

# **38. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge**

Technische Universität Graz, 14.-17. September 2008

A photograph of a high-speed train crossing a large bridge over a river. The bridge has a complex steel truss structure. The train is white and aerodynamic. The background shows a river and some trees.

## **Sicherheit des Eisenbahnverkehrs bei Seitenwind - Fahrzeugseitige Anforderungen der neuen Ril 80704 der DB Netz AG**

Thorsten Tielkes<sup>1</sup>, Nina Rüd<sup>1</sup>, Christoph Heine<sup>2</sup>, Monika Möller<sup>3</sup> and Johannes Driller<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik, München, Deutschland*

<sup>2</sup>*Arbeiten durchgeführt bei Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik, München, Deutschland; jetzt beschäftigt bei Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH, München, Deutschland*

<sup>3</sup>*DB Netz AG, Frankfurt, Deutschland*

<sup>4</sup>*Eisenbahn-Bundesamt (EBA), Bonn, Deutschland*

# Einführung (i)

## Hintergrund

- Die Seitenwindthematik des Eisenbahnverkehrs und damit auch die Seitenwindstabilität von Eisenbahnfahrzeugen sind seit geraumer Zeit Gegenstand von Untersuchungen.
- Große betriebliche Relevanz für die Deutsche Bahn AG hat dieses Thema Ende der 90er Jahre mit der Aufnahme des HGV mit ICE 2 und ICE 3 sowie mit der Aufnahme weiterer bogenschneller Verkehre mit ICE-T und VT 612 gefunden.
- Intensive Studien führten 2001 zu einem ersten DB-internen “Handbuch für den Sicherheitsnachweis bei Seitenwind”.
- Auf Basis weiterer Forschungsarbeiten und intensiver Abstimmungen im nationalen “Arbeitskreis Seitenwind” (Betreiber, Hersteller, Eisenbahn-Bundesamt) hat die DB Netz AG 2006 ein umfassendes und in sich geschlossenes Regelwerk zur Seitenwindthematik des Eisenbahn-Personenverkehrs (Ril 80704) in Kraft gesetzt.
- Die Ril 80704 wurde vom deutschen Eisenbahn-Bundesamt zur anerkannten Regel der Technik erklärt. Damit ist die Ril 80704 nicht nur Basis für den Technischen Netz-zugang von Schienenfahrzeugen zur Infrastruktur der DB Netz AG, sondern auch Grundlage für die Zulassung von Schienenfahrzeugen im Geltungsbereich der EBO.

# Einführung (ii)

## Warum bedarf es eines deutschen Seitenwindregelwerks ?

- Der technische Fortschritt der letzten Jahre hin zu leichten Endwagen und Gliederzügen – gerade auch im Regionalverkehr – erfordert eine Berücksichtigung von Seitenwindaspekten, sofern das gegenwärtige Seitenwind-Sicherheitsniveau gehalten werden soll.
- Der künftig ggf. angestrebte Verkehr von Regionalfahrzeugen auf Schnellfahrstrecken mit zum Teil erhöhter Seitenwindexposition verstärkt diese Notwendigkeit.
- Die Seitenwindthematik hat inzwischen Eingang in die Technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI) gefunden. Die auf europäischer Ebene angesprochenen, aber bisher nur in Ansätzen formulierten Anforderungen heben dabei gerade auch die gegenwärtige Notwendigkeit entsprechender nationaler Regelungen hervor.

## Ziel dieses Vortrags ist es,

- die der Ril 80704 zugrundeliegenden Basiskonzeption zu erläutern,
- eine allgemeinen Übersicht über die Inhalte der Ril 80704 zu geben,
- die aus der Ril 80704 resultierenden fahrzeugseitigen Anforderungen vorzustellen.

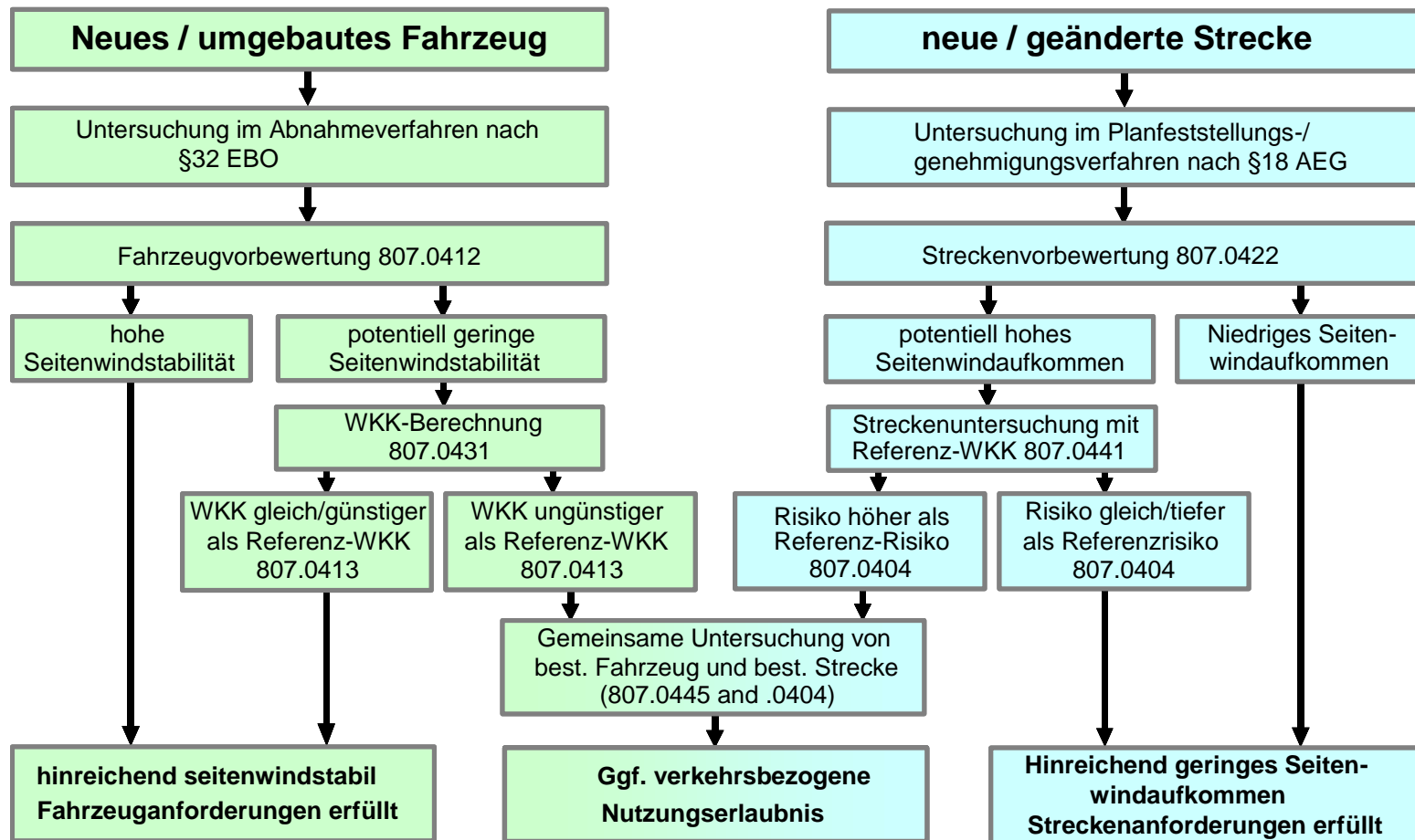
# Grundprinzipien und Grundkonzeption der Ril 80704 (i)

## Allgemein akzeptierte Grundprinzipien für die Bewertung der Sicherheit bei Seitenwind in Deutschland

- Die Seitenwindsicherheit langjährig bestehender Eisenbahnverkehre in Deutschland gilt aufgrund der positiven, unfallfreien Betriebserfahrung als hinreichend groß und wird allgemein akzeptiert.
- Künftige Eisenbahnverkehre in Deutschland sollen das gegenwärtige Seitenwind-Sicherheitsniveau des bestehenden Betriebs zumindest wahren.
- Die Seitenwindthematik bezieht sich nicht ausschließlich auf den HGV, sondern auch auf den konventionellen Verkehr.
- Zur Vereinfachung des gesamten Nachweisverfahrens sowie zur Gewährleistung eines einfachen Netzzugangs für Dritte müssen die Anforderungen zur Seitenwindsicherheit auf separate Anforderungen an die Seitenwindstabilität von Schienenfahrzeugen und Anforderungen an den Seitenwindschutz von Eisenbahnstrecken hinuntergebrochen werden.
- Die anzuwendenden Nachweisverfahren sollen so detailliert wie nötig, aber so einfach, so transparent und so robust wie möglich sein.

# Grundprinzipien und Grundkonzeption der Ril 80704 (ii)

## Prinzipiskizze Gesamtnachweis Personenverkehr nach Ril 80704



# Grundprinzipien und Grundkonzeption der Ril 80704 (iii)

## Handhabbarer funktionaler Split zwischen Fahrzeug- und Infrastrukturaspekten

- Die Seitenwindstabilität des Rollmaterials wird charakterisiert durch sogenannte *Windkennkurven (WKK)*. Die WKK weisen eine charakteristische Windgeschwindigkeit aus, die das Rollmaterial ertragen kann, ohne einen bestimmten, fahrzeugdynamisch sicheren Kennzustand zu verlassen.
- Die Seitenwindeigenschaften einer Eisenbahnstrecke und ihres Betriebs kann durch das Seitenwindrisiko charakterisiert werden, welches ein bestimmtes, klar definiertes Rollmaterial bei Betrieb auf dieser Strecke erfahren würde. Das Seitenwindrisiko wird dabei mithilfe der WKK-Überschreitenshäufigkeit modelliert.

## Windkennkurven und WKK-Überschreitenshäufigkeit als zentrale Größen

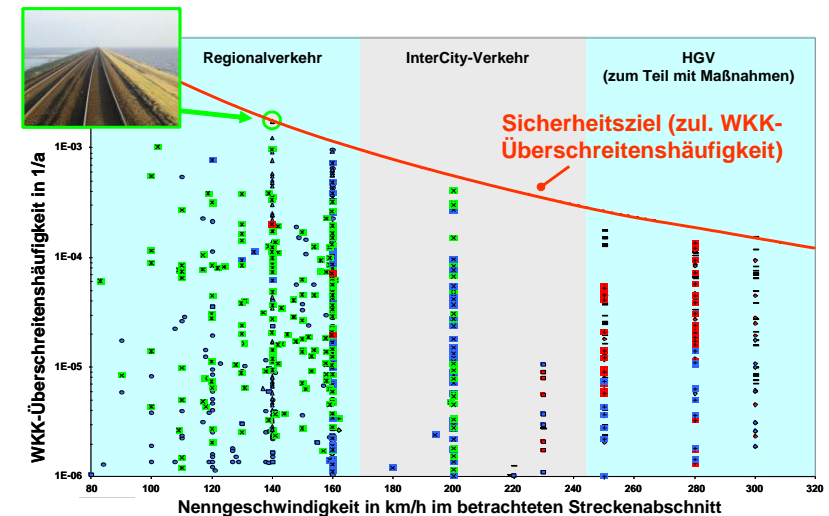
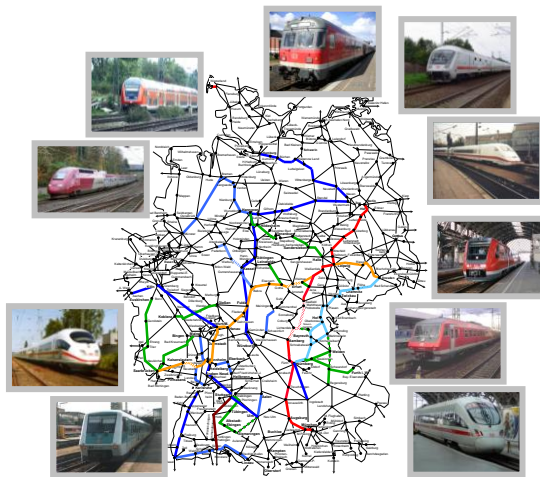
- Ein Fahrzeug ist Ril 80704-konform, wenn seine Windkennkurven den sogenannten Referenz-WKKs entsprechen oder diese überschreiten. Die Referenz-WKKs definieren damit die Anforderungen an die Fahrzeugstabilität gegen Seitenwind.
- Eine Strecke ist unter ihren Betriebsbedingungen dann Ril 80704-konform, wenn der Verkehr eines Fahrzeugs mit WKKs, die den Referenz-WKKs entsprechen, das in der Ril 80704 mithilfe der WKK-Überschreitenshäufigkeit definierte Sicherheitsziel einhält.



# Grundprinzipien und Grundkonzeption der Ril 80704 (iv)

## Ableitung der in der Ril 80704 definierten Anforderungen für den Personenverkehr

- Die in der Ril 80704 hinterlegten Verfahren wurden zuvor auf diverse seitenwindempfindliche, aber sichere Bestandsverkehre angewendet. Das so ermittelte bestehende Seitenwind-Sicherheitsniveau bildet auch das Sicherheitsziel für künftige Verkehre.



- Die in der Ril 80704 definierten Anforderungen an Fahrzeuge und Infrastruktur wurden auf Basis dieses Sicherheitsziels unter Berücksichtigung des vorhandenen Rollmaterials und der vorhandenen Infrastruktur abgeleitet.

# Inhalte der Ril 80704 (i)

## Module der Ril 80704: Grundlagen und Anforderungen

| Modul    | Titel  |
|----------|--|
| 807.0401 | Grundlagen Sicherheitsnachweis Seitenwind                |
| 807.0404 | Grundlagen Sicherheitsnachweis Personenverkehr           |
| 807.0405 | Grundlagen Sicherheitsnachweis Güterverkehr (noch offen) |
| 807.0409 | Notwendige Dokumentation                                 |
| 807.0411 | Grundlagen Personenfahrzeuge ←                           |
| 807.0412 | Vorbewertung Personenfahrzeuge ←                         |
| 807.0413 | Anforderungen an Personenfahrzeuge ←                     |
| 807.0414 | Änderungen an Personenfahrzeugen ←                       |
| 807.0415 | Grundlagen Güterfahrzeuge (noch offen)                   |
| 807.0416 | Vorbewertung Güterfahrzeuge (noch offen)                 |
| 807.0417 | Anforderungen an Güterfahrzeuge (noch offen)             |
| 807.0418 | Änderungen an Güterfahrzeugen (noch offen)               |
| 807.0421 | Grundlagen Infrastruktur                                 |
| 807.0422 | Vorbewertung Infrastruktur                               |
| 807.0423 | Anforderungen an die Infrastruktur                       |
| 807.0424 | Infrastrukturbewertung, Streckenänderung                 |



# Inhalte der Ril 80704 (ii)

## Module der Ril 80704: Methoden und Verfahren

| Modul    | Titel                                       |   |
|----------|---|---|
| 807.0431 | Seitenwindstabilität von Fahrzeugen         | ← |
| 807.0432 | Windkanalversuche                           | ← |
| 807.0433 | Windkennkurven Personenfahrzeuge            | ← |
| 807.0435 | Windkennkurven Güterfahrzeuge (noch offen)  |   |
| 807.0439 | Standicherheit von Fahrzeugen               | ← |
| 807.0441 | Seitenwindaufkommen der Infrastruktur       |   |
| 807.0442 | Bestimmung der Infrastruktureigenschaften   |   |
| 807.0443 | Bestimmung der Windhäufigkeit               |   |
| 807.0445 | Bestimmung der Überschreitenshäufigkeit     |   |
| 807.0449 | Planung seitenwindgeschützter Infrastruktur |   |

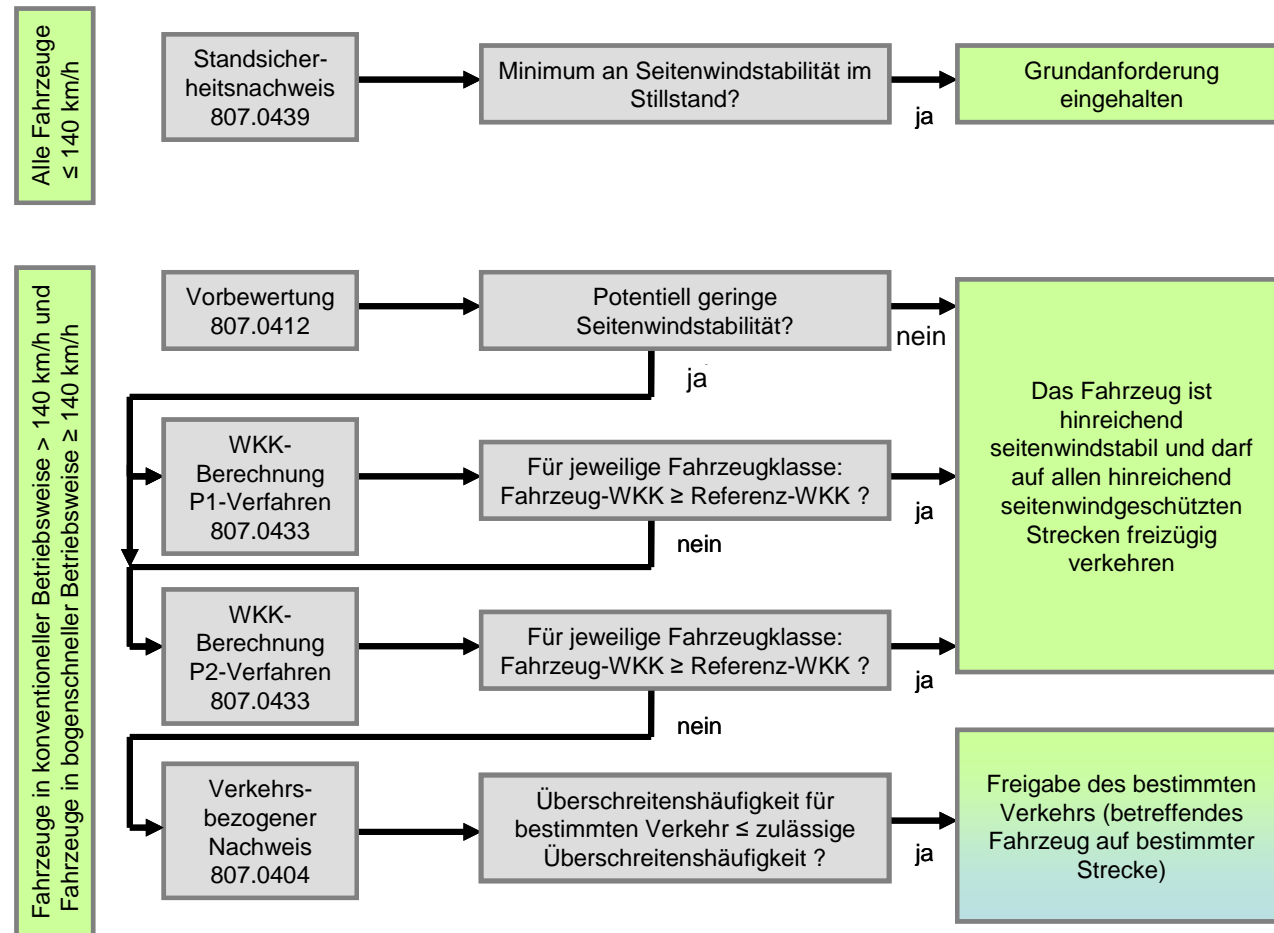
# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (i)

## Abgestuftes Verfahren für den fahrzeugseitigen Nachweis der Seitenwindstabilität

- Die Seitenwindstabilität von Fahrzeugen mit HG bis 140 km/h (bogenschnelle Fahrzeuge mit HG unter 140 km/h) ist durch den Standsicherheitsnachweis gewährleistet.
- Für Fahrzeuge mit höherer HG ist nach Modul 807.0412 ein einfaches Vorbewertungsverfahren anzuwenden. Die Fahrzeuge werden dabei anhand ihrer HG klassifiziert.
  - Für Fahrzeuge, die auf Basis der Vorbewertung als Fahrzeuge mit hoher Seitenwindstabilität gelten, ist damit ein positiver Nachweis bereits erbracht.
  - Für Fahrzeuge, die auf Basis der Vorbewertung als potentiell seitenwindgefährdet gelten, ist ein detaillierter Nachweis nach Modul 807.0413 zu erbringen. Hierfür stehen zwei Verfahren zur Verfügung. Das einfachere quasi-statische P1-Verfahren ist gegenüber dem dynamischen P2-Verfahren konservativ.
- Fahrzeuge mit EG-Konformitätsnachweis sind per Definition auch Ril 80704-konform.
- Sollte kein allgemeiner fahrzeugseitiger Nachweis erbracht werden können, können in Einzelfällen streckenbezogene Nachweise geführt werden.
- Änderungen an Fahrzeugen sind ohne erneuten Nachweis zulässig, sofern sich die Änderungen im vom Modul 807.0414 gesteckten Rahmen bewegen und für das Ursprungsfahrzeug ein detaillierter Nachweis vorliegt.

# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (ii)

## Prinzipschaubild für den Stabilitätsnachweis eines neuen Personenfahrzeugs



# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (iii)

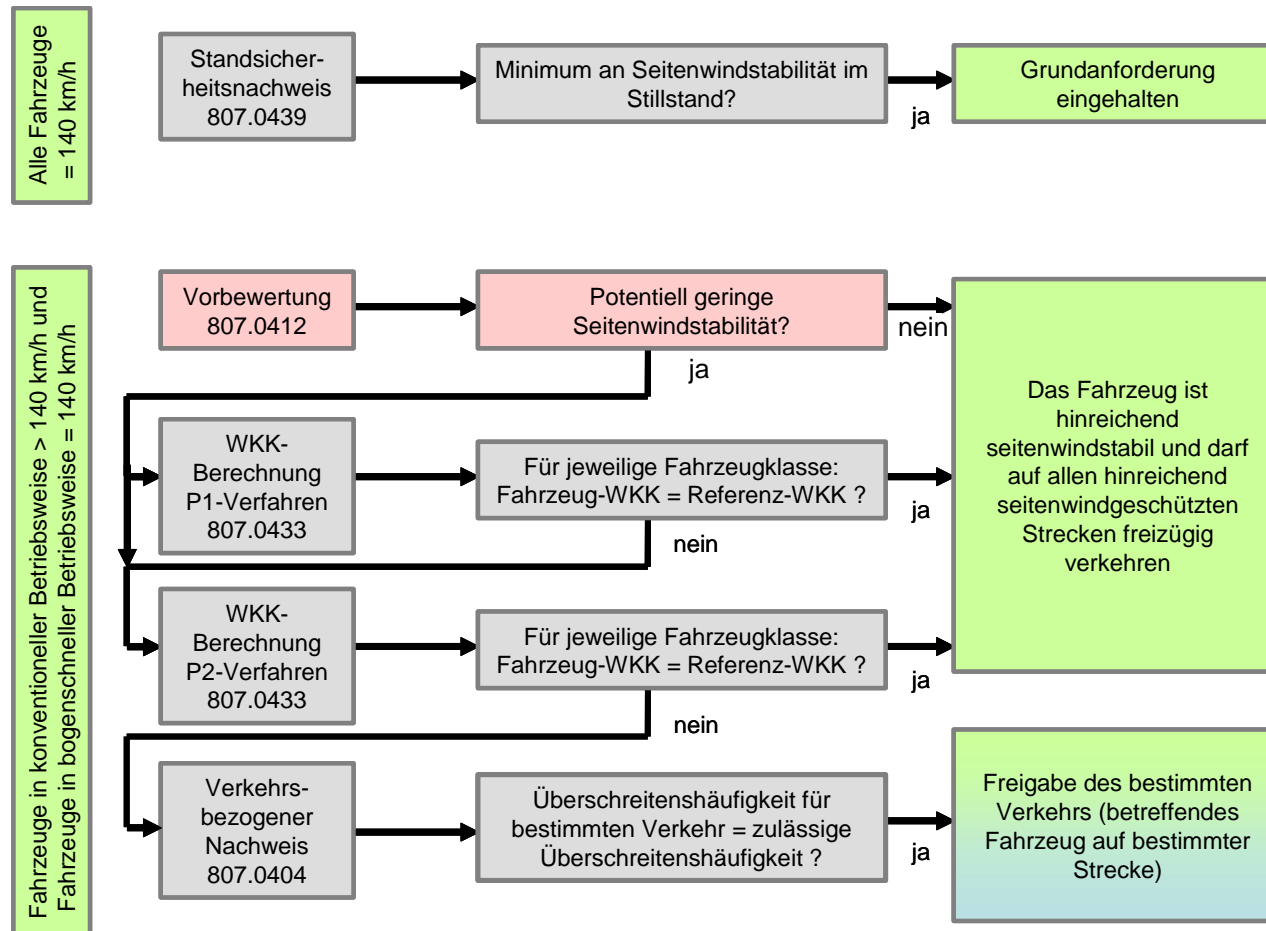
## Klassifizierung von Personenfahrzeugen gemäß ihrer Höchstgeschwindigkeit

| Bereich der Fahrzeughöchstgeschwindigkeit  | Fahrzeugklasse |
|--|----------------|
| Konventionelle Fahrzeuge mit $230 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 350 \text{ km/h}$   | A              |
| Konventionelle Fahrzeuge mit $200 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 230 \text{ km/h}$   | B              |
| Konventionelle Fahrzeuge mit $160 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 200 \text{ km/h}$   | C              |
| Konventionelle Fahrzeuge mit $140 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$   | D              |
| Bogenschnelle Fahrzeuge mit $140 \text{ km/h} \leq v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$ | E              |
| Konventionelle Fahrzeuge mit $v_{\max} \leq 140 \text{ km/h}$                      | -              |
| Bogenschnelle Fahrzeuge mit $v_{\max} < 140 \text{ km/h}$                          | -              |

**Hinweis:** Für NeiTech-Fahrzeuge sind zwei Nachweise, für konventionellen und bogenschnellen Betrieb, zu erbringen.

# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (iv)

## Stabilitätsnachweis eines neuen Personenfahrzeugs nach Modul 807.0412



# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (v)

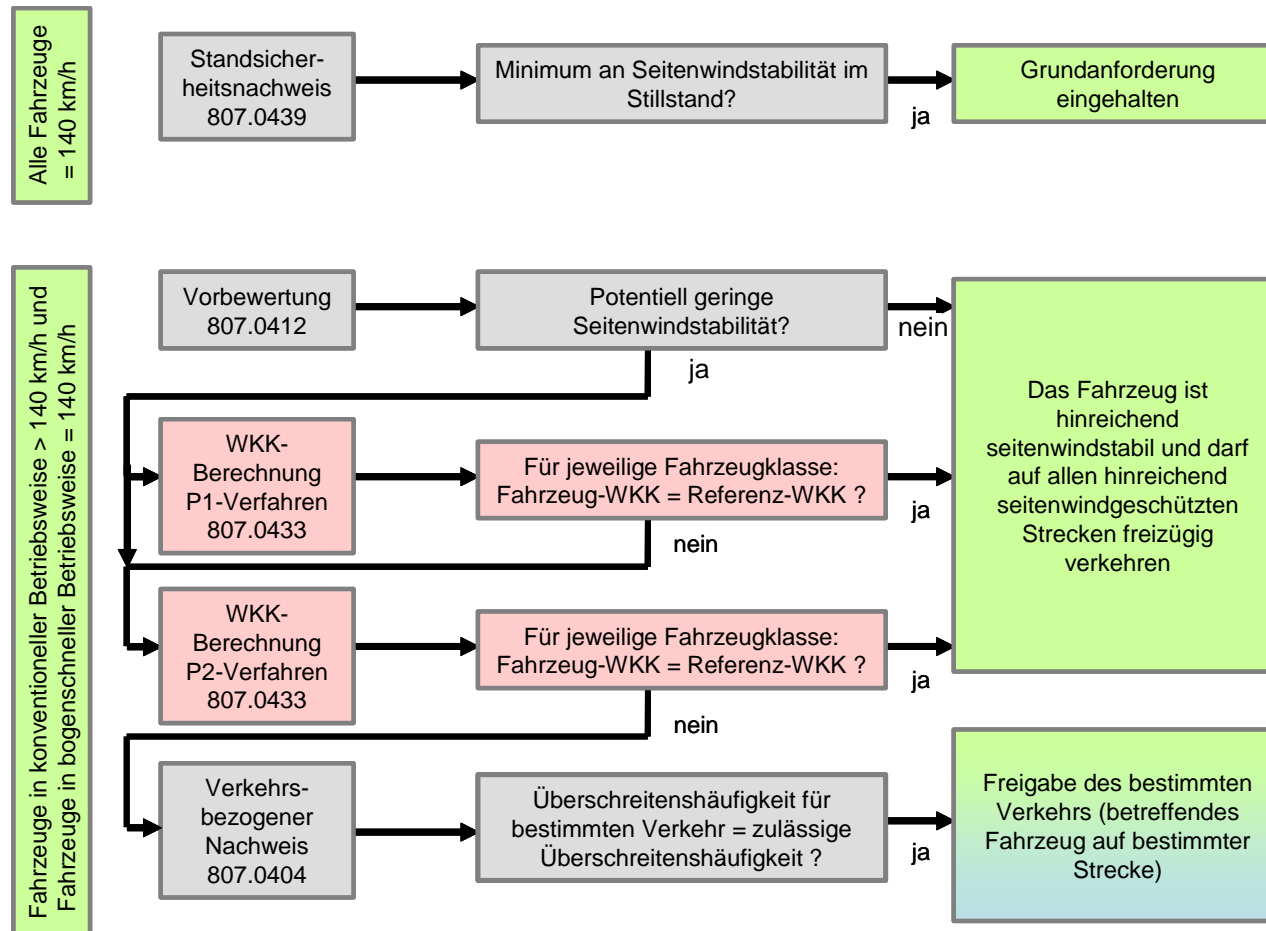
## Vorbewertungsverfahren nach Modul 807.0412

- Das Vorbewertungsverfahren findet nur für nicht-bogenschnelle, wanksteife Einheiten Anwendung. Nicht wanksteife Gliederzüge und NeiTech-Züge sind grundsätzlich potentiell seitenwindempfindlich.
- Für feste Zugverbände (konventionelle Triebzüge) dient das Vorbewertungsverfahren auch zur Ermittlung des seitenwindsensitivsten Fahrzeugs im Zugverband, welches damit die Seitenwindstabilität des Zuges bestimmt.
- Zur Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte des Zuges kann entweder
  - die konservative Prognosevorschrift nach Modul 807.0412 angewendet werden
  - oder ein Windkanalversuch nach Modul 807.0432 durchgeführt werden.
- Der eigentliche Nachweis ist ein Nachweis gegen Kippen und erfolgt über eine einfache Momentenbilanz (1-Massenmodell) bei Fahrzeug-HG. Die Momentenbilanz enthält zur Berücksichtigung der starken Vereinfachungen einen Modellfaktor.
- Ist die so bestimmte charakteristische Windgeschwindigkeit größer als der für die jeweilige Fahrzeugklasse festgelegte Grenzwert, so ist ein positiver Nachweis erbracht.



# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (vi)

## Stabilitätsnachweis eines neuen Personenfahrzeugs nach Modul 807.0413



# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (vii)

## Fahrzeugnachweis nach Modul 807.0413

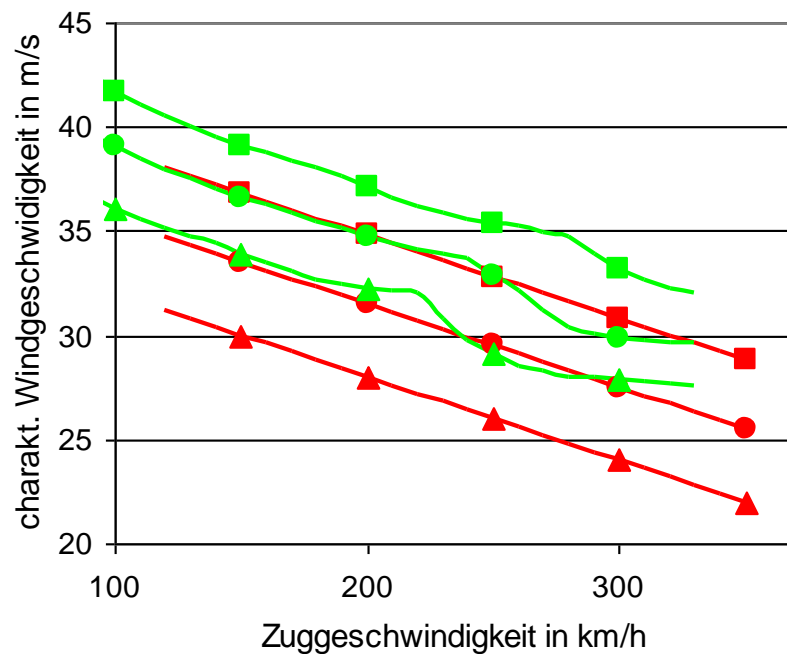
- Ein Fahrzeugnachweis nach Modul 807.0413 erfolgt für Fahrzeuge, für die eine Vorbewertung nach Modul 807.0412 nicht möglich war und für Fahrzeuge, die aufgrund der Vorbewertung eine potentiell geringe Seitenwindstabilität aufweisen.
- Die Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte des Fahrzeugs erfolgt durch Windkanalversuche nach Modul 807.0432.
- Die Ermittlung der Windkennkurven des Fahrzeugs erfolgt nach Modul 807.0433. Der der Windkennkurvenberechnung zugrunde gelegte fahrtechnische Kennzustand ist eine (über ein Fahrwerk gemittelte) Radentlastung von 90% in einem gleislagefehlerfreien Gleis. Die Windkennkurven berücksichtigen die gesamte Schwerpunktverschiebung des Fahrzeugs und können durch folgende Verfahren ermittelt werden:
  - das konservative, quasistat. P1-Verfahren (im einfachen Fall 5-Massenmodell),
  - das dyn. P2-Verfahren (zeitabhängige MKS für ein Chinese Hat-Böenmodell).
- P1- und P2-Verfahren sind auch im Normentwurf prEN 14067-6: 2007 enthalten.
- Ein positiver Nachweis ist erbracht, wenn die ermittelten Windkennkurven mindestens den Referenz-Windkennkurven der entsprechenden Fahrzeugklasse entsprechen.

# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (viii)

## Referenz-WKKs und Vergleich mit P2-WKKs verschiedener Beispielfahrzeuge

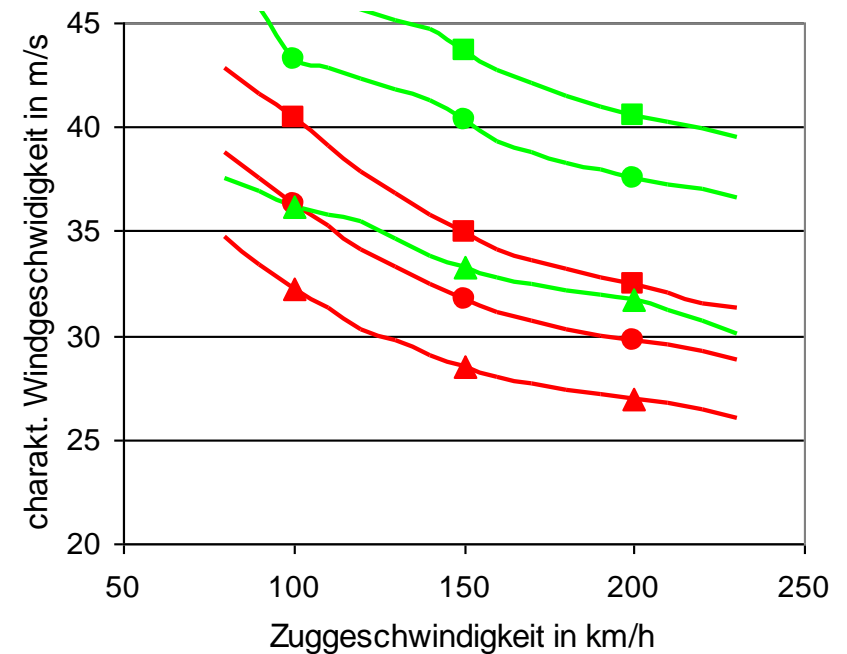
Ref.-WKK Klasse A

WKK ICE-3 EW



Ref.-WKK Klasse B

WKK ICE-T EW



■ :  $a_q = 0 \text{ m/s}^2$

● :  $a_q = 0,5 \text{ m/s}^2$

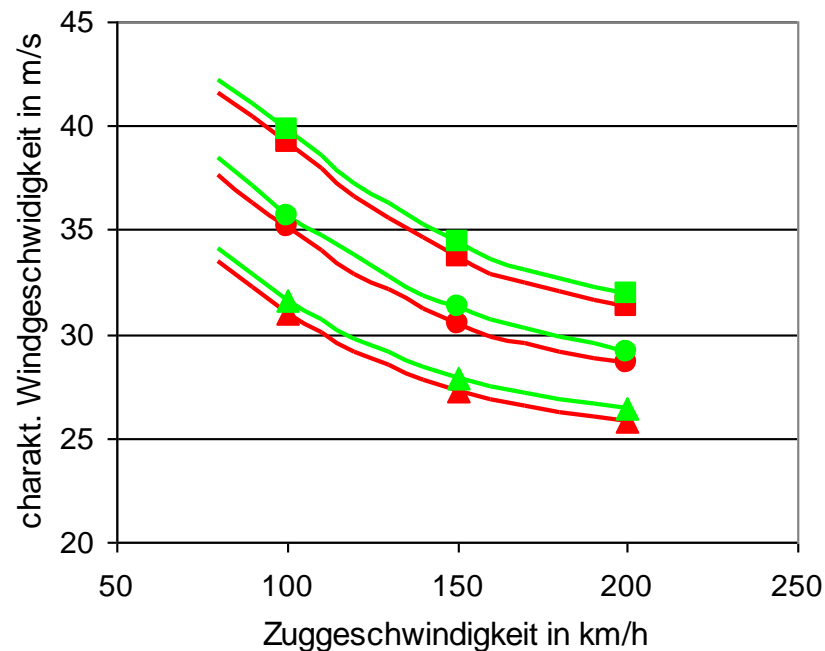
▲ :  $a_q = 1,0 \text{ m/s}^2$

# Fahrzeugseitiger Nachweis für den Personenverkehr (ix)

## Referenz-WKKs und Vergleich mit P2-WKKs verschiedener Beispielfahrzeuge

Ref.-WKK Klasse C

WKK Bimdzf 269.0



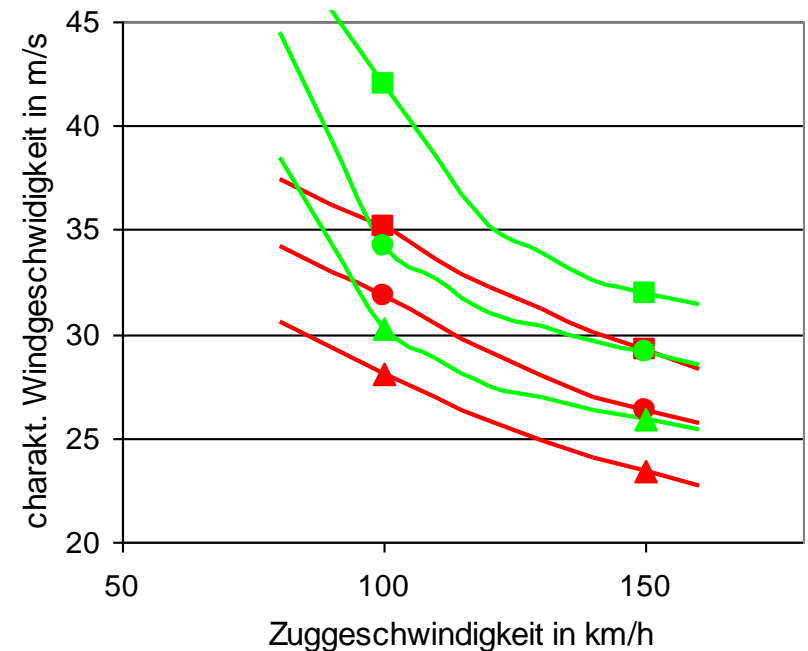
■ :  $a_q = 0$  m/s<sup>2</sup>

● :  $a_q = 0,5$  m/s<sup>2</sup>

▲ :  $a_q = 1,0$  m/s<sup>2</sup>

Ref.-WKK Klasse D

WKK DBpbzf 763



# Anwendungserfahrung und Ausblick

**Die Richtlinie 80704 hat sich seit Einführung im April 2006 sehr gut bewährt.**

- Strukturierung und Trennung von Fahrzeug- und Infrastrukturaspekten bietet wesentliche Vorteile gegenüber den vorherigen DB-Regelungen zum Seitenwind.
- Die Ril 80704 ist in sich konsistent und widerspruchsfrei zu den europäischen Regelungen für den HGV, schließt aber die dort ausgewiesenen offenen Punkte. Die Ril 80704 deckt darüber hinaus auch den konventionellen Personenverkehr ab.
- Die einfache Anwendbarkeit und Praktikabilität der Ril 80704 wurde inzwischen auch durch zahlreiche, von Dritten erbrachte Nachweise belegt.
- Die Ril 80704 hat – unter Wahrung der Sicherheit – dazu beigetragen, zahlreiche zuvor auf dem DB Netz bestehende Seitenwindrestriktionen abzubauen.
- Durch die Ril 80704 konnte bei neuen Fzg-Beschaffungsvorhaben und Infrastruktur-Neubauvorhaben die Seitenwindthematik angemessen berücksichtigt werden.
- Wesentliche Teile der Ril 80704 werden zur Zeit in die europ. Normung eingebracht.

**In der für 2009 anvisierten ersten Revision der Ril 80704 werden Seitenwindregelungen für den Güterverkehr aufgenommen werden.**

## **38. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge**

*Technische Universität Graz, 14.-17. September 2008*

A photograph of a high-speed train, likely a TGV, crossing a large, multi-arched steel truss bridge. The bridge spans a deep valley with some vegetation and a body of water visible in the distance. The train is white with a blue stripe. The background shows a hazy landscape with hills and some buildings.

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !**

Die Autoren danken allen Mitgliedern des Arbeitskreises Seitenwind, welcher wesentlich an der Entwicklung der neuen RIL 80704 mitgewirkt hat. Besonderer Dank gilt den Herren Dr. R. Naumann, Dr. A. Orellano, R. Gansekow und M. Stiepel. Weiterhin danken die Autoren all denen, die durch ihre Arbeit in verschiedenen Projekten die Grundlage für die RIL 80704 geschaffen haben. Besonderer Dank an dieser Stelle gebührt den Herren D. Franck, J. Herb, R. Naumann und C. Höpfe.