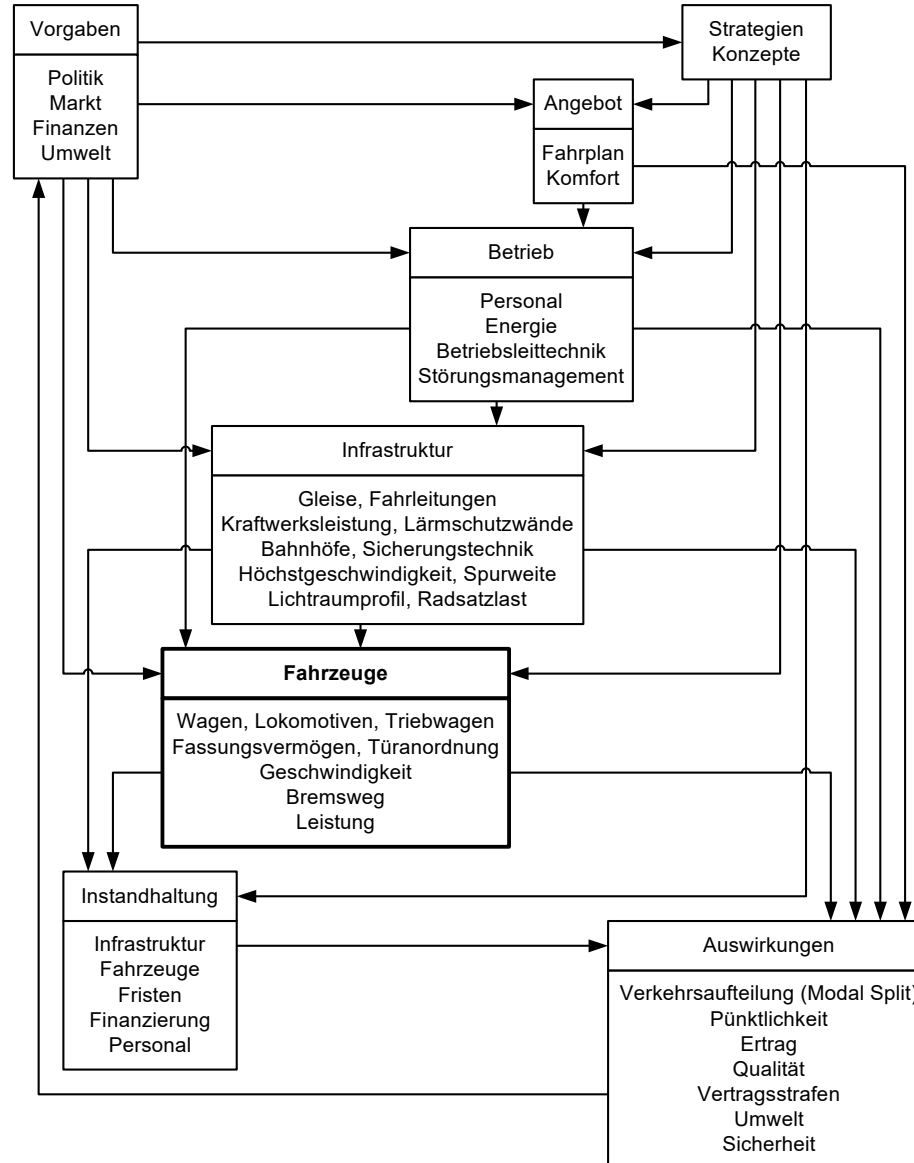


- 5.1. Einleitung / Grundlagen
- 5.2. Beanspruchungen Tragwerk
- 5.3. Gegenwärtige Festlegungen

Folie System Schienenverkehr



(Quelle: Dubbel)

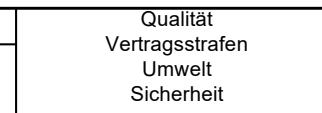
Folie System Schienenverkehr



	Eisenbahn (Vollbahn)	Straßenbahn
Zulässige Radsatzlast	16 – 22 t	10 – 11 t
Kleinster Bogenradius	≈ 125 m	≈ 25 m
Betriebsart	Fahren mit Zugsicherung	Fahren auf Sicht
Zulässige Fahrzeugbreite	bis ≈ 3,00 m	2,65 m
Übliche Bahnsteighöhen	380 – 550 – 760 mm	0 – 250 mm
Energieversorgung	15 kV~, 25 kV~, 1500 V–, Diesel	≤ 750 V–
Haltabstände ∅	> 1500 m	300 m
Auslegungsgeschwindigkeit	>100 km/h	50 (70) km/h
Max. Bremsverzögerung	≈ 1,3 m/s ²	≈ 3,0 m/s ²
Sicherheitsphilosophie	aktiv (passiv)	passiv (aktiv)
	Geringes Bremsvermögen + Hohe Festigkeit	Hohes Bremsvermögen + Geringe Festigkeit

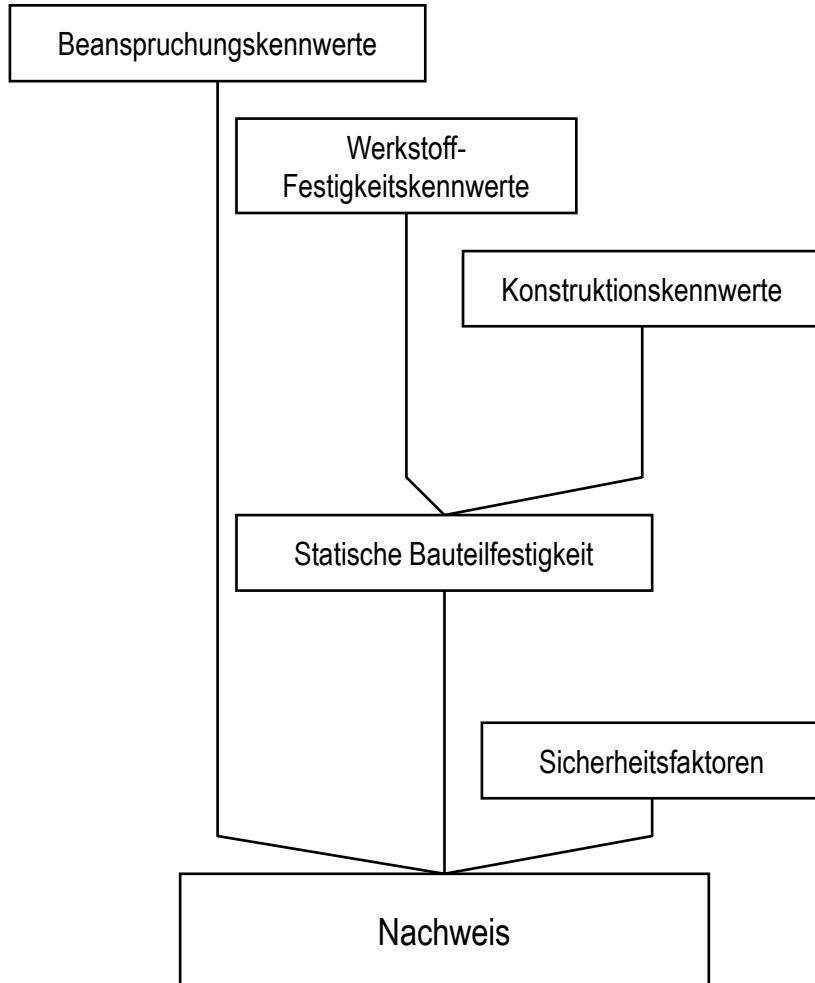
(Quelle: nach Müller-Bonder, ALSTOM LHB GmbH)

(Quelle: Dubbel)



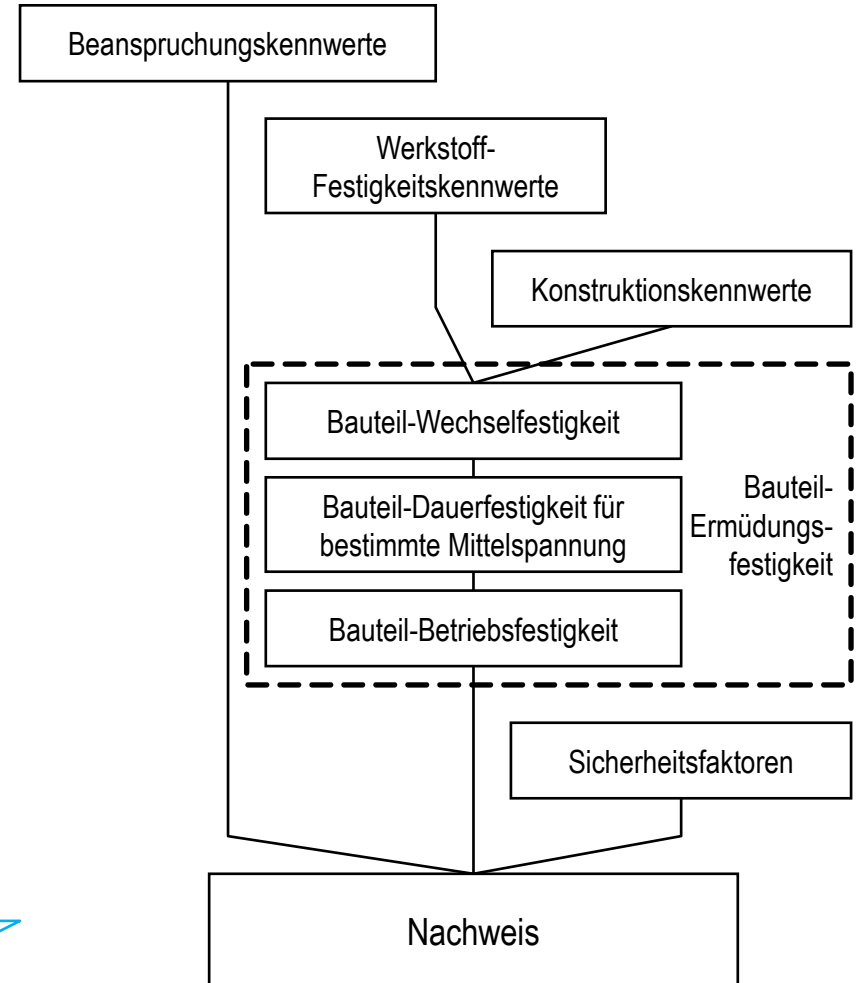
Folie Bestandteile eines rechnerischen Festigkeitsnachweises

Statischer Festigkeitsnachweis



Ermüdungs-Festigkeitsnachweis

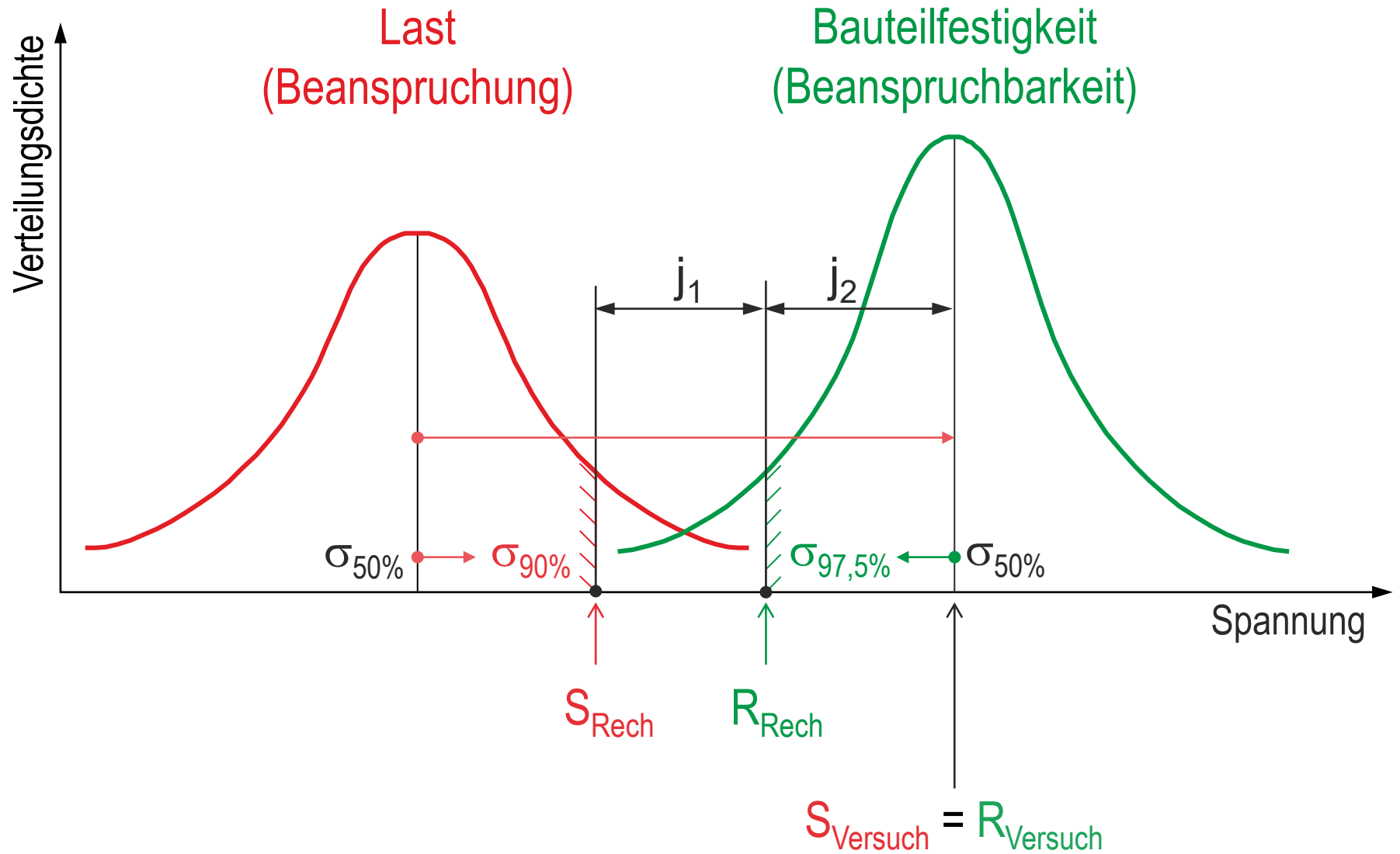
Zeitliche Abfolge der Bearbeitung



(nach FKM-Richtlinie)

Lastannahmen

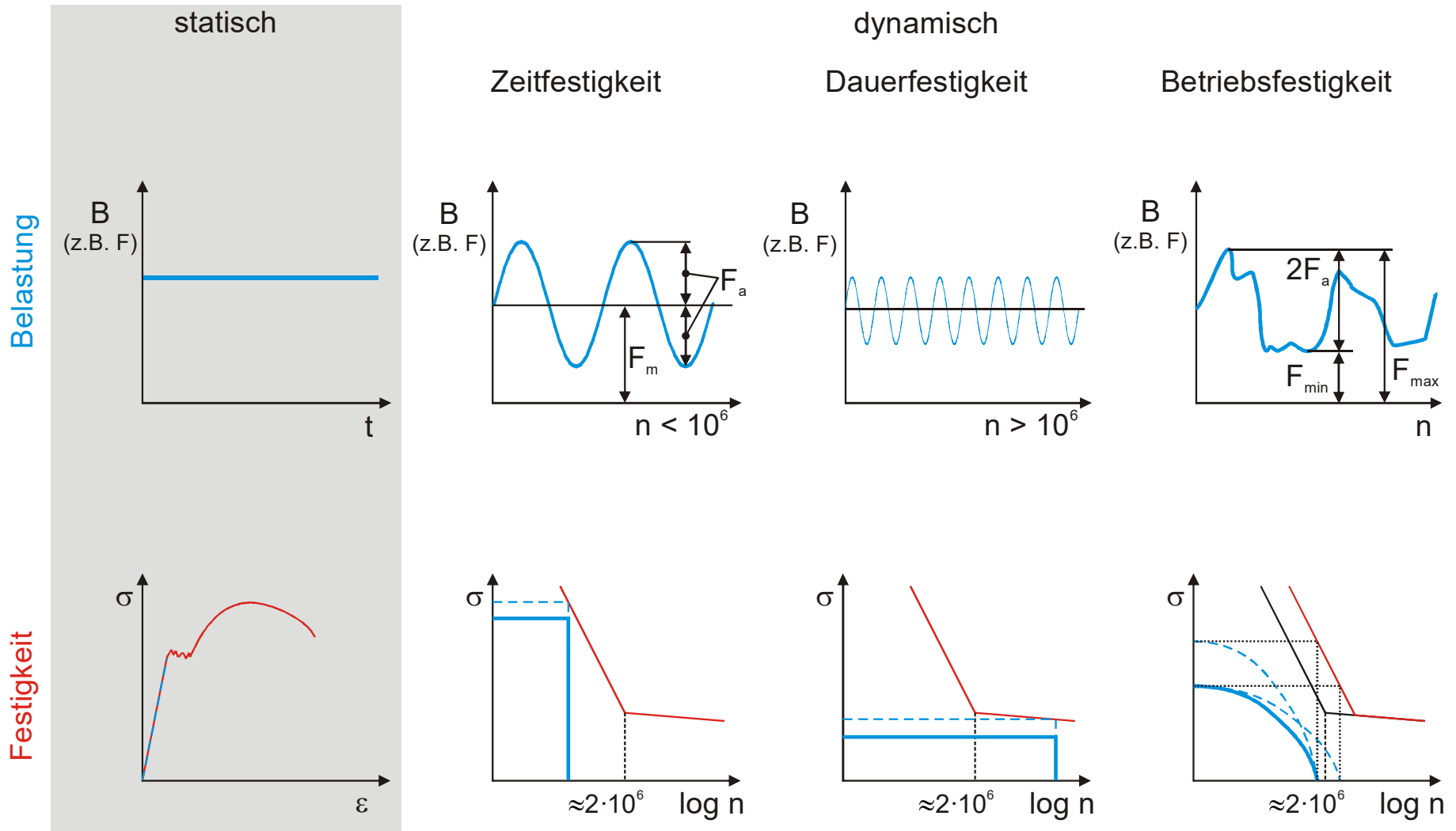
- = angenommene Beanspruchungskennwerte, die die im Betrieb auftretenden Beanspruchungen im Konstruktions- / Berechnungs- und Zulassungsprozess für die beabsichtigte Lebensdauer hinreichend genau widerspiegeln.
- erlauben wirtschaftliche Fahrzeugdimensionierung
 - haben keine Bindung an eine Berechnungsmethodik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



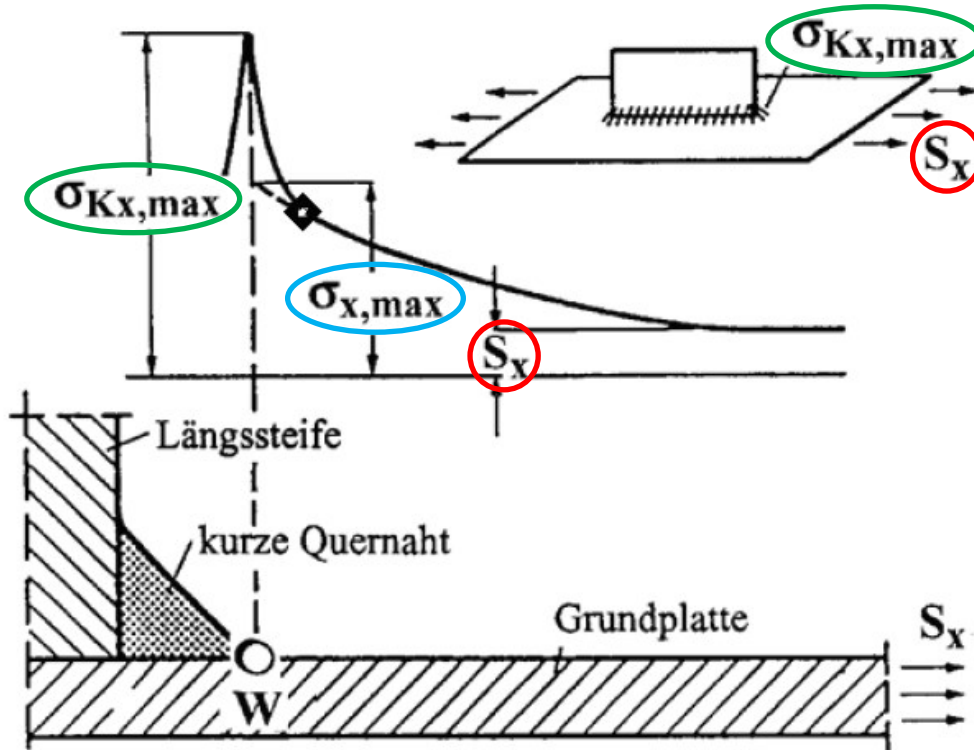
Folie Fahrzeugzulassung, Fahrzeuggenehmigung

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 → 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)

$\sigma_{x,max}$

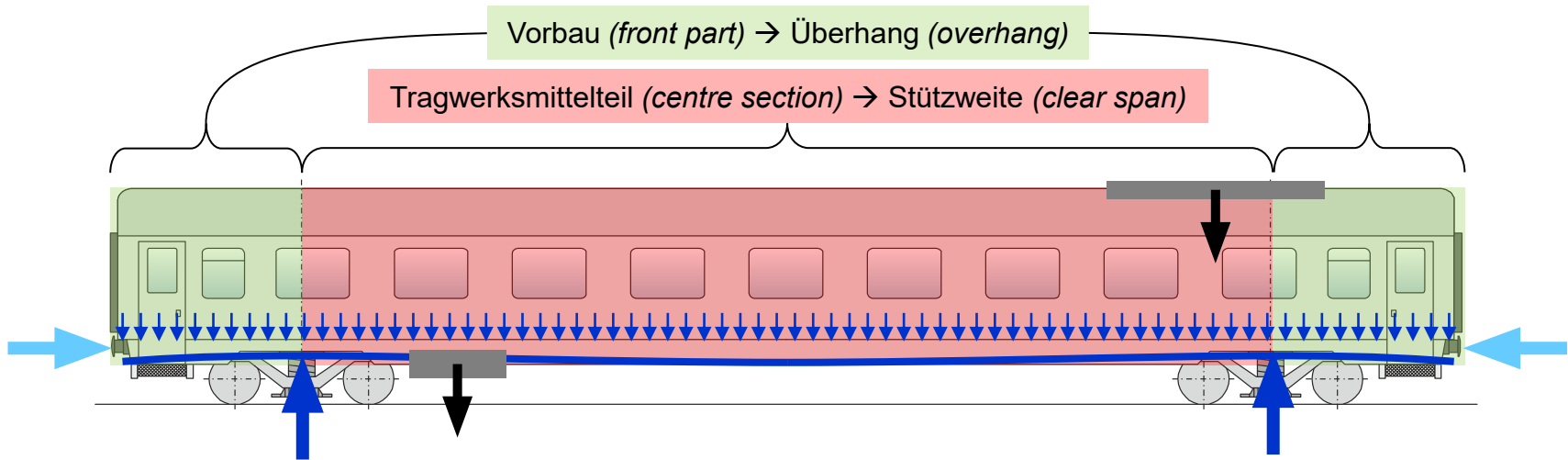
Strukturspannung
(= Spannung bei Berücksichtigung der realen Bauteilgeometrie)

$\sigma_{Kx,max}$

örtliche Spannung = Kerbspannung
(= Spannung bei Berücksichtigung der realen Bauteilgeometrie und der Kerbwirkung)

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

Folie Anforderungen an Wagenkastenstrukturen

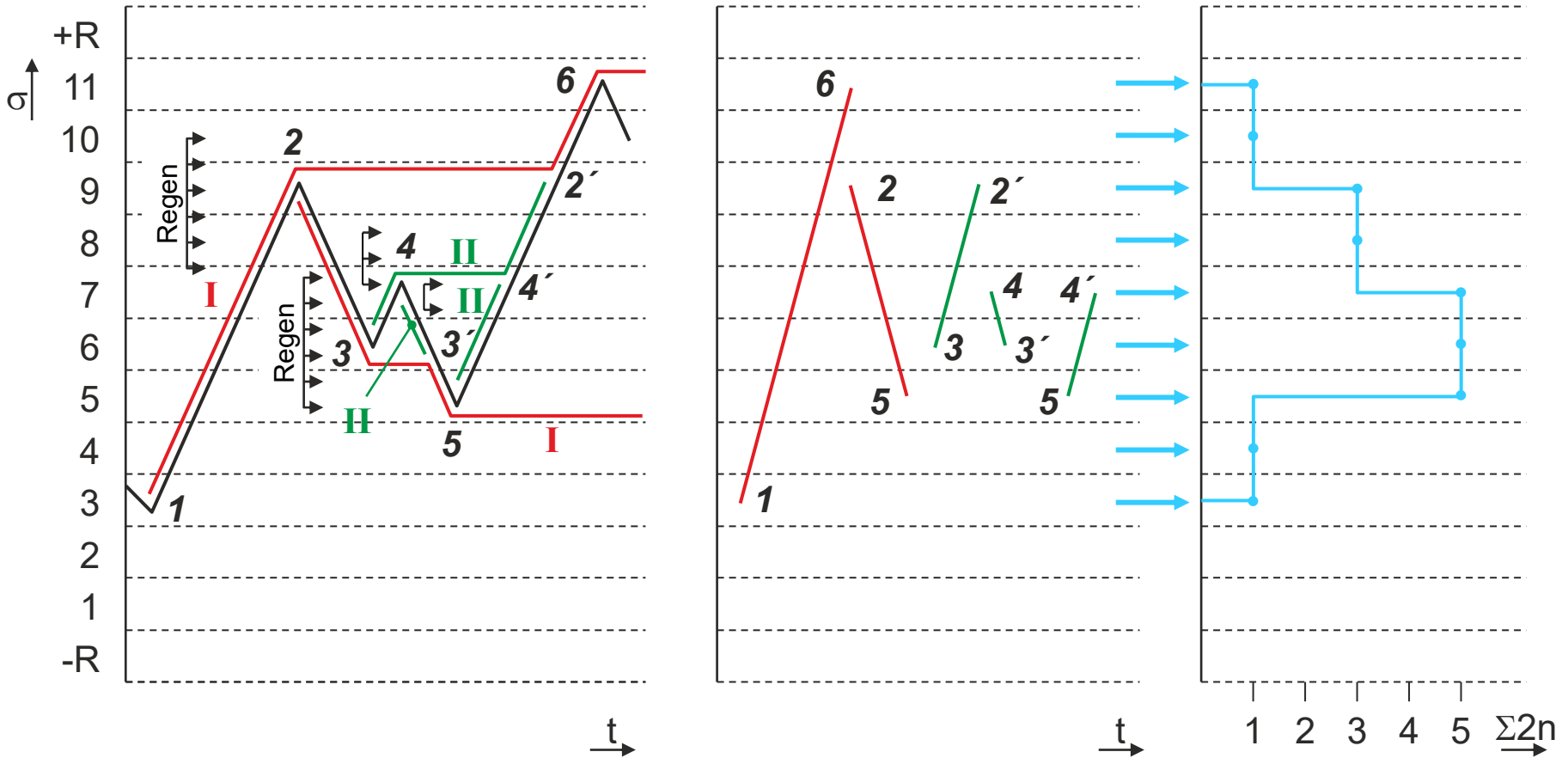


- Hohe Längsfestigkeit → z.B. Durchleitung der Längskräfte aus Zug- und Stoßeinrichtung
high longitudinal strength
- Große Struktursteifigkeit → z.B. Durchleitung der Vertikalkräfte zu den Auflagerpunkten
high structural rigidity
- Hohe lokale Festigkeit → Aufnahme von Personen/Gütern, Form, Kraftaufnahme
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 <i>während der Fahrt ständig wirkend</i>		Zusatzbelastungen <i>nur zeitweise wirkend</i>	
Beanspruchungsart	Normalbeanspruchungen	Dynamische Beanspruchungen		
Belastungen	<ul style="list-style-type: none"> • Statische äußere Lasten • Als statisch wirkend betrachtete dynamische Lasten 	<ul style="list-style-type: none"> • Stochastische Betriebsbelastungen 		
	Beispiele	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eigenmasse ○ Zuladung ○ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Spezifische Trassierungsbedingungen (Gleisbögen, Übergangs-/S-Bögen, Weichen, Kreuzungen, ...) ○ Beschleunigungs-/Bremsvorgänge ○ Unrundheiten/Unwuchten der Räder ○ Gleislageunebenheiten ○ ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Außergewöhnliche Betriebsbelastungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Auflaufstoß ○ Hissen, Aufgleisen ○ ...
Lastfälle	Normallastfälle	Dynamische Lastfälle		
Nachweis	Statischer Nachweis	Dauerfestigkeitsnachweis	Betriebsfestigkeitsnachweis	
Belastungswerte	<ul style="list-style-type: none"> • Einzel-Belastungswert • Mittels Stoßfaktor in Einzel-Belastungswert umgerechnete Mehrstufenbelastung 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch Min- und Max-Wert als Einstufenbelastung abgebildete Mehrstufenbelastung 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch Lastkollektiv abgebildete Mehrstufenbelastung 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittels Stoßfaktor in Einzel-Belastungswert umgerechnete Mehrstufenbelastung

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

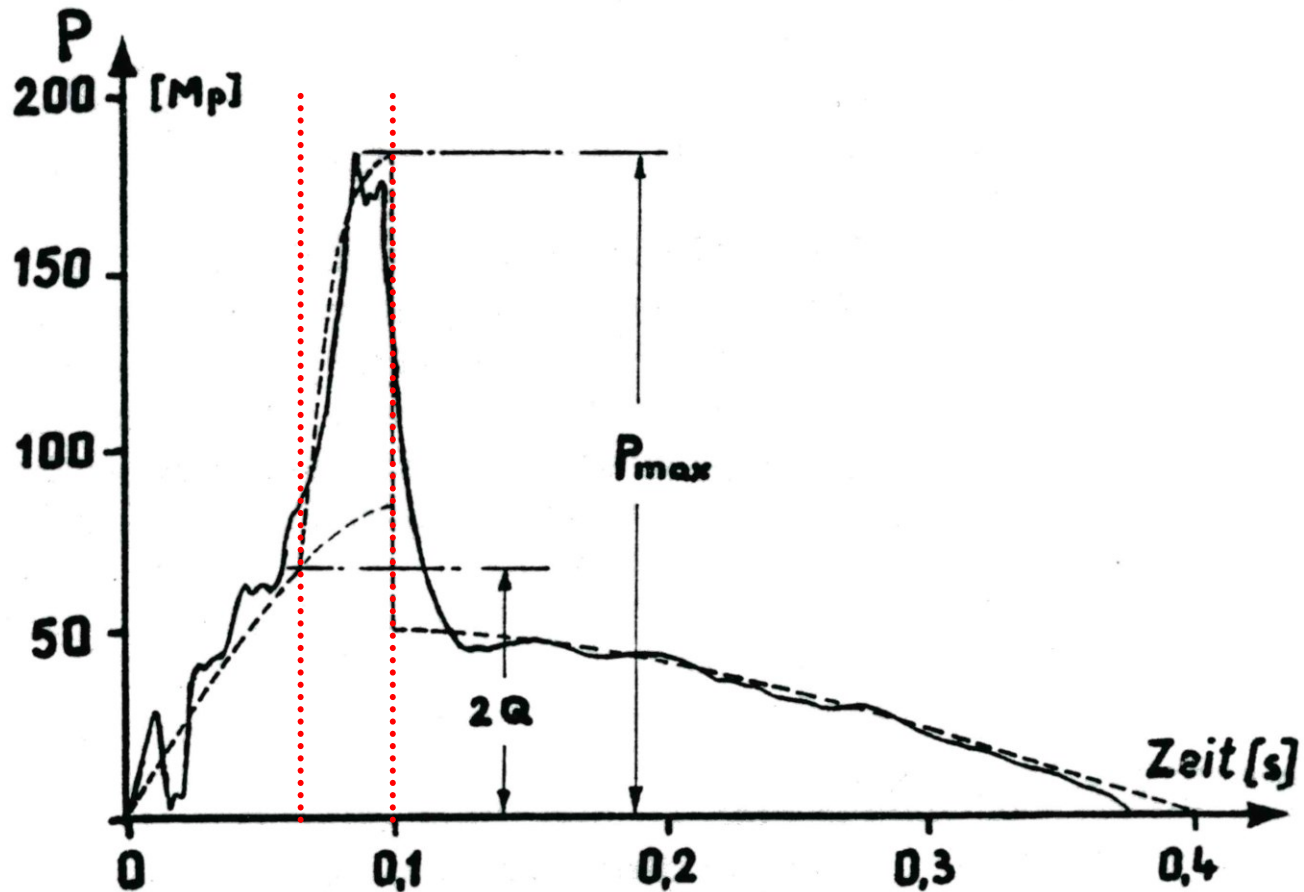
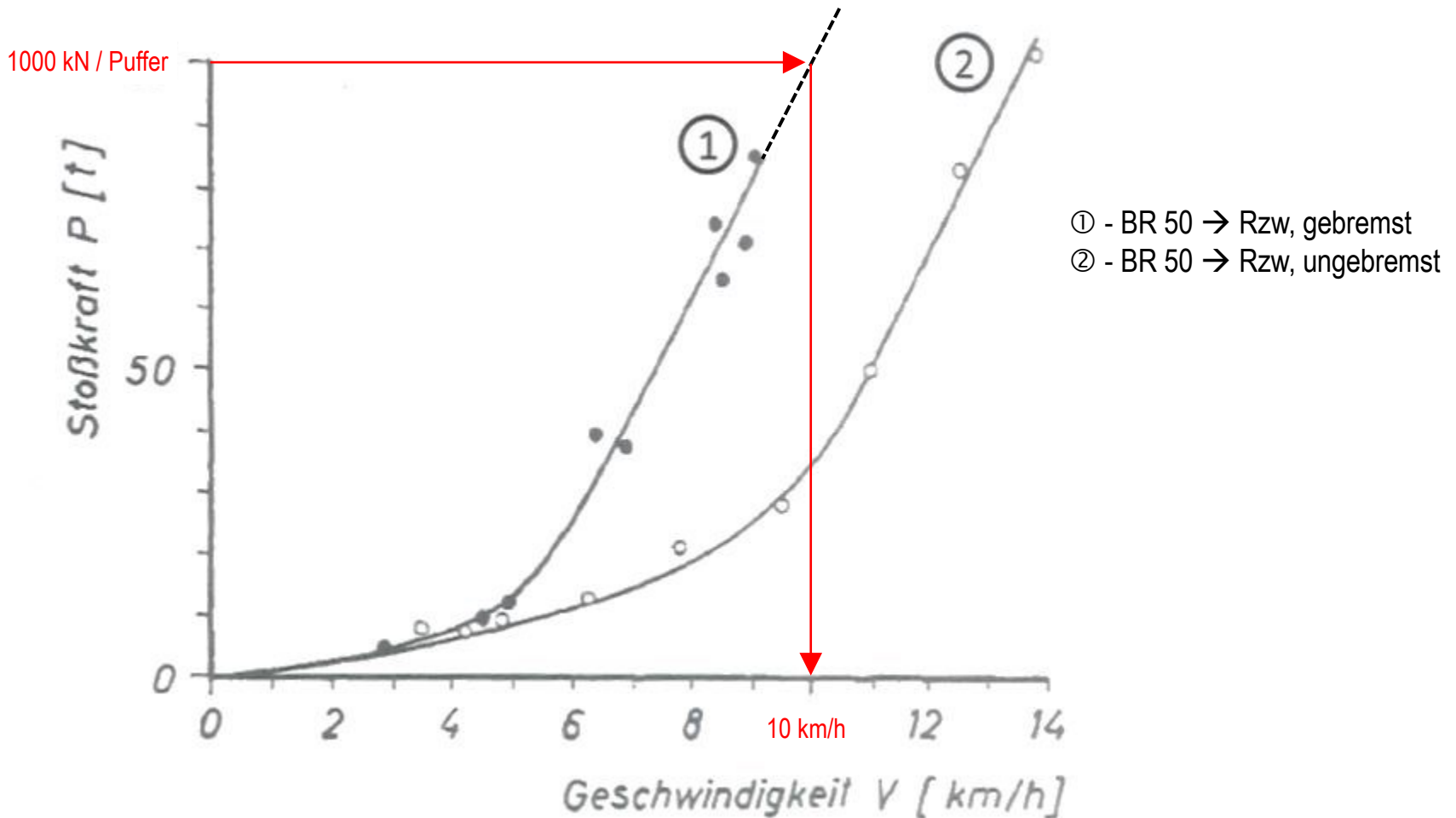


Abbildung 7 Gemessene Pufferkraft beim Auflaufstoß beladener Güterwagen. $v = 12,6 \text{ km/h}$

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

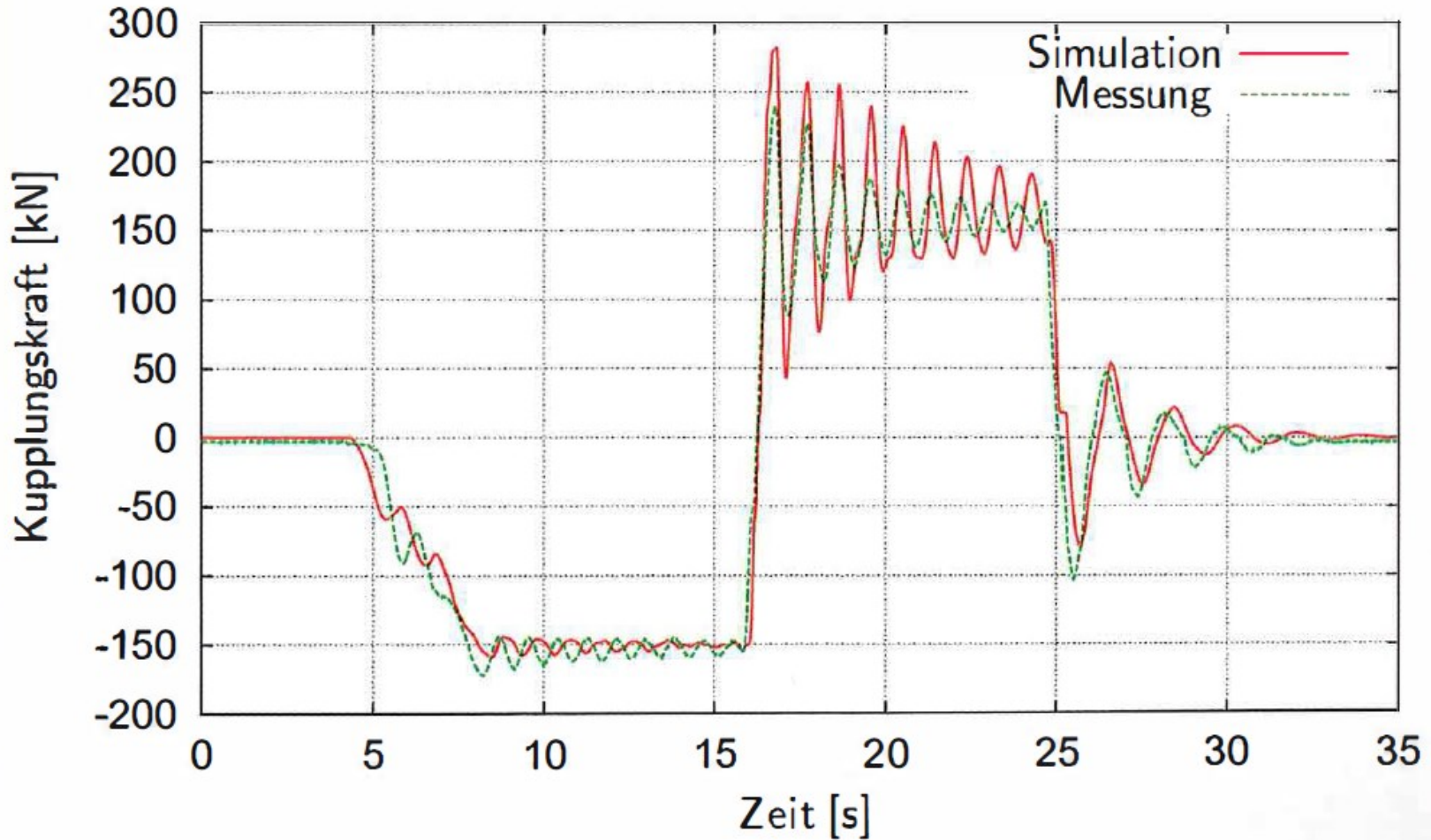
Folie Außergewöhnliche Beanspruchung – Auflaufversuch 1958



(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

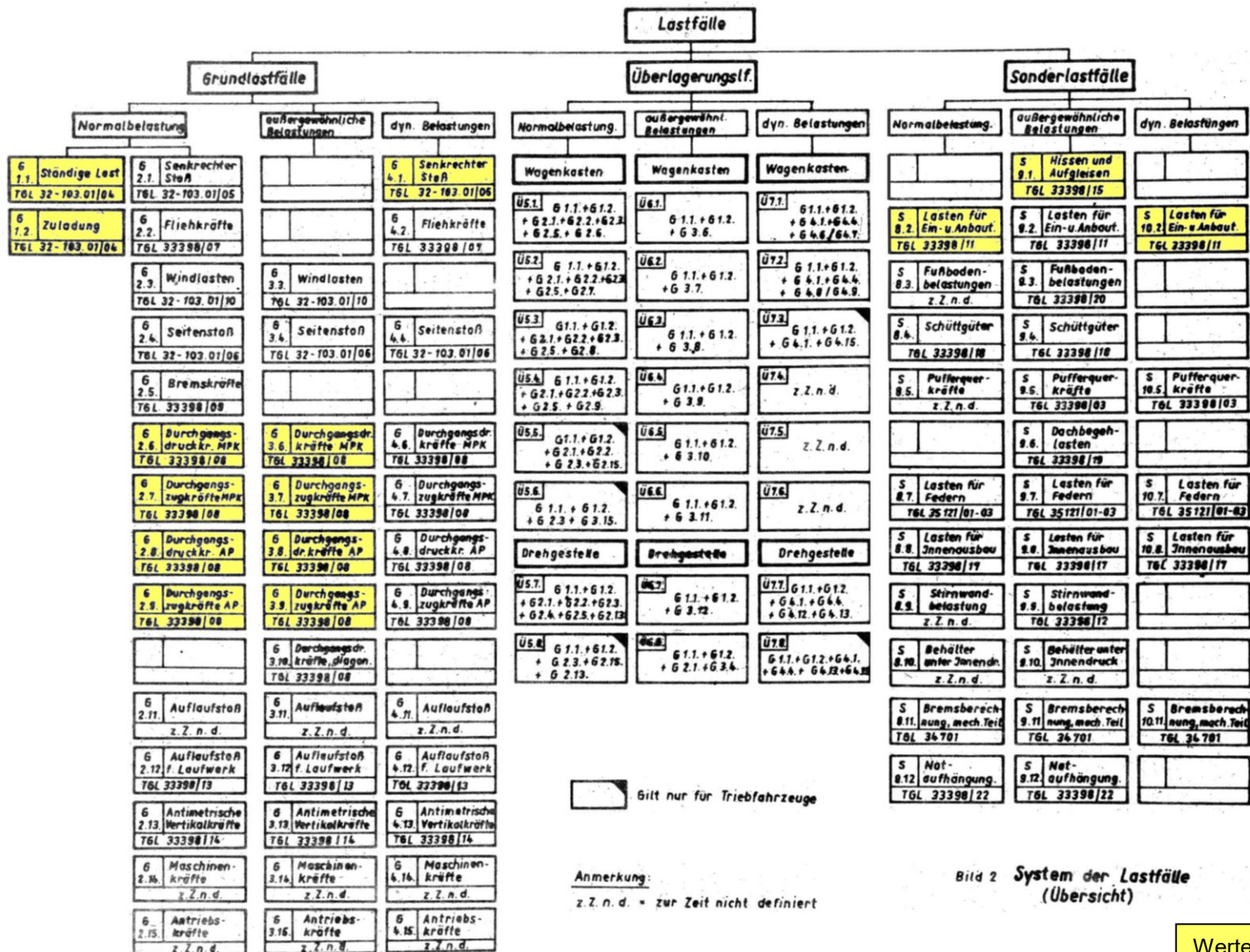


Bild 2 System der Lastfälle (Übersicht)

Werte in EN 12663

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 ²⁾				X	
		2.1		4.1		X																X			
	antimetrische Vertikalkraft	2.1				X															X				
		3.13																							
Belastungen horizontal quer	Fliehkraft	2.2			X							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 ²⁾				
	Durchgangsdruck AK	2.6							X						X										
			3.6											X											
	Durchgangszug SP	2.9											X												
			3.9													X									
	Durchgangszug AK	2.7								X															
			3.7												X										
	Auflaufstoß	2.12																			X ²⁾				
		3.12				X															X				
Durchgangsdruck diagonal		4.12						X																	
		3.10																			X				
Maschinen- und Bremskräfte	Maschinen - kräfte	2.14																							
			3.14																						
			4.14																						
	Antriebskräfte	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

$$s_{\text{erf}} = s \cdot \frac{1,0}{1,2}$$

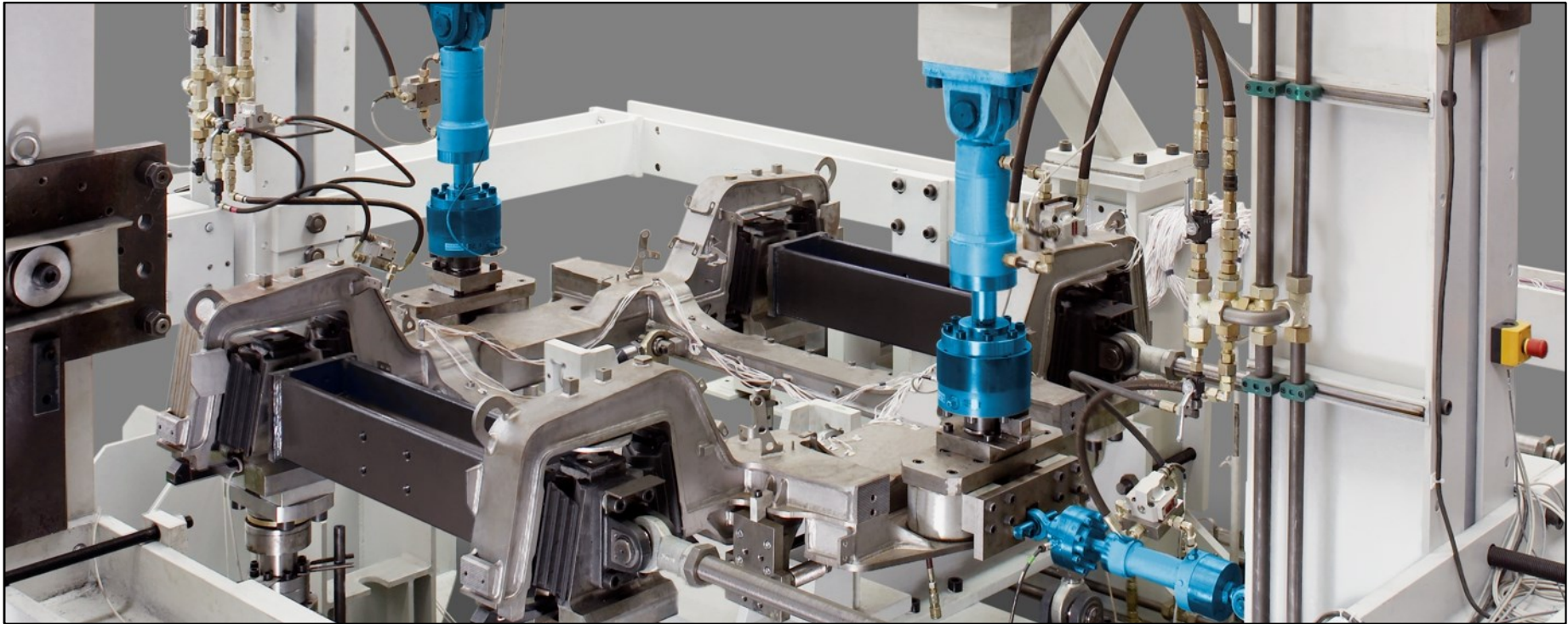
3) Nur nachzuweisen für Fahrzeuge mit AK
 4) Nur für Fahrzeuge mit SP
 5) Nur für Wagen

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 5.2 5.3 5.4	normale Betriebsbedingungen
AG 6.1 6.2 6.3 6.4 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

- 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)

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

Anerkannte Regel der Technik

= technische Festlegung, die von einer Mehrheit repräsentativer Fachleute als Wiedergabe des Standes der Technik angesehen wird.

(DIN EN 45020:2007-03)


§ 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
Struktur und mechanische Teile	4.2.2		
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

DEUTSCHE NORM	Februar 2024
DIN EN 12663-1	
ICS 45.060.20	Ersatz für DIN EN 12663-1:2015-03
<p>Bahnanwendungen – Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen – Teil 1: Lokomotiven und Personenzüge (und alternatives Verfahren für Güterzüge); Deutsche Fassung EN 12663-1:2010+A2:2023</p> <p>Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies – Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons); German version EN 12663-1:2010+A2:2023</p> <p>Applications ferroviaires – Prescriptions de dimensionnement des structures de véhicules ferroviaires – Partie 1: Locomotives et matériels roulants voyageurs (et méthode alternative pour wagons); Version allemande EN 12663-1:2010+A2:2023</p>	
Gesamtumfang 40 Seiten	
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)	
<p>© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte für Deutschland – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland DIN e. V. vorbehalten. Für andere Länder hält DIN e. V. alle einfachen Rechte der Verwertung. Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</p> <p style="text-align: right;">www.din.de www.beuth.de</p>	

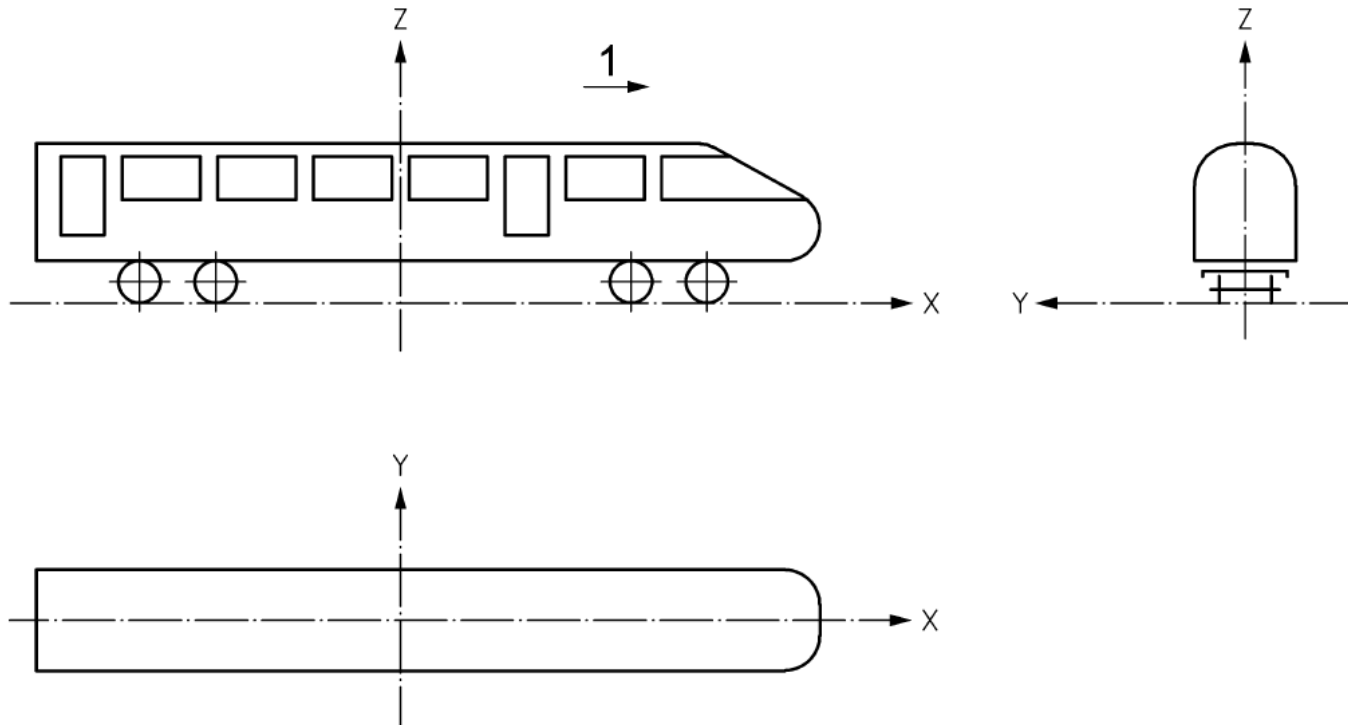
Printed copies are uncontrolled

Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

DEUTSCHE NORM	Januar 2024
DIN EN 12663-2	
ICS 45.060.20	Ersatz für DIN EN 12663-2:2010-07
<p>Bahnanwendungen – Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen – Teil 2: Güterzüge; Deutsche Fassung EN 12663-2:2010+A1:2023</p> <p>Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies – Part 2: Freight wagons; German version EN 12663-2:2010+A1:2023</p> <p>Applications ferroviaires – Prescriptions de dimensionnement des structures de véhicules ferroviaires – Partie 2: Wagons de marchandises; Version allemande EN 12663-2:2010+A1:2023</p>	
Gesamtumfang 53 Seiten	
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)	
<p>© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte für Deutschland – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland DIN e. V. vorbehalten. Für andere Länder hält DIN e. V. alle einfachen Rechte der Verwertung. Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</p> <p style="text-align: right;">www.din.de www.beuth.de</p>	

Printed copies are uncontrolled

Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden



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 Kategorie L	Personenfahrzeuge Kategorie P-I, P-II, P-III, P-IV, P-V	Güterwagen Kategorie F-I, F-II
Druckkraft und vertikale Last	—	Tabelle 2 und $g \times (m_1 + m_4)$	Tabelle 2 und $g \times (m_1 + m_3)$
			Tabelle 3 und $g \times (m_1 + m_3)$
Zugkraft und vertikale Last	—	Tabelle 5 und $g \times (m_1 + m_4)$	Tabelle 5 und $g \times (m_1 + m_3)$

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.

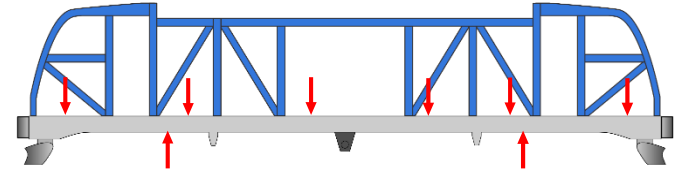
Ein Dauerfestigkeitsnachweis muss Lastfälle enthalten, die realistische Kombinationen individueller Belastungen nach 6.6 und 6.7 darstellen. Die Größe der individuellen Belastungen darf gegenüber den angegebenen Größen der Tabelle 16 bis Tabelle 18 reduziert werden, wenn die Lastfälle in Kombinationen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

ANMERKUNG Verfahren zur Bestimmung von geeigneten Lastkombinationen sind eventuell auch in nationalen oder Industrienormen angegeben. (Beispielsweise ist die VDV-Schrift 152, „Empfehlungen für die Festigkeitsauslegung von Personenzugfahrzeugen nach BOSTrab“ für U-Bahnen und Straßenbahnen [Kategorien P-IV und P-V] eine A_1 dieser A_1 Normen).

Vertikale statische Ersatzlasten:

- Sicherstellung Beanspruchbarkeit Zuladung
- Beanspruchung Zuladung = $f(\text{Masse})$
- Ersatzlasten Norm = $f(\text{Masse})$ + ggf. „Stoßzuschlag“

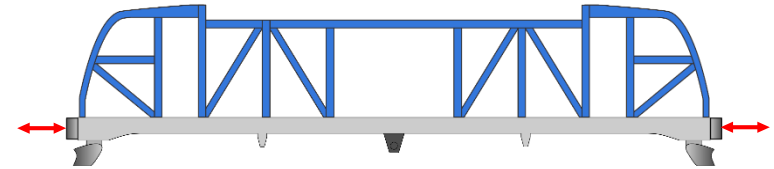
→ **nachvollziehbar!**



Längsgerichtete statische Ersatzlasten

- Sicherstellung Beanspruchbarkeit
 - Zugkräfte (Beschleunigen)
 - Längsdruckkräfte (Bremsen)
- Beanspruchung
 - Zugkräfte = $f(\text{Antriebsleistung, Längsdynamik Zug})$
 - Längsdruckkräfte = $f(\text{Masse, ...})$ ← viele Einflussgrößen!
- Ersatzlasten in Norm = „grobe“ Pauschalwerte
 - *Druckrichtung: größte Längsdruckkraft aus Auflaufstoß*
 - grundlegende Bedeutung für Lastannahmen
 - entscheidend für WK-Dimensionierung! (Masse!)

Anpassungsbedarf!



→ **nicht nachvollziehbar!**

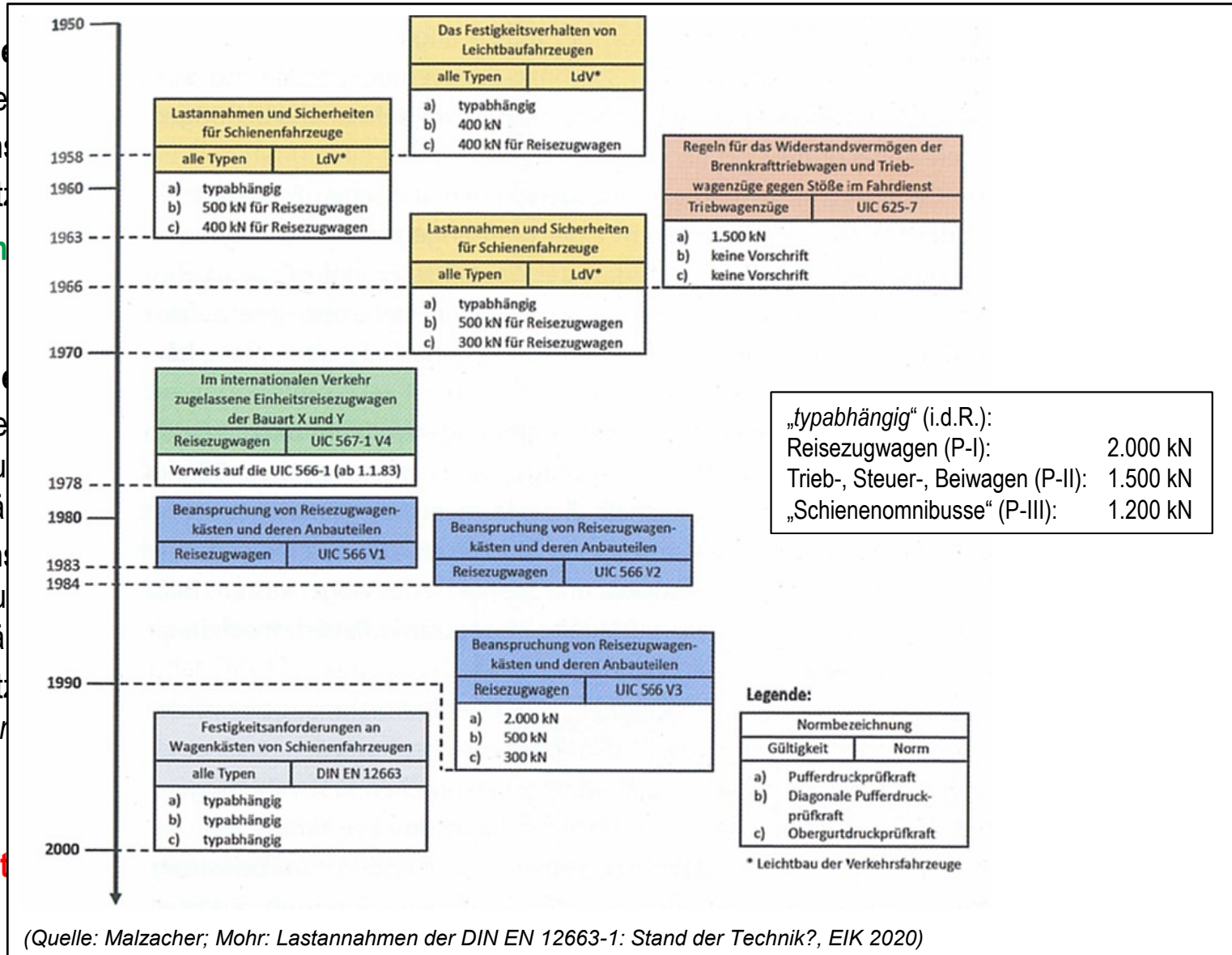
Folie Wagenkastennorm EN 12663 – Stand der Technik?

Vertikale

- Sicher
- Beans
- Ersat
- nach

Längsge

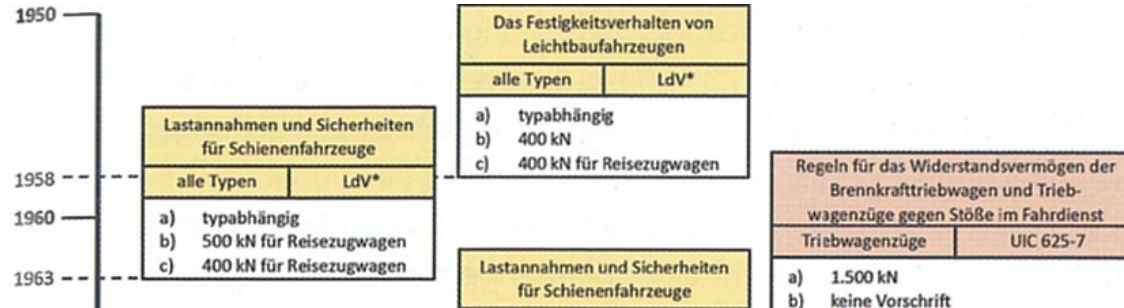
- Sicher
- Zu
- Längs
- Beans
- Zu
- Längs
- Ersat
- Dr
-
-
- nicht



Folie Wagenkastennorm EN 12663 – Stand der Technik?

Vertikale

- Sicher
- Beans
- Ersat
- nach

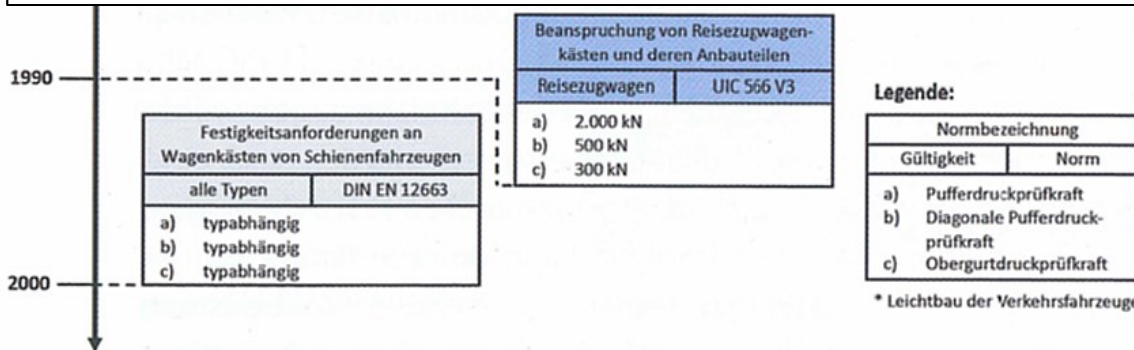


Längsge

- Sicher
- Zu
- Läng
- Beans
- Zu
- Läng
- Ersat
- Dr
-
-
- nicht

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 Längsdruckprüfkraft auf Pufferebene

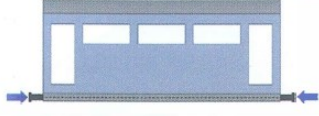

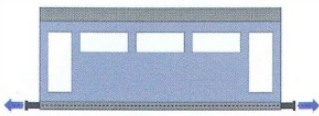

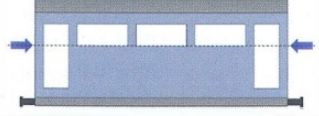




(Quelle: Malzacher; Mohr: Lastannahmen der DIN EN 12663-1: Stand der Technik?, EIK 2020)

Folie Vergleich EN 12663-1 – JIS E 7106

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

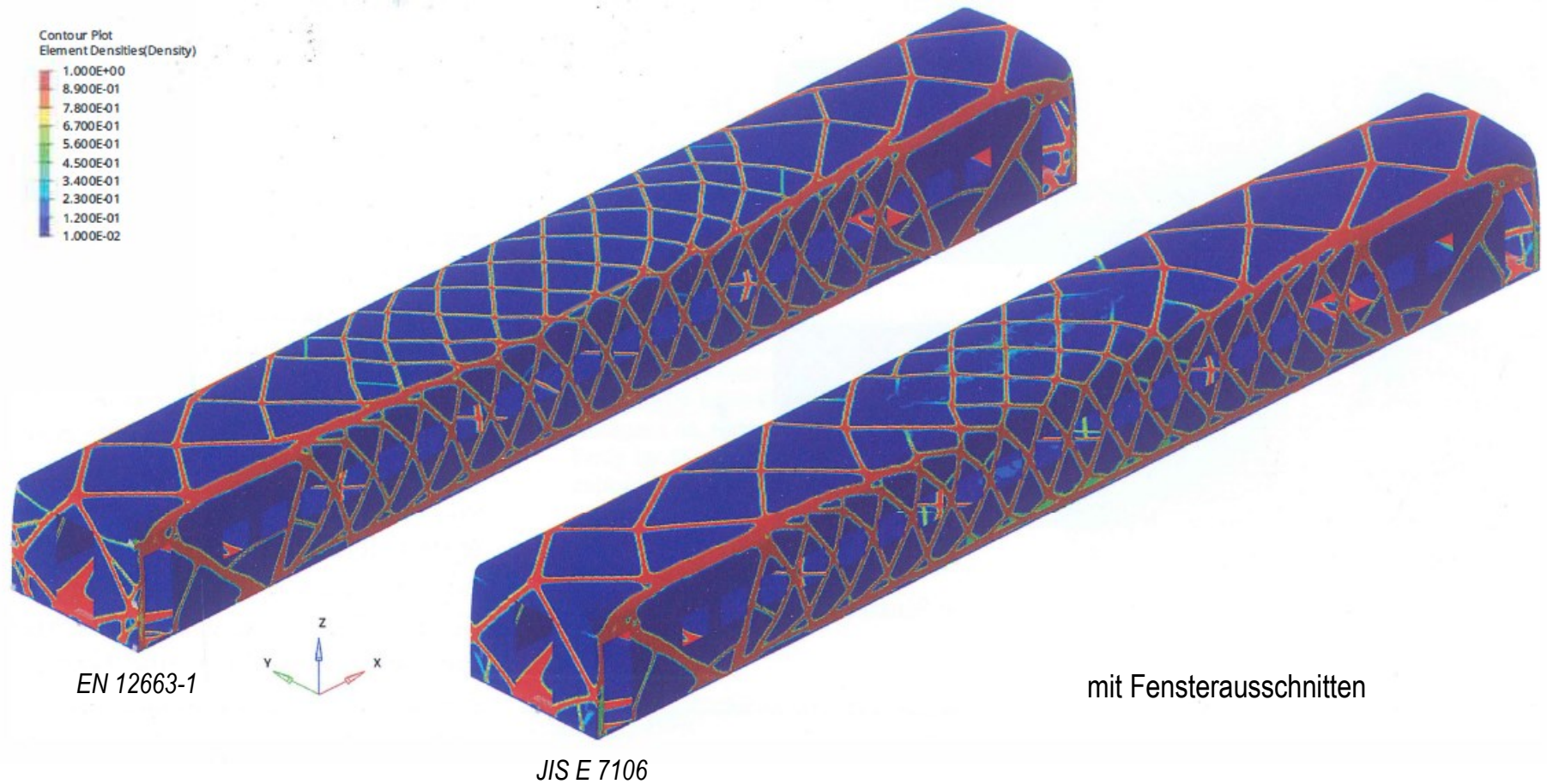
! Tabelle 1: Fahrzeugkategorien nach DIN EN 12663-1 und JIS E 7106

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

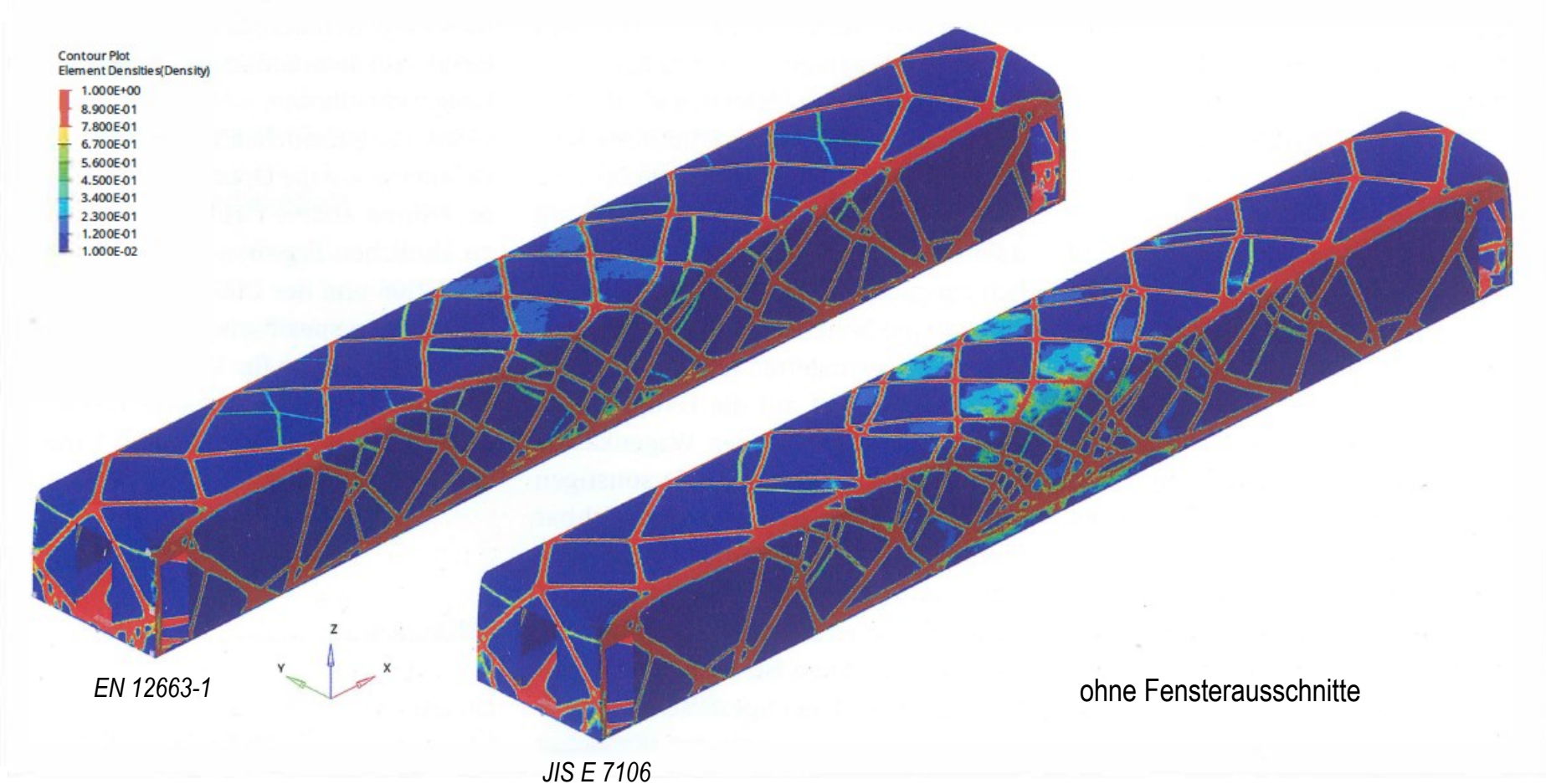
(Quelle: Malzacher, u.a.: Vergleich der Auslegungsregularien für Wagenkastenstrukturen in Japan und Deutschland, ZEVrail 146(2022)4)

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)

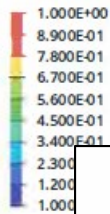
Folie Vergleich EN 12663-1 – JIS E 7106 – Topologieoptimierungen



(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

Contour Plot
Element Densities(Density)



Mit Fensterausschnitten

JIS E 7106

DIN EN 12663-1

91,51 %

92,02 %

Ohne Fensterausschnitte

100,00 % ?

92,66 %

Ohne drei-Punkt Anheben und Torsion

42,63 %

52,22 %

Tabelle 4: Vergleich Masseverhältnisse der optimierten Wagenkästen, normiert auf JIS mit Fensterausschnitten

EN 12663-1



JIS E 7106


ohne Fensterausschnitte

(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 Teil 1: Lokomotiven und Personenfahrzeuge (und alternatives Verfahren für Güterwagen) Teil 2: Güterwagen	2015-03 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		Februar 2024
	DIN EN 13749	DIN
ICS 45.040	Ersatz für DIN EN 13749:2021-05	
Bahnanwendungen – Radsätze und Drehgestelle – Festlegungsverfahren für Festigkeitsanforderungen an Drehgestellrahmen; Deutsche Fassung EN 13749:2021+A1:2023		
Railway applications – Wheelsets and bogies – Method of specifying the structural requirements of bogie frames; German version EN 13749:2021+A1:2023		
Applications ferroviaires – Essieux montés et bogies – Méthode pour spécifier les exigences en matière de résistance des structures de châssis de bogie; Version allemande EN 13749:2021+A1:2023		
Gesamtumfang 58 Seiten		
DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)		
<small>© DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte für Deutschland – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland DIN e.V. vorbehalten. Für andere Länder hält DIN e.V. alle einfachen Rechte der Verwertung. Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</small>		
<small>www.din.de</small>		
<small>www.beuth.de</small>		<small>3503941</small>

Printed copies are uncontrolled

Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

DEUTSCHE NORM		Juni 2011
	DIN EN 15827	DIN
ICS 45.040		
Bahnanwendungen – Anforderungen für Drehgestelle und Fahrwerke; Deutsche Fassung EN 15827:2011		
Railway applications – Requirements for bogies and running gears; German version EN 15827:2011		
Applications ferroviaires – Exigences pour bogies et organes de roulement; Version allemande EN 15827:2011		
Gesamtumfang 87 Seiten		
Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN		
<small>© DIN Deutsches Institut für Normung e.V. - Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet. Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin</small>		
<small>www.din.de</small>		
<small>www.beuth.de</small>		<small>1726026</small>

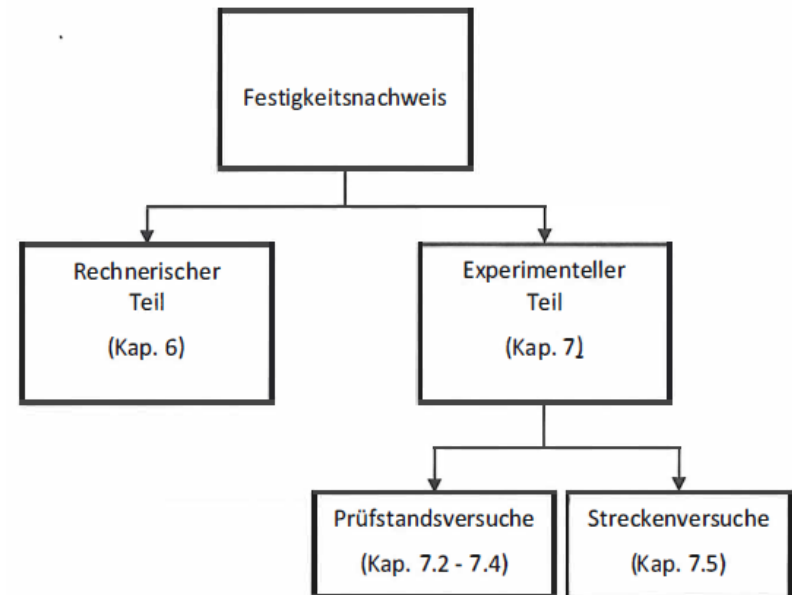
NormCD - Stand 2011-09

Preisgruppe 26

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
Neukonstruktion			
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
Wesentlich geänderte Konstruktion und verschärfte Einsatzbedingungen			
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
Wesentlich geänderte Konstruktion und äquivalente Einsatzbedingungen			
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)
Nicht wesentlich geänderte Konstruktion und verschärfte Einsatzbedingungen			
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)
Nicht wesentlich geänderte Konstruktion und äquivalente Einsatzbedingungen			
Konv. Hf-fzg.	Konformitätserklärung	Entfällt	Entfällt
Nf-fzg. / nicht konv. Hf-fzg.			

4 Sicherheitskonzept

	Statischer Nachweis	Dauerfestigkeits- nachweis	Betriebsfestigkeits- nachweis
Grundmaterial Stahl	FKM-Richtlinie [8]	FKM-Richtlinie	FKM-Richtlinie
Grundmaterial Aluminium	FKM-Richtlinie DVS 1608 [21]	FKM-Richtlinie DVS 1608	FKM-Richtlinie DVS 1608
Schweißnähte Stahl	FKM-Richtlinie	FKM-Richtlinie IIW-Empfehlungen [22] DVS 1612 [23]	FKM-Richtlinie IIW-Empfehlungen
Schweißnähte Aluminium	FKM-Richtlinie DVS 1608	FKM-Richtlinie DVS 1608 IIW-Empfehlungen	FKM-Richtlinie DVS 1608 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	-	$\pm 1,2$	$-g \pm 1,9$	± 200	-
	Bogenfahrt	-	$\pm 1,6$	$-g \pm 1,0$	-	$\pm 1/250$
	Anfahren/ Bremsen	$\pm 1,5$	$\pm 0,6$	$-g \pm 1,0$	-	-
Strab	Kreuzungs-/ Weichenfahrt	-	$\pm 1,6$	$-g \pm 2,4$	± 200	-
	Bogenfahrt	-	$\pm 1,9$	$-g \pm 1,2$	-	$\pm 1/250$
	Anfahren/ Bremsen	$\pm 2,0$	$\pm 0,9$	$-g \pm 1,2$	-	-

DEUTSCHE NORM		Entwurf	Mai 2023
DIN EN 17149-3		DIN	
ICS 45.060.01	Einsprüche bis 2023-05-31		

Ent **Einleitung**

Bahnanwendungen – Festigkeitsnachweis von Schienenfahrzeughilfsstrukturen – Teil 3: Betriebsfestigkeitsnachweis auf Basis des Schadensakkumulationsverfahrens – Deutsche und Englische Fassung prEN 17149-3

Railway applications – Strength assessment of rail vehicle structure Part 3: Fatigue strength assessment based on damage accumulation – German and English version prEN 17149-3

Applications ferroviaires – Évaluation de la résistance des structures d'aide à la traction – Partie 3: Évaluation de la résistance à la fatigue – Version allemande et anglaise prEN 17149-3

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023 Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal www.din.de/go/entwurf oder im Norm-Entwurfs-Portal www.dke.de/go/entwurf sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglich

Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen oder unter www.dke.de/go/stellungnahmen

- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebittet, die Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unter

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte für Deutschland – alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland DIN e. V. vorbehalten. Für andere Länder hält DIN e. V. alle einfachen Rechte der Verwertung. www.din.de www.beuth.de 3419776

Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

Falls ein Betriebsfestigkeitsnachweis für Schienenfahrzeugstrukturen notwendig ist, darf dieser Nachweis als Dauerfestigkeitsnachweis oder als Betriebsfestigkeitsnachweis nach dem Schadensakkumulationsverfahren erbracht werden.

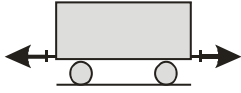
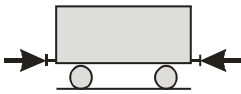

Ein Dauerfestigkeitsnachweis beruht auf der Bewertung der Spannungsschwingbreiten (z. B. abgeleitet aus Auslegungslastfällen oder Messungen) gegen die anwendbare Dauerfestigkeit. Ein solches Verfahren in Kombination mit Lasten wie in der Normenreihe EN 12663 oder EN 13749 angegeben anwendbar.

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

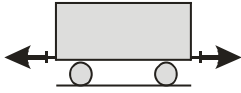
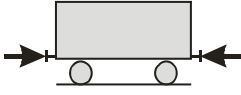
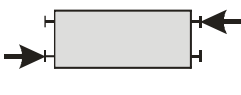
Dieses Dokument stellt keine Daten zur Betriebsfestigkeit oder Kriterien für eine Annäherung der Dauerfestigkeitsgrenze bereit. Der Hauptteil der Norm verwendet als Grundlage das Nennspannungsverfahren, wobei die Berücksichtigung variabler Amplituden und Zyklenzahlen unter Verwendung der dieser Norm beschriebenen Verfahren ebenso mit dem Strukturspannungsansatz und dem Kerbspannungsansatz angewendet werden kann (zusätzliche Informationen zu den genannten Verfahren sind in den informativen Anhängen hinterlegt).

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

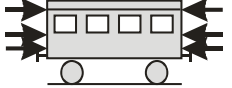
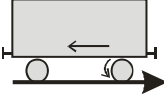
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (I)

Belastung		Normwerte	Bemerkungen																								
Längskräfte	Zugkraft 	DIN EN 12663-1, Tabelle 5: <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^a</td> <td>1000^a</td> <td>1000</td> <td>600^b</td> <td>300^b</td> <td>150^b</td> <td>1500^c 1000^d</td> <td>1500^c 1000^d</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN ^a Für gewisse Kupplungsarten kann eine höhere Kraft (z.B. 1500 kN) notwendig sein. ^b Diese Werte können angepasst werden, sie müssen aber die höchste Kraft abdecken, die im Normalbetrieb oder im Abschleppfall entwickelt werden kann. ^c Zugkraft von 1.500 kN wird für Anschläge „a“ der Zugeinrichtung verwendet, wenn diese eingesetzt werden (siehe EN 12663-2). ^d 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 ^a	1000 ^a	1000	600 ^b	300 ^b	150 ^b	1500 ^c 1000 ^d	1500 ^c 1000 ^d	Zugkraft im Kupplungsbereich (an Zughaken): <ul style="list-style-type: none"> – Zugmasse – Geschwindigkeit – Art der Anfahrt – Kupplungsspiel – ...
	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 ^a	1000 ^a	1000	600 ^b	300 ^b	150 ^b	1500 ^c 1000 ^d	1500 ^c 1000 ^d																				
Druckkraft 	DIN EN 12663-1, Tabelle 2 u. 3: <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^a 1500^b</td> <td>1200^a 900^b</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN ^a 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. ^b 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 ^a 1500 ^b	1200 ^a 900 ^b	Druckkraft in bzw. nahe Puffer-/Kupplungshöhe: <ul style="list-style-type: none"> – Zugbildung (Rangierstoß) – Längsschwingungen im Zugverband – Zugkraft Wendezugbetrieb – ... 	
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 ^a 1500 ^b	1200 ^a 900 ^b																				
Diagonalstoß 	DIN EN 12663-1, Tabelle 4: <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^a</td> <td>500^a</td> <td>500^a</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN ^a 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 ^a	500 ^a	500 ^a	-	-	-	400	400	Diagonaldruckkraft in Pufferhöhe, nur bei Fahrzeugen mit Seitenpuffern <ul style="list-style-type: none"> – Fzg. stehen nicht geradlinig hintereinander – Differenzen in Pufferkennlinien 	
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 ^a	500 ^a	500 ^a	-	-	-	400	400																				

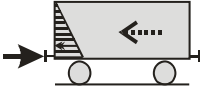
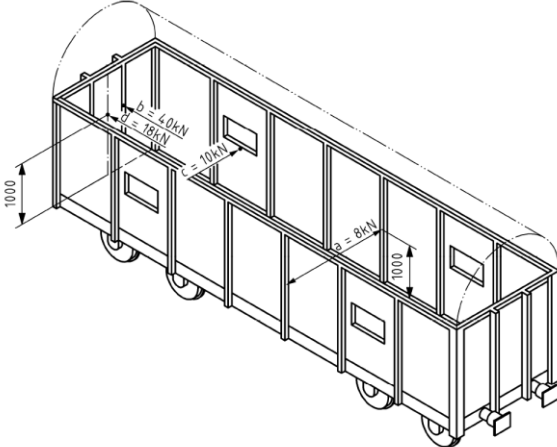
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (I)

Belastung		Normwerte	Bemerkungen																								
Längskräfte	Zugkraft 	DIN EN 12663-1, Tabelle 5: <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^a</td> <td>1000^a</td> <td>1000</td> <td>600^b</td> <td>300^b</td> <td>150^b</td> <td>1500^c 1000^d</td> <td>1500^c 1000^d</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN ^a Für gewisse Kupplungsarten kann eine höhere Kraft (z.B. 1500 kN) notwendig sein. ^b Diese Werte können angepasst werden, sie müssen aber die höchste Kraft abdecken, die im Normalbetrieb oder im Abschleppfall entwickelt werden kann. ^c Zugkraft von 1.500 kN wird für Anschläge „a“ der Zugeinrichtung verwendet, wenn diese eingesetzt werden (siehe EN 12663-2). ^d 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 ^a	1000 ^a	1000	600 ^b	300 ^b	150 ^b	1500 ^c 1000 ^d	1500 ^c 1000 ^d	Zugkraft im Kupplungsbereich (an Zughaken): – Zugmasse – Geschwindigkeit – Art der Anfahrt – Kupplungsspiel – ...
	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 ^a	1000 ^a	1000	600 ^b	300 ^b	150 ^b	1500 ^c 1000 ^d	1500 ^c 1000 ^d																				
Druckkraft 	DIN EN 12663-1, Tabelle 2 u. 3: <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^a 1500^b</td> <td>1200^a 900^b</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN ^a 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. ^b 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 ^a 1500 ^b	1200 ^a 900 ^b	Druckkraft in bzw. nahe Puffer-/Kupplungshöhe: – Zugbildung (Rangierstoß) – Längsschwingungen im Zugverband – Zugkraft Wendezugbetrieb – ...	
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 ^a 1500 ^b	1200 ^a 900 ^b																				
Diagonalstoß 	DIN EN 12663-1, Tabelle 4: <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^a</td> <td>500^a</td> <td>500^a</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kraft in kN ^a 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 ^a	500 ^a	500 ^a	-	-	-	400	400	Diagonaldruckkraft in Pufferhöhe, nur bei Fahrzeugen mit Seitenpuffern – Fzg. stehen nicht geradlinig hintereinander – Differenzen in Pufferkennlinien	
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 ^a	500 ^a	500 ^a	-	-	-	400	400																				

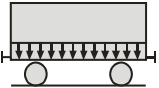
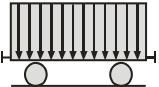
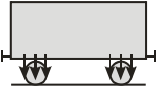
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (II)

Belastung		Normwerte	Bemerkungen																																																																
Längskräfte	Druckkräfte auf Stirnwand 	DIN EN 12663-1, Tabelle 6 bis 8: <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^a</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^{ab}</td> <td>300^b</td> <td>300^b</td> <td>300^b</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 ^a Nur anwendbar für Endfahrerstände. ^b 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 ^a	400	400	-	-	-	-	-	<i>in der Höhe Unterkante der Fensterausschnitte (Fensterbrüstung):</i>								300 ^{ab}	300 ^b	300 ^b	300 ^b	-	-	-	-	<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 ^a	400	400	-	-	-	-	-																																																												
<i>in der Höhe Unterkante der Fensterausschnitte (Fensterbrüstung):</i>																																																																			
300 ^{ab}	300 ^b	300 ^b	300 ^b	-	-	-	-																																																												
<i>in der Höhe des Obergurts:</i>																																																																			
-	300	300	150	-	-	-	-																																																												
Bremsmassenkräfte 	DIN EN 12663-1, Pkt. 6.6.6, Tabelle 18: <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 10⁷ 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 colspan="2">± 0,15·g^a</td> <td>± 0,2·g</td> <td colspan="2">± 0,3·g^b</td> </tr> </tbody> </table> <p>Beschleunigungen in m/s² ^a Wenn Fahrzeuge im Straßenverkehr betrieben werden, müssen sie für ± 0,2·g ausgelegt werden. ^b Nur gültig für Befestigungen der Ausrüstungsgegenstände.</p> <p>TGL 33398/09: (Bremskräfte): Massenkräfte aus: Eigenmasse · k_x → z.B. k_x = 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 ^a		± 0,2·g	± 0,3·g ^b		– 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 ^a		± 0,2·g	± 0,3·g ^b																																																													

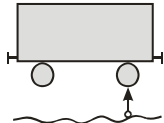
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Längskräfte (III)

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="430 886 1363 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^a</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>40,0</td> <td>1^a</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>^a 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 ^a	b	40,0	1 ^a	c	10,0	3	d	18,0	2	<ul style="list-style-type: none"> – Trägheitskräfte der Ladung infolge Längsbeschleunigungen (Auflaufstoß) – Kollisionsenergien
Lastfall	Aufzubringende Mindest-Belastung [kN]	Zulässige bleibende Verformung an jedem Teil [mm]															
a	8,0	2 ^a															
b	40,0	1 ^a															
c	10,0	3															
d	18,0	2															

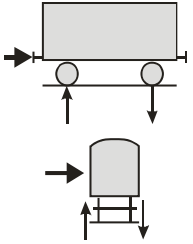
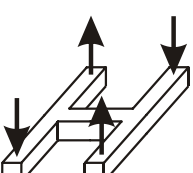
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Vertikalkräfte (I)

Belastung		Normwerte
Vertikalkräfte	Eigenmasse 	DIN EN 12663-1: Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit m_1 nach EN 15663 (ohne Drehgestellmassen) TGL 33398/04: Masse leeres Fahrzeug ohne Betriebsvorräte
	Nutzmasse 	DIN EN 12663-1: – Auslegungsmasse der normalen Zuladung m_3 nach EN 15663 – Auslegungsmasse der außergewöhnlichen Zuladung m_4 nach EN 15663 z.B: EN 15663: „Auslegungsmasse“ der außergewöhnlichen Zuladung → Tabelle 3: ... für Hochgeschwindigkeits- und Fernverkehrszüge <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Fahrgastmasse = 80 kg (mitsamt Gepäck) 100 % der normalen Sitze besetzt Klappsitze werden nicht gezählt, außer wenn es vom Betreiber für den vorgesehenen Betriebseinsatz anders spezifiziert wird 160 bis 320 kg/m² (2 bis 4 Fahrgäste/m²) für Stehflächen (siehe nachstehenden Absatz) 160 bis 320 kg/m² (2 bis 4 Fahrgäste/m²) in Bewirtungsbereichen (siehe nachstehenden Absatz) 300 kg/m² in Gepäckabteilen 0 kg/m² in Gepäckbereichen (dieses Gepäck ist in der Fahrgastmasse enthalten)</div> <p>„Die Zuladung durch stehende Fahrgäste von 320 kg/m² 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 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Fahrgastmasse = 70 kg (Gepäck ist wie unten angegeben zu berücksichtigen) Handgepäck muss nicht berücksichtigt werden 100 % der normalen Sitze besetzt, Klappsitze werden nicht gezählt außer, wenn es vom Betreiber für den vorgesehenen Betriebseinsatz anders spezifiziert wird 500 kg/m² auf Steh- und in Bewirtungsflächen, sofern es der Betreiber nicht anders vorsieht (siehe nachstehenden Absatz) 300 kg/m² in Gepäckabteilen 100 kg/m² auf allen Flächen der Gepäckbereiche</div> <p>„... Abhängig vom Betriebseinsatz variiert die außergewöhnliche Zuladung zwischen 350 kg/m² und 700 kg/m² (5 bis 10 Fahrgäste/m²). ...“</p>
	Dreh- bzw. Fahrgestellmasse 	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.

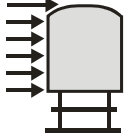
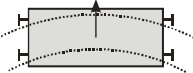
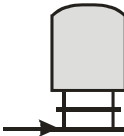
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Vertikalkräfte (II)

Belastung		Normwerte	Bemerkungen																								
Vertikalkräfte	Senkrechter Stoß	<p>DIN EN 12663-1: Belastungen aus dem Fahrweg nach Tabelle 17 Ermüdungslastfall für z-Richtung:</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>$(1 \pm 0,25) \cdot g$</td> <td colspan="3">$(1 \pm 0,15) \cdot g$</td> <td colspan="2">$(1 \pm 0,15) \cdot g^a$</td> <td colspan="2">$(1 \pm 0,3) \cdot g^b$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Beschleunigungen in m/s^2 ^a $(1 \pm 0,18) \cdot g$ für Betrieb auf Rillenschienen. ^b Für Güterfahrzeug mit 2-stufiger Federung $(1 \pm 0,25) \cdot g$. 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 k_z</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] f_{St} - statische Durchfederung [m] $\rightarrow f_{St} \geq 0,018 \text{ m}$ a - Einflusszahl Federstufe: WK: a = 0,05; abgefederte Fahrwerkteile: a = 0,1; unabgefederte Fahrwerkteile a = 0,15 b - Einflusszahl Radsatzanzahl Drehgestell: b = (n+2)/2n β - 1,0 für Rzwg, 1,13 Güterwagen $P(k_z)$ - 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	$(1 \pm 0,25) \cdot g$	$(1 \pm 0,15) \cdot g$			$(1 \pm 0,15) \cdot g^a$		$(1 \pm 0,3) \cdot g^b$		<ul style="list-style-type: none"> - Zustand des Gleises (Schienenunebenheiten) - Konstruktion des Fahrwerks (Radunstetigkeiten) - Fahrgeschwindigkeit - Federcharakteristik
	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																				
$(1 \pm 0,25) \cdot g$	$(1 \pm 0,15) \cdot g$			$(1 \pm 0,15) \cdot g^a$		$(1 \pm 0,3) \cdot g^b$																					
																											


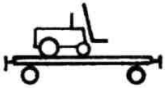

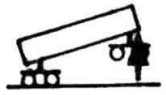
Folie Gegenwärtige Festlegungen – Vertikalkräfte (III)

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"> Hinweise auf „<i>Besondere aerodynamische Belastungen</i>“ durch: <ul style="list-style-type: none"> o Zugbegegnungen bei hohen Geschwindigkeiten o Tunnelfahrten o starkem Seitenwindeinfluss <p>„... <i>Bedeutung solcher Belastungen beachten. ...</i>“</p> 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> 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> 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> <p><u>TGL 33398/07, 33398/10, 33398/13:</u> z.B. Fliehkräfte (07): Faktor K_y (Verhältnis Fliehkraftüberschuss zu vertikaler Gewichtskraft aus Eigen- und Nutzmasse) im Normalfall = 0,1</p>	<ul style="list-style-type: none"> – vertikale Komponenten von horizontalen Belastungen außerhalb von Schwerpunkten und Verbindung Fahrwerk-Fahrzeugkasten: <ul style="list-style-type: none"> o Fliehkräfte o Windkräfte o Bremskräfte o Kräfte Auflaufstoß
<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"> – Gleisunebenheiten – Fertigungsungenauigkeiten – Abnutzungserscheinungen – ungleiche Federsteifigkeiten bzw. Setzen der Federn nur bei Drehgestellrahmen

Folie Gegenwärtige Festlegungen – Horizontalkräfte quer

Belastung		Normwerte	Bemerkungen																							
Horizontalkräfte	<p>Windkraft</p> 	<p><u>DIN EN 12663-1</u>: Hinweise auf „<i>Besondere aerodynamische Belastungen</i>“ durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zugbegegnungen bei hohen Geschwindigkeiten – Tunnelfahrten – starkem Seitenwindeinfluss <p>„... <i>Bedeutung solcher Belastungen beachten. ...</i>“</p> <p><u>DIN EN 14067-5</u>: 5. Anforderungen an Lokomotiven und Personenfahrzeuge, 5.3 Festigkeit gegenüber aerodynamischen Lasten</p> <ul style="list-style-type: none"> – Referenzfall für das Fahren bei Starkwind (außergewöhnlicher Lastfall) – Referenzfall für Vorbeifahrten auf offener Strecke (Ermüdungslastfall) – Referenzfälle für außergewöhnliche Lasten und Ermüdungslastfälle bei Tunneldurchfahrten <p><u>TGL 33398/10</u> (Windkräfte): Normalbelastung: Windkraft $F_w = 480 \text{ Pa} \cdot \text{projizierter Fläche}$ außergewöhnliche Belastung: $F_w = 650 \text{ Pa} \cdot \text{projizierter Fläche}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> – abhängig von Fahrzeugform 																							
	<p>Fliehkraft</p> 	<p><u>DIN EN 12663-1</u>: Hinweise auf Kräfte aus „<i>Traktion und Bremsen</i>“: „... <i>Anzahl und Größe der Lastwechsel aufgrund von Anfahrten und Bremsungen müssen ... festgelegt werden ...</i>“</p> <p><u>TGL 33398/07</u> (Fliehkkräfte): Faktor K_y (Verhältnis Fliehkraftüberschuss zu vertikaler Gewichtskraft aus Eigen- und Nutzmasse) im Normalfall = 0,1</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Fahrgeschwindigkeit – Schwerpunktöhe – Überhöhung – Gleisbogenhalbmesser 																							
	<p>Seitenstoß</p> 	<p><u>DIN EN 12663-1</u>: Tabelle 16</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>± 0,2·g</td> <td colspan="5">± 0,15·g</td> <td colspan="2">± 0,2·g ± 0,4·g^a</td> </tr> </tbody> </table> <p>Beschleunigungen in m/s² ^a Gilt für Befestigungen der Ausrüstungsgegenstände, kann aber für ein Drehgestellfahrzeug sowie 2-Achswagen mit verbesserten Federungen verringert 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	± 0,2·g	± 0,15·g					± 0,2·g ± 0,4·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																			
± 0,2·g	± 0,15·g					± 0,2·g ± 0,4·g ^a																				

Folie Gegenwärtige Festlegungen – Zusatzkräfte

Belastung		Normwerte	Bemerkungen																																																							
Zusatzlastfälle	Kräfte durch Be-/Entladen 	DIN EN 12663-1, 6.6.3 Be- und Entladezyklen: Hinweis: „Die Be- und Entladungszyklen sollten bestimmt und in geeigneter Art und Weise für Berechnungszwecke aufbereitet werden. ...“ 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	Belastungen durch Be- und Entlademechanismen – gewisse rücksichtslose Handhabung muss berücksichtigt werden																																																							
	Fußbodenbelastung 	DIN EN 12663-1, 6.6.3 Be- und Entladezyklen: Hinweis: „Die Be- und Entladungszyklen sollten bestimmt und in geeigneter Art und Weise für Berechnungszwecke aufbereitet werden. ...“ 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	Befahrbarkeit der Ladefläche mit Gabelstaplern/Nutzkraftwagen																																																							
	Reparaturlastfälle  	DIN EN 12663-1, Tabelle 10 u. 11: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <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;">$1,1 \cdot g \cdot (m_1 + m_2)$</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">$1,0 \cdot g \cdot (m_1 + m_2 + m_3)$</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Anheben des ganzen Fahrzeugs an den festgelegten Anhebepunkten</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">$1,1 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2)$</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">$1,0 \cdot g \cdot (m_1 + 2 \cdot m_2 + m_3)$</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Belastung in N m_1 – Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit m_2 – Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks m_3 – 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 m_1 – Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit m_2 – Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks 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 m_1 – Auslegungsmasse des Wagenkastens, betriebsbereit m_2 – Auslegungsmasse eines Drehgestells oder Fahrwerks 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

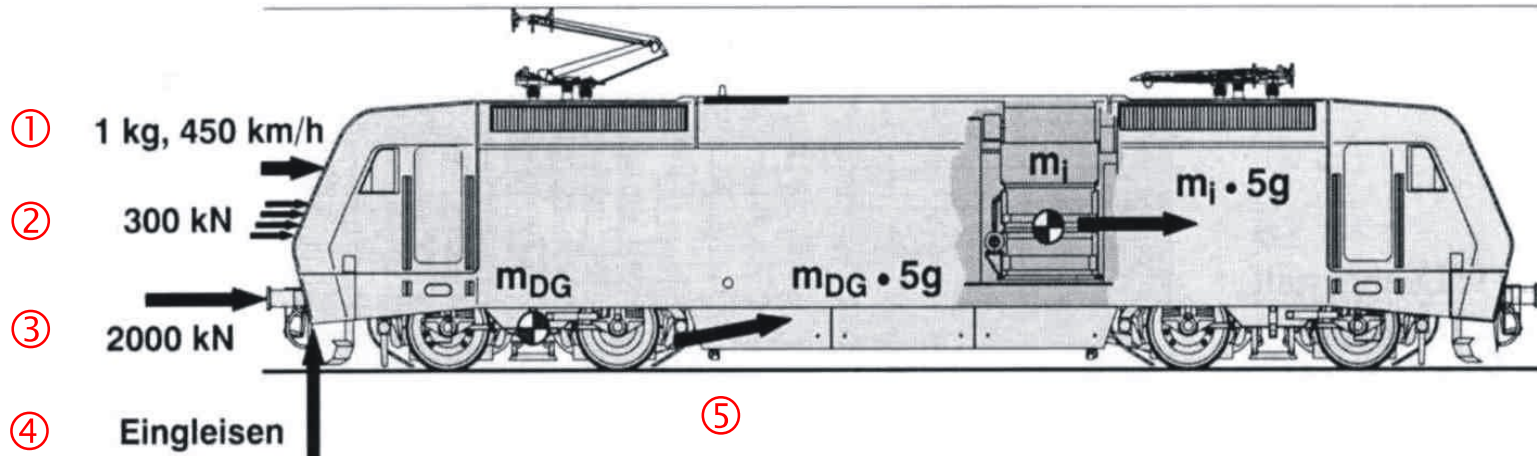
Beschleunigung in m/s^2

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
$(1 \pm c) \times g^a$							
^a $c = 2$ 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	IIW-Empfehlungen	DVS 1612	DIN EN 12663	DVS 1608		
Nachweisart	DFN	DFN	DFN und BFN	DFN und BFN	DFN	DFN und BFN	DFN und BFN		
Lastvorgaben									
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 ²]		-2 bis +1,5			$\pm 1,5$			
	a_y [m/s ²]		$\pm 1,0$			$\pm 1,5$			
	a_z [m/s ²]		$1 \pm a_{z,spez}$			$1 \pm 1,5$			
Festigkeitswerte									
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_σ			3,0	3,0			3,4 u. 4,3		
Wöhlerlinien-Knickpunkt für Normalspannungen N_D	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$ (St) $1 \cdot 10^7$ (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
Sicherheitsfaktoren									
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

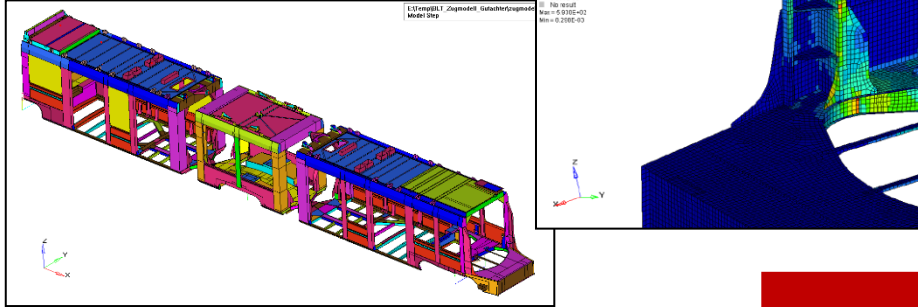

 ungültig!


 Ausgabe
 9/1992!

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

Folie Nachweiskonzept TANGO Basel

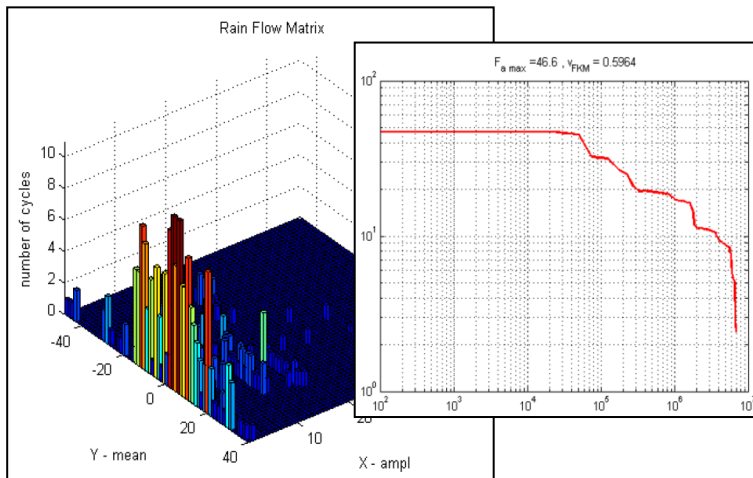
1. Rechnerischer Nachweis mittels Kerbspannungskonzept



2. Statische und Dauerversuche (Wagenkasten, Fahrwerkrahmen)

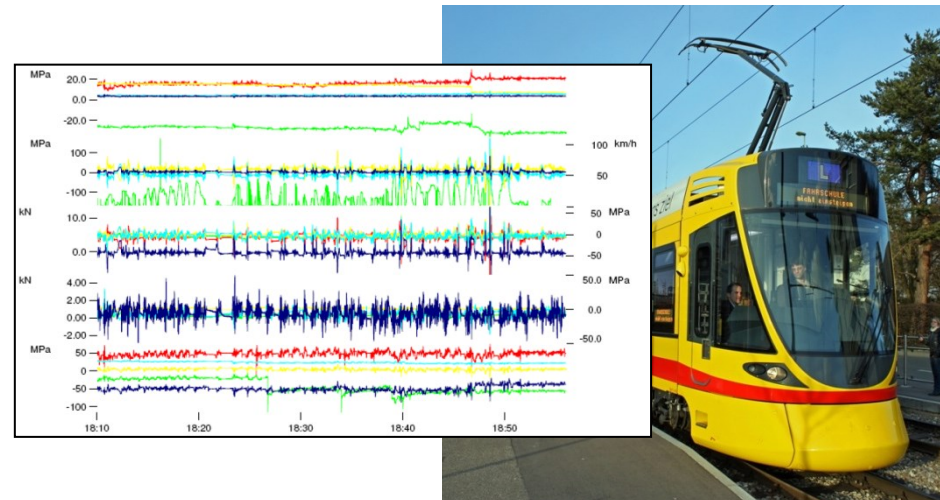


4. Betriebsfestigkeitsnachweis (Kerbspannungskonzept) basierend auf Streckenmessungen

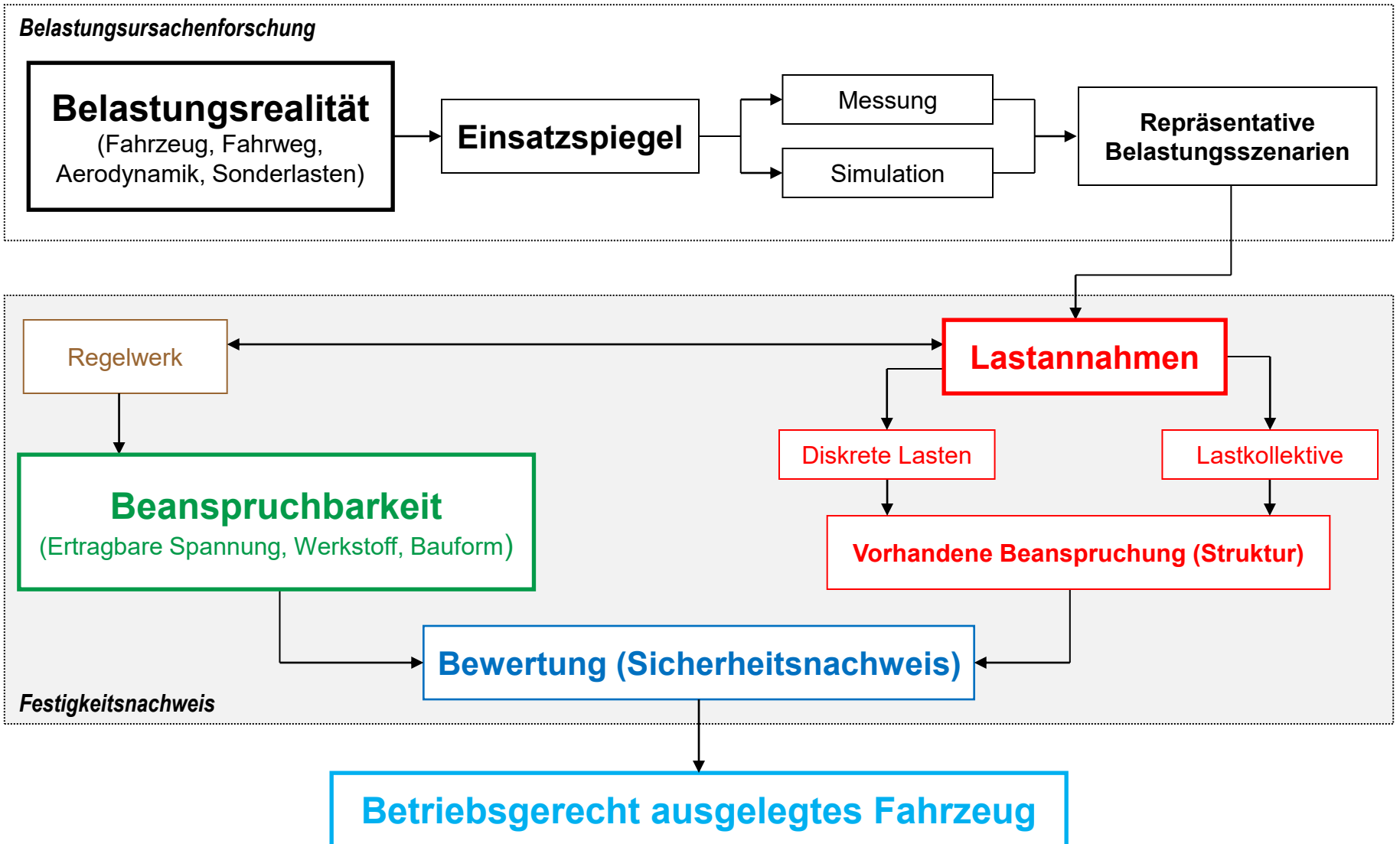


(Quelle: Starlinger: Vortrag Clausthal 2010)

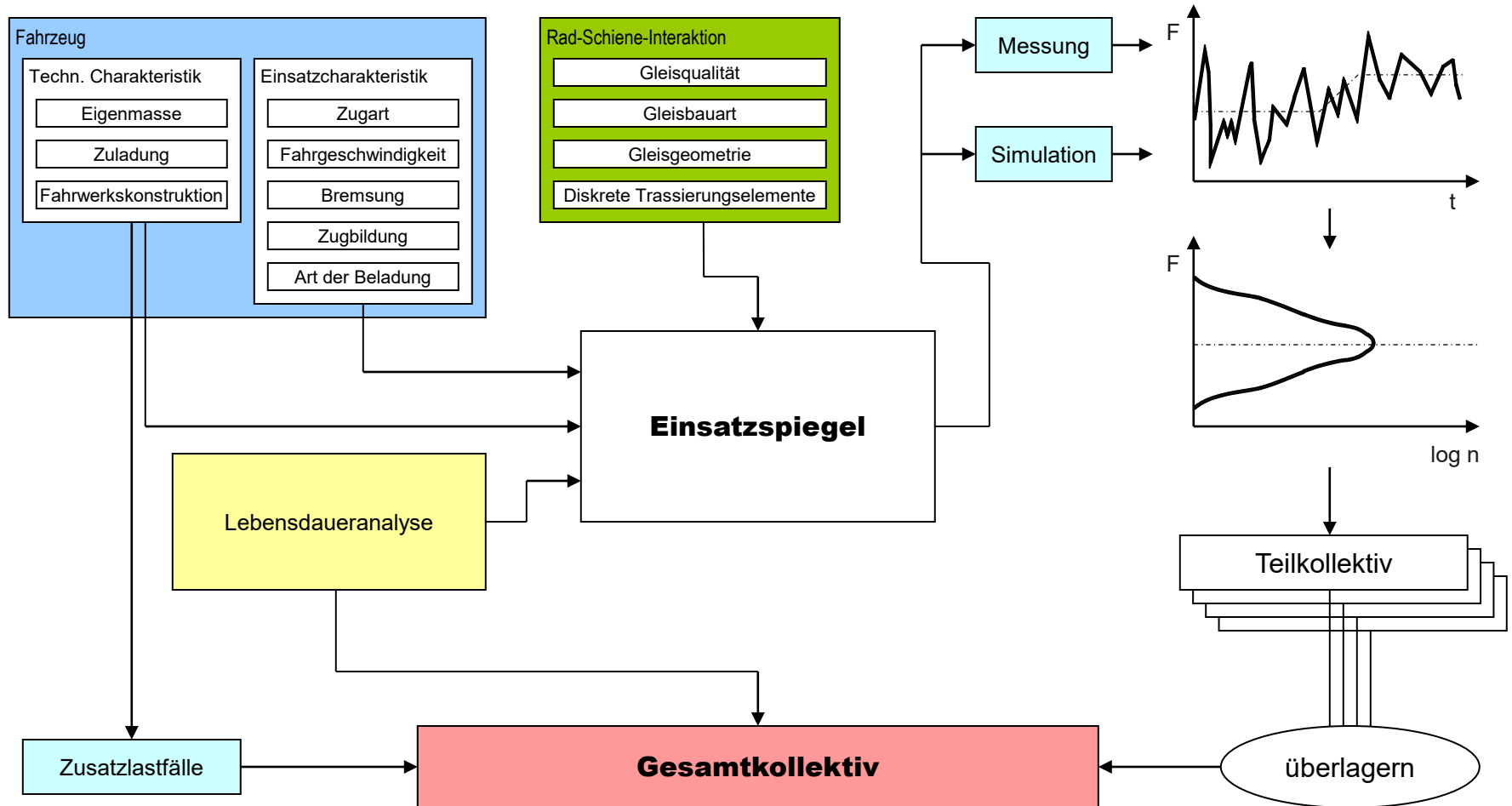
3. Streckenmessungen (Kurzzeit- u. Langzeitmessungen)



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- schwindigkeit km/h	Zuladung	Fahrt							Haltebremsung	
		Gerade	Gleisbogen R in m				Weiche		p _{zyl} alt 2,5 bar neu: 3,9 bar	p _{zyl} alt: ³3,8 bar neu: ³5,2 bar
			0 ... 499	500 ... 999	1000 ... 1999	2000 ... 2999	gerader Strang	abiegender 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!