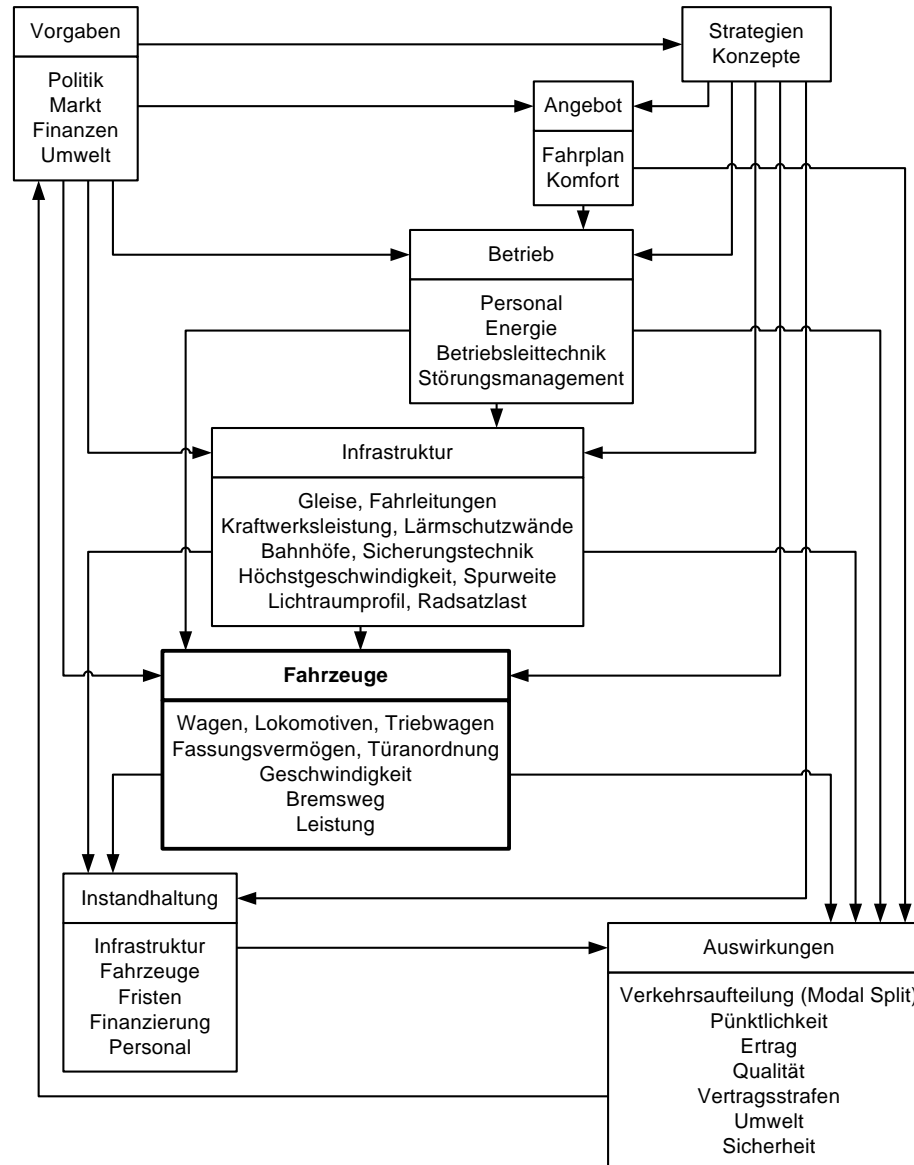


- 5.1. Einleitung / Grundlagen
- 5.2. Beanspruchungen Tragwerk
- 5.3. Gegenwärtige Festlegungen

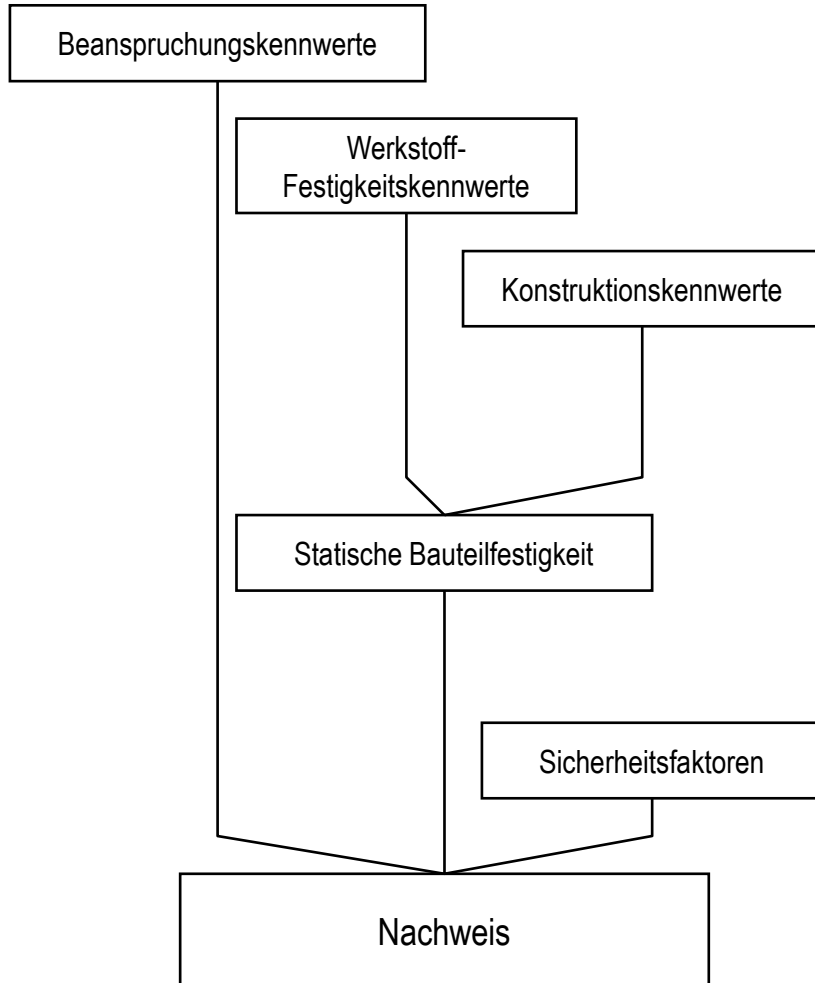
# Folie System Schienenverkehr



(Quelle: Dubbel)

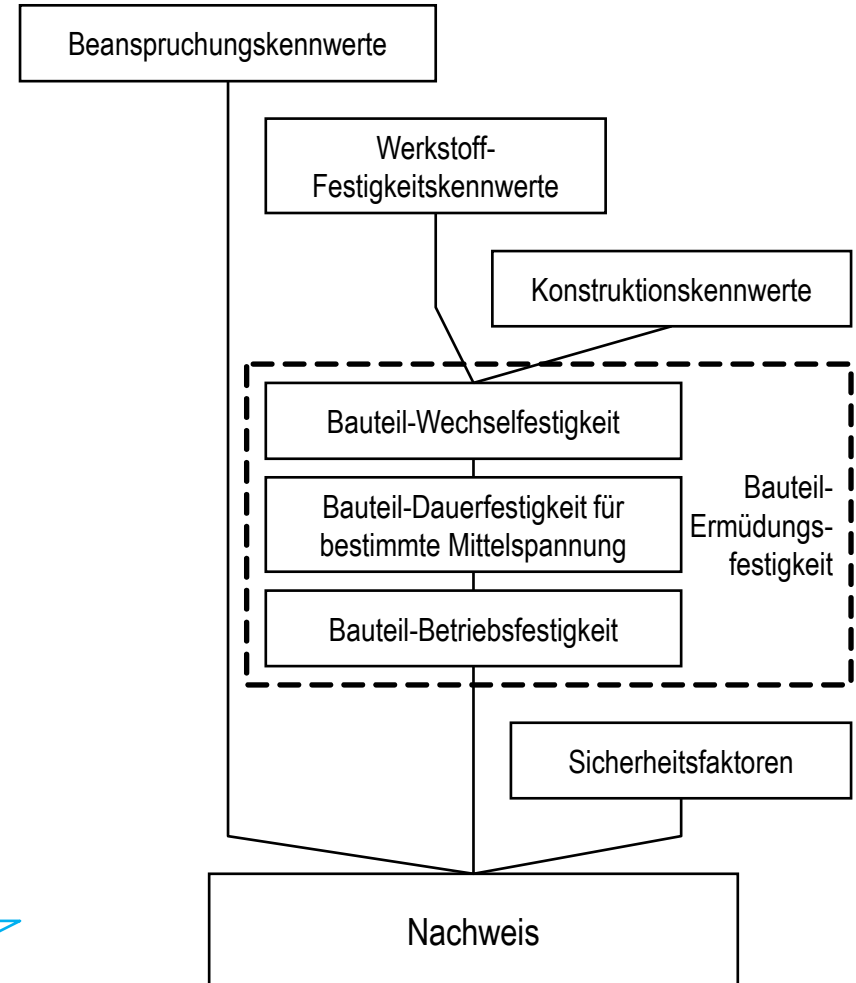
# Folie Bestandteile eines rechnerischen Festigkeitsnachweises

Statischer Festigkeitsnachweis

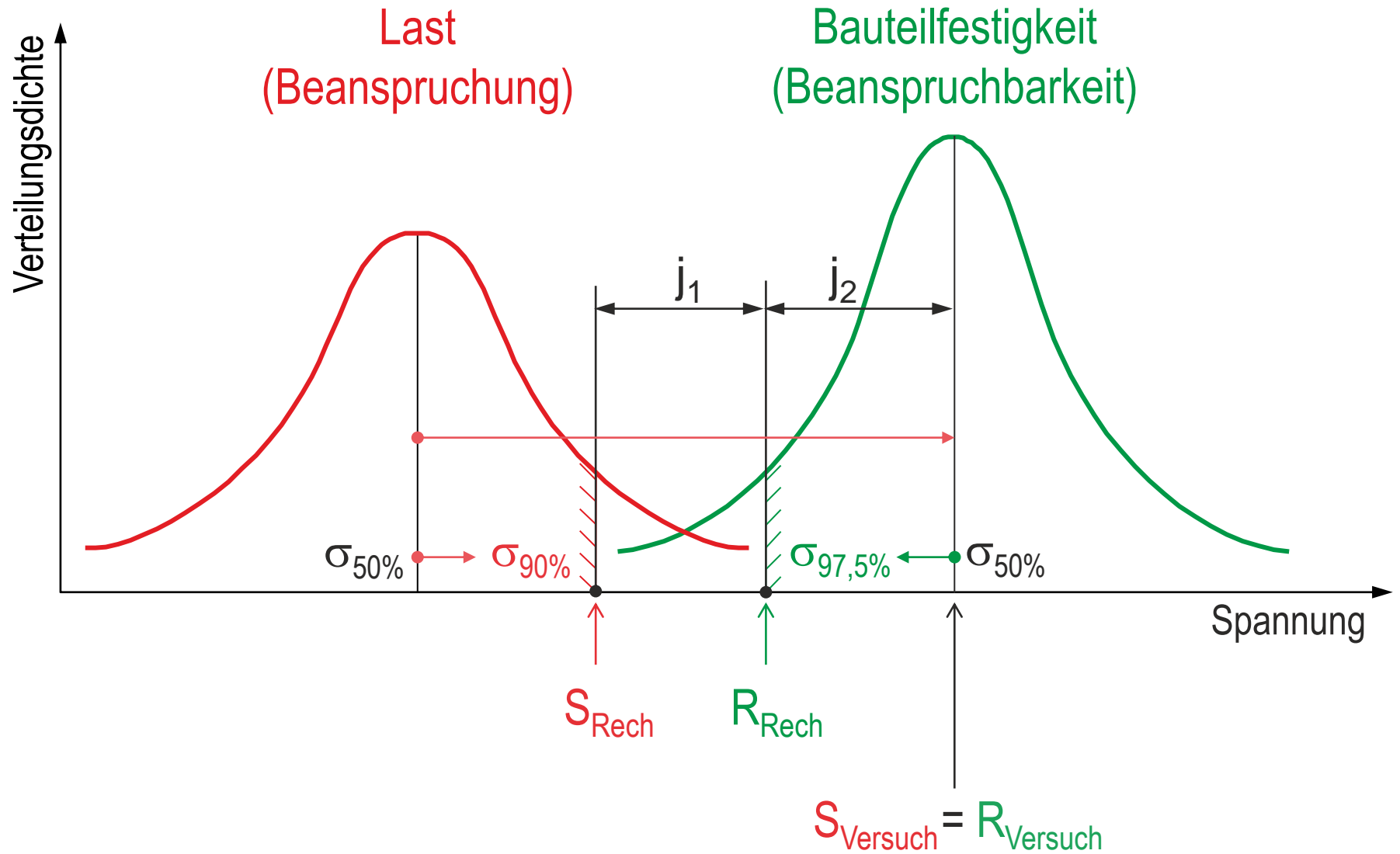


Ermüdungs-Festigkeitsnachweis

Zeitliche Abfolge der Bearbeitung



(nach FKM-Richtlinie)

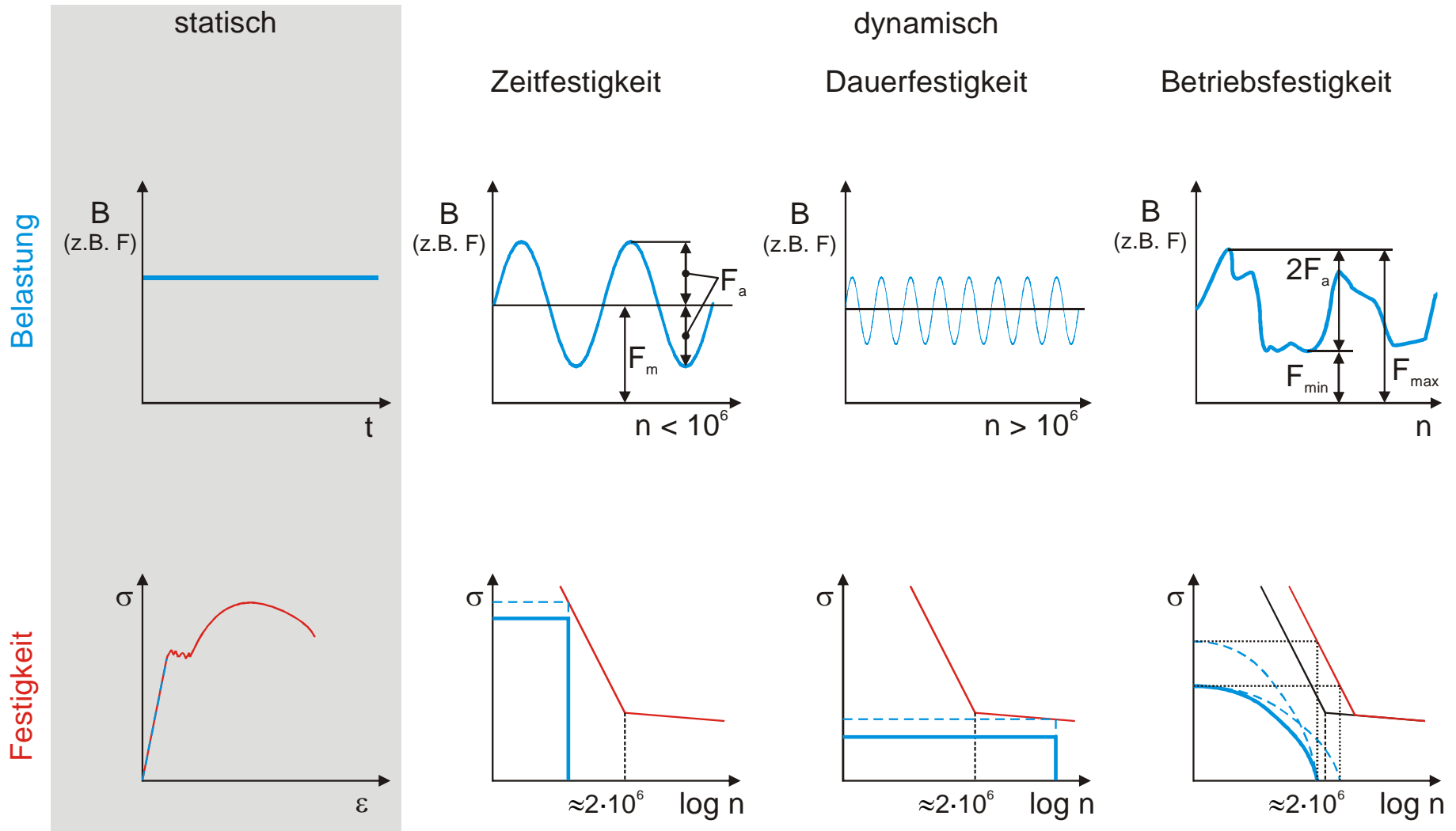


# Folie Fahrzeugzulassung, Fahrzeuggenehmigung

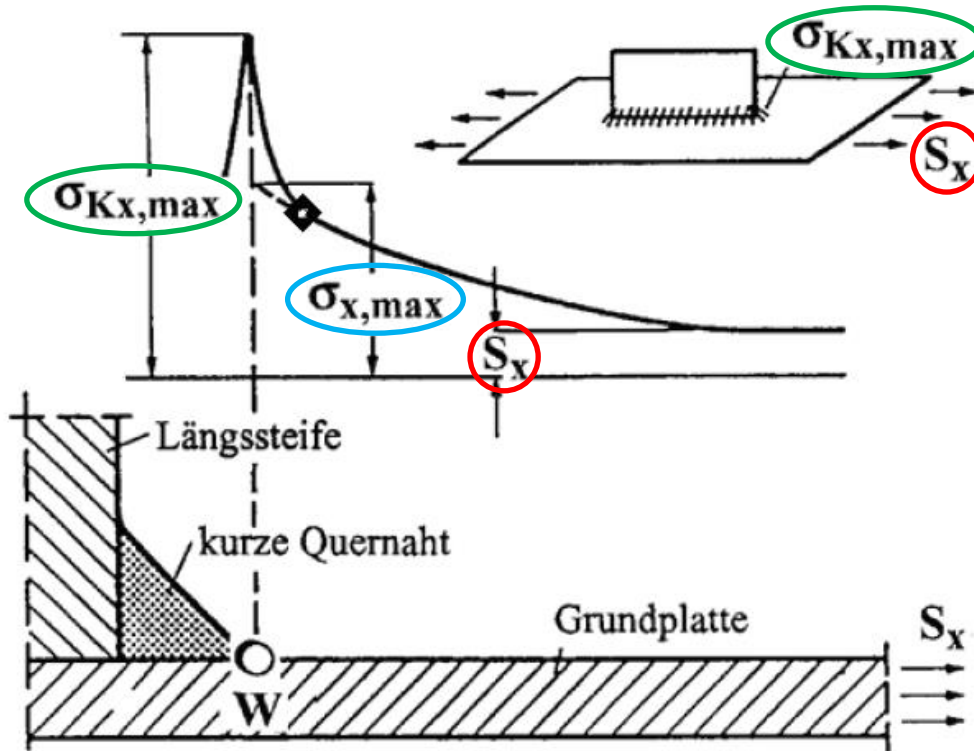
---

| Fahrzeuge für Verkehr ...  | Zulassung als   | durch / bei  |
|--|---|--|
| ... auf TEN-Strecken   | Genehmigung für das Inverkehrbringen von Fahrzeugen (GIF) | ERA  |
| ... <u>nur</u> außerhalb TEN auf öffentlichen Eisenbahninfrastrukturen | Inbetriebnahmegenehmigung nach EIGV                       | → Eisenbahnen des Bundes: EBA<br>→ nichtbundeseigene Eisenbahnen: zuständige Landesbehörde |
| ... <u>nur</u> auf nichtöffentlichen Eisenbahninfrastrukturen          | Betriebserlaubnis nach BOA                                |  |

# Folie Belastungsverläufe



# Folie Nennspannung $\leftrightarrow$ örtliche Spannung



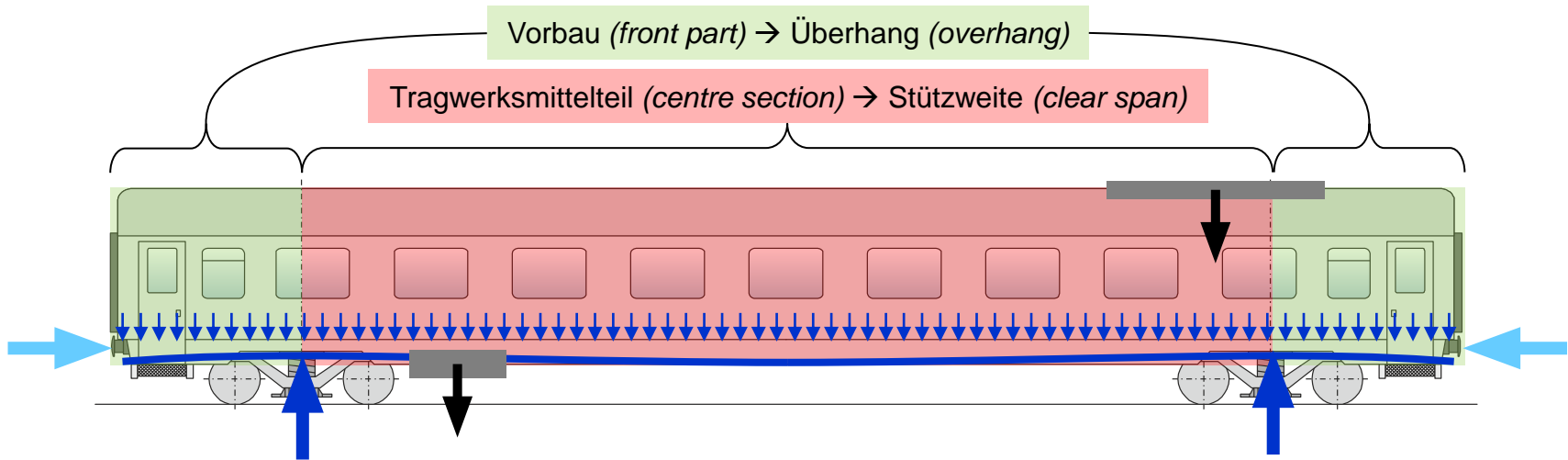
- $S_x$  - **Nennspannung**  
(= über den Querschnitt konstante Durchschnittsspannung)
- $\sigma_{x,max}$  - **Strukturspannung**  
(= Spannung bei Berücksichtigung der realen Bauteilgeometrie)
- $\sigma_{kx,max}$  - **örtliche Spannung = Kerbspannung**  
(= Spannung bei Berücksichtigung der realen Bauteilgeometrie und der Kerbwirkung)

(nach FKM-Richtlinie, 6., überarbeitete Ausgabe 2012)

## ***Lastannahmen***

- = angenommene Beanspruchungskennwerte, die die im Betrieb auftretenden Beanspruchungen im Konstruktions- / Berechnungs- und Zulassungsprozess für die beabsichtigte Lebensdauer hinreichend genau widerspiegeln.
- erlauben wirtschaftliche Fahrzeugdimensionierung
  - haben keine Bindung an eine Berechnungsmethodik
  - bedürfen ständiger kritischer Beurteilung → Anpassung, Korrektur, Ergänzung

# Folie Anforderungen an Wagenkastenstrukturen

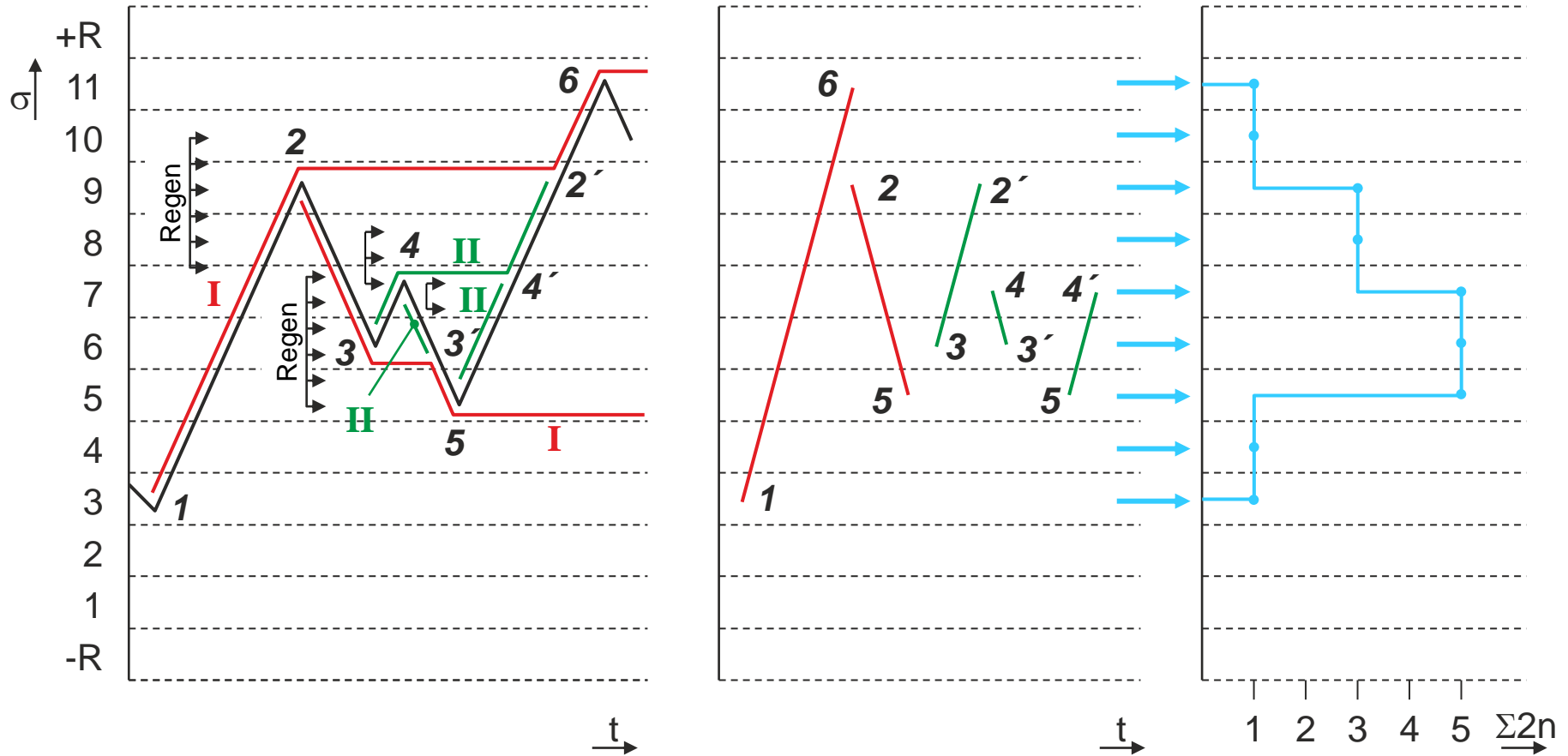


- Hohe Längsfestigkeit → z.B. Durchleitung der Längskräfte aus Zug- und Stoßeinrichtung  
*high longitudinal strength*
- Große Struktursteifigkeit → z.B. Durchleitung der Vertikalkräfte zu den Auflagerpunkten  
*high structural rigidity*
- Hohe lokale Festigkeit → Aufnahme von Personen/Gütern, Form, Kraftaufnahme  
*high local strength*
- Strukturdämpfung → Komfort  
*structural damping*
- Einbau definierter Elastizitäten → Zugbildung, Fahrsicherheit, Komfort  
*installation of defined elasticities*
- Einbau von Energieverzehrelementen → Kollisionsschutzanforderungen  
*installation of energy absorption elements*

# Folie Beanspruchungen am Schienenfahrzeug

|                   | Hauptbelastungen<br><i>während der Fahrt ständig wirkend</i>  |  | Zusatzbelastungen<br><i>nur zeitweise wirkend</i>  |
|-------------------|---|--|--|
| Beanspruchungsart | Normalbeanspruchungen   | Dynamische Beanspruchungen   |  |
| Belastungen       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statische äußere Lasten</li> <li>• Als statisch wirkend betrachtete dynamische Lasten</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastische Betriebsbelastungen</li> </ul>  |  |
| Beispiele         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eigenmasse</li> <li>○ Zuladung</li> <li>○ ...</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Spezifische Trassierungsbedingungen (Gleisbögen, Übergangs-/S-Bögen, Weichen, Kreuzungen, ...)</li> <li>○ Beschleunigungs-/Bremsvorgänge</li> <li>○ Unrundheiten/Unwuchten der Räder</li> <li>○ Gleislageunebenheiten</li> <li>○ ...</li> </ul> |  |
| Lastfälle         | Normallastfälle   | Dynamische Lastfälle   |  |
| Nachweis          | Statischer Nachweis   | Dauerfestigkeitsnachweis   | Betriebsfestigkeitsnachweis  |
| Belastungswerte   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzel-Belastungswert</li> <li>• Mittels Stoßfaktor in Einzel-Belastungswert umgerechnete Mehrstufenbelastung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Min- und Max-Wert als Einstufenbelastung abgebildete Mehrstufenbelastung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Lastkollektiv abgebildete Mehrstufenbelastung</li> </ul>                          |
|                   |   |  | Statischer Nachweis (i.d.R.)   |
|                   |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittels Stoßfaktor in Einzel-Belastungswert umgerechnete Mehrstufenbelastung</li> </ul> |

# Folie Rainflow-Klassierung



## 2 Regeln:

- I** Regen fließt über die Dächer, bis es vom größten heruntertropft
- II** Regen von kleinen Dächern kann nur solange abfließen, bis er auf Regen von größeren Dächern trifft und gestoppt wird

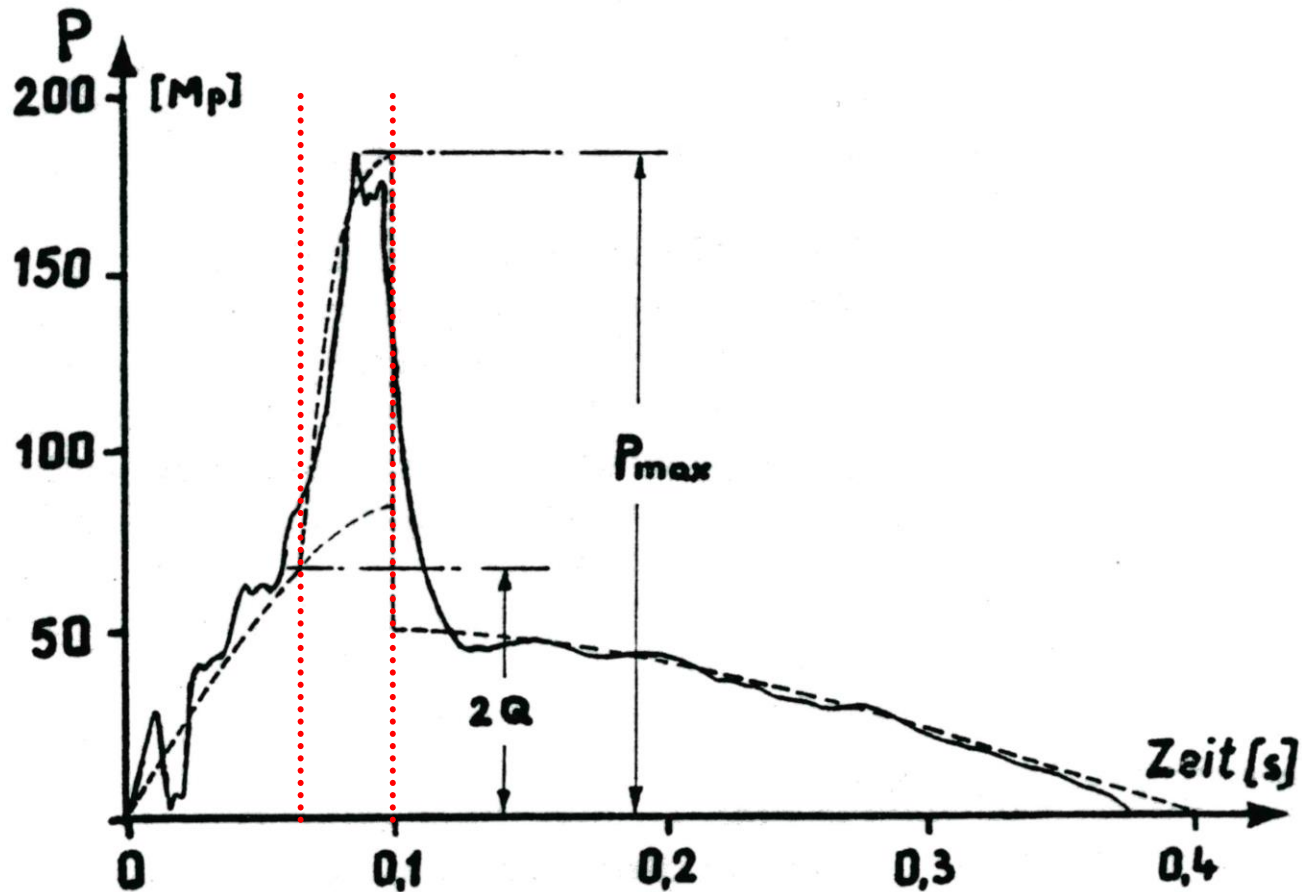
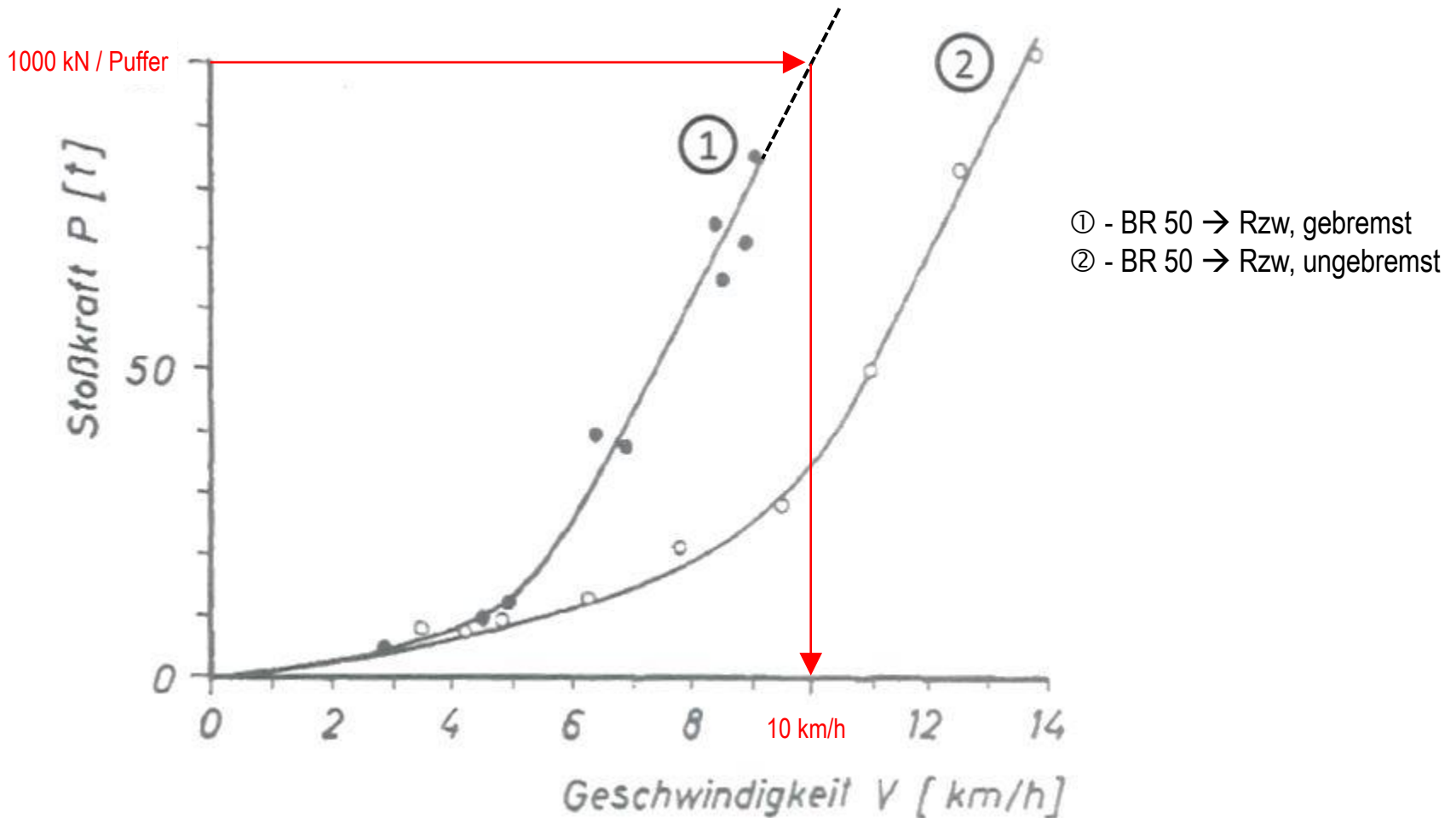


Abbildung 7 Gemessene Pufferkraft beim Auflaufstoß beladener Güterwagen.  $v = 12,6 \text{ km/h}$

(Quelle: Buschmann: Leichtbau der Verkehrsbetriebe (1971)3)

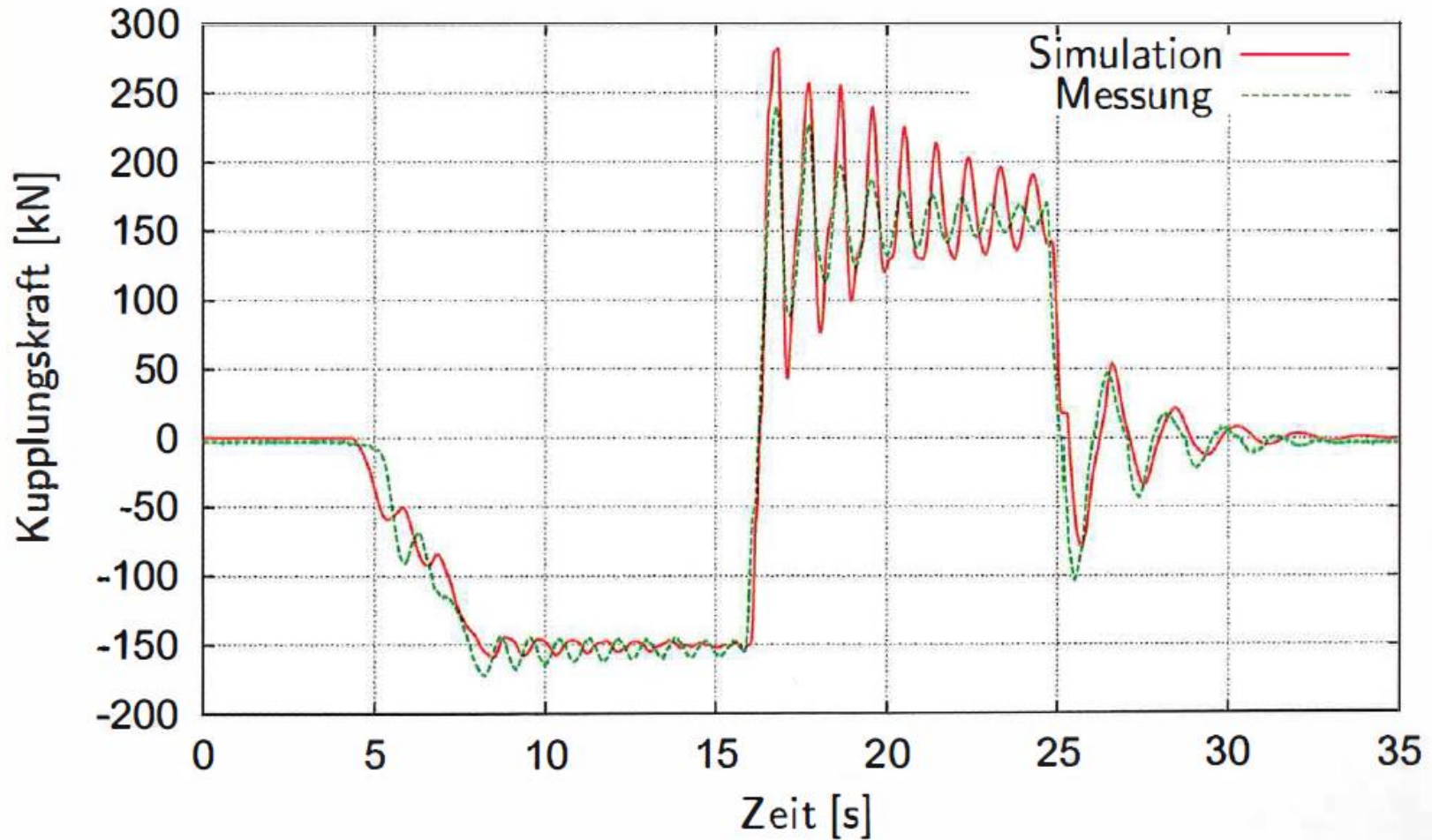
# Folie Außergewöhnliche Beanspruchung – Auflaufversuch 1958



(Quelle: Sperling; Betzold: Das Festigkeitsverhalten von Leichtbau-Schienenfahrzeugen, Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge 1958)

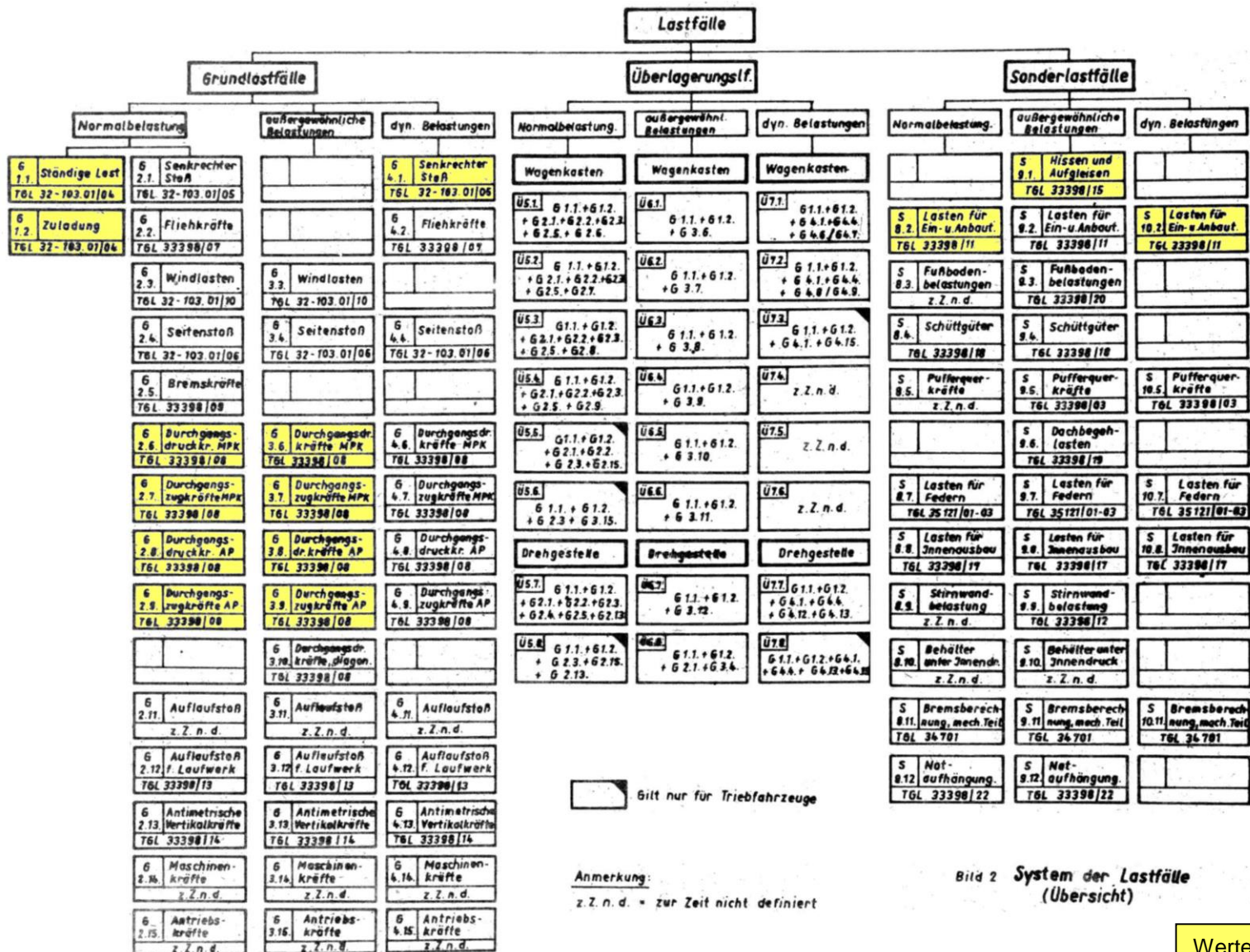
# Folie Außergewöhnliche Beanspruchung – Bergen

Verlauf der Kraft in der Stirnkupplung für einen Versuch (Ziehen, Notbremse), Baureihe C, hohe Vorspannung



(Quelle: Kühnel, u.a. ZEVrail (2004)6)

# Folie System der Lastfälle nach TGL 33398/01



# Folie Überlagerungslastfälle für Schienenfahrzeuge nach TGL 33398/01

| Grundlastfälle GLF                     |                                  | Überlagerungslastfälle Ü L F |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|--|----------------------------------|------------------------------|---|-------|--------|--------|----------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------|-------|--------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|---|
|  |                                  | alle Fahrzeuge               |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        | nur Triebfahrzeuge |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | Drehgestelle                 |   |       |        |        | Fahrzeugkästen |       |        |        |       |       |        |        |        |        | Drehg.             |       | Kästen |                 |                 |       |       |       |   |
| Nr.                                    | N                                | AG                           | D | N 5.7 | AG 6.7 | AG 6.8 | D 7.7          | N 5.1 | AG 5.2 | AG 5.3 | D 5.4 | N 6.1 | AG 6.2 | AG 6.3 | AG 6.4 | AG 6.5 | AG 6.6             | D 7.1 | D 7.2  | N 5.8           | D 7.8           | N 5.5 | N 5.6 | D 7.3 |   |
| vertikale Belastung                    | ständige Last                    | 1.1                          |   |       | X      | X      | X              | X     | X      |        |       | X     |        |        |        |        |                    |       | X      |                 | X               | X     | X     | X     | X |
|  | Zuladung                         | 1.2                          |   |       | X      | X      | X              | X     | X      |        |       | X     |        |        |        |        |                    |       | X      |                 | X               | X     | X     | X     | X |
|  | senkrechter Stoß                 | 2.1                          |   |       | X      |        | X              |       | X      |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        | X <sup>2)</sup> |                 |       |       | X     |   |
|  |                                  | 2.1                          |   | 4.1   |        | X      |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 | X     |       |       |   |
|  | antimetrische Vertikalkraft      | 3.13                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
| 4.13                                   |                                  |                              |   |       |        |        |                |       |        |        | X     |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
| Belastungen horizontal quer            | Fliehkraft                       | 2.2                          |   |       | X      |        |                |       |        |        |       | X     |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 4.2                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | Windlasten                       | 2.3                          |   |       | X      |        |                |       |        |        |       | X     |        |        |        |        |                    |       |        |                 | X               |       | X     | X     |   |
|  |                                  | 3.3                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
| Seitenstoß                             | 2.4                              |                              |   | X     |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | 3.4                              |                              |   |       |        |        |                |       |        |        | X     |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
| Kräfte über Zug- und Stoßeinrichtungen | Durchgangsdruck SP               | 2.8                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       | X      |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 3.8                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        | X      |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 4.8                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        | X <sup>2)</sup> |                 |       |       |       |   |
|  | Durchgangsdruck AK               | 2.6                          |   |       |        |        |                |       |        | X      |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 3.6                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       | X      |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | Durchgangszug SP                 | 2.9                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       | X      |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 3.9                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | Durchgangszug AK                 | 2.7                          |   |       |        |        |                |       |        |        | X     |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 3.7                          |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        | X      |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | Auflaufstoß                      | 2.12                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 | X <sup>2)</sup> |       |       |       |   |
| 3.12                                   |                                  |                              |   |       |        | X      |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 | X               |       |       |       |   |
| Durchgangsdruck diagonal               | 4.12                             |                              |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | 3.10                             |                              |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 | X               |       |       |       |   |
| Maschinen- und Bremskräfte             | Maschinen - kräfte <sup>1)</sup> | 2.14                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 3.14                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  |                                  | 4.14                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |
|  | Antriebskräfte <sup>1)</sup>     | 2.15                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 | X     |       | X     |   |
|  |                                  | 3.15                         |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       | X     |   |
| 4.15                                   |                                  |                              |   |       |        |        |                |       |        |        |       |       |        |        |        |        |                    |       |        |                 | X               |       | X     |       |   |
| Bremskräfte                            | 2.5                              |                              |   |       | X      |        |                |       |        |        |       | X     |        |        |        |        |                    |       |        |                 |                 |       |       |       |   |

- N = Normalbelastung  
 AG = Außergewöhnliche Belastung  
 D = Dynamische Belastung
- 1) z. Zeit nicht im TGL-Blatt definiert  
 2) GLF 1.1 und 1.2 werden  
 - entweder nur mit einem der anderen  
 GLF überlagert, dann gelten Sicherheiten  
 nach TGL 28875 / 03  
 oder  
 - mit allen im ÜLF genannten GLF,  
 dann gilt  

$$s_{\text{erf}} = s \cdot \frac{1,0}{1,2}$$
- 3) Nur nachzuweisen für Fahrzeuge mit AK  
 4) Nur für Fahrzeuge mit SP  
 5) Nur für Wagen
- SP = Seitenpuffer  
 AK = Automatische Kupplung

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| N 5.7                              | Bremsen mit max. Bremsleistung in Bögen; höchste Geschwindigkeit in Bögen und Weichen |
| AG 6.7                             | maximaler Auflaufstoß   |
| AG 6.8                             | schlechtes Gleis, Weichen (gerades Gleis)   |
| D 7.7                              | mittlere Einsatzbedingungen   |
| N 5.1<br>5.2<br>5.3<br>5.4         | normale Betriebsbedingungen   |
| AG 6.1<br>6.2<br>6.3<br>6.4<br>6.5 | Rangierbetrieb  |
| AG 6.6                             | nur für durch Auflaufstoß beanspruchte Teile  |
| N 5.8                              | Zugkraftübertragung b. Geschw. v = 0  |
| D 7.8                              | Mittlere Einsatzbedingungen   |
| N 5.5                              | Betriebslastfall unter Beachtung d. Geschw. im kleinsten Bogen ohne Überh             |
| N 5.6                              | Betriebslastfall bei Geschw. v = 0  |

DIN EN 12663-1:2015-03  
EN 12663-1:2010+A1:2014 (D)

## 8 Anforderungen an Tests zum experimentellen Festigkeitsnachweis

### 8.1 Ziele

Es müssen Tests durchgeführt werden, wie es die Spezifikation erfordert, um einen Nachweis der Festigkeit und Stabilität gemäß Anforderungen in 5.1 zu führen. Es ist nicht notwendig, Tests durchzuführen, wenn geeignete Nachweisdaten aus früheren Tests an einer ähnlichen Struktur zur Verfügung stehen und aufgezeigt werden kann, dass diese noch anwendbar sind oder die Korrelation zwischen Test und Berechnung erfolgreich nachgewiesen worden ist.

Die spezifischen Ziele der Tests sind:

- die Festigkeit der Konstruktion nachzuweisen, wenn diese maximaler Belastung ausgesetzt ist;
- nachzuweisen, dass nach Entfernung der maximalen Belastung keine signifikante bleibende Verformung vorhanden ist;
- die Festigkeit der Konstruktion unter solchen Belastungen zu bestimmen, die Betriebslastfällen entsprechen;
- die Steifigkeit der Konstruktion zu bestimmen.

Soweit erforderlich müssen die Versuche umfassen:

- statische Simulation ausgewählter Auslegungs-Lastfälle;
- Messung von Dehnungen/Spannungen mit Hilfe von Dehnungsmessstreifen oder sonstigen geeigneten Verfahren;
- Messung der strukturellen Verformung unter Belastung.

### 8.2 Statische Lastfälle

#### 8.2.1 Aufgebrachte Lasten

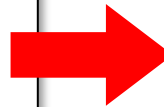
Für eine Neukonstruktion eines Fahrzeugs müssen zumindest die folgenden Tests durchgeführt werden, um zu prüfen, dass keine bleibende Verformung des Wagenkastens oder einzelner Bauelemente bezüglich der folgenden Nachweislastfälle entsteht:

- a) Druckbelastungen nach Tabelle 2;
- b) Zugbelastungen nach Tabelle 5;
- c) vertikale Belastungen nach Tabelle 9;
- d) Anhebe-Belastungen nach den Tabellen 10 und 11;
- e) die ungünstigste Kombination der nach Tabelle 12 bestimmten Belastungsfälle.

Es ist gestattet, diese Lastfälle durch Kombination der Ergebnisse geeigneter individueller Fälle zu verifizieren.

Jede Forderung nach weiteren Tests muss Teil der Spezifikation sein.

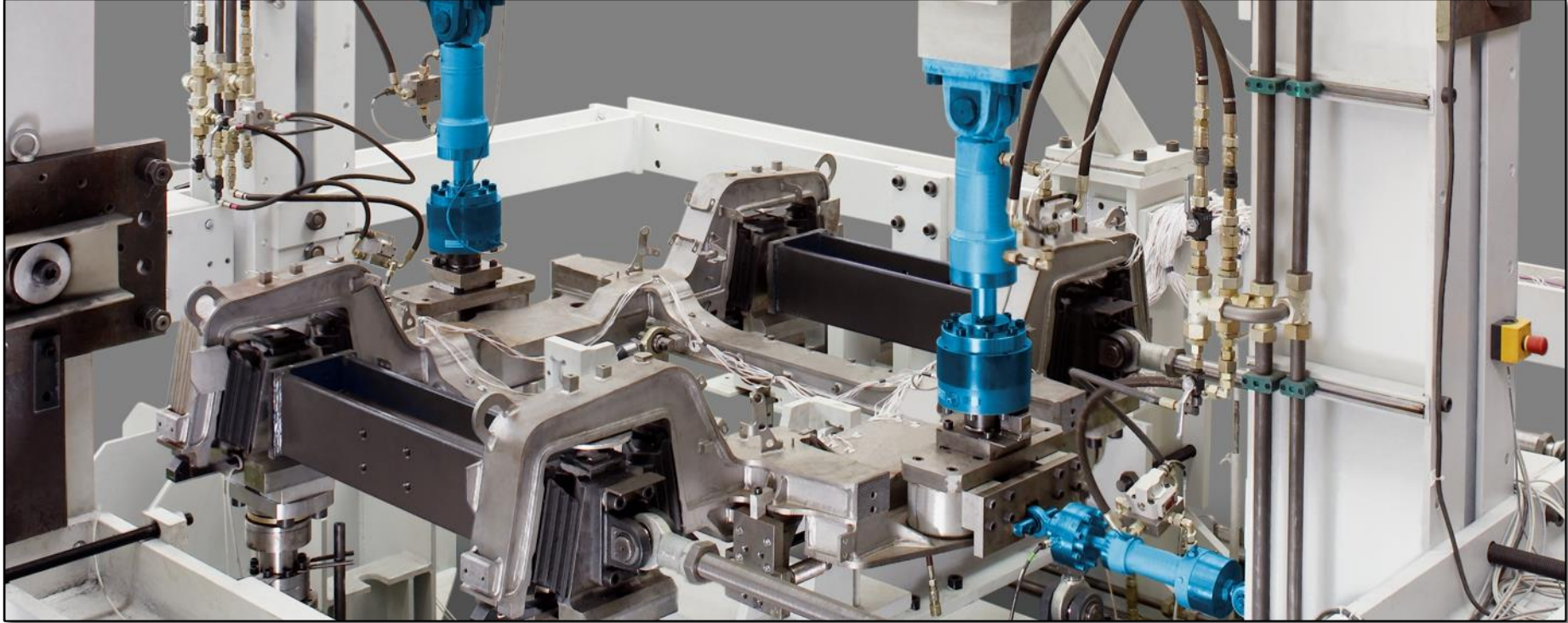
Für die anderen Lastfälle kann die Validierung durch Analyse oder Test oder durch eine Kombination von beiden durchgeführt werden.



(Quelle: DB Systemtechnik, Minden)

- Grundlegende Norm:

**DIN EN 13749:2011-06:** Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen



(Quellen: DIN EN 13749:2011-06; IP M. Jünger; [www.ima-dresden.de](http://www.ima-dresden.de))

Deutsche  
Bundesbahn



Deutsche  
Reichsbahn



## Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung (EBO)

vom 8. Mai 1967  
Gültig vom 28. Mai 1967 an

Bundesgesetzblatt 1967, Teil II, Seite 1563,  
– die Verordnung vom 10. Juni 1969 (BGBl  
– die Zweite Verordnung zur Änderung der  
vom 18. Dezember 1981 (BGBl I S. 1490),  
– die Dritte Verordnung zur Änderung der  
vom 08. Mai 1991 (BGBl I S. 1098) und  
– das Gesetz zur Übertragung der Aufgabe  
und der Luftsicherheit auf den Bundesgr  
vom 23. Januar 1992 (BGBl I S. 178).

Ausgabe 1992

DS 300

### § 2 Allgemeine Anforderungen


- (1) Bahnanlagen und Fahrzeuge müssen so beschaffen sein, daß sie den Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Diese Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die Bahnanlagen und Fahrzeuge den Vorschriften dieser Verordnung und, soweit diese keine ausdrücklichen Vorschriften enthält, anerkannten Regeln der Technik entsprechen.
- (2) Von den anerkannten Regeln der Technik darf abgewichen werden, wenn mindestens die gleiche Sicherheit wie bei Beachtung dieser Regeln nachgewiesen ist.
- (3) Die Vorschriften dieser Verordnung sind so anzuwenden, daß die Benutzung der Bahnanlagen und Fahrzeuge durch Behinderte und alte Menschen sowie Kinder und sonstige Personen mit Nutzungsschwierigkeiten erleichtert wird.


*Anhang D*

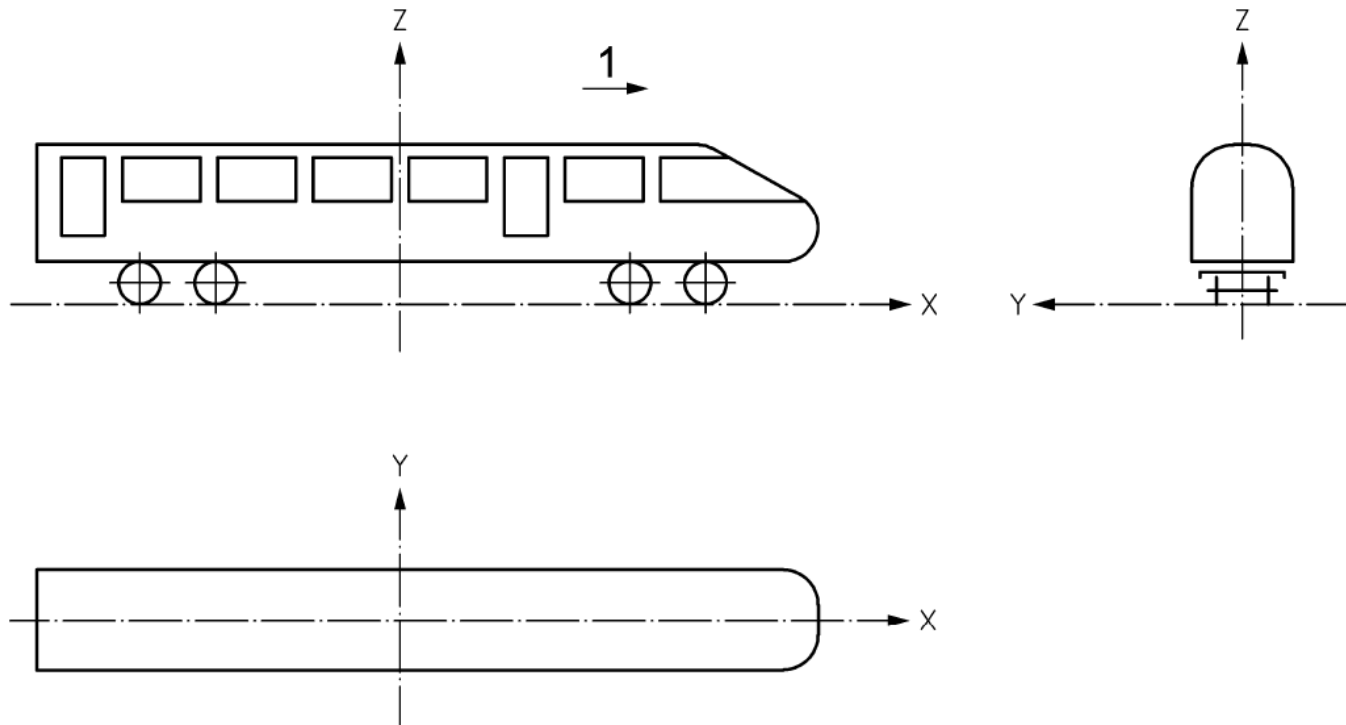
**Normen oder Dokumente mit normativem Charakter, auf die in dieser TSI Bezug genommen wird**

| TSI                                   |              | Norm           |            |
|---------------------------------------|--------------|----------------|------------|
| Zu bewertende Eigenschaften           |              | Normverweis    | Abschnitte |
| <b>Struktur und mechanische Teile</b> | <b>4.2.2</b> |                |            |
| Festigkeit der Einheit                | 4.2.2.2      | EN12663-2:2010 | 5          |
|                                       | 4.2.2.2      | EN15877-1:2012 | 4.5.13     |
|                                       | 6.2.2.1      | EN12663-2:2010 | 6, 7       |

Elektronische Ausgabe/Beuth-Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden/KoN:278059;D:09MAY19:14:07:4203

|   |                       |  |
|---|-----------------------|--|
| DEUTSCHE NORM   |                       | März 2015  |
|   | <b>DIN EN 12663-1</b> | <b>DIN</b>   |
| ICS 45.060.20   |                       | Ersatz für<br>DIN EN 12663-1:2010-07   |
| <p><b>Bahnanwendungen –<br/>Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen –<br/>Teil 1: Lokomotiven und Personenzüge (und alternatives Verfahren<br/>für Güterzüge);<br/>Deutsche Fassung EN 12663-1:2010+A1:2014</b></p> <p>Railway applications –<br/>Structural requirements of railway vehicle bodies –<br/>Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight<br/>wagons);<br/>German version EN 12663-1:2010+A1:2014</p> <p>Applications ferroviaires –<br/>Prescriptions de dimensionnement des structures de véhicules ferroviaires –<br/>Partie 1: Locomotives et matériels roulants voyageurs (et méthode alternative pour<br/>wagons);<br/>Version allemande EN 12663-1:2010+A1:2014</p> |                       |  |
|   |                       | Gesamtumfang 41 Seiten   |
| DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)   |                       |  |
| <small>© DIN Deutsches Institut für Normung e.V. - Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise,<br/>nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.<br/>Alleinverleger der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</small>  |                       | <small>Preisgruppe 17<br/>www.din.de<br/>www.beuth.de</small>                                  |
|   |                       | <br>2275340 |

|  |                       |  |
|--|-----------------------|--|
| DEUTSCHE NORM  |                       | Juli 2010  |
|  | <b>DIN EN 12663-2</b> | <b>DIN</b>   |
| ICS 45.060.20  |                       | Mit DIN EN 12663-1:2010-07<br>Ersatz für<br>DIN EN 12663:2000-10                                 |
| <p><b>Bahnanwendungen –<br/>Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen –<br/>Teil 2: Güterzüge;<br/>Deutsche Fassung EN 12663-2:2010</b></p> <p>Railway applications –<br/>Structural requirements of railway vehicle bodies –<br/>Part 2: Freight wagons;<br/>German version EN 12663-2:2010</p> <p>Applications ferroviaires –<br/>Prescriptions de dimensionnement des structures de véhicules ferroviaires –<br/>Partie 2: Wagons de marchandises;<br/>Version allemande EN 12663-2:2010</p> |                       |  |
|  |                       | Gesamtumfang 52 Seiten   |
| Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN   |                       |  |
| <small>© DIN Deutsches Institut für Normung e.V. - Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise,<br/>nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.<br/>Alleinverleger der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</small>   |                       | <small>Preisgruppe 19<br/>www.din.de<br/>www.beuth.de</small>                                    |
|  |                       | <br>1651109 |



## Legende

- 1 Fahrtrichtung
- X Längsrichtung
- Y Querrichtung
- Z Vertikalrichtung

**Bild 1 — Wagenkastenkoordinatensystem**

| Kategorie | Beispiele   |
|-----------|---|
| L         | Lokomotiven und Triebfahrzeuge, deren einziger Zweck die Bereitstellung von Zugkraft ist und die nicht für den Transport von Fahrgästen bestimmt sind |
| P-I       | Reisezugwagen   |
| P-II      | Triebzuginheiten und Reisezugwagen  |
| P-III     | U-, S-Bahn-Fahrzeuge und leichte Triebwagen   |
| P-IV      | leichte U-Bahn-Fahrzeuge und Stadtbahnfahrzeuge   |
| P-V       | Straßenbahnfahrzeuge  |
| F-I       | Güterwagen, die ohne Einschränkungen rangiert werden dürfen   |
| F-II      | Güterwagen, die weder über einen Ablaufberg noch durch Abstoßen rangiert werden dürfen  |

Tabelle 12 — Überlagerung statischer Lastfälle des Wagenkastens

Belastung in N

| Überlagerungsfälle            | Lokomotiven<br>Kategorie L | Personenfahrzeuge<br>Kategorien P-I, P-II,<br>P-III, P-IV, P-V | Güterwagen<br>Kategorie F-I, F-II       |
|-------------------------------|----------------------------|--|---|
| Druckkraft und vertikale Last | –                          | Tabelle 2 und<br>$g \times (m_1 + m_4)$                        | Tabelle 2 und<br>$g \times (m_1 + m_3)$ |
|                               |                            |  | Tabelle 3 und<br>$g \times (m_1 + m_3)$ |
| Zugkraft und vertikale Last   | –                          | Tabelle 5 und<br>$g \times (m_1 + m_4)$                        | Tabelle 5 und<br>$g \times (m_1 + m_3)$ |

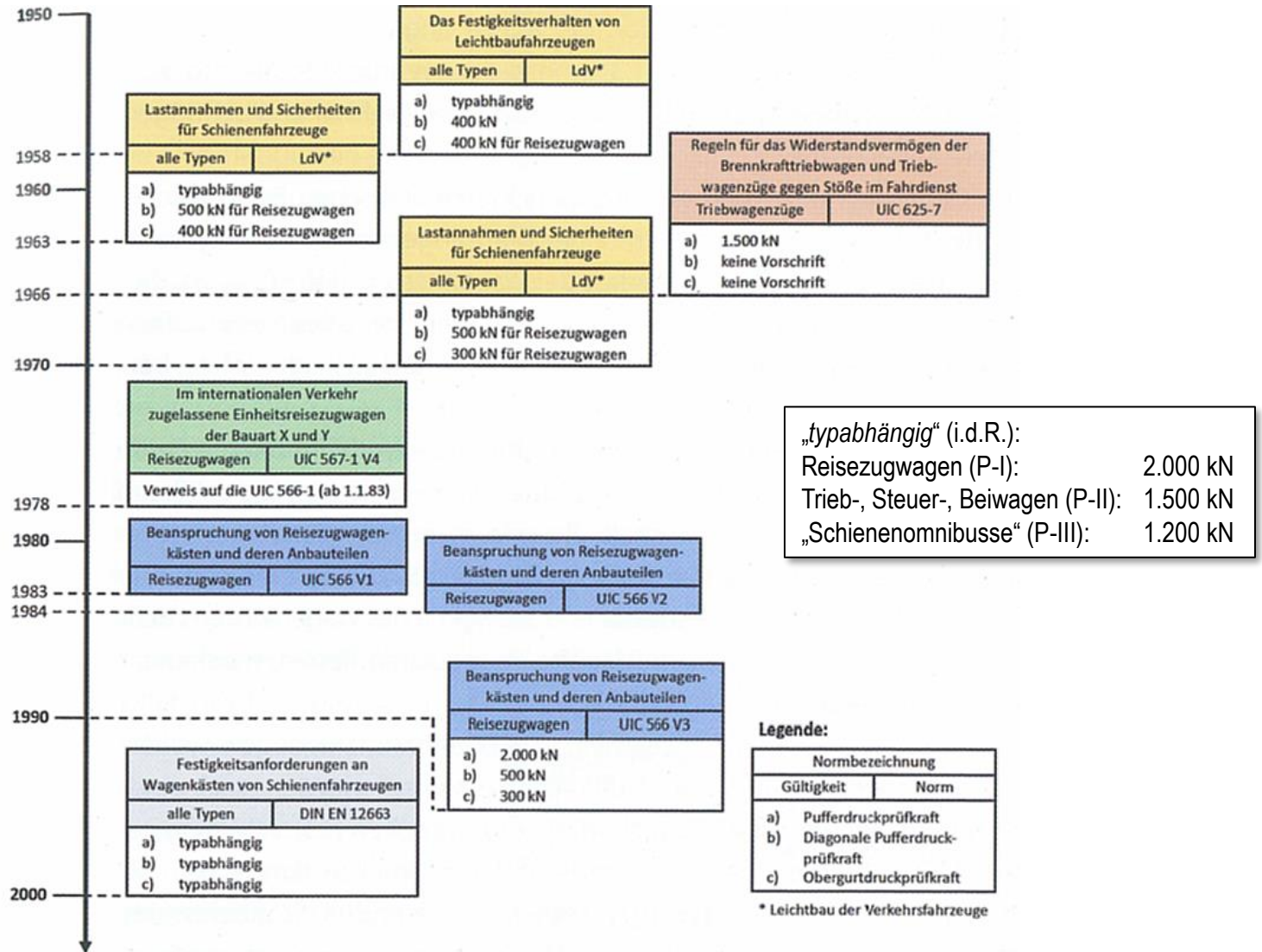
## 6.8 Kombination von Ermüdungslastfällen

Die maßgeblichen Kombinationen der Ermüdungslastfälle sind zu ermitteln und es ist sicherzustellen, dass in diesen Fällen die Auslegungskriterien erreicht werden. In einigen Anwendungen kann es notwendig sein, Gesamtbelastungen aufgrund von Traktions- und Bremszyklen (siehe 6.6.6) und andere Belastungen aufgrund von Längsbeschleunigungen (x-Richtung) mit solchen, die in vertikaler (z-Richtung) und lateraler Richtung (y-Richtung) wirken, einzuschließen.

Ein Dauerfestigkeitsnachweis muss Lastfälle enthalten, die realistische Kombinationen individueller Belastungen nach 6.6 und 6.7 darstellen. Die Größe der individuellen Belastungen kann gegenüber den angegebenen Größen der Tabellen 16 bis 18 reduziert werden, wenn die Lastfälle in Kombinationen berücksichtigt werden.

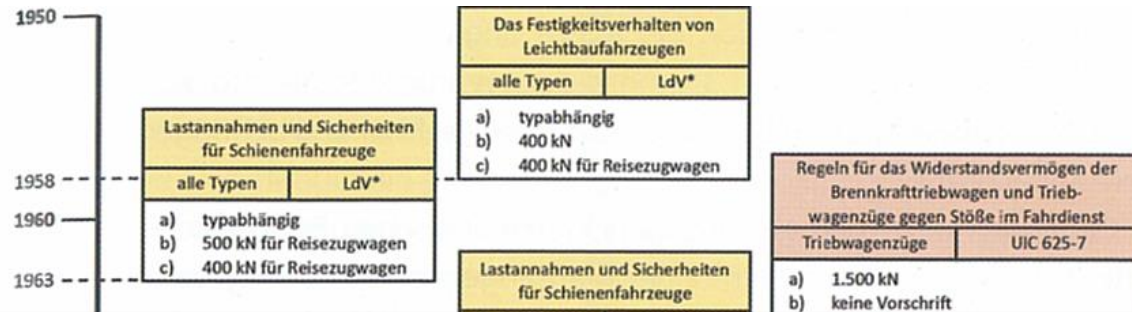
ANMERKUNG Methoden zur Bestimmung von geeigneten Lastkombinationen sind eventuell auch in nationalen oder Industrienormen angegeben (Beispielsweise [4] für U-Bahnen und Straßenbahnen (Kategorien P-IV und P-V)).

# Folie Übersicht längsgerichtete statische Ersatzlasten in Normen



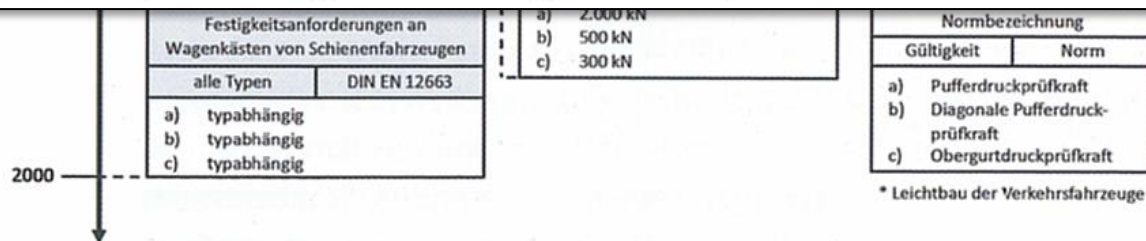
(Quelle: Malzacher; Mohr: Lastannahmen der DIN EN 12663-1: Stand der Technik?, EIK 2020)

# Folie Übersicht längsgerichtete statische Ersatzlasten in Normen



| Land / Region | Norm             | Längsdruckprüfkraft | Quelle |
|---------------|------------------|---------------------|--------|
| EU            | DIN EN 12663-1   | 2000 kN             | [17]   |
| USA           | 49 CFR § 238.203 | 3560 kN             | [19]   |
| Japan         | JIS E 7106:2006  | 980 kN              | [20]   |
| Australien    | AS/RISSB 7520.3  | 2000 kN             | [21]   |

**Tab. 3:** Internationaler Vergleich Längsdruckprüfkraften auf Pufferebene

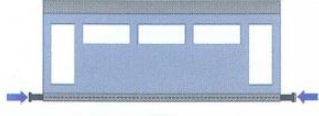

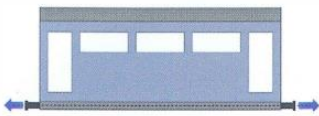

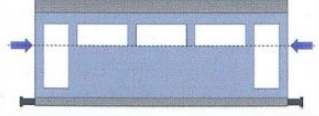




(Quelle: Malzacher; Mohr: Lastannahmen der DIN EN 12663-1: Stand der Technik?, EIK 2020)

# Folie Vergleich EN 12663-1 – JIS E 7106

| DIN EN 12663-1   | JIS E 7106  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kategorie L: Lokomotiven und Triebfahrzeuge</li> <li>• Kategorie P: Personenwagen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– P-I Reisezugwagen</li> <li>– P-II Triebzugeinheiten und Reisezugwagen</li> <li>– P-III U-, S-Bahn-Fahrzeuge und leichte Triebwagen</li> <li>– P-IV leichte U-Bahn-Fahrzeuge und Stadtbahnfahrzeuge</li> <li>– P-V Straßenbahnfahrzeuge</li> </ul> </li> <li>• Kategorie F: Güterwagen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Shinkansen</li> <li>• Reisezugwagen</li> <li>• Elektrische Triebwagen</li> <li>• Triebwagen mit Verbrennungsmotor</li> </ul> |

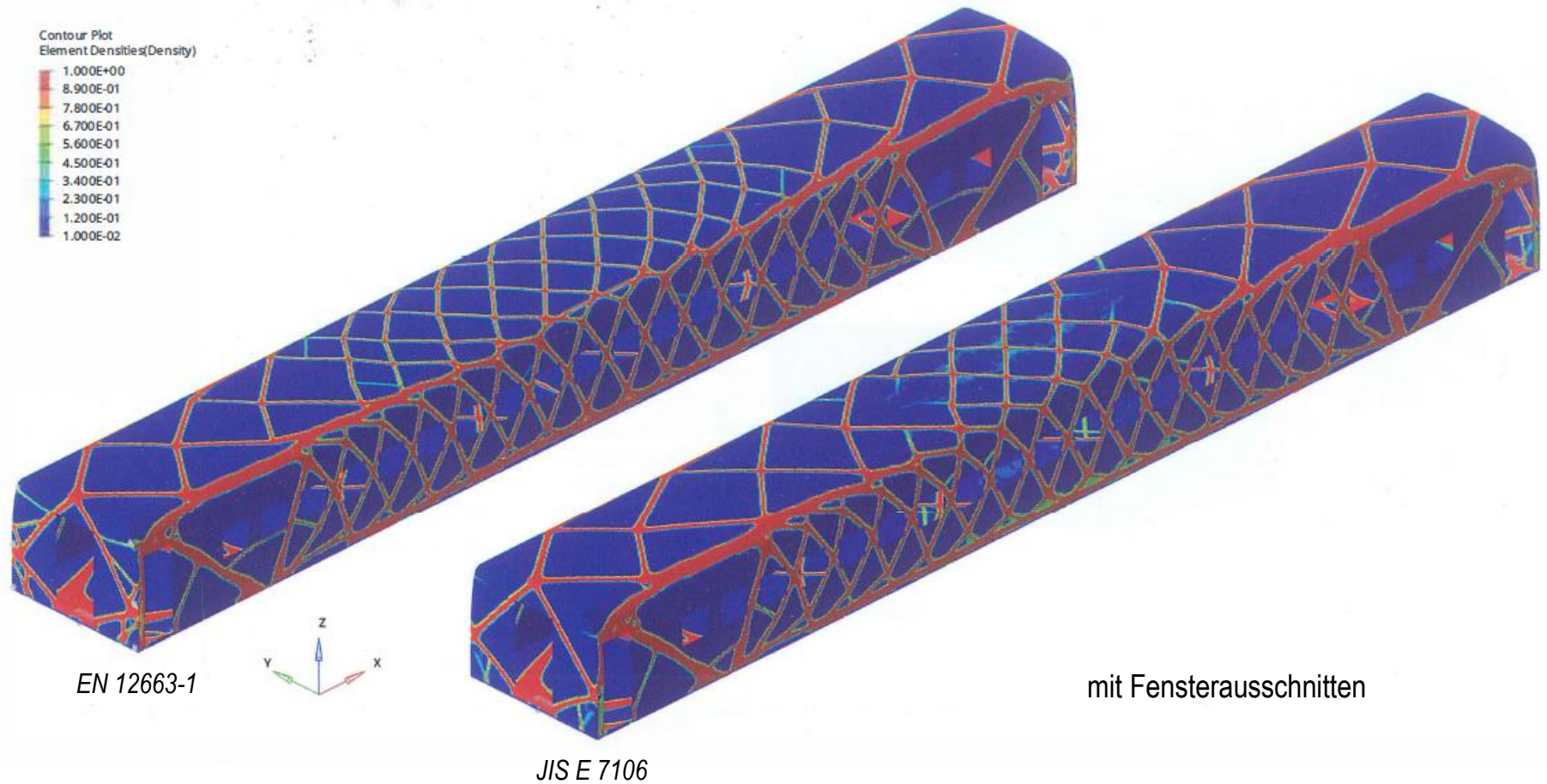
! Tabelle 1: Fahrzeugkategorien nach DIN EN 12663-1 und JIS E 7106

| Prüfkkräfte in kN   | DIN EN 126631 |       | JIS E 7106               |
|---|---------------|-------|--------------------------|
|   | P-I           | P-II  | Shinkansen               |
|    | 2.000         | 1.500 | 980                      |
|    | 500           | 500   | –                        |
|    | 1.000         | 1.000 | 490                      |
|    | 400           | 400   | –                        |
|    | 300           | 300   | Bilateral zu vereinbaren |
|   | –             | 300   | Bilateral zu vereinbaren |
|  | –             | –     | 40 kNm                   |

! Tabelle 2: Longitudinale statische Ersatzlasten nach DIN EN 12663-1 und JIS E 7106

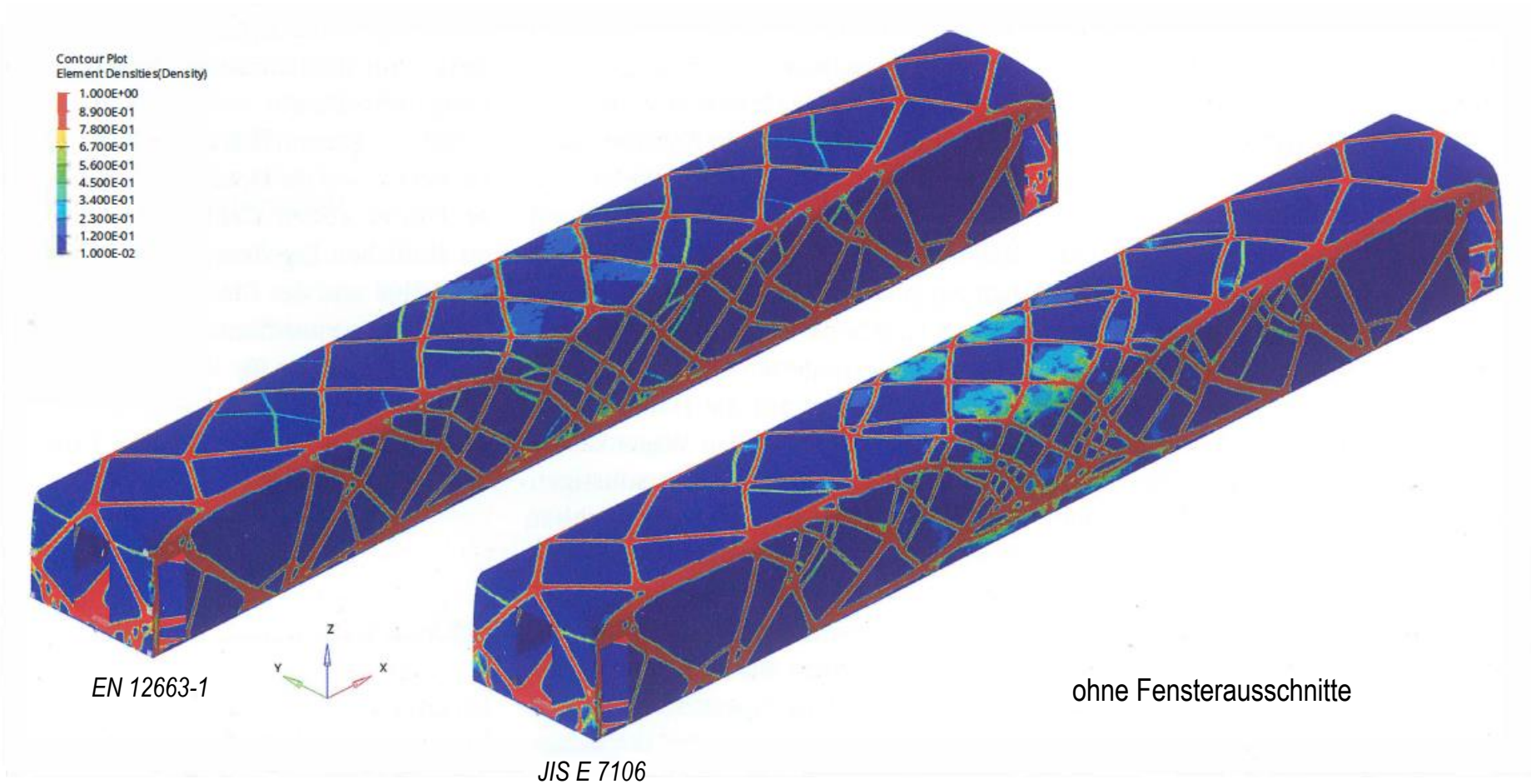
(Quelle: Malzacher, u.a.: Vergleich der Auslegungsregularien für Wagenkastenstrukturen in Japan und Deutschland, ZEVrail 146(2022)4)

# Folie Vergleich EN 12663-1 – JIS E 7106 – Topologieoptimierungen



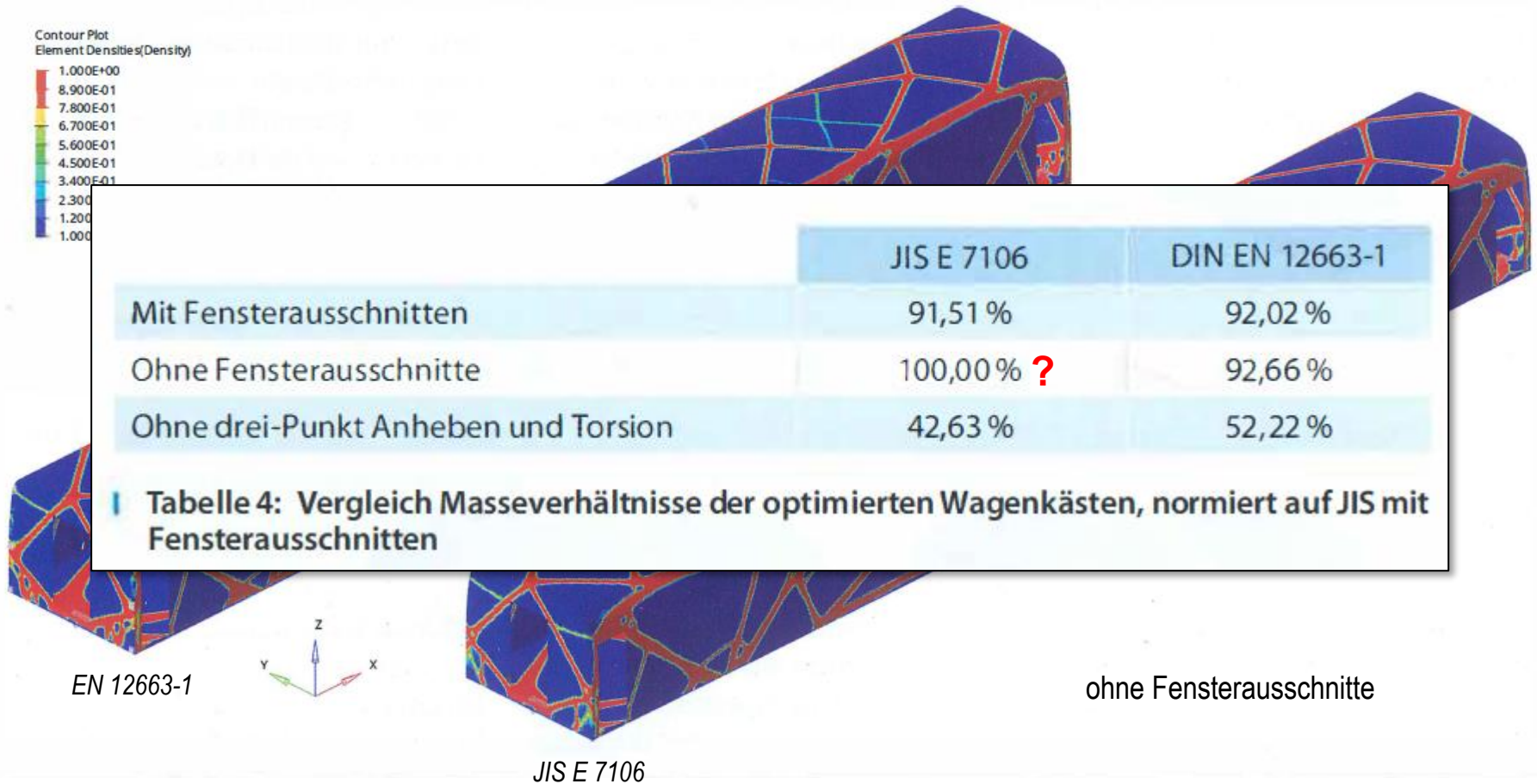
(Quelle: Malzacher, u.a.: Vergleich der Auslegungsregularien für  
Wagenkastenstrukturen in Japan und Deutschland, ZEVrail 146(2022)4)

# Folie Vergleich EN 12663-1 – JIS E 7106 – Topologieoptimierungen



(Quelle: Malzacher, u.a.: Vergleich der Auslegungsregularien für Wagenkastenstrukturen in Japan und Deutschland, ZEVrail 146(2022)4)

# Folie Vergleich EN 12663-1 – JIS E 7106 – Topologieoptimierungen





(Quelle: Malzacher, u.a.: Vergleich der Auslegungsregularien für Wagenkastenstrukturen in Japan und Deutschland, ZEVrail 146(2022)4)

# Folie Wichtige Vorschriften Strukturfestigkeitsnachweise (nach EBA)

| Regelwerk       | Titel  | Aktuelle Ausgabe   |
|-----------------|--|--------------------|
| DIN 6701        | Kleben von Schienenfahrzeugen und fahrzeugteilen   | 2015-12            |
| DVS 1608        | Gestaltung und Festigkeitsbewertung von Schweißverbindungen an Aluminiumlegierungen im Schienenfahrzeugbau   | 2011-09            |
| DVS 1612        | Gestaltung und Dauerfestigkeitsbewertung von Schweißverbindungen mit Stählen im Schienenfahrzeugbau  | 2014-08            |
| EN 12663        | Bahnanwendungen - Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen<br>Teil 1: Lokomotiven und Personenfahrzeuge (und alternatives Verfahren für Güterwagen)<br>Teil 2: Güterwagen                            | 2015-03<br>2010-07 |
| EN 15085-3      | Bahnanwendungen - Schweißen von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen – Teil 3: Konstruktionsvorgaben   | 2023-02            |
| EN 15227        | Bahnanwendungen - Anforderungen an die Kollisionssicherheit von Schienenfahrzeugkästen   | 2020-06            |
| EN 15663        | Bahnanwendungen - Fahrzeugmassedefinitionen  | 2019-02            |
| EN 1993-1-9     | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung  | 2010-12            |
| ERRI B 12 RP 17 | Güterwagen, Versuchsprogramm für Güterwagen mit Untergestell und Wagenstrukturen aus Stahl (die für den Einbau der Automatischen Zug-Druck-Kupplung geeignet sind) und deren Drehgestelle mit stählernem Drehgestellrahmen | 1997-04            |
| ERRI B 12 RP 60 | Güterwagen, Vorschriften für die Ausführungen und für zulässige Beanspruchungen, Versuche zum Festigkeitsnachweis an Schienenfahrzeugen  | 2001-06            |
| FKM-RiL         | Forschungskuratorium Maschinenbau e.V.: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile  | 2020               |
| IIW Collection  | Hobbacher, A.: Recommendations for fatigue design of welded joints and components  | 2016               |
| IIW Document    | Fatigue design of welded components of railway vehicles - Influence of manufacturing conditions and weld quality   | 2010               |
| VDI 2230        | Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen   | 2015-11            |

# Folie EN Drehgestell- / Fahrwerksrahmen

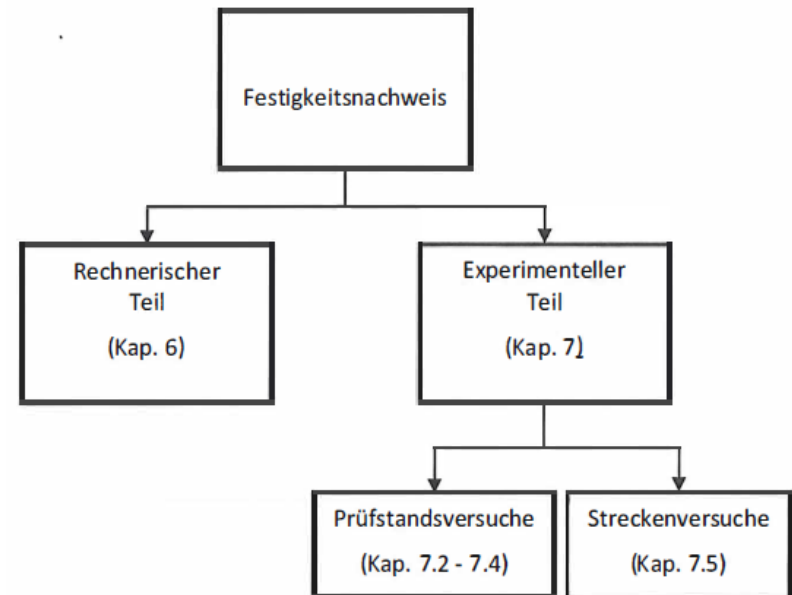
| DEUTSCHE NORM  |  | Juni 2011  |
|--|--|--|
|  | <b>DIN EN 13749</b>  | <b>DIN</b>   |
| ICS 45.040   | Ersatz für<br>DIN EN 13749:2005-07   |  |
| <b>Bahnanwendungen –<br/>Radsätze und Drehgestelle –<br/>Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an<br/>Drehgestellrahmen;<br/>Deutsche Fassung EN 13749:2011</b>                          |  |  |
| Railway applications –<br>Wheelsets and bogies –<br>Method of specifying the structural requirements of bogie frames;<br>German version EN 13749:2011  |  |  |
| Applications ferroviaires –<br>Essieux montés et bogies –<br>Méthode pour spécifier les exigences en matière de résistance des structures de châssis<br>de bogie;<br>Version allemande EN 13749:2011 |  |  |
| Gesamtumfang 57 Seiten   |  |  |
| Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN   |  |  |
| NormCD - Stand 2012-03   | © DIN Deutsches Institut für Normung e. V. - Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise,<br>nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.<br>Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin | Preisgruppe 21<br>www.din.de<br>www.beuth.de<br><br>1729032 |

| DEUTSCHE NORM  |  | Juni 2011  |
|--|--|--|
|  | <b>DIN EN 15827</b>  | <b>DIN</b>   |
| ICS 45.040   |  |  |
| <b>Bahnanwendungen –<br/>Anforderungen für Drehgestelle und Fahrwerke;<br/>Deutsche Fassung EN 15827:2011</b>    |  |  |
| Railway applications –<br>Requirements for bogies and running gears;<br>German version EN 15827:2011             |  |  |
| Applications ferroviaires –<br>Exigences pour bogies et organes de roulement;<br>Version allemande EN 15827:2011 |  |  |
| Gesamtumfang 87 Seiten   |  |  |
| Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN   |  |  |
| NormCD - Stand 2011-09   | © DIN Deutsches Institut für Normung e. V. - Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise,<br>nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.<br>Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin | Preisgruppe 26<br>www.din.de<br>www.beuth.de<br><br>1729026 |

Empfehlungen für die Festigkeitsauslegung  
von Personenfahrzeugen nach BOStrab

Gesamtbearbeitung  
Schienenfahrzeugausschuss

*„...gültig für die Festigkeitsauslegung von Wagenkästen und Fahrwerkrahmen sowie deren Schnittstellen und Anbauteile (sekundär bzw. primär gefedert) aus metallischen Werkstoffen, jedoch nicht für die Bauteile Radsatz und Losradpaar, Radsatzlager und ihre Anbauteile.“*



# Folie VDV-Schrift 152 – Nachweisprogramm Wagenkasten (Pkt. 3.3.2)

|   | Rechnerischer Nachweis  | Statische Prüfstandsversuche      | Streckenversuche   |
|---|-------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>Neukonstruktion</b>  |                         |                                   |  |
| Konv. Hf-fzg.   | Vollständiger Nachweis  | Vollständiges Versuchsprogramm    | Nur erforderlich, wenn der Nachweis durch andere Methoden nicht erbracht werden kann |
| Nf-fzg. / nicht konv. Hf-fzg.   |                         |                                   | Erforderlich   |
| <b>Wesentlich geänderte Konstruktion und verschärfte Einsatzbedingungen</b>       |                         |                                   |  |
| Konv. Hf-fzg.   | Vergleichender Nachweis | Ggf. ergänzendes Versuchsprogramm | Nur erforderlich, wenn der Nachweis durch andere Methoden nicht erbracht werden kann |
| Nf-fzg. / nicht konv. Hf-fzg.   |                         |                                   | Erforderlich   |
| <b>Wesentlich geänderte Konstruktion und äquivalente Einsatzbedingungen</b>       |                         |                                   |  |
| Konv. Hf-fzg.   | Vergleichender Nachweis | Ggf. ergänzendes Versuchsprogramm | Nur erforderlich, wenn der Nachweis durch andere Methoden nicht erbracht werden kann |
| Nf-fzg. / nicht konv. Hf-fzg.   |                         |                                   | Erforderlich, reduziertes Versuchsprogramm (Anzahl Messstellen)                      |
| <b>Nicht wesentlich geänderte Konstruktion und verschärfte Einsatzbedingungen</b> |                         |                                   |  |
| Konv. Hf-fzg.   | Vergleichender Nachweis | Entfällt                          | Nur erforderlich, wenn der Nachweis durch andere Methoden nicht erbracht werden kann |
| Nf-fzg. / nicht konv. Hf-fzg.   |                         | Ggf. ergänzendes Versuchsprogramm | Erforderlich, reduziertes Versuchsprogramm (Anzahl Messstellen)                      |
| <b>Nicht wesentlich geänderte Konstruktion und äquivalente Einsatzbedingungen</b> |                         |                                   |  |
| Konv. Hf-fzg.   | Konformitätserklärung   | Entfällt                          | Entfällt   |
| Nf-fzg. / nicht konv. Hf-fzg.   |                         |                                   |  |

## 4 Sicherheitskonzept

|                                    | <b>Statischer Nachweis</b>      | <b>Dauerfestigkeits-<br/>nachweis</b>                    | <b>Betriebsfestigkeits-<br/>nachweis</b>       |
|------------------------------------|---------------------------------|--|--|
| <b>Grundmaterial<br/>Stahl</b>     | FKM-Richtlinie [8]              | FKM-Richtlinie   | FKM-Richtlinie                                 |
| <b>Grundmaterial<br/>Aluminium</b> | FKM-Richtlinie<br>DVS 1608 [21] | FKM-Richtlinie<br>DVS 1608                               | FKM-Richtlinie<br>DVS 1608                     |
| <b>Schweißnähte<br/>Stahl</b>      | FKM-Richtlinie                  | FKM-Richtlinie<br>IIW-Empfehlungen [22]<br>DVS 1612 [23] | FKM-Richtlinie<br>IIW-Empfehlungen             |
| <b>Schweißnähte<br/>Aluminium</b>  | FKM-Richtlinie<br>DVS 1608      | FKM-Richtlinie<br>DVS 1608<br>IIW-Empfehlungen           | FKM-Richtlinie<br>DVS 1608<br>IIW-Empfehlungen |

## 5 Auslegungslastfälle und -szenarien, Lastannahmen

Bsp.: Tabelle 5-12: Ermüdungsrelevante Betriebslastfälle für den Wagenkasten

| Kategorie | Lastfall                    | $a_x$     | $a_y$     | $a_z$        | Seitenwind | Verwindung  |
|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------|------------|-------------|
|           |                             | $[m/s^2]$ | $[m/s^2]$ | $[m/s^2]$    | $[Pa]$     | $[-]$       |
| U-Bahn    | Weichenfahrt                | -         | $\pm 1,2$ | $-g \pm 1,9$ | $\pm 200$  | -           |
|           | Bogenfahrt                  | -         | $\pm 1,6$ | $-g \pm 1,0$ | -          | $\pm 1/250$ |
|           | Anfahren/<br>Bremsen        | $\pm 1,5$ | $\pm 0,6$ | $-g \pm 1,0$ | -          | -           |
| Strab     | Kreuzungs-/<br>Weichenfahrt | -         | $\pm 1,6$ | $-g \pm 2,4$ | $\pm 200$  | -           |
|           | Bogenfahrt                  | -         | $\pm 1,9$ | $-g \pm 1,2$ | -          | $\pm 1/250$ |
|           | Anfahren/<br>Bremsen        | $\pm 2,0$ | $\pm 0,9$ | $-g \pm 1,2$ | -          | -           |

|  |  |                           |           |
|--|--|---------------------------|-----------|
| DEUTSCHE NORM  |  | <i>Entwurf</i>            | Juli 2021 |
| DIN EN 17149-3   |  | <b>DIN</b>                |           |
| ICS 45.060.01  |  | Einsprüche bis 2021-08-11 |           |
| <b>Entwurf</b>   |  |                           |           |
| <b>Bahnanwendungen -<br/>Festigkeitsnachweis von Schienenfahrzeugstrukturen<br/>Teil 3: Betriebsfestigkeitsnachweis;<br/>Deutsche und Englische Fassung prEN 17149-3:2021</b>  |  |                           |           |
| Railway applications -<br>Strength assessment of railway vehicle structures -<br>Part 3: Fatigue strength assessment based on cumulative damage<br>German and English version prEN 17149-3:2021  |  |                           |           |
| Applications ferroviaires -<br>Évaluation de la résistance des structures de véhicule ferroviaire<br>Partie 3: Évaluation de la résistance à la fatigue basée sur la méthode des dommages cumulés<br>Version allemande et anglaise prEN 17149-3:2021   |  |                           |           |
| <b>Anwendungswarnvermerk</b>   |  |                           |           |
| Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-06-11 wird der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegt.  |  |                           |           |
| Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, wird besonders zu vereinbaren.  |  |                           |           |
| Stellungnahmen werden erbeten  |  |                           |           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter <a href="http://www.din.de/entwurf">www.din.de/entwurf</a></li><li>- Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter <a href="http://www.dke.de">www.dke.de</a> sofern dort wiedergegeben;</li><li>- oder als Datei per E-Mail an <a href="mailto:fsf@din.de">fsf@din.de</a> möglichst in Form einer Tabelle unter <a href="http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwurfe">www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwurfe</a> oder unter <a href="http://www.dke.de/stellungnahme">www.dke.de/stellungnahme</a> abgerufen werden;</li><li>- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge, 34131 Kassel.</li></ul> |  |                           |           |
| Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren, Anregungen, Bedenken, Einwänden und unterstützenden Dokumenten die Stellungnahme zu unterstützen.  |  |                           |           |
| DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)  |  |                           |           |

## Einleitung

Falls ein Betriebsfestigkeitsnachweis für Schienenfahrzeugstrukturen notwendig ist, darf dieser Nachweis mit einem Dauerfestigkeitsverfahren oder einem Schädigungsakkumulationsverfahren erbracht werden.

Ein Dauerfestigkeitsverfahren beruht auf der Bewertung der Spannungsamplituden (z. B. abgeleitet aus Auslegungslastfällen oder Messungen) gegen die anwendbare Dauerfestigkeit. Ein solches Verfahren wird in Kombination mit normativen Lasten wie in der Normenreihe EN 12663 oder EN 13749 festgelegt.

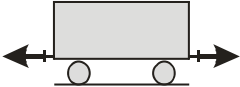
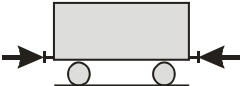

Ein Betriebsfestigkeitsnachweis auf Basis von Schädigungsakkumulation bezieht Spannungsspektren mit verschiedenen Amplituden und Zyklenzahlen oder Spannungszeitverläufen ein. Diese Europäische Norm stellt das grundlegende Verfahren sowie Kriterien für eine pragmatische Methode bereit, die bei Betriebsfestigkeitsnachweisen auf Grundlage des Schädigungsakkumulationsverfahrens angewendet werden.

Der Hauptteil der Norm verwendet als Grundlage das Nennspannungsverfahren, wobei die Berücksichtigung variabler Amplituden und Zyklenzahlen nach den in dieser Norm beschriebenen Methoden ebenso mit dem Strukturspannungsansatz und dem Kerbspannungsansatz angewendet werden darf (zusätzliche Informationen sind in den informativen Anhängen hinterlegt).

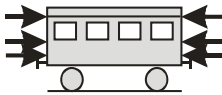
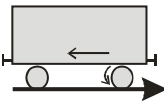
In diesem Dokument bezieht sich der Begriff Betriebsfestigkeitsnachweis in allen Fällen auf das Schädigungsakkumulationsverfahren sofern es nicht abweichend vermerkt ist.



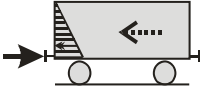
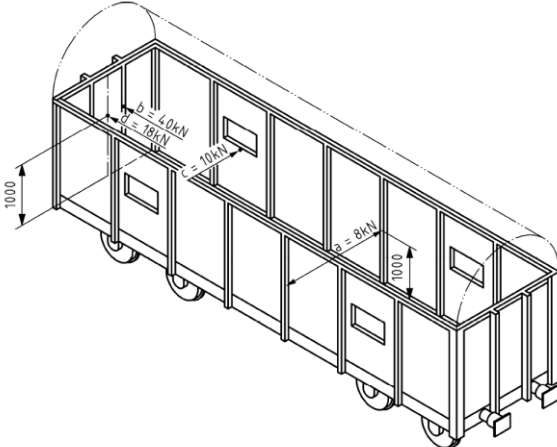
# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (I)

| Belastung   |  | Normwerte   | Bemerkungen       |                   |                  |  |  |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
|---|--|---|-------------------|-------------------|------------------|--|--|----------------|------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|------|------------------|------------------|--|--|---|---|
| Längskräfte   | <b>Zugkraft</b><br>   | <b>DIN EN 12663-1, Tabelle 5:</b><br><table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000<sup>a</sup></td> <td>1000<sup>a</sup></td> <td>1000</td> <td>600<sup>b</sup></td> <td>300<sup>b</sup></td> <td>150<sup>b</sup></td> <td>1500<sup>c</sup><br/>1000<sup>d</sup></td> <td>1500<sup>c</sup><br/>1000<sup>d</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN<br/> <sup>a</sup> Für gewisse Kupplungsarten kann eine höhere Kraft (z.B. 1500 kN) notwendig sein.<br/> <sup>b</sup> Diese Werte können angepasst werden, sie müssen aber die höchste Kraft abdecken, die im Normalbetrieb oder im Abschleppfall entwickelt werden kann.<br/> <sup>c</sup> Zugkraft von 1.500 kN wird für Anschläge „a“ der Zugeinrichtung verwendet, wenn diese eingesetzt werden (siehe EN 12663-2).<br/> <sup>d</sup> Zugkraft von 1.000 kN wird für Anschläge „b“ der Zugeinrichtung verwendet, wenn diese eingesetzt werden sowie für andere Arten von Kupplungsanschlüssen (siehe EN 12663-2).</p> | Lokomotiven       | Personenfahrzeuge |                  |  |  |                | Güterwagen |             | Kategorie L   | Kategorie P-I  | Kategorie P-II  | Kategorie P-III | Kategorie P-IV | Kategorie P-V | Kategorie F-I  | Kategorie F-II   | 1000 <sup>a</sup> | 1000 <sup>a</sup> | 1000 | 600 <sup>b</sup> | 300 <sup>b</sup> | 150 <sup>b</sup>                       | 1500 <sup>c</sup><br>1000 <sup>d</sup> | 1500 <sup>c</sup><br>1000 <sup>d</sup>  | <b>Zugkraft im Kupplungsbereich (an Zughaken):</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>– Zugmasse</li> <li>– Geschwindigkeit</li> <li>– Art der Anfahrt</li> <li>– Kupplungsspiel</li> <li>– ...</li> </ul> |
|   | Lokomotiven  | Personenfahrzeuge   |                   |                   |                  |  | Güterwagen                             |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
|   | Kategorie L  | Kategorie P-I   | Kategorie P-II    | Kategorie P-III   | Kategorie P-IV   | Kategorie P-V                          | Kategorie F-I                          | Kategorie F-II |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| 1000 <sup>a</sup>   | 1000 <sup>a</sup>  | 1000  | 600 <sup>b</sup>  | 300 <sup>b</sup>  | 150 <sup>b</sup> | 1500 <sup>c</sup><br>1000 <sup>d</sup> | 1500 <sup>c</sup><br>1000 <sup>d</sup> |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| <b>Druckkraft</b><br>    | <b>DIN EN 12663-1, Tabelle 2 u. 3:</b><br><table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2000</td> <td>2000</td> <td>1500</td> <td>800</td> <td>400</td> <td>200</td> <td>2000<sup>a</sup><br/>1500<sup>b</sup></td> <td>1200<sup>a</sup><br/>900<sup>b</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN<br/> <sup>a</sup> Druckkraft gilt für Anschläge „c“ der Zugeinrichtung, falls diese Anschläge eingesetzt werden (siehe EN 12663-2). Bei Anwendung auf Seitenpuffer muss für jede Pufferachse der halbe Wert angesetzt werden.<br/> <sup>b</sup> 50 mm unterhalb Puffermittenhöhe. Bei Anwendung auf Seitenpuffer muss für jede Pufferachse der halbe Wert angesetzt werden.</p> | Lokomotiven   | Personenfahrzeuge |                   |                  |  |  | Güterwagen     |            | Kategorie L | Kategorie P-I | Kategorie P-II | Kategorie P-III | Kategorie P-IV  | Kategorie P-V  | Kategorie F-I | Kategorie F-II | 2000             | 2000              | 1500              | 800  | 400              | 200              | 2000 <sup>a</sup><br>1500 <sup>b</sup> | 1200 <sup>a</sup><br>900 <sup>b</sup>  | <b>Druckkraft in bzw. nahe Puffer-/Kupplungshöhe:</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>– Zugbildung (Rangierstoß)</li> <li>– Längsschwingungen im Zugverband</li> <li>– Zugkraft Wendezugbetrieb</li> <li>– ...</li> </ul> |   |
| Lokomotiven   | Personenfahrzeuge  |   |                   |                   |                  | Güterwagen                             |  |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| Kategorie L   | Kategorie P-I  | Kategorie P-II  | Kategorie P-III   | Kategorie P-IV    | Kategorie P-V    | Kategorie F-I                          | Kategorie F-II                         |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| 2000  | 2000   | 1500  | 800               | 400               | 200              | 2000 <sup>a</sup><br>1500 <sup>b</sup> | 1200 <sup>a</sup><br>900 <sup>b</sup>  |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| <b>Diagonalstoß</b><br> | <b>DIN EN 12663-1, Tabelle 4:</b><br><table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500<sup>a</sup></td> <td>500<sup>a</sup></td> <td>500<sup>a</sup></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN<br/> <sup>a</sup> Dieser Lastfall gilt nur, wenn die Seitenpuffer im Normalbetrieb im Eingriff sind.</p>   | Lokomotiven   | Personenfahrzeuge |                   |                  |  |  | Güterwagen     |            | Kategorie L | Kategorie P-I | Kategorie P-II | Kategorie P-III | Kategorie P-IV  | Kategorie P-V  | Kategorie F-I | Kategorie F-II | 500 <sup>a</sup> | 500 <sup>a</sup>  | 500 <sup>a</sup>  | -    | -                | -                | 400                                    | 400                                    | <b>Diagonaldruckkraft in Pufferhöhe, nur bei Fahrzeugen mit Seitenpuffern</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>– Fzg. stehen nicht geradlinig hintereinander</li> <li>– Differenzen in Pufferkennlinien</li> </ul>         |   |
| Lokomotiven   | Personenfahrzeuge  |   |                   |                   |                  | Güterwagen                             |  |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| Kategorie L   | Kategorie P-I  | Kategorie P-II  | Kategorie P-III   | Kategorie P-IV    | Kategorie P-V    | Kategorie F-I                          | Kategorie F-II                         |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |
| 500 <sup>a</sup>  | 500 <sup>a</sup>   | 500 <sup>a</sup>  | -                 | -                 | -                | 400                                    | 400                                    |                |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                  |                   |                   |      |                  |                  |  |  |   |   |

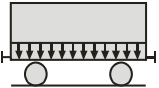
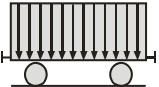
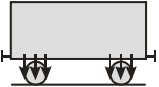
# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (II)

| Belastung   |  | Normwerte   | Bemerkungen       |                       |               |                      |                |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
|---|--|---|-------------------|-----------------------|---------------|----------------------|----------------|------------|------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|--|--|--|-----------------------|---------|----------------------|--|---------------------------------------|------------------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|---|---|---|---|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|---|-----|-----|-----|---|---|---|---|--|
| Längskräfte   | <b>Druckkräfte auf Stirnwand</b><br>  | <b>DIN EN 12663-1, Tabelle 6 bis 8:</b><br><table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="8"><i>150 mm über der Oberseite des Konstruktionsbodens am Kopfstück:</i></td> </tr> <tr> <td>400<sup>a</sup></td> <td>400</td> <td>400</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>in der Höhe Unterkante der Fensterausschnitte (Fensterbrüstung):</i></td> </tr> <tr> <td>300<sup>ab</sup></td> <td>300<sup>b</sup></td> <td>300<sup>b</sup></td> <td>300<sup>b</sup></td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="8"><i>in der Höhe des Obergurts:</i></td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>300</td> <td>300</td> <td>150</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN<br/> <sup>a</sup> Nur anwendbar für Endfahrerstände.<br/> <sup>b</sup> Am Fahrerstand muss diese Kraft auf dem Profil unterhalb des Fensterausschnitts verteilt werden.</p> | Lokomotiven       | Personenfahrzeuge     |               |                      |                |            | Güterwagen |             | Kategorie L   | Kategorie P-I  | Kategorie P-II  | Kategorie P-III | Kategorie P-IV | Kategorie P-V | Kategorie F-I  | Kategorie F-II | <i>150 mm über der Oberseite des Konstruktionsbodens am Kopfstück:</i> |  |  |                       |         |                      |  |                                       | 400 <sup>a</sup> | 400 | 400 | - | - | - | - | - | <i>in der Höhe Unterkante der Fensterausschnitte (Fensterbrüstung):</i> |  |  |  |  |  |  |  | 300 <sup>ab</sup> | 300 <sup>b</sup> | 300 <sup>b</sup> | 300 <sup>b</sup> | - | - | - | - | <i>in der Höhe des Obergurts:</i> |  |  |  |  |  |  |  | - | 300 | 300 | 150 | - | - | - | - | – Ineinanderschieben bei Unfällen → Schutz der Reisenden |
|   | Lokomotiven  | Personenfahrzeuge   |                   |                       |               |                      | Güterwagen     |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| Kategorie L   | Kategorie P-I  | Kategorie P-II  | Kategorie P-III   | Kategorie P-IV        | Kategorie P-V | Kategorie F-I        | Kategorie F-II |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| <i>150 mm über der Oberseite des Konstruktionsbodens am Kopfstück:</i>  |  |   |                   |                       |               |                      |                |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| 400 <sup>a</sup>  | 400  | 400   | -                 | -                     | -             | -                    | -              |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| <i>in der Höhe Unterkante der Fensterausschnitte (Fensterbrüstung):</i>                                       |  |   |                   |                       |               |                      |                |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| 300 <sup>ab</sup>   | 300 <sup>b</sup>   | 300 <sup>b</sup>  | 300 <sup>b</sup>  | -                     | -             | -                    | -              |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| <i>in der Höhe des Obergurts:</i>   |  |   |                   |                       |               |                      |                |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| -   | 300  | 300   | 150               | -                     | -             | -                    | -              |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| <b>Bremsmassenkräfte</b><br> | <b>DIN EN 12663-1, Pkt. 6.6.6, Tabelle 18:</b><br><p>„Im Allgemeinen muss die Anzahl und Größe der Lastwechsel aufgrund von Anfahrten und Bremsungen in der Spezifikation festgelegt werden. Außerplanmäßige Stopps müssen in die Betrachtung mit einbezogen werden.“</p> <p>Wenn keine spezifischen Daten zur Verfügung stehen, müssen die Beschleunigungsniveaus in Tabelle 18 mit 10<sup>7</sup> Zyklen verwendet werden</p> <p>Bei mit magnetischen Schienenbremsen ausgestatteten Fahrzeugen müssen die maximalen Verzögerungswerte, die im Fall einer Notbremsung zum Einsatz kommen, als Nachweislastfall betrachtet werden.</p> <p>Das Vorhandensein von Längsbeschleunigungen aufgrund dynamischer Fahrzeugwechselwirkungen muss bewertet und deren Wirkungen eingearbeitet werden, falls hierdurch signifikante Belastungen erzeugt werden.“</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>± 0,15·g</td> <td colspan="2">± 0,15·g</td> <td></td> <td>± 0,15·g<sup>a</sup></td> <td>± 0,2·g</td> <td colspan="2">± 0,3·g<sup>b</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>Beschleunigungen in m/s<sup>2</sup><br/> <sup>a</sup> Wenn Fahrzeuge im Straßenverkehr betrieben werden, müssen sie für ± 0,2·g ausgelegt werden.<br/> <sup>b</sup> Nur gültig für Befestigungen der Ausrüstungsgegenstände.</p> <p><b>TGL 33398/09: (Bremskräfte):</b><br/>           Massenkräfte aus: Eigenmasse · k<sub>x</sub><br/>           → z.B. k<sub>x</sub> = 0,15 (Klotzbremse); 0,20 ... 0,25 (+ Zusatzbremse)</p> | Lokomotiven   | Personenfahrzeuge |                       |               |                      |                | Güterwagen |            | Kategorie L | Kategorie P-I | Kategorie P-II | Kategorie P-III | Kategorie P-IV  | Kategorie P-V  | Kategorie F-I | Kategorie F-II | ± 0,15·g       | ± 0,15·g   |  |  | ± 0,15·g <sup>a</sup> | ± 0,2·g | ± 0,3·g <sup>b</sup> |  | – Trägheitskräfte infolge Verzögerung |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| Lokomotiven   | Personenfahrzeuge  |   |                   |                       |               | Güterwagen           |                |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| Kategorie L   | Kategorie P-I  | Kategorie P-II  | Kategorie P-III   | Kategorie P-IV        | Kategorie P-V | Kategorie F-I        | Kategorie F-II |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |
| ± 0,15·g  | ± 0,15·g   |   |                   | ± 0,15·g <sup>a</sup> | ± 0,2·g       | ± 0,3·g <sup>b</sup> |                |            |            |             |               |                |                 |                 |                |               |                |                |  |  |  |                       |         |                      |  |                                       |                  |     |     |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |                   |                  |                  |                  |   |   |   |   |                                   |  |  |  |  |  |  |  |   |     |     |     |   |   |   |   |  |

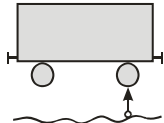
# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (III)

| Belastung   | Normwerte   | Bemerkungen                                       |                                       |   |   |     |                |   |      |                |   |      |   |   |      |   |  |
|---|---|---|---------------------------------------|---|---|-----|----------------|---|------|----------------|---|------|---|---|------|---|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Längskräfte</p> <p>Belastung der Stirnwand</p>  | <p>DIN EN 12663-1: Hinweise: „Zusätzlich zu den in Tabelle 2 bis Tabelle 18 festgelegten Lastfällen und allen weiteren in der Spezifikation vorgegebenen Anforderungen oder Abweichungen muss die Konstruktion allen anderen relevanten statischen oder dynamischen Belastungen standhalten (z. B. Motormoment, Bremssystemkräfte).“</p> <p>DIN EN 12663-2, (7: Validierung der Konstruktion für dazugehörige Ausrüstung) 7.3: Festigkeit der Seiten- und Endwände</p>  <table border="1" data-bbox="430 889 1358 1118"> <thead> <tr> <th>Lastfall</th> <th>Aufzubringende Mindest-Belastung [kN]</th> <th>Zulässige bleibende Verformung an jedem Teil [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>8,0</td> <td>2<sup>a</sup></td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>40,0</td> <td>1<sup>a</sup></td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>10,0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>18,0</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>a</sup> Der Wert des ungünstigsten Stehers wird aufgezeichnet.</p> <p>DIN EN 15227: → Erfüllung von Kollisionsszenarien</p> | Lastfall  | Aufzubringende Mindest-Belastung [kN] | Zulässige bleibende Verformung an jedem Teil [mm] | a | 8,0 | 2 <sup>a</sup> | b | 40,0 | 1 <sup>a</sup> | c | 10,0 | 3 | d | 18,0 | 2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Trägheitskräfte der Ladung infolge Längsbeschleunigungen (Auflaufstoß)</li> <li>– Kollisionsenergien</li> </ul> |
| Lastfall  | Aufzubringende Mindest-Belastung [kN]   | Zulässige bleibende Verformung an jedem Teil [mm] |                                       |   |   |     |                |   |      |                |   |      |   |   |      |   |  |
| a   | 8,0   | 2 <sup>a</sup>                                    |                                       |   |   |     |                |   |      |                |   |      |   |   |      |   |  |
| b   | 40,0  | 1 <sup>a</sup>                                    |                                       |   |   |     |                |   |      |                |   |      |   |   |      |   |  |
| c   | 10,0  | 3   |                                       |   |   |     |                |   |      |                |   |      |   |   |      |   |  |
| d   | 18,0  | 2   |                                       |   |   |     |                |   |      |                |   |      |   |   |      |   |  |

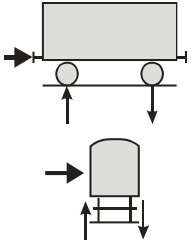
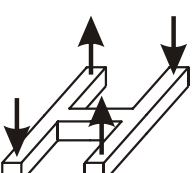
# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Vertikalkräfte (I)

| Belastung      |  | Normwerte  |
|----------------|--|--|
| Vertikalkräfte | Eigenmasse<br>                    | DIN EN 12663-1: Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit $m_1$ nach EN 15663 (ohne Drehgestellmassen)<br>TGL 33398/04: Masse leeres Fahrzeug ohne Betriebsvorräte  |
|                | Nutzmasse<br>                     | DIN EN 12663-1:<br>– Auslegungsmasse der normalen Zuladung $m_3$ nach EN 15663<br>– Auslegungsmasse der außergewöhnlichen Zuladung $m_4$ nach EN 15663<br>z.B: EN 15663: „Auslegungsmasse“ der außergewöhnlichen Zuladung<br>→ Tabelle 3: ... für Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrszüge<br><div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Fahrgastmasse = 80 kg (mitsamt Gepäck)<br/>100 % der normalen Sitze besetzt<br/>Klappsitze werden nicht gezählt, außer wenn es vom Betreiber für den vorgesehenen Betriebseinsatz anders spezifiziert wird<br/>160 bis 320 kg/m<sup>2</sup> (2 bis 4 Fahrgäste/m<sup>2</sup>) für Stehflächen (siehe nachstehenden Absatz)<br/>160 bis 320 kg/m<sup>2</sup> (2 bis 4 Fahrgäste/m<sup>2</sup>) in Bewirtungsbereichen (siehe nachstehenden Absatz)<br/>300 kg/m<sup>2</sup> in Gepäckabteilen<br/>0 kg/m<sup>2</sup> in Gepäckbereichen (dieses Gepäck ist in der Fahrgastmasse enthalten)</div> <p>„Die Zuladung durch stehende Fahrgäste von 320 kg/m<sup>2</sup> ist im Fall außergewöhnlicher Zuladung typisch für Lastszenarien in europäischen Ländern. Für gewisse Betriebseinsätze kann die außergewöhnliche Zuladung darunter liegen. ...“</p> → Tabelle 4: ... für Personenfahrzeuge mit Ausnahme der Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrszüge<br><div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Fahrgastmasse = 70 kg (Gepäck ist wie unten angegeben zu berücksichtigen)<br/>Handgepäck muss nicht berücksichtigt werden<br/>100 % der normalen Sitze besetzt, Klappsitze werden nicht gezählt außer, wenn es vom Betreiber für den vorgesehenen Betriebseinsatz anders spezifiziert wird<br/>500 kg/m<sup>2</sup> auf Steh- und in Bewirtungsflächen, sofern es der Betreiber nicht anders vorsieht (siehe nachstehenden Absatz)<br/>300 kg/m<sup>2</sup> in Gepäckabteilen<br/>100 kg/m<sup>2</sup> auf allen Flächen der Gepäckbereiche</div> <p>„... Abhängig vom Betriebseinsatz variiert die außergewöhnliche Zuladung zwischen 350 kg/m<sup>2</sup> und 700 kg/m<sup>2</sup> (5 bis 10 Fahrgäste/m<sup>2</sup>). ...“</p> |
|                | Dreh- bzw. Fahrgestellmasse<br> | DIN EN 12663-1: Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks $m_2$ = Masse der Ausrüstung unterhalb und einschließlich der Wagenkastenfederung. Die Masse der Koppellelemente zwischen Wagenkasten und Drehgestell oder Fahrwerk wird zwischen $m_1$ und $m_2$ aufgeteilt.  |

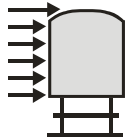
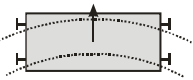
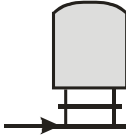
# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Vertikalkräfte (II)

| Belastung              |   | Normwerte   | Bemerkungen  |                          |                   |                         |                |  |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |                        |                        |  |  |                          |  |
|------------------------|---|---|--|--------------------------|-------------------|-------------------------|----------------|--|--|------------|--|-------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|------------------------|------------------------|--|--|--------------------------|--|
| Vertikalkräfte         | Senkrechter Stoß  | DIN EN 12663-1: Belastungen aus dem Fahrweg nach Tabelle 17 Ermüdungslastfall für z-Richtung:   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zustand des Gleises (Schienenunebenheiten)</li> <li>– Konstruktion des Fahrwerks (Radunstetigkeiten)</li> <li>– Fahrgeschwindigkeit</li> <li>– Federcharakteristik</li> </ul> |                          |                   |                         |                |  |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |                        |                        |  |  |                          |  |
|                        |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>(1 \pm 0,25) \cdot g</math></td> <td colspan="3"><math>(1 \pm 0,15) \cdot g</math></td> <td colspan="2"><math>(1 \pm 0,15) \cdot g^a</math></td> <td colspan="2"><math>(1 \pm 0,3) \cdot g^b</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>Beschleunigungen in m/s<sup>2</sup><br/> <sup>a</sup> <math>(1 \pm 0,18) \cdot g</math> für Betrieb auf Rillenschienen.<br/> <sup>b</sup> Für Güterfahrzeug mit 2-stufiger Federung <math>(1 \pm 0,25) \cdot g</math>. Falls die Anwendung einen höheren dynamischen Lastfaktor produziert (z.B. aufgrund dynamischer Auswirkungen oder Beladebedingungen) muss ein höherer Wert angesetzt und in der Spezifikation definiert werden.</p> <p><u>OSShD-Norm, Abschnitt 2.6: Lastvielfaches <math>k_z</math></u></p> $k_z = \frac{\bar{k}_z}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1 - P(k_z)}}$ $v \geq 15 \text{ m/s} : \bar{k}_z = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot b \cdot \frac{v - 15}{f_{St}}$ $v < 15 \text{ m/s} : \bar{k}_z = \frac{a \cdot v}{15}$ <p>v - Fahrgeschwindigkeit [m/s]<br/> <math>f_{St}</math> - statische Durchfederung [m] <math>\rightarrow f_{St} \geq 0,018 \text{ m}</math><br/> a - Einflusszahl Federstufe: WK: a = 0,05; abgefederte Fahrwerkteile: a = 0,1; unabgefederte Fahrwerkteile a = 0,15<br/> b - Einflusszahl Radsatzanzahl Drehgestell: b = (n+2)/2n<br/> <math>\beta</math> - 1,0 für Rzwg, 1,13 Güterwagen<br/> <math>P(k_z)</math> - Überlebenswahrscheinlichkeit (0,97)</p> |  | Lokomotiven              | Personenfahrzeuge |                         |                |  |  | Güterwagen |  | Kategorie L | Kategorie P-I | Kategorie P-II | Kategorie P-III | Kategorie P-IV | Kategorie P-V | Kategorie F-I | Kategorie F-II | $(1 \pm 0,25) \cdot g$ | $(1 \pm 0,15) \cdot g$ |  |  | $(1 \pm 0,15) \cdot g^a$ |  |
| Lokomotiven            | Personenfahrzeuge   |   |  |                          |                   | Güterwagen              |                |  |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |                        |                        |  |  |                          |  |
| Kategorie L            | Kategorie P-I   | Kategorie P-II  | Kategorie P-III  | Kategorie P-IV           | Kategorie P-V     | Kategorie F-I           | Kategorie F-II |  |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |                        |                        |  |  |                          |  |
| $(1 \pm 0,25) \cdot g$ | $(1 \pm 0,15) \cdot g$  |   |  | $(1 \pm 0,15) \cdot g^a$ |                   | $(1 \pm 0,3) \cdot g^b$ |                |  |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |                        |                        |  |  |                          |  |

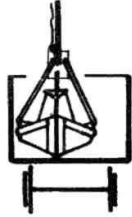
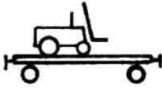

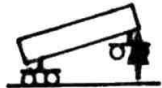
# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Vertikalkräfte (III)

| Belastung   | Normwerte  | Bemerkungen  |
|---|--|--|
| <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Vertikalkräfte</p> <p>Vertikale Zusatzkräfte</p>  | <p><u>DIN EN 12663-1:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hinweise auf „<i>Besondere aerodynamische Belastungen</i>“ durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>Zugbegegnungen bei hohen Geschwindigkeiten</li> <li>Tunnelfahrten</li> <li>starkem Seitenwindeinfluss</li> </ul> <p>„... <i>Bedeutung solcher Belastungen beachten. ...</i>“</p> </li> <li>Hinweise auf Kräfte aus „<i>Traktion und Bremsen</i>“: <p>„... <i>Anzahl und Größe der Lastwechsel aufgrund von Anfahrten und Bremsungen müssen ... festgelegt werden ...</i>“</p> </li> <li>Aussagen zur Belastung der „<i>Verbindung von Wagenkasten und Drehgestell</i>“: <p>„<i>Die Hauptermüdungsbelastungen entstehen aus Traktion und Bremsung sowie aus den dynamischen Fahrzeugwechselwirkungen. Die Belastungen müssen ... bestimmt werden.</i>“</p> </li> <li>Aussagen für Verbindungen von Gelenkseinheiten: <p>„<i>Zusätzlich ... müssen die Kräfte und Momente, die innerhalb der Schnittstellen-Komponenten bei Ausdrehungen zwischen den benachbarten Fahrzeugen generiert werden, aufgebracht werden.</i>“</p> </li> </ol> <p><u>TGL 33398/07, 33398/10, 33398/13:</u><br/>z.B. Fliehkräfte (07): Faktor <math>K_y</math> (Verhältnis Fliehkraftüberschuss zu vertikaler Gewichtskraft aus Eigen- und Nutzmasse) im Normalfall = 0,1</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>vertikale Komponenten von horizontalen Belastungen außerhalb von Schwerpunkten und Verbindung Fahrwerk-Fahrzeugkasten: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fliehkräfte</li> <li>Windkräfte</li> <li>Bremskräfte</li> <li>Kräfte Auflaufstoß</li> </ul> </li> </ul> |
| <p>Antimetrische Vertikalkraft</p>    | <p>s. <u>DIN EN 13749</u>: Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestellrahmen</p>  | <p>Vertikale Zusatzbelastungen am Drehgestellrahmen durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gleisunebenheiten</li> <li>Fertigungsungenauigkeiten</li> <li>Abnutzungserscheinungen</li> <li>ungleiche Federsteifigkeiten bzw. Setzen der Federn nur bei Drehgestellrahmen</li> </ul>                |

# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Horizontalkräfte quer

| Belastung        |   | Normwerte  | Bemerkungen  |                   |               |                                 |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |         |          |  |  |  |  |                                 |  |
|------------------|---|--|--|-------------------|---------------|---------------------------------|----------------|--|------------|--|-------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------|----------|--|--|--|--|---------------------------------|--|
| Horizontalkräfte | Windkraft<br>  | DIN EN 12663-1: Hinweise auf „ <i>Besondere aerodynamische Belastungen</i> “ durch:<br>– Zugbegegnungen bei hohen Geschwindigkeiten<br>– Tunnelfahrten<br>– starkem Seitenwindeinfluss<br>„... <i>Bedeutung solcher Belastungen beachten. ...</i> “<br><br>TGL 33398/10 (Windkräfte):<br>Normalbelastung: Windkraft $F_W = 480 \text{ Pa} \cdot \text{projizierter Fläche}$<br>außergewöhnliche Belastung: $F_W = 650 \text{ Pa} \cdot \text{projizierter Fläche}$   | – abhängig von Fahrzeugform  |                   |               |                                 |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |         |          |  |  |  |  |                                 |  |
|                  | Fliehkraft<br> | DIN EN 12663-1: Hinweise auf Kräfte aus „ <i>Traktion und Bremsen</i> “:<br>„... <i>Anzahl und Größe der Lastwechsel aufgrund von Anfahrten und Bremsungen müssen ... festgelegt werden ...</i> “<br><br>TGL 33398/07 (Fliehkkräfte):<br>Faktor $K_y$ (Verhältnis Fliehkraftüberschuss zu vertikaler Gewichtskraft aus Eigen- und Nutzmasse) im Normalfall = 0,1   | – Fahrgeschwindigkeit<br>– Schwerpunkthöhe<br>– Überhöhung<br>– Gleisbogenhalbmesser |                   |               |                                 |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |         |          |  |  |  |  |                                 |  |
|                  | Seitenstoß<br> | DIN EN 12663-1: Tabelle 16<br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 12.5%;">Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>± 0,2·g</td> <td colspan="5">± 0,15·g</td> <td colspan="2">± 0,2·g<br/>± 0,4·g<sup>a</sup></td> </tr> </tbody> </table> Beschleunigungen in m/s <sup>2</sup><br><sup>a</sup> Gilt für Befestigungen der Ausrüstungsgegenstände, kann aber für ein Drehgestellfahrzeug sowie 2-Achswagen mit verbesserten Federungen verringert werden. | Lokomotiven  | Personenfahrzeuge |               |                                 |                |  | Güterwagen |  | Kategorie L | Kategorie P-I | Kategorie P-II | Kategorie P-III | Kategorie P-IV | Kategorie P-V | Kategorie F-I | Kategorie F-II | ± 0,2·g | ± 0,15·g |  |  |  |  | ± 0,2·g<br>± 0,4·g <sup>a</sup> |  |
| Lokomotiven      | Personenfahrzeuge   |  |  |                   |               | Güterwagen                      |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |         |          |  |  |  |  |                                 |  |
| Kategorie L      | Kategorie P-I   | Kategorie P-II   | Kategorie P-III  | Kategorie P-IV    | Kategorie P-V | Kategorie F-I                   | Kategorie F-II |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |         |          |  |  |  |  |                                 |  |
| ± 0,2·g          | ± 0,15·g  |  |  |                   |               | ± 0,2·g<br>± 0,4·g <sup>a</sup> |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |         |          |  |  |  |  |                                 |  |

# Folie Gegenwärtige Festlegungen – Zusatzkräfte

| Belastung  |   | Normwerte   | Bemerkungen  |                   |               |   |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|---|--|-------------------|---------------|---|----------------|--|------------|--|-------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Zusatzlastfälle  | Kräfte durch Be-/Entladen<br>  | <p>DIN EN 12663-1, 6.6.3 Be- und Entladezyklen:<br/>Hinweis: „Die Be- und Entladungszyklen sollten bestimmt und in geeigneter Art und Weise für Berechnungszwecke aufbereitet werden. ...“</p> <p>DIN EN 12663-2, (7 Validierung der Konstruktion für dazugehörige Ausrüstung), 7.2.2.3 Klappe in der Endwand als Abschirmung gegen die Längskräfte durch vom Beladungsvorgang kommende Stöße</p>   | <p>Belastungen durch Be- und Entlademechanismen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– gewisse rücksichtslose Handhabung muss berücksichtigt werden</li> </ul> |                   |               |   |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Fußbodenbelastung<br>  | <p>DIN EN 12663-1, 6.6.3 Be- und Entladezyklen:<br/>Hinweis: „Die Be- und Entladungszyklen sollten bestimmt und in geeigneter Art und Weise für Berechnungszwecke aufbereitet werden. ...“</p> <p>DIN EN 12663-2, (7 Validierung der Konstruktion für dazugehörige Ausrüstung), 7.2.2.3 Klappe in der Endwand als Abschirmung gegen die Längskräfte durch vom Beladungsvorgang kommende Stöße</p>   | <p>Befahrbarkeit der Ladefläche mit Gabelstaplern/Nutzkraftwagen</p>   |                   |               |   |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Reparaturlastfälle<br><br> | <p>DIN EN 12663-1, Tabelle 10 u. 11:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lokomotiven</th> <th colspan="5">Personenfahrzeuge</th> <th colspan="2">Güterwagen</th> </tr> <tr> <th>Kategorie L</th> <th>Kategorie P-I</th> <th>Kategorie P-II</th> <th>Kategorie P-III</th> <th>Kategorie P-IV</th> <th>Kategorie P-V</th> <th>Kategorie F-I</th> <th>Kategorie F-II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Anheben an einem Fahrzeugende an den festgelegten Anhebepunkten</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><math>1,1 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)</math></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>1,0 \cdot g \cdot (m_1 + m_2 + m_3)</math></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Anheben des ganzen Fahrzeugs an den festgelegten Anhebepunkten</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;"><math>1,1 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2)</math></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math>1,0 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2 + m_3)</math></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Belastung in N<br/><math>m_1</math> – Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit<br/><math>m_2</math> – Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks<br/><math>m_3</math> – Auslegungsmasse der normalen Zuladung</td> </tr> </tbody> </table> | Lokomotiven  | Personenfahrzeuge |               |   |                |  | Güterwagen |  | Kategorie L | Kategorie P-I | Kategorie P-II | Kategorie P-III | Kategorie P-IV | Kategorie P-V | Kategorie F-I | Kategorie F-II | Anheben an einem Fahrzeugende an den festgelegten Anhebepunkten |  |  |  |  |  |  |  | $1,1 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)$ |  |  |  |  |  | $1,0 \cdot g \cdot (m_1 + m_2 + m_3)$ |  | Anheben des ganzen Fahrzeugs an den festgelegten Anhebepunkten |  |  |  |  |  |  |  | $1,1 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2)$ |  |  |  |  |  | $1,0 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2 + m_3)$ |  | Belastung in N<br>$m_1$ – Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit<br>$m_2$ – Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks<br>$m_3$ – Auslegungsmasse der normalen Zuladung |  |  |  |  |  |  |  |
| Lokomotiven  | Personenfahrzeuge   |   |  |                   |               | Güterwagen                                    |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Kategorie L  | Kategorie P-I   | Kategorie P-II  | Kategorie P-III  | Kategorie P-IV    | Kategorie P-V | Kategorie F-I                                 | Kategorie F-II |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Anheben an einem Fahrzeugende an den festgelegten Anhebepunkten  |   |   |  |                   |               |   |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $1,1 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)$  |   |   |  |                   |               | $1,0 \cdot g \cdot (m_1 + m_2 + m_3)$         |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Anheben des ganzen Fahrzeugs an den festgelegten Anhebepunkten   |   |   |  |                   |               |   |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $1,1 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2)$  |   |   |  |                   |               | $1,0 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2 + m_3)$ |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Belastung in N<br>$m_1$ – Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit<br>$m_2$ – Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks<br>$m_3$ – Auslegungsmasse der normalen Zuladung |   |   |  |                   |               |   |                |  |            |  |             |               |                |                 |                |               |               |                |   |  |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

- DIN EN 12663-1, Tab. 13-15: statische Lastfälle für Ausrüstungsbefestigungen

Tabelle 13 — Beschleunigungen in x-Richtung

Beschleunigung in  $m/s^2$

| Lokomotiven | Personenfahrzeuge |           |           |           |           | Güterwagen |           |
|-------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Kategorie   | Kategorie         | Kategorie | Kategorie | Kategorie | Kategorie | Kategorie  | Kategorie |
| L           | P-I               | P-II      | P-III     | P-IV      | P-V       | F-I        | F-II      |
| $\pm 3 g$   | $\pm 5 g$         | $\pm 3 g$ | $\pm 3 g$ | $\pm 2 g$ | $\pm 2 g$ | $\pm 5 g$  |           |

Tabelle 14 — Beschleunigungen in y-Richtung

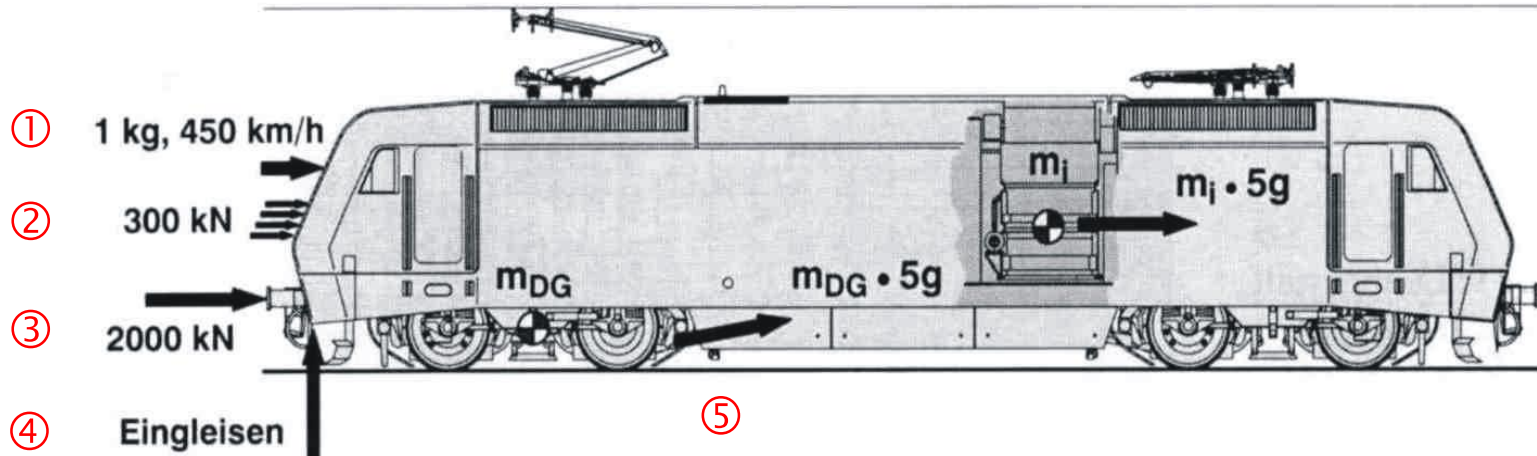
Beschleunigung in  $m/s^2$

| Lokomotiven | Personenfahrzeuge |           |           |           |           | Güterwagen |           |
|-------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Kategorie   | Kategorie         | Kategorie | Kategorie | Kategorie | Kategorie | Kategorie  | Kategorie |
| L           | P-I               | P-II      | P-III     | P-IV      | P-V       | F-I        | F-II      |
| $\pm 1 g$   |                   |           |           |           |           |            |           |

Tabelle 15 — Beschleunigungen in z-Richtung

Beschleunigung in  $m/s^2$

| Lokomotiven  | Personenfahrzeuge |           |           |           |           | Güterwagen |           |
|--|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| Kategorie  | Kategorie         | Kategorie | Kategorie | Kategorie | Kategorie | Kategorie  | Kategorie |
| L  | P-I               | P-II      | P-III     | P-IV      | P-V       | F-I        | F-II      |
| $(1 \pm c) \times g^a$   |                   |           |           |           |           |            |           |
| <sup>a</sup> $c = 2$ am Fahrzeugende, linear fallend auf $0,5$ in der Fahrzeugmitte. |                   |           |           |           |           |            |           |



## Lastannahmen:

- ① UIC 651: Fensterscheibe: Aufprallgeschwindigkeit des Projektils:  $v_{\max} + 160 \text{ km/h}$
- ② DIN EN 12663, Tab. 6: Druckkraft in Höhe Fensterbrüstung
- ③ DIN EN 12663, Tab. 1: Durchgangsdruckkraft in Pufferhöhe (außergewönl. LF, statisch)
- ④ DIN EN 12663, Tab. 9: Anheben an einem Fahrzeugende:  $1,1 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)$
- ⑤ DIN EN 12663, Tab. 12: Beschleunigung Anbauteil in X-Richtung:  $5 \cdot g$

(Quelle: Segieth: Elektrische Bahnen 92(1994)12)

# Folie Ermüdungsfestigkeitsnachweise nach Vorschriften des Schienenfahrzeugbaus

| Vorschrift  | DV 952                    | VDV 152                                     | FKM-Richtlinie     | IIV-Empfehlungen | DVS 1612       | DIN EN 12663   | DVS 1608                                 |          |    |
|---|---------------------------|---|--------------------|------------------|----------------|----------------|--|----------|----|
| Nachweisart   | DFN                       | DFN   | DFN und BFN        | DFN und BFN      | DFN            | DFN und BFN    | DFN und BFN                              |          |    |
| <b>Lastvorgaben</b>   |                           |   |                    |                  |                |                |  |          |    |
| Lastwechselzahl DFN $N_{Last}$  |                           | $2 \cdot 10^6$                              |                    |                  |                | $1 \cdot 10^7$ | $1 \cdot 10^7$                           |          |    |
| Beschleunigungen für Berechnung von betrieblichen Belastungen             | $a_x$ [m/s <sup>2</sup> ] |   | -2 bis +1,5        |                  |                | $\pm 1,5$      |  |          |    |
|   | $a_y$ [m/s <sup>2</sup> ] |   | $\pm 1,0$          |                  |                | $\pm 1,5$      |  |          |    |
|   | $a_z$ [m/s <sup>2</sup> ] |   | $1 \pm a_{z,spez}$ |                  |                | $1 \pm 1,5$    |  |          |    |
| <b>Festigkeitswerte</b>   |                           |   |                    |                  |                |                |  |          |    |
| Probentyp   | Kleinprobe                | Kleinprobe                                  | Bauteil            | Bauteil          | Kleinprobe     | Bauteil        | Äquivalenzbetrachtungen                  |          |    |
| Überlebenswahrscheinlichkeit Bauteil $P_0$                                | 99,5 %                    | 50 %  | 97,5 %             | 97,7 %           | 99,5 %         | 97,5 %         | 97,7 %                                   |          |    |
| Wöhlerlinienexponent für Normalspannungen $k_\sigma$                      |                           |   | 3,0                | 3,0              |                |                | 3,4 u. 4,3                               |          |    |
| Wöhlerlinien-Knickpunkt für Normalspannungen $N_D$                        | $2 \cdot 10^6$            | $2 \cdot 10^6$ (St)<br>$1 \cdot 10^7$ (Alu) | $5 \cdot 10^6$     | $1 \cdot 10^7$   | $2 \cdot 10^6$ |                | $1 \cdot 10^7$                           |          |    |
| Bezugs-Lastwechselzahl für Festigkeitswert bei Normalspannungen $N_{FAT}$ | $2 \cdot 10^6$            | $2 \cdot 10^6$                              | $2 \cdot 10^6$     | $2 \cdot 10^6$   | $2 \cdot 10^6$ |                | $1 \cdot 10^7$                           |          |    |
| Werte Stumpfstoß E1 [MPa]   | FAT (Stahl)               | $R = -1$                                    | 130 -180           | 190 -280         | 80             | 80             | Forderung nach Bauteil-Festigkeitswerten |          |    |
|   |                           | $R = 0,5$                                   | 70-95              | 90               | 80             | 80             |  | 75 - 108 |    |
|   | FAT (Alu)                 | $R = -1$                                    | 50                 | 90               | 32             | 28             |  |          | 52 |
|   |                           | $R = 0,5$                                   | 30                 | 50               | 32             | 28             |  |          | 40 |
| <b>Sicherheitsfaktoren</b>  |                           |   |                    |                  |                |                |  |          |    |
| $j_D$   | 1,0                       | 1,25...1,5                                  | 1,0...1,4          | 1,0...1,4        | 1,0            | 1,0...1,15     | 1,0...1,15                               |          |    |

DFN – Dauerfestigkeitsnachweis  
 BFN – Betriebsfestigkeitsnachweis

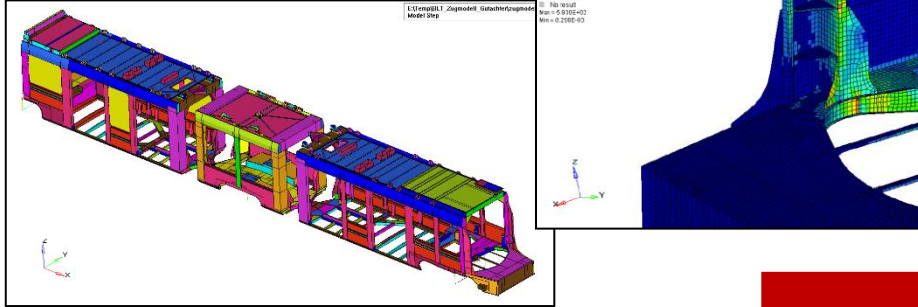
  
 ungültig!

  
 Ausgabe  
 9/1992!

(Quelle: nach Rennert: EI, 2012(63)4)

# Folie Nachweiskonzept TANGO Basel

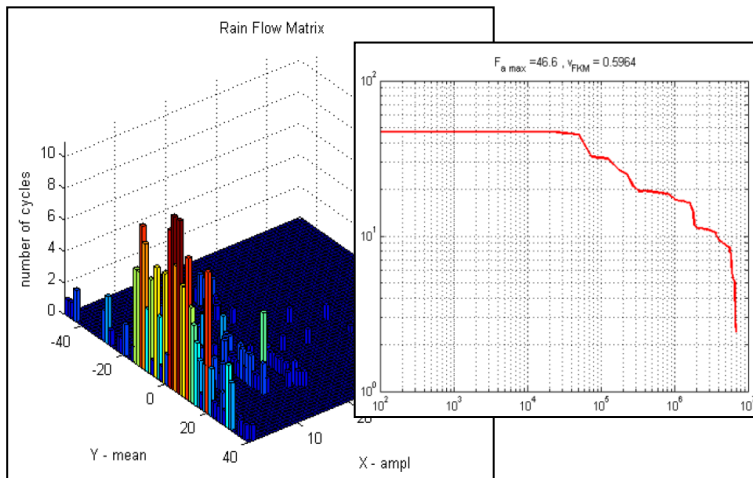
## 1. Rechnerischer Nachweis mittels Kerbspannungskonzept



## 2. Statische und Dauerversuche (Wagenkasten, Fahrwerkrahmen)

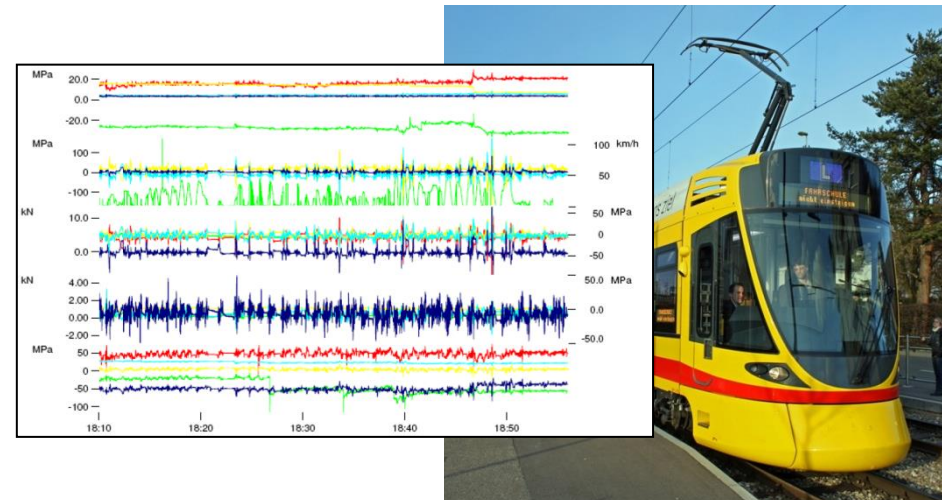


## 4. Betriebsfestigkeitsnachweis (Kerbspannungskonzept) basierend auf Streckenmessungen

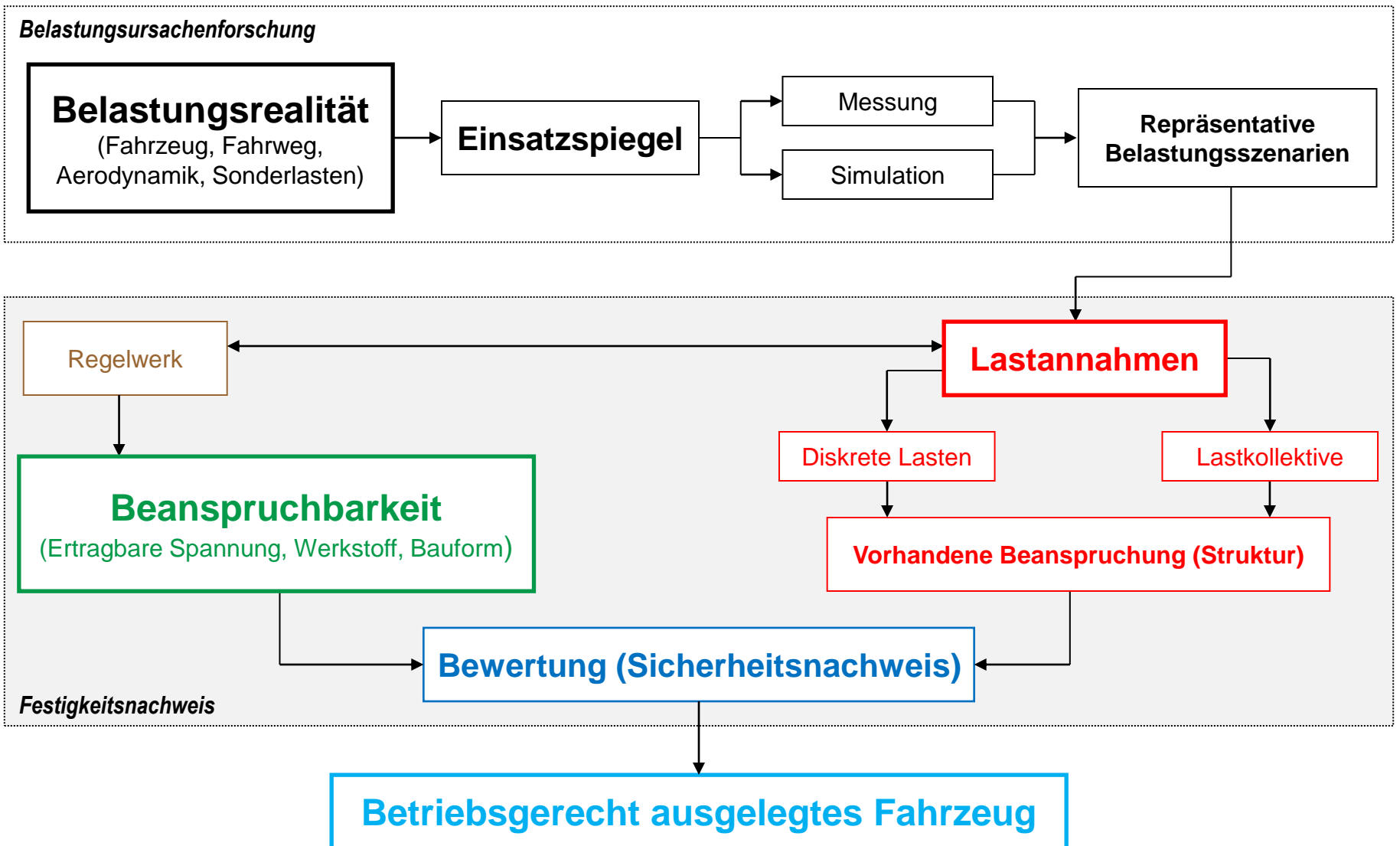


(Quelle: Starlinger: Vortrag Clausthal 2010)

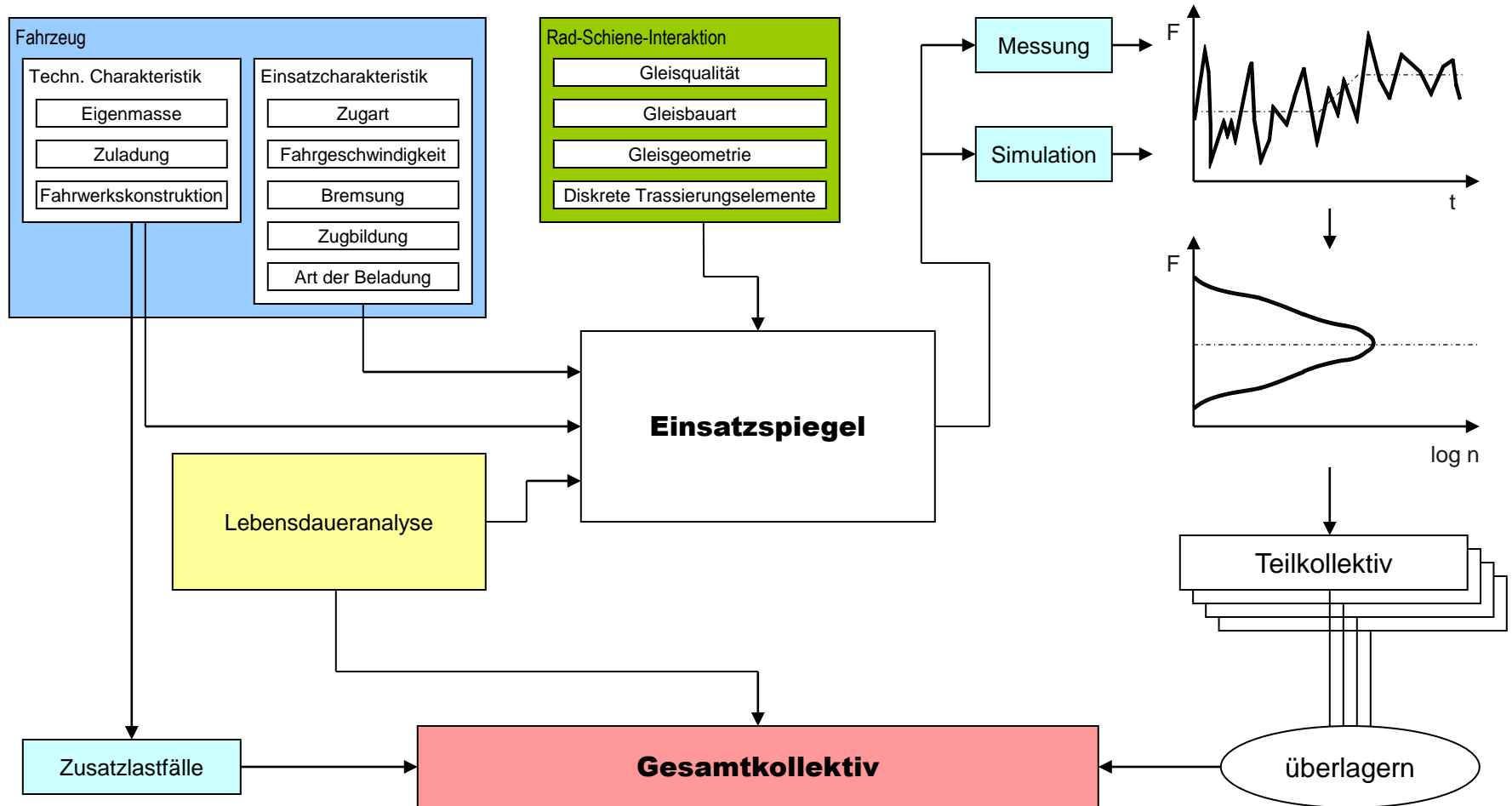
## 3. Streckenmessungen (Kurzzeit- u. Langzeitmessungen)



# Folie Einordnung der Lastannahmen in Festigkeitsnachweis



# Folie Belastungsursachenforschung



- Zusammenstellung der laufwegsbezogenen Häufigkeiten der sich aus dem Fahrzeugeinsatz ergebenden Belastungsursachen für Bauteile / Baugruppe / Fahrzeug
- charakterisiert – auf Lebensdauer bezogenes – Belastungsregime für Bauteile / Baugruppen / Fahrzeug.
- macht Lastannahmen durchsichtig und beurteilbar
- informiert er darüber:
  - welche Lastgrößen ermittelt werden müssen, um „Belastungsrealität zu treffen“
  - gibt Hinweise für realitätsnahe Erprobung
  - wie Umfänge der Einzel- und Teilkollektive der Lastgrößen zu ermitteln sind
  - mit welchen Anteilen die Einzel- und Teilkollektive zum Gesamtkollektiv zu kombinieren sind

# Folie Einsatzspiegel S-Bahn Berlin

| Fahrge-<br>schwindigkeit<br>km/h | Zuladung | Fahrt   |                   |             |               |               |                |                      | Haltebremsung                                    |  |
|----------------------------------|----------|---------|-------------------|-------------|---------------|---------------|----------------|----------------------|--|--|
|                                  |          | Gerade  | Gleisbogen R in m |             |               |               | Weiche         |                      | p <sub>zyl</sub><br>alt: 2,5 bar neu:<br>3,9 bar | p <sub>zyl</sub><br>alt: 3,8 bar<br>neu: 5,2 bar |
|                                  |          |         | 0 ... 499         | 500 ... 999 | 1000 ... 1999 | 2000 ... 2999 | gerader Strang | abiegender<br>Strang |  |  |
| 0 ... 19,9                       | 20 %     | 2,60 %  | 0,41 %            | 0,26 %      | 0,11 %        | 0,04 %        | 0,02 %         | 0 %                  | 0 %  | 0 %  |
|                                  | 55 %     | 0,59 %  | 0,09 %            | 0,06 %      | 0,03 %        | 0,01 %        | 0,01 %         | 0 %                  | 0 %  | 0 %  |
|                                  | 90 %     | 0,07 %  | 0,01 %            | 0,01 %      | 0 %           | 0 %           | 0 %            | 0 %                  | 0 %  | 0 %  |
| 20 ... 39,9                      | 20 %     | 6,42 %  | 1,01 %            | 0,65 %      | 0,26 %        | 0,10 %        | 0,06 %         | 0,02 %               | 0,23 %   | 0 %  |
|                                  | 55 %     | 1,47 %  | 0,23 %            | 0,15 %      | 0,06 %        | 0,02 %        | 0,01 %         | 0 %                  | 0,05 %   | 0 %  |
|                                  | 90 %     | 0,17 %  | 0,03 %            | 0,02 %      | 0,01 %        | 0 %           | 0 %            | 0 %                  | 0,01 %   | 0 %  |
| 40 ... 59,9                      | 20 %     | 20,91 % | 3,27 %            | 2,13 %      | 0,87 %        | 0,34 %        | 0,21 %         | 0,10 %               | 3,76 %   | 0,25 %   |
|                                  | 55 %     | 4,79 %  | 0,75 %            | 0,49 %      | 0,20 %        | 0,08 %        | 0,05 %         | 0,02 %               | 0,86 %   | 0,06 %   |
|                                  | 90 %     | 0,56 %  | 0,09 %            | 0,06 %      | 0,02 %        | 0,01 %        | 0,01 %         | 0 %                  | 0,10 %   | 0,01 %   |
| 60 ... 80                        | 20 %     | 22,84 % | -                 | 4,59 %      | 1,88 %        | 0,73 %        | 0,23 %         | -                    | 4,29 %   | 1,02 %   |
|                                  | 55 %     | 5,24 %  | -                 | 1,05 %      | 0,43 %        | 0,17 %        | 0,05 %         | -                    | 0,98 %   | 0,23 %   |
|                                  | 90 %     | 0,62 %  | -                 | 0,12 %      | 0,05 %        | 0,02 %        | 0,01 %         | -                    | 0,12 %   | 0,03 %   |
| Summen für Vergleich             |          | 66,28 % |                   |             |               |               | = 0,80 / km    |                      | 12,00 %  |  |

- Was sind Lastannahmen? Wozu werden sie benötigt?
- Ordnen Sie die Lastannahmen im Festigkeitsnachweis ein!
- Wie sind die Zusammenhänge zwischen Rechen- und Prüfbelastung?
- Wie werden Belastungen für einen Festigkeitsnachweis eingeteilt?
- Nennen Sie wichtige Lastannahmen für die Auslegung eines Schienenfahrzeug-Tragwerkes!