



## Aufgaben

Erarbeiten Sie mithilfe der Gesamtzeichnung, der Stückliste und des Tabellenbuches die folgenden Aufgaben:

- 1 Papierformat
  - a Falten Sie die Gesamtzeichnung normgerecht auf DIN A4.
  - b Warum sollen technische Zeichnungen so gefaltet werden?
- 2 Stückliste
  - a Ergänzen Sie die Stückzahlen.
  - b Ergänzen Sie die fehlenden Bezeichnungen für die Normteile.
  - c Welche Aufgabe haben die Positionsnummern?
  - d Erläutern Sie die Bezeichnung ISO 8752 – 2 x 10 A.
  - e Die Angabe 4.8 bei einigen Schrauben steht für eine Festigkeitsklasse. Erklären Sie die Angabe.
- 3 Maßangaben
  - a Wie groß ist der Achsabstand des Waggons?
  - b Wie hoch ist der Unterwagen?
  - c Welche Maße müssen Sie beachten, wenn Sie Schienen für den TG-Zug auswählen?
  - d Welche Maße müssen Sie beachten, wenn Sie weitere Waggons oder eine Lokomotive auswählen?
  - e Warum gehen die Höhenmaße vom Laufkranz aus und nicht von der tiefsten Stelle am Spurkranz?
- 4 Linien
  - a Wie viele Linienbreiten enthält die Zeichnung?
  - b Welche Linienbreiten sieht die Norm vor?
  - c Welche Linienarten enthält die Zeichnung?
  - d Wofür stehen die Linien jeweils?
  - e Wie sind Gewinde dargestellt?
  - f Einige Linien in der Zeichnung sind oder scheinen nicht normgerecht. Welche Auswirkung hat dies auf die Lesbarkeit der Zeichnung?
- 5 Schnitte
  - a Warum sind die Hälften in der Seitenansicht unterschiedlich dargestellt?
  - b Wie unterscheiden sich die Schraffuren für die einzelnen Teile?
  - c Warum sind die Pos. 4 und 8 nicht einfach schraffiert?
  - d Welche Teile liegen in einer Schnittebene und sind trotzdem nicht geschnitten? Warum?
- 6 Ansichten
  - a Geben Sie für jede einzelne Fläche in jeder Ansicht an, zu welcher Positionsnummer sie gehört.<sup>1</sup>
  - b Warum sollen die Ansichten genau neben- bzw. untereinander stehen?
- 7 Konstruktion
  - a Warum sind einige Innenkanten des Rahmens rund ausgeführt?
  - b Warum sind die Außenkanten des Rahmens angefast (abgeschragt)?
  - c Welche Aufgaben hat die Pos. 9?
  - d Welche Aufgabe hat der Spannstift (Pos. 15)?
  - e Welche Unterschiede bestehen zwischen Zylinderstiften, Kerbstiften und Spannstiften?
  - f Die Räder sind aus Kunststoff, damit die stromführenden Gleise nicht kurzgeschlossen werden. Schlagen Sie konstruktive Alternativen vor, falls die Eigenschaften von Kunststoff für die Räder nicht ausreichen.
  - g Warum sind die Kupplungsösen (Pos. 7) nach außen abgerundet?
  - h Beschreiben Sie die Funktion der Kupplung.
  - i Begründen Sie aus der Funktion konstruktive Details der Kupplung (Fasen und Rundung an der Pos. 7; Form der Pos. 8; Einschraubtiefe von Pos. 11; Aufgabe der Pos. 12, 13, 14).
- 8 Vermischtes
  - a Wie breit ist der Unterwagen?
  - b Wie breit und hoch darf der ganze Wagon sein?
  - c Wie werden die Achsen im Achslager geschmiert?
  - d Welche Montageschritte sind zum Wechseln eines Rades notwendig?
  - e Wenn der Spurkranz eines Eisenbahnrades am Gleis schleift, gibt es ein lautes kreischendes Geräusch, das man zum Glück nur selten hört. Wie bleibt eine Eisenbahn meistens auch ohne Spurkranz im Gleis?
- 9 Einzelteilzeichnungen
  - a Fertigen Sie Einzelteilzeichnungen der Pos. 1, 2 und 6 an.
  - b Zeichnen Sie Pos. 5 im Halbschnitt.

<sup>1</sup> Wenn Sie die Flächen der Ansichten farbig markieren möchten, sollten Sie eine Kopie der Zeichnung verwenden.



## Lösungsvorschläge

### Stückliste

Stückliste				
Pos	Anz	Bauteilnummer	Bezeichnung	Werkstoff
15	2	ISO 8752 - 2 x 10 A	Spannstift	
14	1	ISO 7045 - M3 x 5 - 4.8 - H	Flachkopfschraube mit Kreuzschlitz	
13	1	ISO 4035 - M3	Sechskantmutter	
12	2	DIN 125 - A 3,2	Unterlegscheibe	
11	1	ISO 7045 - M4 x 16 - 4.8 - H	Flachkopfschraube mit Kreuzschlitz	
10	2	ISO 2009 - M4 x 12	Senkschraube	
9	8	ISO 4762 - M4 x 12	Innensechskantschraube	
8	1		Kupplungshaken	CuZn
7	2		Kupplungsöse	Al
6	2		Kupplungshalter	Al
5	2		Distanzhülse	CuZn
4	4		Rad	Kunststoff
3	2		Achse	St
2	4		Achslager	Al
1	1		Rahmen	St

#### 1 Papierformat

- Siehe DIN 824 (Tabellenbuch): Das Schriftfeld muss obenauf liegen und die linke Kante des Blattes zum Lochen 20mm aus dem Packen heraus schauen.
- Technische Zeichnungen werden gefaltet, damit man sie in Ordnern abheften kann. Das Schriftfeld liegt oben, damit man beim Durchblättern des Ordners schnell die wichtigsten Informationen erfassen kann.

#### 2 Stückliste

- siehe Stückliste
- siehe Stückliste
- Positionsnummern verknüpfen die Einzelteile einer Baugruppenzeichnung mit ihrer Stückliste.
- ISO ist abgekürzt für DIN EN ISO : Deutsches Institut für Normung – Europäische Norm – International Standardization Organisation: Es handelt sich um eine ISO-Norm (weltweiter Anspruch), die unverändert als europäische Norm und als deutsche Norm übernommen wurde.

An dieser Stelle möchte ich einen Hinweis loswerden: Wenn Schüler mit diesem Stoff konfrontiert werden, kommen sie oft erstmals, aber intensiv mit (Industrie-) Normen in Kontakt. Dabei kommt es vor, dass sie diesen Normen ablehnend gegenüber stehen. Ich vermute, dass sie Industrienormen in Gemeinschaftshaft mit anderen Normen und Regeln der Gesellschaft nehmen, die sie ihrer Lebensphase entsprechend gerade besonders kritisch betrachten. Technische Normen (z.B. DIN, ON, SNV, EN, ISO ..) und Standards (z.B. W3C ..) können zwar Grundlage sein von Gesetzen, z.B. Sicherheitsvorschriften" oder von Rechtssprechung, z.B. "Stand der Technik", sind

selbst aber nicht verbindlich: Wer Schrauben mit dreieckigen Gewinden verkaufen möchte, darf es versuchen. Dafür gibt es auch Beispiele wie Microsoft, das immer wieder mit eigenen Standards auf eine Monopolstellung zielt, oder Drucker- und Staubsaugerhersteller, die an Tinten und Beuteln verdienen wollen.

- siehe TabB: Festigkeitsklasse 4.8 bedeutet:  
Zugfestigkeit  $R_m = 4 \times 100 \text{ N/mm}^2 = 400 \text{ N/mm}^2$   
Streckgrenze  $R_e = 0,8 \times R_m = 0,8 \times 400 \text{ N/mm}^2 = 320 \text{ N/mm}^2$ .

Zugfestigkeit ist die maximal zulässige Spannung (Kraft pro Fläche), bevor die Schraube bricht. Streckgrenze ist die maximal zulässige Spannung, bevor plastische Verformung eintritt. Diese Werte können nicht einfach als Belastbarkeit gesehen werden, weil Schraubenverbindungen recht komplex funktionieren. Beispiel: Radschrauben bei einem Auto nehmen beim Fahren kaum zusätzliche Kräfte in ihrer Längsrichtung auf, müssen aber Felge und Radnabe so fest verspannen, dass die Kräfte durch Reibung gehalten werden. Theoretisch untersucht man dies mit dem Verspannungsschaubild, im Alltag nimmt man die Werte für die zulässige Betriebskraft, Anzugsdrehmoment usw. – abhängig von der Festigkeitsklasse – aus Tabellen (→ TabB).



- 3 Maßangaben
- a 50 mm  
Maßangaben in technischen Zeichnungen für den Maschinenbau haben die Einheit Millimeter, wenn nichts anderes angegeben ist. In anderen Industriezweigen und Ländern können andere Einheiten üblich sein.  
Hinweis: Außer im technischen Zeichnen müssen im Unterricht immer Einheiten angegeben werden.
- b 37 mm. Die fortlaufenden Maße gehen vom Nullpunkt aus und werden nicht addiert. Zur Unterscheidung zu anderen Maßangaben dienen zwei Merkmale: Die Maßzahl steht in Verlängerung einer Maßhilfslinie und rechtwinklig zur Maßlinie, während 'normale' Maße zwischen den Maßhilfslinien parallel zur Maßlinie stehen.
- c Die Spurweite 45,5 mm
- d Neben der Spurweite ist die Höhe der Kupplung 14 mm und 21 mm erforderlich. Andere Maße müssen nicht übereinstimmen.
- e Ein Waggon steht mit dem Laufkranz auf den Schienen, deshalb bestimmt der Laufkranz die Höhe z.B. der Ladefläche.
- 4 Linien
- a Je nach Qualität der Kopie ...
- b In Zeichnungen der mechanischen Technik sollen im Regelfall nur 2 Linienbreiten verwendet werden, wobei zur deutlichen Unterscheidung breite Linien doppelt so breit sind wie die schmalen Linien. Die Liniengruppen 0,5 mm oder 0,7 mm (Dicke der breiten Linien) sind zu bevorzugen. In der Zeichnung sind mehr Linienbreiten enthalten, Begründung siehe unten.
- c DIN ISO 128 Norm zählt auf Voll-, Strich-, Strich-Punkt-, Strich-Zweipunkt- und Freihand- bzw. Zickzacklinie, die aber nicht alle in der Zeichnung enthalten sind.
- d Die Zeichnung enthält sichtbare Kanten (breite Volllinie), Schraffuren, Gewinde, Maßlinien und Maßhilfslinien (schmale Volllinien), Schnittverläufe (breite Strich-Punktlinien), Mittellinien (schmale Strich-Punktlinien; enden nicht direkt an anderen Kanten), Schnittbegrenzungen (schmale Freihandlinien), aber keine verdeckten Kante (schmale Strichlinien), weil sie die Übersicht vernebeln würden.
- e Gewinde werden durch zwei Linien dargestellt: Die sichtbare Kontur (Bolzengewinde außen, Muttergewinde innen) wird mit einer breiten Volllinie gezeichnet, während die andere Begrenzung des Gewindes mit einer schmalen Volllinie gezeichnet wird. Wenn bei einer Schraube sich das Gewinde nicht über den ganzen Schaft erstreckt, wird das Ende des Gewindes mit einer breiten Volllinie markiert. Sieht man das Gewinde von der runden Seite her, wird die schmale Linie nur als 3/4-Kreis ausgeführt, um Verwechslungen mit Fasen zu vermeiden.
- f Abweichungen im Detail der vorliegenden Zeichnung liegen an einem sturen CAD-Programm (Linienbreite des Schnittverlaufes und von Lichtkanten, Längen von Linienelementen), am Tintenstrahldrucker (Breitenverhältnisse), an der Unflexibilität von 3D-CAD (die Kanten des Achslager sind so breit, weil das Programm wegen der Fasen 2 Linien zeichnet. Von Hand würde man nur eine Linie zeichnen oder 2 Linien mit etwas Abstand) und am Zeichner, dem die breiten Linien nicht gefallen. In der industriellen Praxis werden diese und andere Normverletzungen klaglos hingenommen, da es dort ausreicht, wenn die Zeichnung eindeutig ist. Gewerbelehrer sehen das gelegentlich anders..;-)
- 5 Schnitte
- a Die obere Hälfte der Seitenansicht ist im Schnitt dargestellt, die untere Hälfte nicht. Der Schnittverlauf A-A ist in der Draufsicht gekennzeichnet.
- b Jedes Teil erhält eine eigene Schraffur, die in Abstand und/oder Richtung unterschiedlich ist, insbesondere bei angrenzenden Teilen.
- c Das Rad (Pos. 4) besteht nicht aus Metall. Wenn man dies in der Zeichnung ausdrücken möchte, kann man es mit der Schraffur tun. Gekreuzte Schraffur steht für Kunststoff allgemein. Der Kupplungshaken (Pos. 8) ist so dünn, dass eine Schraffur kaum erkennbar wäre, deshalb wird der Schnitt komplett geschwärzt.
- d Nicht geschnitten werden Normteile (Pos. 8 – 15), weil sie fertig gekauft werden, und andere Teile wie Achsen, Wellen usw., wenn ihr innerer Aufbau nicht interessant ist.
- 6 Ansichten
- a Siehe farbig markierte Gesamtzeichnung.
- b Die Normalprojektion erleichtert es, Linien und Elemente in den verschiedenen Ansichten zuzuordnen.
- 7 Konstruktion
- a Die Innenkontur wird durch Fräsen erzeugt, die Rundung entsteht durch den Durchmesser des Fräasers.
- b Außenkanten werden angefast, um ihnen Grat und Schärfe zu nehmen, gelegentlich auch um Fügen zu erleichtern (Schlüssel ins Schloss bringen) oder wegen des Aussehens. Die Schräge nennt man Fase.
- c Die Innensechskantschrauben (Pos.9) befestigen die Achslager am Rahmen.
- d Der Spannstift (Pos. 15) befestigt die Kupplungsöse am Kupplungshalter.
- e Zylinderstifte sorgen dafür, dass zwei Teile auch nach einer Demontage wieder genau zueinander positioniert sind (mit neuem Zylinderstift). Man verwendet Zylinderstifte mit Spiel-, Übermaß- und Übergangspassungen (die Ausführung erkennt man an der Kuppenform). Der Bohrungsdurchmesser muss durch Reiben genauer gemacht werden, das ist teuer. Hohe Festigkeit und Genauigkeit; nicht rüttelfest. Kerbstifte dienen als Pass-, Befestigungs- und Sicherungsstifte, Lager und Gelenkbolzen: 3 Kerbwulstpaare auf dem Durchmesser werden beim Einschlagen elastisch zurückgedrängt; Bohrung mit Spiralbohrer herstellbar (billig); rüttelfest, wiederverwendbar (die Bohrung, nicht der Kerbnagel); Kerbnägel für einfache Befestigung



- gering belasteter Teile (Rohrschellen, Schilder usw.)  
Spannstifte sind längsgeschlitzt und schmiegen sich elastisch an die Bohrungswand an, deshalb genügen preiswerte gebohrte Löcher.
- f Achse und Distanzhülse aus nichtleitendem Material wie Kunststoff → Festigkeit?  
Alle Teile aus Metall mit Isolation an den Fügestellen (Kunststoffbuchse, Kleben, ..)  
Zusätzlich ein Radkranz aus nichtleitendem Material → Abrieb?  
Radkranz aus Metall mit einer Isolationsschicht zum Rad  
Einzelradaufhängung  
Magnetschwebetechnik ...
- g Wegen Schiebebetriebes in Kurven. Das gilt auch für die Puffer einer 'richtigen' Eisenbahn, die auf einer Seite rund ausgeführt sind.
- h Schiebt die Kupplungsöse von Waggon 1 auf den Kupplungshaken von Waggon 2, so wird der Kupplungshaken nach unten gedrückt. Das ist möglich, weil er nicht fest verschraubt ist. Sobald der Kupplungshaken tief genug in die Kupplungsöse eingefahren ist, geht er wegen des Gegengewichtes (Pos. 12, 13, 14) wieder in waagerechte Stellung und hakt ein.  
Gelöst wird die Kupplung durch Eingriff von außen.
- i Die Fase unten außen an der Kupplungsöse soll den Kupplungshaken eines auflaufenden anderen Waggons nach unten drücken.  
Die Fase oben innen untersteht den 'Widerhaken' des Kupplungshakens und zieht ihn nach oben.  
Die Laschen an der Seite des Kupplungshakens begrenzen seinen Gierwinkel (Drehmöglichkeit um die Hochachse).  
Die Rundung ermöglicht das Abrollen der Kupplungsösen aufeinander beim Schiebebetrieb in Kurven.  
Die Schraube (Pos. 11) kann nicht ganz versenkt werden und erlaubt so die Drehung des Kupplungshakens um 2 Achsen: Gieren (Drehen um die Hochachse) und Nicken (Um die Querachse).  
Die Pos. 12, 13 und 14 dienen als Gegengewicht, das mit der Anzahl der Unterlegscheiben (Pos. 12) austariert werden kann.
- 8 Vermischtes
- a Breite siehe Zeichnung: 80 mm
- b Die zulässigen Maße findet man in der Norm für europäische Modellbahnen *NEM 104 Umgrenzung des lichten Raumes bei Schmalspurbahnen*, z.B. <http://www.miba.de/morop/>
- c Die Achsen können mit Öl oder Fett geschmiert werden. Bei größeren Belastung würde dies nicht ausreichen, weil die Werkstoffpaarung ungünstig ist: Stahl und Aluminium haben sich nämlich zum Fressen gerne. Aber bei dieser einfachen Konstruktion wird das im Sinne einer Kosten-Nutzen-Rechnung hingenommen.
- d Die Schrauben eines Achslagers lösen, danach kann die Achsbaugruppe heraus gezogen und die Räder abgezogen werden.
- e Laufkranz eines Eisenbahnrades  
→ siehe Abb. 1 auf der letzten Seite

Der Laufkranz eines Rades ist konisch geformt mit dem größeren Durchmesser innen und man kann ihnen als Teil eines doppelten Konus betrachten. Diese Form hält die Achsen stabil<sup>2</sup> im Gleis, sodass der Spurkranz nur selten benötigt wird, z.B. in Kurven, wo prompt die Gleise stärker verschleifen.

Begründung, dass Laufkränze konisch sind:  
Energetisch: Wenn sich ein Waggon seitlich aus der Mittellage verschiebt, hebt sich sein Schwerpunkt und strebt wieder zum niedrigsten Potential.  
Abb. 1: MP2 liegt höher als MP1.

Statisch: Die Normalkraft zwischen Rad und Gleis wirkt nicht senkrecht zum Erdmittelpunkt, sondern senkrecht zur schrägen Lauffläche und schiebt jedes Rad Richtung Waggonmitte. In der Mittellage heben sich die Kräfte an einer Achse auf. Bei Verschiebung aus der Mittellage wird die rückschiebende Komponente am "äußeren" Rad größer und schiebt die Achse wieder zwischen die Gleise.  
Abb. 1: Die Komponente  $F_H$  ist auf der rechten Seite größer als links.

Geometrisch: Wenn die Achse nach rechts verschoben wird, läuft das rechte Rad auf dem größeren Durchmesser, wird schneller und überholt das linke Rad in einem Linksbogen. Die Achse gerät nach links und das Spiel beginnt mit umgekehrten Vorzeichen. Wenn sich eine Achse ungestört von anderen Kräften (Waggon) bewegen kann, kommt es zum sogenannten "Sinuslauf": Die Achse pendelt zwischen den Schienen hin und her.  
Abb. 1: Das rechte Rad läuft auf größerem Durchmesser als das linke.

Empirisch: Kleben Sie je zwei billige Plastikbecher aus Heißgetränkeautomaten mal an den Trinkrändern und mal an den Böden zusammen. Lassen Sie die Konstruktionen auf einem Gleis aus 2 parallelen Linealen eine leicht geneigte Ebene hinabrollen.  
Welche Konstruktion rollt stabiler?

- 9 Lösungsvorschläge siehe <http://www.ulrich-rapp.de/stoff/pc/cad/index.htm>.

- 2 Ein *stabiles System* neigt dazu, seinen Ausgangszustand beizubehalten oder wiederzuerlangen, auch wenn Störungen von außen einwirken. Beispiel: Kreisel, Lenkungen ziehen nach der Kurve wieder gerade und Eisenbahnachsen tendieren mit den Rädern immer zurück in die Mitte.

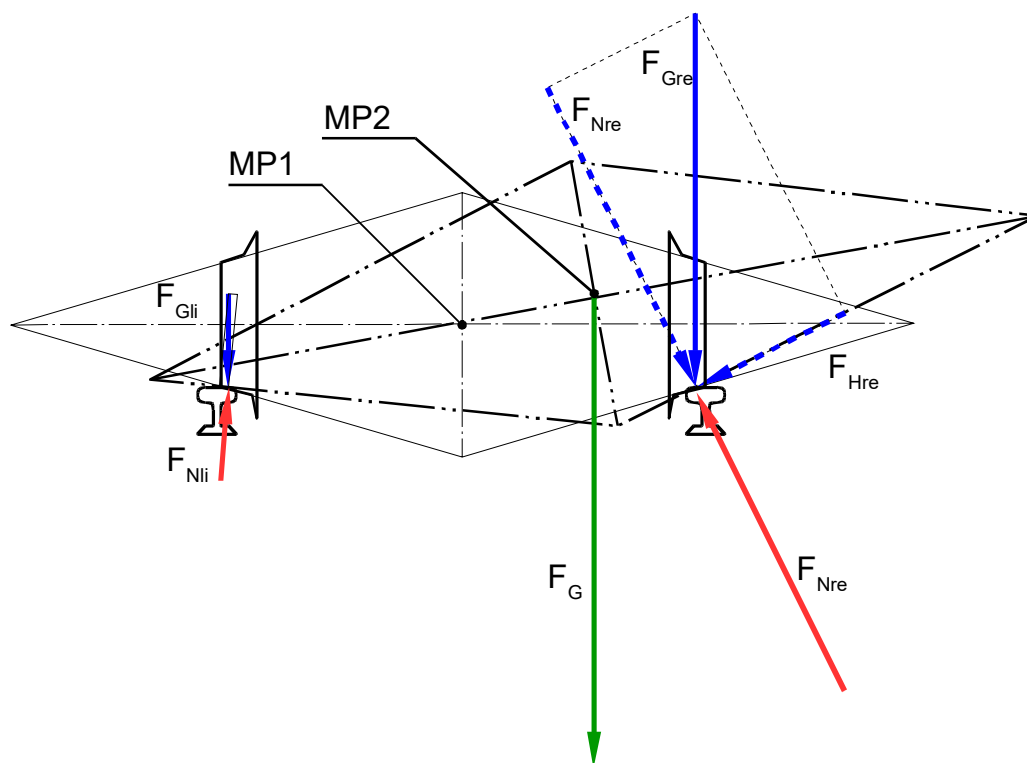


Abb. 1 Funktionsweise eines Eisenbahnradsatzes

In Abbildung 1 ist das Räderpaar einer Eisenbahn als Teil eines doppelten Konus in schmalen Volllinien angedeutet. MP1 ist der Mittelpunkt des Räderpaares in Mittellage.

Ein aus der Mittellage abgewichenenes Räderpaar ist rechts als Doppelkonus ohne Räder in Strich-2-Punkt-Linie mit dem Mittelpunkt MP2 gezeichnet. Die Abbildung soll verdeutlichen, wie sich die Verhältnisse ändern, wenn eine Eisenbahnachse aus der Schienenmitte abgelenkt ist.

Um die Kräfte an den Rädern zu ermitteln, müsste man das ganze Räderpaar betrachten, bekommt dann aber ein Problem:

Wenn man die Reibungskräfte  $F_R$  zwischen beiden Rädern und Schienen vernachlässigt, kommt Unsinn heraus. Wenn man sie zu den Normalkräften  $F_N$  einbezieht, hat man mit insgesamt 4 unbekanntem Kräften ein statisch überbestimmtes System, und solche Systeme kann man nicht lösen.

Zur Vereinfachung des Systems nehme ich an, dass sich die Gewichtskraft  $F_G$  wie bei zylinderförmigen Laufflächen auf die beiden Räder verteilt.

Im Beispiel verteilt sich die  $F_G$  im Verhältnis der Hebelarme etwa 4:1 auf die Räder, die Kräfte  $F_{Gre}$  und  $F_{Gli}$  sind etwa maßstäblich in breiten blauen Volllinien dargestellt.

Die Gewichtsanteile auf den Rädern zerlegen sich ähnlich wie bei einer schiefen Ebene in eine Normalkraft  $F_N$  senkrecht zur Berührfläche und einer 'Hangabtriebs-' kraft  $F_H$  parallel zur Berührfläche, beide als blaue gestrichelte Linie gezeichnet.  $F_N$  stützt sich vollständig auf der Schiene ab.  $F_H$  ist auf der 'äußeren' Seite (im Bild rechts) größer ist als auf der linken (im Bild gar nicht gezeichnet), und zieht deshalb den Waggon immer in die Mitte zwischen den Schienen. Dadurch läuft das Räderpaar stabil zwischen den Schienen und braucht den Spurkranz nur zur Sicherheit bei Extremfällen.