten herangezogen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse, sowie das geänderte rechtliche und normative Umfeld gaben somit Anlass die Regelungen der Aerodynamik-Aspekte bei Probefahrten neu aufzulegen.

Der Leitfaden wurde durch die AbR Erpro und durch den AK Aerodynamik inhaltlich geprüft. Der Lenkungskreis Fahrzeuge hat am 09.11.2022 den Leitfaden freigegeben und mit sofortiger Wirkung in Kraft gesetzt, wodurch die vorige Version aus 2012 abgelöst wird.

Anhang

Beispiel 1: Bewertung einer Probefahrt anhand einer aerodynamischen Stellungnahme nach Leitfaden

- Probefahrten auf deutschen Eisenbahnstrecken inklusive der Schnellfahrstrecke 1733
- Die zulässige Fahrzeuggeschwindigkeit des Regionalzugs von 160 km/h wird um 10% überschritten
- Gemäß der ErproStrecken wird auf bestimmten Streckenabschnitten das jeweilige VzG um 10% überschritten
- Aufgrund der Überschreitung vom VzG bzw. der Überschreitung der zulässigen Fahrzeughöchstgeschwindigkeit ist die Erstellung einer aerodynamischen Stellungnahme für die Probefahrten notwendig. Es sind folgende Themen zu behandeln:

1. Aerodynamische Lasten auf Infrastrukturkomponenten....:

1.1 **... an der freien Strecke:** Zur Begrenzung der Lasten auf gleisnahen Infrastrukturkomponenten auf freier Strecke, siehe Abschnitt 3.1.1, ist auf den betroffenen Streckenabschnitten mit Überschreitung des VzG ein Windwarnverfahren einzurichten. Hierzu wird das Windwarnverfahren für Seitenwind aus Abschnitt 4.3.1 in geeigneter Weise adaptiert.

2.1 **... in Tunneln:** Auf den befahrenen Streckenabschnitten mit Überschreitung des VzG befinden sich sowohl ein- als auch zweigleisige Tunnel, siehe Abschnitt 3.1.2. Berechnungen zeigten auf, dass die Drucksignatur des Versuchszuges trotz höherer Geschwindigkeit unterhalb der für die Tunnel auslegungsrelevanten Drucksignatur nach TSI liegt. Es sind somit keine Maßnahmen für Infrastrukturkomponenten in Tunneln notwendig.

2. **Aerodynamische Lasten auf und durch begegnende Züge:** Auf der Schnellfahrstrecke 1733 ist in den zweigleisigen Tunneln ein generelles Tunnelbegegnungsverbot mit HGV-Zügen einzurichten, siehe Abschnitt 3.2. Auf freier Strecke sind keine Maßnahmen notwendig.

3. **Aerodynamische Lasten auf Personen:** Zum Schutz von Personen im Versuchszug, in begegnenden Zügen, in Gleisnähe und auf Bahnsteigen sind keine zusätzlichen Maßnahmen notwendig, siehe Abschnitt 3.3.

4. **Nachweis Sicherheit bei Seitenwind:** Das Versuchsfahrzeug wird als Fahrzeug Klasse D behandelt, siehe Abschnitt 3.4. Gemäß Vorgehensweise der Bewertung im Leitfaden ist ein Windwarnverfahren gemäß Abschnitt 4.3.1 durchzuführen.

5. **Untersuchung der MDW-Thematik:** Gemäß Ril 853 sind grundsätzlich alle Tunnelbauwerke mit Entwurfsgeschwindigkeit über 160 km/h zu untersuchen, siehe Abschnitt 3.5. Da die Längen der zu untersuchenden Tunnel unterhalb der untersuchungsrelevanten Tunnellängen liegen, darf auf eine MDW-Untersuchung verzichtet werden und es sind somit keine Maßnahmen hinsichtlich zu treffen.

- Somit sind für die Probefahrten die oben aufgelisteten Maßnahmen an den betroffenen Streckenabschnitten umzusetzen.

Beispiel 2: Keine Erstellung einer aerodynamischen Stellungnahme nach Leitfaden notwendig

- Da weder das VzG noch die zulässige Fahrzeughöchstgeschwindigkeit überschritten wird, ist die Erstellung einer aerodynamischen Stellungnahme nicht notwendig.