

# 84111 Schienenfahrzeugtechnik I

Prof. Dr. Raphael Pfaff

Fachhochschule Aachen

5. April 2018

# Teil 1

## Präliminarien

# Prof. Dr. Raphael Pfaff

Lehr- und Forschungsgebiet Schienenfahrzeugtechnik

 pfaff@fh-aachen.de

 @RailProfAC

 www.raaphaelpfaff.net

Prezume: <http://goo.gl/iq6lhh>

- Raum 02305
- Sprechstunde nach Vereinbarung



# Anforderungen “First Cycle” - Bachelor

## Anforderungen gemäß Dublin Descriptors

- Knowledge and understanding in a field of study
  - Typically supported by textbooks
  - Some aspects informed by knowledge on the forefront of the field of study
- Apply knowledge and understanding indicating a professional approach
- Gather and interpret data to inform judgement
- Communicate information, ideas, problems and solutions
- Learning skills to undertake further study with high degree of autonomy



# Anforderungen “Niveau 6” - Bachelor

Anforderungen gemäß Deutschem Qualifizierungsrahmen

- Breites und integriertes Wissen
  - Wissenschaftliche Grundlagen
  - Praktische Anwendungen
- Breites Spektrum an Methoden
  - Neue Lösungen erarbeiten und bewerten
- Verantwortlich in Expertenteams arbeiten oder leiten
- Ziele für Lern- und Arbeitsprozesse definieren, reflektieren und bewerten
- Lern- und Arbeitsprozesse eigenständig und nachhaltig gestalten



# Anforderungen BEng Schienenfahrzeugtechnik

Was zeichnet einen Bachelor der Schienenfahrzeugtechnik aus?

- Wissenschaftliches Arbeiten
  - Nutzung Primärliteratur und Normen
  - Erstellung Seminararbeiten
- Selbstlernkompetenz
  - Beispiel: Nutzung Lehrbuch statt Skript
- Verfassung wissenschaftlicher und technischer Texte
- Fachvortrag zu Seminararbeit



# Wie schaffen? - Growth Mindset!

Theorie der Psychologin Carol Dweck, Harvard ?

## Fixed Mindset:

- Fähigkeiten,
- Intelligenz und
- Talent

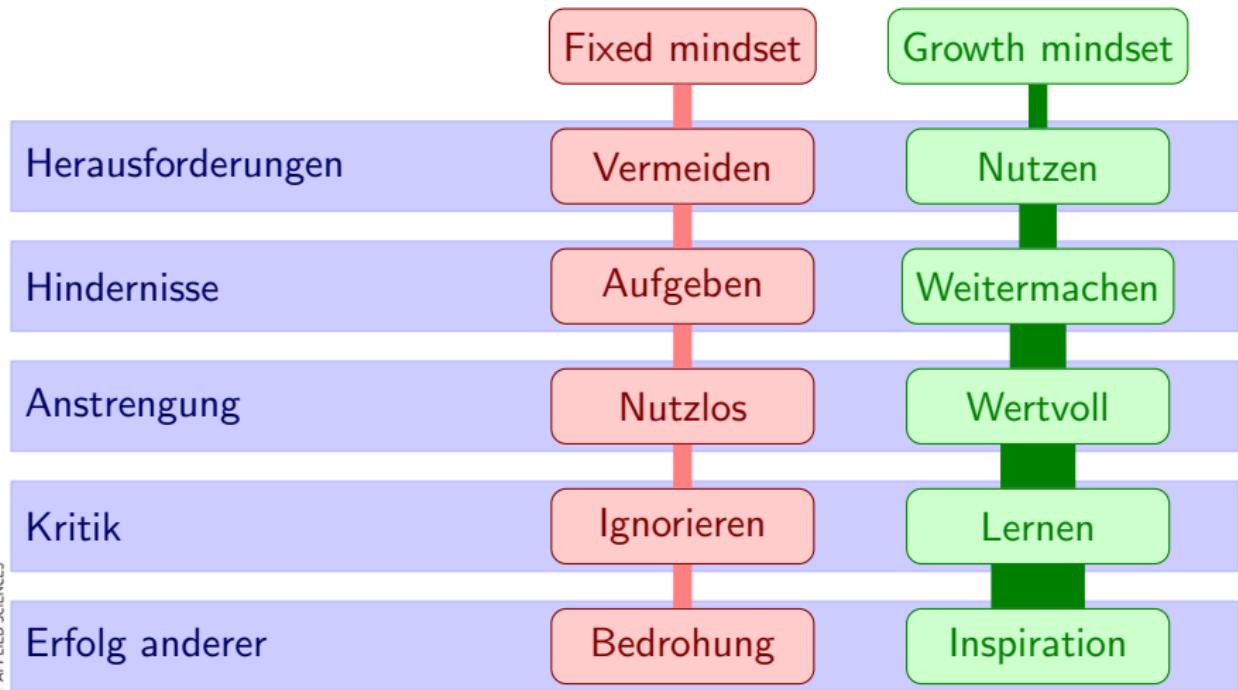
sind feste Persönlichkeitsmerkmale und nicht änderbar. Daher das Bestreben, nicht dumm zu wirken.

## Growth Mindset:

- Fähigkeiten,
- Intelligenz und
- Talent

können durch Anstrengung, gute Lehre und Hartnäckigkeit entwickelt werden. Nicht jeder ist gleich, aber jeder kann sich weiterentwickeln.

# Entwicklung im Growth Mindset



# Rolle des Lehrenden

*A teacher is never a giver  
of truth; he is a guide, a  
pointer to the truth that  
each student must find for  
himself.*

Bruce Lee



# Inhalt der Vorlesung I

- 1 Präliminarien
- 2 Güterwagen
- 3 Personenfahrzeuge
- 4 Einführung Zugdynamik
- 5 Zugdynamik
  - Kuppelstoß, Crash
  - Kraftschluss, Schlupf
  - Fahrwiderstand, Zugkraft, Zugbremsung
- 6 Einführung Spurführung
  - Spurweiten
- 7 Fahrzeugkonstruktion
  - Bauformen
  - Begrenzungen
  - Wagenkastenrohbau
- 8 Laufwerk (Fahrwerk)

# Vorlesungsinhalte



# Themenplan

Das Lehrbuch von *Janicki et al.* (?) ist Pflichtlektüre in diesem Modul, für weitere vertiefende Literatur siehe Literaturverzeichnis. Vorschläge für Themen der Seminararbeit sind willkommen!

Datum	Thema	Kapitel aus (?)	Seminararbeit
	Präliminarien, Güterwagen, Personenfahrzeuge	6, 7.1	-
	Einführung Zugdynamik	1.5.1, 1.5.2, 2.4	
11.5.	Zugdynamik Einführung, Kraftschluss, Schlupf	1.5.2	
18.5.	Zugdynamik II Fahrwiderstand, Zugkraft, Zugbremsung	1.5, 5.2	
25.5.	Christi Himmelfahrt		
1.6.	Einführung Spurführung	1.4	
8.6.	Kuppelstoß, Crash	-	
15.6.	Fronleichnam		
22.6.	Fahrzeugkonstruktion Bauformen, Begrenzungen, Aufbau Werkstoffe, Fügetechnik, Brandabschutz, Passive Safety	2.1.1 - 2.1.9	
29.6.	Railway Challenge		
6.7.	Laufwerke Einführung, Radsatz, Drehgestell Federung, Dämpfung, Anbauten	2.2.1 - 2.2.13	

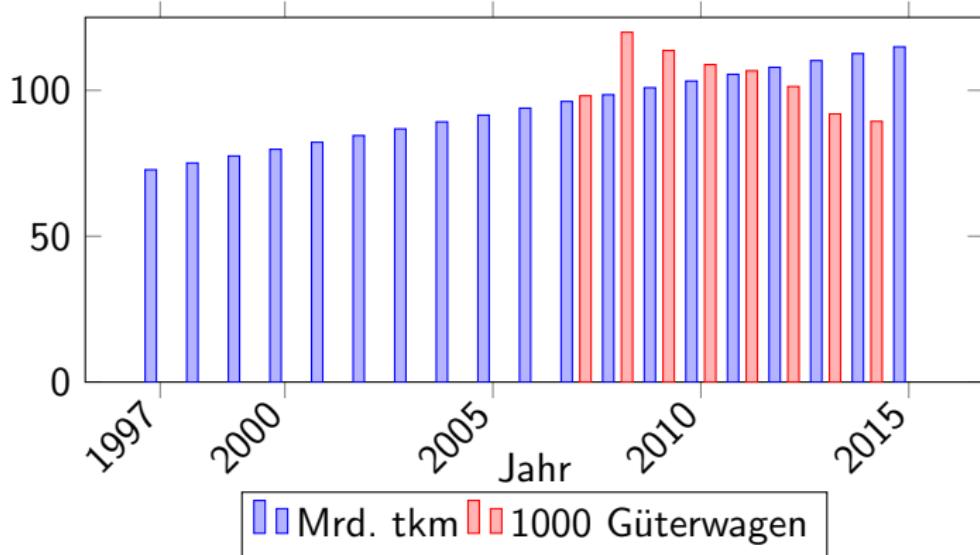
# Semesterbegleitende Prüfung, Praktikum

- Anhand der Railway Challenge
  - Aufgaben werden abgestimmt
- Dokumentation durch technische Berichte
- Gewichtung Berichte: in Summe 100% der Modulnote

# Teil 2

## Güterwagen

# Zahlen zum Güterverkehr



# Einführung

- Größte Gruppe an Fahrzeugen
- Universalwagen
  - Standardisierte Verkehre
  - z.B. Flachwagen
- Sonderbauart
  - Bestimmte Verkehre
  - z.B.
    - Containertragwagen,
    - Pkw-Transportwagen
- Häufig im Privatbesitz
- Anspruchsvoll trotz einfacher Technik

## Regelbauart:

E	offene Wagen
G	gedeckte Wagen
K	Flachwagen (2 RS)
O	gemischte Offen-Flachwagen
R	Drehgestell-Flachwagen

## Sonderbauart:

F	offene Wagen
H	gedeckte Wagen
I	Kühlwagen
L	Flachwagen mit unabhängigen RS
S	Drehgestell-Flachwagen
T	Wagen mit öfnungsfähigem Dach
U	Sonderwagen
Z	Kesselwagen

# Sammeln von Anforderungen

# Anforderungen gemäß WAG TSI I

- Festigkeit gemäß EN12663-2
  - Zwei Kategorien: F-I: Allgemein, F-II: nicht ablaufen/abstoßen
  - Längsdruckkraft: F-I: 2000 kN, F-II: 1200 kN
  - Zugkraft: 1000/1500 kN (je nach Anschlag)
- Integrität: bewegliche Teile sind gegen Positionsänderungen gesichert
- Begrenzungslinie abhängig vom Zielprofil
- Radsatzlast gemäß EN 15228
- Kompatibilität mit Gleisfreimeldeanlagen
  - Gleisstromkreise
  - Achszähler
  - Kabelschleifen
- Zustandsüberwachung der Radsatzlager
  - Fahrzeugseitig
  - Streckenseitig (gemäß EN15437-1:2009)
- Laufsicherheit

# Anforderungen gemäß WAG TSI II

- Sicherheit gegen Entgleisen unter Gleisverwindung
- Dynamisches Verhalten gem. EN14363 oder mittels validiertem Modell
- Laufwerk
  - Festigkeit gemäß EN13749
  - Forderungen an Radsäze und Räder gemäß WAG TSI
- Bremse
  - Sicherheitsbetrachtung gemäß Common Safety Methods (CSM, (EG) Nr. 352/2009)
    - Ausfall einer Einheit bei Mehrfachfehler
    - Ausfall mehrerer Einheiten bei Einfachfehler
  - Bremsleistung
    - Durch Berechnung gemäß EN14531-6
    - Durch Versuch gemäß UIC 544-1
  - Feststellbremse
    - Zustandsanzeige
  - Wärmekapazität
    - Dauerbremsung mit 45 kW (70 km/h, 40 km,  $i = 2,1\%$ )

# Anforderungen gemäß WAG TSI III

- Gleitschutz für Scheibenbremsen oder Klotzbremse mit  $\mu_m > 0,12$
- Umgebungsbedingungen
  - T1: -25 °C bis +40 °C
  - T2: -40 °C bis +35 °C
  - T3: -25 °C bis +45 °C
  - Schnee, Eis und Hagel gemäß EN50125-1
- Brandschutz
  - Abschirmung potenzieller Brandquelle von der Ladung
  - Anforderungen an Materialien, Kabel und Flüssigkeiten
- Dokumentation
  - Betriebsunterlagen
  - Instandhaltungsvorschriften

# EG-Konformität nach TSI WAG

- Für einige Elemente (Interoperabilitätskomponenten) wird von einer EG-Konformität ausgegangen:
  - Einachsige Laufwerke: Doppelschakenaufhängung, Niesky 2, S 2000
  - Drehgestelle mit zwei Radsätzen: Y25-Familie, zweiachsiges Lenkdrehgestell
  - Dreiachsige Drehgestelle mit Schakenaufhängung
- Auch für gewisse Materialien in Bezug auf Entflammbarkeit sowie Brandschutzwände

# Teil 3

## Personenfahrzeuge

# Einführung

Die Eisenbahn verkauft *quality time!*

- Anspruchsvolle Fahrgäste
  - Verschiedene Ansprüche je nach Verkehrsart
  - Art und Ausstattung an Gattungsbezeichnung zu erkennen
- Umsetzung als Wagen oder Triebzug
- Wichtige Aspekte:
  - Inneneinrichtung und Grundriss
  - Zugang
  - Ausstattung
  - Energieversorgung
  - Fahrkomfort
  - Fahrgastströme
  - Reisegeschwindigkeit
- In verschiedenen Kulturen verschiedene Akzeptanz des Bahnverkehrs!

# Gattungssystematik

Gattungsbuchstabe		Kennbuchstabe	
A	Sitzwagen 1. Klasse	m	Reisezugwagen oder Wagen eines Triebzugs
AB	Sitzwagen 1. und 2. Klasse	n/y	Nahverkehrswagen
B	Sitzwagen 2. Klasse	x	S-Bahn-Wendezugwagen
D	Gepäckwagen	f	mit Führerraum
D...	Doppelstockwagen	p	klimatisiert, Großraum
...R	mit Küche, Bistro	o	vergrößerte Abteile
...D	mit Gepäckabteil	b	Rollstuhleinrichtungen
WL	Schlafwagen	d	mit Mehrzweckraum
WR	Speisewagen	r	mit Rapidbremse
		h/z	Energieversorgung

# Schutzziel gem. TSI

- „Die für die Betätigung durch die Fahrgäste vorgesehenen Einrichtungen müssen so konzipiert sein, dass sie deren Sicherheit nicht gefährden, wenn sie in einer voraussehbaren Weise betätigt werden, die den angebrachten Hinweisen nicht entspricht.“

# Inneneinrichtung

- Unterschiedliche Bedürfnisse in den verschiedenen Verkehrsarten
- Häufig sehr detailliert Inhalt von Verkehrsausschreibungen
  - Transportmöglichkeiten (Fahrrad, Kinderwagen, Rollstühle,...)
  - Sitzplätze, Tische
  - Überwachungssysteme (CCTV)
- Einstieg
  - Fernverkehr: Wagenende
  - Regional-, Nahverkehr: Dritteleinstieg (oder häufiger)
- Sitzanordnungen
  - Abteil: 4, 5, 6 Sitze je Abteil, Seitengang
  - Großraum: i.d.R. 3 oder 4 Sitzplätze je Reihe, Mittelgang
  - In UK, China: 5 Sitzplätze je Reihe
- Sitzplatzanzahl: Effizienz dominiert

# Barrierefreiheit I

Transversale PRM TSI *people with reduced mobility* stellt Anforderungen dar.

- Definition People with reduced mobility
  - Personen, die mit der Nutzung von Eisenbahnen (Fahrzeuge und Infrastruktur) Schwierigkeiten haben
- Außentür:
  - Kontrast zum Fahrzeug, Bedienung auf oder neben dem Türblatt, Sicht- und Hörbare Warnung bei Betätigung
  - Lichte Weite mindestens 800 mm (HST), mindestens 1000 mm (CR)
- Zustiegshilfe
  - Wünschenswert: angepasste Fahrzeuge für Infratruktur
  - Sonst: Rampen, Überfahrbrücken etc.
- Inneneinrichtung
  - Verfügbarkeit von Haltegriffen, Vorrangsitzen (10%)
  - Rollstuhlpätze: 1 ( $L_{Zug} < 30 \text{ m}$ ) bis 4 ( $L_{Zug} > 300 \text{ m}$ )
  - Hilferufvorrichtung

# Barrierefreiheit II

Transversale PRM TSI *people with reduced mobility* stellt Anforderungen dar.

- Rampen eingeschränkt zulässig
- Haltestangen, D = (30...40) mm
- Toiletten
  - Vorhandensein einer Universaltoilette
- Fahrgastinformation:
  - Piktogramme (max. 5 zusammen)
  - Taktile Informationen
  - Displays etc. von 51% der Fahrgastplätze und allen Rollstuhlplätzen lesbar

# Energieversorgung

- In Wagen:
  - Dominierend: Zugsammelschiene gemäß UIC 552
  - Verschiedene Spannungen und Frequenzen, z.B.:
    - AC 1000 V 16,7 Hz
    - AC 1500 V 50 Hz
    - DC 1500 V
    - DC 3000 V
  - Strom: (800...1000) A (je Kupplung 600 A)
  - Stromart erfordert Glättung/Wechselrichtung
  - Vereinzelt Achgeneratoren
- In Triebzügen:
  - Verbindung im Rahmen der Fahrzeugverdrahtung
  - Bordnetzspannung 24 V, 72 V, 110 V (je -30%/+25%)

# Türen und Türsteuerung

- Wichtige Aspekte:
  - Öffnungsweite
  - Druckertüchtigung
  - Festigkeit (insb. HST)
  - Sicherheit
- Bauarten:
  - Drehfalttür
  - Schwenkschiebetür in verschiedenen Bauarten
- Türsteuerung:
  - Verschiedene Verfahren (Automatisierung):
    - Türsicherung
    - TB 0
    - SAT
    - TAV



Quelle: Wikimedia/LosHawlos



Quelle: Wikimedia/Lief Jørgensen

# Klimatisierung

Die Aufgaben Heizen, Belüften und Klimatisieren werden häufig integriert (HVAC).

- Ausführungen:
  - Heute dominierend: elektrische Energieversorgung
  - Noch im Bestand: Dampf/elektrische Heizungen, Ölheizungen
  - Für Kühlung: Kühlmittel- und Kaltluftanlagen
- Aufgaben:
  - Heizen: Innenraumtemperatur auf bestimmtem Niveau halten
  - Belüftung: benötigte Luftmenge zuführen
  - Klimatisieren: Innenraumtemperatur auf bestimmtem Niveau halten
- Herausforderungen:
  - Große Fahrzeugflächen und -scheiben
  - Hohe, schwankende Personenzahlen
  - Installationsraum
  - Türöffnung
  - Feuchtigkeitszufuhr (nasse Reisende)
  - Zugfreiheit

# Fahrgastnotruf

Der Fahrgastnotruf löst die Notbremse bei TSI-konformen Fahrzeugen ab.

- Ausstattung:

- Jedes Abteil, Vorräume und alle anderen abgetrennten Bereiche ausser Toiletten und Übergänge
- Sichtbar und gekennzeichnet
- Alarm kann nicht abgebrochen werden
- Alarm wird Tf visuell und akustisch angezeigt
- Tf kann bestätigen, dies wird Fahrgästen mitgeteilt
- Kommunikation mit Tf
- Rücksetzung durch Zugpersonal



# Fahrgastinformationssysteme

- Aufgaben:
  - Information des Reisenden: Zuglauf, nächster HAlt, etc.
  - Kommunikation (betrieblich und öffentlich, Mobilfunk-Repeater, WLAN, ...)
  - Unterhaltung
  - Kommunikation im Notfall (siehe SFT2: Notbremsanforderung)
- Umsetzung:
  - Anzeigen
  - Elektroakustische Anlage (ELA)

# Fahrgastinformationssysteme

- Aufgaben:

- Information des Reisenden:  
Zuglauf, nächster HAlt, etc.
- Kommunikation (betrieblich und öffentlich,  
Mobilfunk-Repeater, WLAN,  
...)
- Unterhaltung
- Kommunikation im Notfall  
(siehe SFT2:  
Notbremsanforderung)

- Umsetzung:

- Anzeigen
- Elektroakustische Anlage  
(ELA)



# Teil 4

## Einführung Zugdynamik

# ⊕ Einführung Zugdynamik am Tafelbild

Tafelbilder 1 - 5

# Teil 5

## Zugdynamik

# Abschnitt 1

## Kuppelstoß, Crash

# ⚡ Reversibler Energieverzehr: Lösungen, Wirkungsgrade

# Crash: Anforderungen der EN15227 (?)

Szenario	Hindernis	Kollisionsgeschwindigkeit $v_c$			
		C I	C II	C III	C IV
1	Identische Zugeinheit	36	25	25	15
2	Güterwagen 80 t	36	-	25	-
	129 t Regionalzug	-	-	10	-
3	Deformierbar 15 t	$v_{lc} - 50$	-	25	-
	Starr 3 t	-	-	-	25

- Zusätzlich: Anforderungen an Bahnräume
- Überlebensraum und maximale Verzögerungen müssen eingehalten werden
- Nachweis über Komponententests und validierte Modelle möglich

# Umsetzung Anforderungen EN 15227

## Abschnitt 2

### Kraftschluss, Schlupf

# Kräfte am Rad

## Tafelbild 11

# ⊕ Physikalische Kraftschlusstheorie

## Tafelbild 12

# Kraftschluss-Schlupf-Gesetz

## Tafelbild 13

# Radschlupf: weitere Einflüsse

Tafelbild 14

# Abschnitt 3

## Fahrwiderstand, Zugkraft, Zugbremsung

# ⊕ Sammlung Fahrwiderstände am Tafelbild

# ⊕ Zugkraftdiagramm am Tafelbild

# Modelle für Zugdynamik

- Massenpunktmodell
  - z.B. Einzelfahrzeuge, Überschlagsrechnungen
- Homogenes starres Massenbandmodell
  - z.B. Reisezüge
- Inhomogenes starres Massenbandmodell
  - z.B. lange Güterzüge
- Elastisches homogenes Massenbandmodell
  - z.B. Triebzüge
- Elastisches inhomogenes Massenbandmodell
  - Allgemeines Modell

# ⊕ Neigungskraft am Tafelbild

# ⊕ Zugbremsung am Tafelbild

# Teil 6

## Einführung Spurführung

# Spurweite *track gauge*

## • Spurweiten

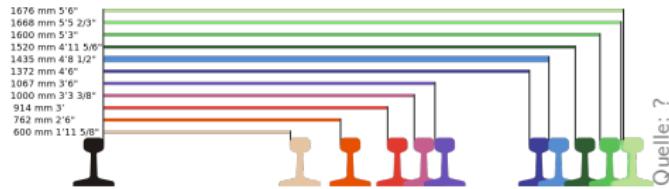
- Begründet aus wirtschaftlichen und militärischen Motiven:
- Regelspur: 1435 mm
- Breitspur *wide gauge*
  - Russische Spur: 1520 mm
  - Indische Spur: 1676 mm
  - Iberische Spur: 1668 mm
- Schmalspur *narrow gauge*
  - Kapspur: 1067 mm
  - Meterspur: 1000 mm

## Definition (Spurweite)

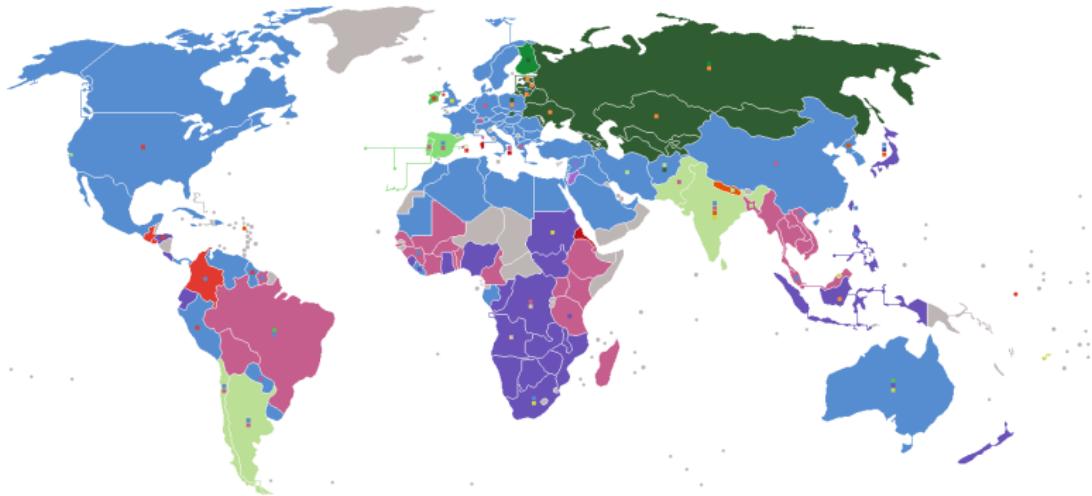
Die Spurweite ist der Abstand der Schienen zueinander, gemessen ( $14,5 \pm 0,5$ ) mm unterhalb der Schienenoberkante ?.

## Definition (Spurweitentoleranz)

Abhängig von Netz und Strecke ist die Spurweite toleriert, üblich in Deutschland:  $(1435^{+35}_{-5})$  mm.



# Geografische Verteilung der Spurweiten



	1676	1668	1600	1524	1520	1435	1372	1067	1050	1000	950	914	762	750	610	600
mm	5'6"	5'5.67"	5'3"	5'	4'11.8"	4'8.5"	4'6"	3'6"	3'5.3"	3'3.4"	3'1.4"	3'	2'6"	2'5.5"	2'	1'11.6"

Quelle: ?

# ⊕ Einführung Spurführung

Tafelbilder 7 - 10

## Fahrzeugkonstruktion

### Abschnitt 1

#### Bauformen

# Konstruktionsprinzipien der Wagenkästen

## Differenzialbauweise

- Fertigung aus Halbzeugen:
  - Einzelteile einfach geformt
  - Formgebung durch Fügen und Umformen

## Integralbauweise

- Fertigung aus komplex geformten Elementen:
  - z.B. Strangpressprofile
  - Formgebung durch Fügen und Zerspanen



Quelle: Siemens Pressebild

## Tragfunktion

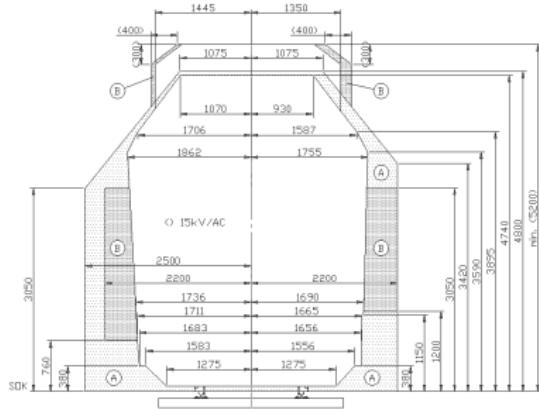
- Tragendes Untergestell
- Selbsttragender Wagenkasten

Wagenkasten in Integralbauweise

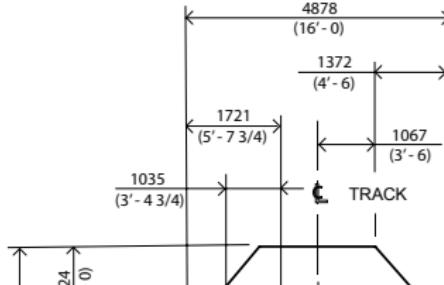
## Begrenzungen

# Lichtraumprofil streckenseitig

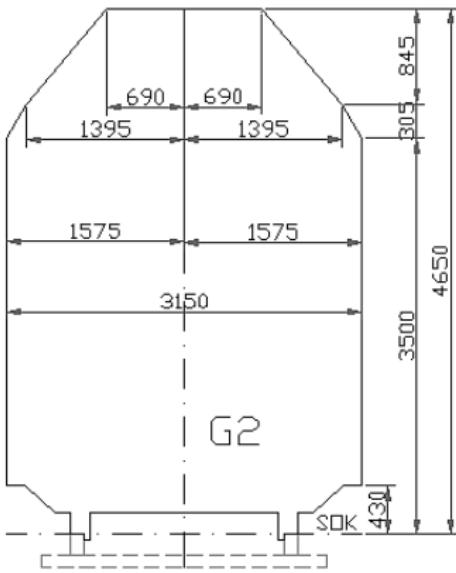
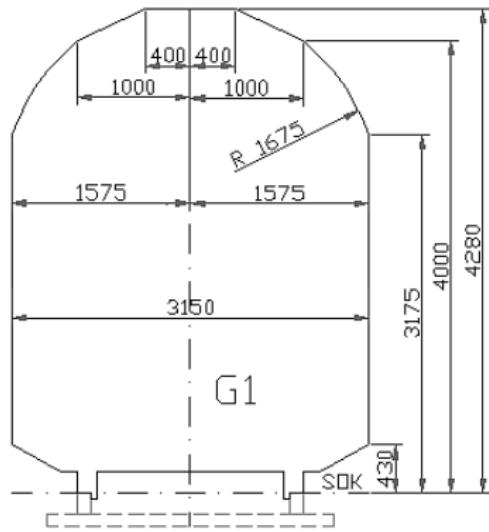
- Streckenseitiges Lichtraumprofil muss berücksichtigen
  - Beladungszustände
  - Dynamische Bewegungen:
    - Ein-/Ausfedern
    - Wanken
    - Nicken
  - Bogenfahrt
  - Kompatibilität mit anderen Fahrzeugen
- Deutsches Regelprofil: G2
- Europäisch: G1
- Betrieblich  
Lademaßüberschreitungen möglich



Lichtraumprofil G2 gemäß EBO



# Fahrzeugbegrenzung: Querschnitt



Quelle: Christian Lindecker

# 💡 Breiteneinschränkung und Lichtraumbedarf

# Radsatzlasten und Meterlasten

- Beschränkung der Radsatzlast:
  - Gemäß Streckenkategorie
  - Normativ, z.B. TSI Loc&Pas (für HGV), EN 15528
- Beschränkung der Streckenlast
  - z.B. für Brückenbauwerke, Oberbau

Klasse	Radsatzlast	Meterlast
A	16 t	5,0 t/m
B1	18 t	5,0 t/m
B2	18 t	6,4 t/m
C2	20 t	6,4 t/m
C3	20 t	7,2 t/m
C4	20 t	8,0 t/m
D2	22,5 t	6,4 t/m
D3	22,5 t	7,2 t/m
D4	22,5 t	8,0 t/m
E4	25 t	8,0 t/m
E5	25 t	8,8 t/m

# ⚡ Längen- und Gewichtseinschränkungen

## Wagenkastenrohbau

# Anforderungen an den Wagenkasten *car body*

- Festigkeit (EN 12663):
  - Zug-/Druckkräfte im Zugverband
  - Crash-Szenarien (EN 15227)
  - Drucksöße, Druckdichtigkeit
  - Durchbiegung unter Beladung
  - Schwingungen
- Kunden- / betriebliche Anforderungen
  - Lebensdauer
  - Reparaturfreundlichkeit, Ersatzteilverfügbarkeit
  - Geringe Masse
  - Design
  - Entsorgung/Recycling
- Normative/gesetzliche Anforderungen
  - Brandschutz (DIN 5510, EN 45545, ...)
  - Material (EG 1907/2006 REACH)
  - Crash und Festigkeit s.o.
- Systemimmanente Anforderungen (Schwingungen, elastische Verformung,...)

# Leichtbau der Wagenkästen

- Alle Elemente an Aufnahme der Beanspruchungen beteiligen
- Gut (leicht) ertragbar:
  - Zug- und Druckkräfte
- Mit zusätzlichem Material ertragbar:
  - Torsions- und Biegemomente
- Höherfeste Materialien werden zögerlich angenommen
  - Bedenken bei Wartbarkeit und Lebensdauer



# Werkstoffe für Wagenkästen

- Stahl:
  - Klassisch eingesetzt: Baustähle S235, S355
  - Ebenfalls anzutreffen: Edelstähle, z.B. X5CrNi18-10
  - Gut zu fügen und umzuformen
  - Dauerfestigkeit und elastisch/plastisches Verhalten gutmütig
- Aluminium:
  - Geringere Dichte, geringerer E-Modul
  - Dauerfestigkeitsgrenze wenig ausgeprägt
  - Schweißnähte wenig ermüdungsfest
  - Fügeverfahren erfordern getrennte Behandlung von Stahl
- Kunststoffe:
  - In der Regel faserverstärkt (GFK, CFK)
  - Ermöglichen Integralbauweise und Funktionsintegration
  - Auch als Sandwichmaterialien
- Waben und Schaummaterialien:
  - Eingesetzt im Deformationsbereich

# Hauptbaugruppen des Rohbaus

- Untergestell
  - (Mittel/Aussen-) Langträger
  - Querträger
- Seitenwände
  - Druckwechselbelastung
- Dach
  - Wasserablauf
- Endwände
  - Schnittstellen, Crash
- Kopfmodule
  - Vorfertigung, Schnittstellen, Crash



Quelle: Voith Pressebild

# Prozess Wagenkastenfertigung

Bei allen Schritten zu beachten: Teils extremer Verzug durch Wärmeeinleitung

## ① Einzelteilstiftung

- Schneiden,  
Schweißnahtvorbereitung,  
Kanten, etc.

## ② Baugruppenfertigung

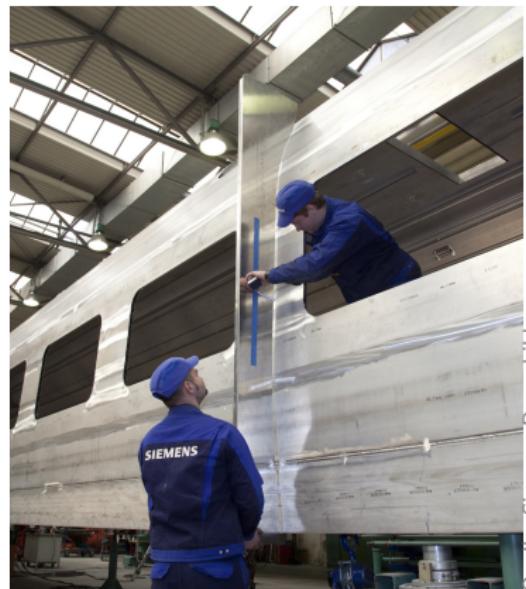
- Schweißen, evtl. Bearbeitung
- Hand- oder Roboterschweißen  
je nach Naht
- Vermessung

## ③ Wagenkastenaufbau

- Vorsprengung bei statischer  
Durchbiegung
- Dichtigkeitsprüfung

## ④ Richten

## ⑤ Sandstrahlen



Quelle: Siemens Pressebild

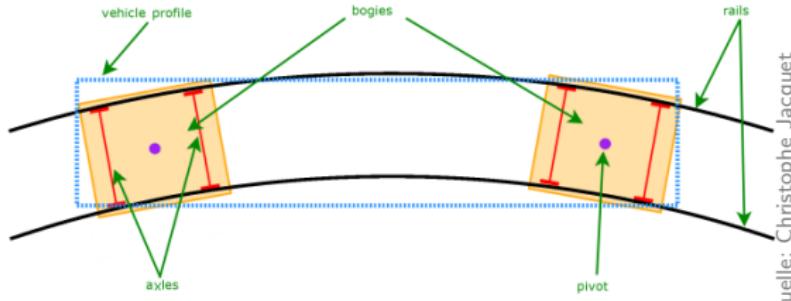
Prüfen der Aussenkontur

# Teil 8

## Laufwerk (Fahrwerk)

# Grundsätzliche Anforderungen

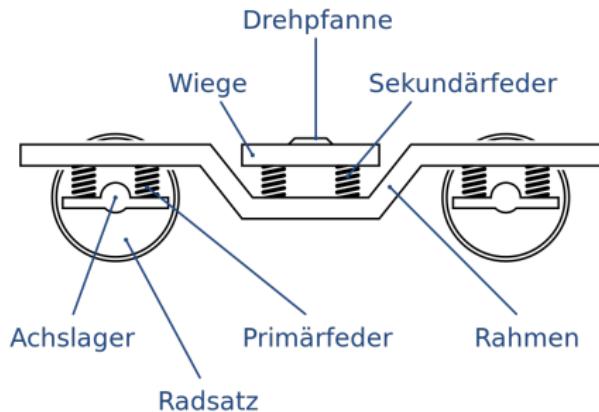
- Übertragung und Ausgleich der Vertikallasten zwischen Rad und Schiene
- Spurführung des Fahrzeugs
- Übertragung und Begrenzung der dynamischen Kräfte, aufgrund von:
  - Gleislagefehlern
  - Bögen
  - Weichen
  - Dynamik zwischen den Fahrzeugen
- Wirksame Dämpfung von angeregten Schwingungen
- Übertragung von Traktions- und Bremskräften



Quelle: Christophe Jacquet

# Anatomie der Eisenbahndrehgestelle *bogies*

- Radsätze *wheelset*
- Räder *wheels*
- Radsatzlager *axlebox*
- Radsatzaufhängung *suspension*
  - Federn
  - Dämpfer
- Begrenzungen und Anschläge
- Wagenkastenanbindung
- Drehgestellrahmen *bogie frame*



Quelle: Partim

# Radsätze

- Unterscheidung:
  - Innen-/Aussenlagerung
  - Bremse
    - Klotzbremse
    - Radbremsscheibe
    - Wellenbremsscheibe
  - Antriebe
    - Symmetrisch
    - Asymmetrisch



Quelle: Falkz

# Radsatzlager

- Heute überwiegend Wälzlager
- Zylindrische Lager:
  - Vorteile bei der Übertragung von Radsatzlasten
  - Wenig bis keine Querführung
- Konische Lager:
  - Reduzierte ertragbare Radsatzlasten
  - Sehr gute Querführung



Quelle: Ketamin

## Unterscheidung

- Konstruktionsprinzip:
  - Einteilig
  - Bereift
- Querschnitt:
  - Gerade
  - S-förmig
  - Konisch
  - Wellenform

# Begrenzungen und Anschläge

# Federcharakteristika

# Verbindung Drehgestell - Wagenkasten

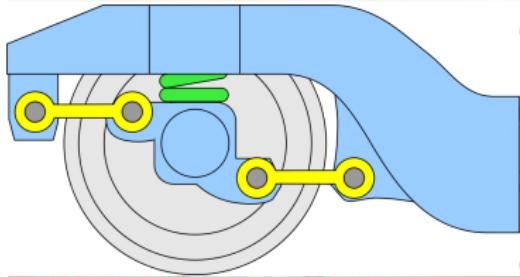
- Drehpfanne
  - Flach
  - Kugelig
- Drehbar um Drehzapfen
- Meist Übertragung der Längskräfte
- Evtl. zusätzlich Abstützung auf Gleitplatten
- Weitere Verbindungen:
  - Wankstütze
  - Schlingerdämpfer



Quelle: Manuel Schneider

# Radsatzaufhängung

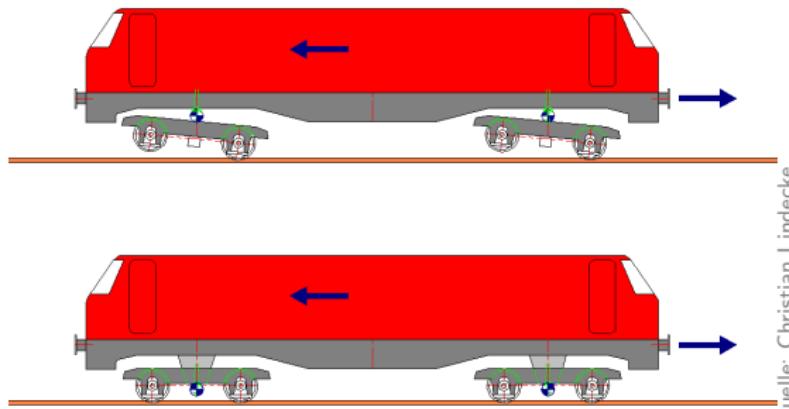
- Üblich: zweistufige Federung
  - Primärstufe:
    - Radsatz gegen Drehgestellrahmen
    - Beschleunigung bis 100 g
  - Sekundärstufe:
    - Drehgestellrahmen gegen Fahrzeug
    - Hohe Anforderungen an Dämpfung
- Bei Güterwagen auch einstufige Federung



Quelle: Cdang/ Tennen-Gas Quelle: Siemens Pressebild

# Verbindung Drehgestell - Wagenkasten

- Drehpfanne
  - Flach
  - Kugelförmig
- Hochanlenkung
- Tiefanlenkung



Quelle: Christian Lindecke

# Drehgestellrahmen

- Form:
  - H-Form
  - O-Form
- Herstellung:
  - Schweißen
  - Gießen



Quelle: AJAAIA



Quelle: AJAAIA

# Literatur I