

Le secret des bogies qui fonctionnent bien...

Das Geheimnis der gut funktionierenden Drehgestelle Teil 2

Pierre Sitarski CAV 390
Peter Bickel CAV 1836

Entwurf 2



Pierre Sitarski

Die französische «Bruderschaft der Freunde des echten Dampfs» die «*Confrérie des Amis de la Vapeur vive*» CAV, versammelt frankophone Modellbauer, die ihr Herz an die Dampfmaschine verloren haben. Die Confrérie gibt eine vierteljährlich erscheinende Zeitschrift heraus: «L'Escarbille» die Kohlenglut. Neben Berichten über das Vereinsleben enthält die Zeitschrift immer wieder sehr gute technische Artikel [1]

Das Original dieses zweiten Teils erschien in Escarbille No 147 (2. Quartal 2017) unter dem Titel «Construire des bogies solides... et beaux!» und ist auch auf meiner Webseite zu lesen. Pierre Sitarski ist Belgier und lebt in Brüssel.

Liebe Kollegen

Der erste Teil dieses Artikels befasst sich ganz allgemein mit dem sicheren, entgleisungsfreien Fahren unserer Gartenbahn-Fahrzeuge. Er behandelt Aspekte der Drehgestelle, des Gleises und der Disziplin der Fahrgäste. Hier folgen nun meine Ideen zum Bau von sicheren und schönen Drehgestellen.

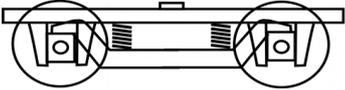


Peter Bickel

Die Teile der Drehgestelle werden heute gern mit Laserschnitt hergestellt. Die Preise haben sich demokratisiert, Genauigkeit und Qualität sind in Ordnung. Als Stolperstein erweist sich eher die Vorbereitung: Die Zeichnungen müssen digitalisiert werden und dazu braucht es Kenntnisse im computerunterstützten Zeichnen. Nur so entsteht eine .dxf-Datei, welche die Laserschneid-Maschine weiterverarbeiten kann. Offene Quellen für Schneidvorlagen sind mir leider nicht bekannt.

Drei Drehgestellfamilien stehen zur Auswahl

Bei den Drehgestellen können wir meiner Meinung nach drei grosse Familien unterscheiden:

| | |
|---|---|
| Typ Pennsylvania Das Drehgestell mit festem Rahmen und Ausgleichshebeln |  |
| Typ Schlieren/Görlitz Das Drehgestell mit festem Rahmen ohne Ausgleichshebel |  |
| Typ Archbar/Diamond/Bettendorf Das Drehgestell ohne festen Rahmen |  |

1 Das Drehgestell mit festem Rahmen und Ausgleichshebeln Typ Pennsylvania (Bilder 1 und 2)

Charakteristisch für diese Konstruktion sind die in Führungen beweglichen Achslager und die beidseitigen Ausgleichshebel, welche die Unebenheiten des Gleises ausgleichen. Denken Sie an die Aufhängung des 2CV - etwa so funktioniert das. Wegen seiner grossen ungefederten Masse und seiner Neigung zu parasitären Schwingungen ist seine Geschwindigkeit allerdings auf 120 Kilometer pro Stunde begrenzt. Bei unseren Geschwindigkeiten von 10-12 km/h treten diese Probleme allerdings nicht auf und der Nachbau ist wirklich problemlos. Die Federung und das Spiel der Ausgleichshebel sichern den guten Halt auf dem Gleis.



Bild 1: Pennsylvania-Drehgestell

Eine konstruktive Höchstleistung ist meiner Meinung nach bei den Lokomotiven BB 1 bis 80 zu sehen. Hier wird die gesamte Kraft der Ausgleichshebel ohne Hilfe der Federung an einem zentralen Punkt auf den Wagenkasten übertragen.

Das Pennsylvania ist meiner Meinung nach ein sehr gutes und schönes Drehgestell, das nicht nur unter einen Personenwagen der 20er oder 30 Jahre passt, sondern ebenso gut unter jeden anderen Wagen. Es weist ausserdem das beste Preis-/Leistungsverhältnis auf.



Bild 2: Rahmen eines Pennsylvania-Drehgestells

Zur Frage Solidität und Dauerhaftigkeit: Ich habe letzten Monat in La Haye in den Niederlanden Drehgestelle gesehen, die Mitte der siebziger Jahre von Luc Tennstedt und Bep Blomme gebaut wurden (Bild 3). Sie laufen noch heute - also gut vierzig Fahrsaisons später - im regulären Betrieb des lokalen Klubs. Auch beim PTVF sind sie beinahe täglich im Betrieb, ihre Zuverlässigkeit ist unvergleichlich.



Bild 3: Pennsylvania-Drehgestell von Tennstedt&Blomme

Überlegungen zur Konstruktion

Die Hauptsorge ist natürlich die Stabilität des Rahmens, er sollte sich auch bei einem Unfall nicht verformen, sondern genau rechteckig bleiben. Ein zum Trapez verformter Rahmen wird früher oder später brechen.

Sie kennen sicher das grosse Prinzip der Konstruktion: Das Dreieck ist die einzige nicht verformbare geometrische Figur. Idealerweise würde man also auch Drehgestelle in dreieckigen Grundformen bauen. Nur ist das hier leider nicht möglich, weil die Räder im Weg sind! Es bleibt uns also nur, grosszügig zu dimensionieren und die Stabilität auf diese Weise zu sichern.

Für den Rahmen wähle ich für Spur 7 Weichstahl von 10mm Dicke oder Halbweichstahl von 8mm, eine Simulation mit SolidWorks [2] bestätigt diese Dimensionierung. Für Spur 5 sind es sinngemäss 8 beziehungsweise 6mm. Die Traverse in der Mitte mache ich für Spur 7 aus einem U 50x50mm, für Spur 5 aus einem U 40x40mm. Diese Dimensionierung ist grosszügig, sie gibt dem Drehgestell eine grosse Steifheit.

2 Das Drehgestell mit festem Rahmen ohne Ausgleichshebel Typ Schlieren oder Görlitz (Bild 4)

Dieses Drehgestell fand sich oft unter deutschen und schweizerischen Wagen. Es ist eine Weiterentwicklung des Pennsylvania-Drehgestells und der Vorläufer all der modernen Konstruktionen. Obwohl sie im Prinzip ähnlich sind, bleiben sie für den Modellbauer ein Schrecken. Es geht

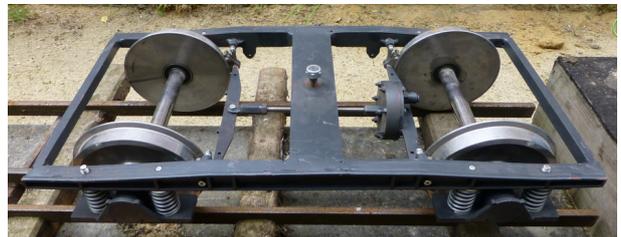


Bild 4: Drehgestell Schlieren/Görlitz

immer wieder um das gleiche Problem: Beim Vorbild ist das Verhältnis zwischen leer und beladen rund 40 zu 48 Tonnen, also 1 : 1.2. Auf unseren Spurweiten ist es aber 60 zu 500kg, also 1 : 8! Es ist einfach unmöglich, die Konstruktion des Vorbilds unverändert in unsere Modellgrössen zu übersetzen und zu glauben, sie würden da ebenso funktionieren. Wir müssen unbedingt eigene Lösungen finden, damit unsere Drehgestelle sowohl leer als auch beladen fest auf dem Gleis haften.

Das ist es, worüber wir uns den Kopf zerbrechen müssen: Ein absolut starrer Rahmen, welcher niemals Unebenheiten des Gleises aufnimmt, und keine Ausgleichshebel, welche die Last verteilen. Der Federweg soll ohne Last 4.5mm sein und höchstens 14...15mm unter einer Last von 150...300kg.

Die folgende Überlegung zeigt Ihnen, wie ich auf die 4.5mm komme: Vier Räder haben auf ebenem Gleis insgesamt 4x4.5mm Federspiel, also 18mm im ganzen. Bei einer Vertiefung im Gleis von 6mm - was der Höhe des Radkranzes bei Spur 7 entspricht - verteilt sich das Federspiel auf drei Räder mit 6mm und das abgesenkte vierte mit 0mm, also immer noch 18mm insgesamt. Wir sind gerettet, das Drehgestell wird die Vertiefung überfahren ohne zu entgleisen.

Ich habe das Problem mit zwei ineinander liegenden konzentrischen Federn gelöst (Bild 5): Ich verwende eine grosse, weiche von 40mm Länge, welche die Last des leeren Fahrzeugs trägt und eine innere, 6mm kürzere mit einer Tragkraft von 6kg/mm. Das Spiel dieser zwei Federn übernimmt die



Bild 5: Doppelfedern

Unebenheiten des Gleises bei unterschiedlichsten Belastungen des Fahrzeugs, während der Rahmen nur die Räder führt. Die Brücke ist nicht gefedert und das funktioniert gut so!

Allerdings entsteht dabei in der Mitte des Drehgestells ein optisch leerer Raum, was Sie in der Zeichnung am Anfang des Artikels sehen können. Wenn das für Sie ein ästhetisches Problem ist, müssen Sie die sekundäre Federung als Attrappe einsetzen.

Überlegungen zur Konstruktionen

Es sind dieselben wie beim Pennsylvania und ich empfehle Ihnen auch die gleiche Dimensionierung des Materials.

Die modernen Drehgestelle Typ TGV, Y32 usw sind vom Schlieren/Görlitz abgeleitet. Sie können nach den gleichen Regeln für Spur 5 oder 7 angepasst werden.

3 Das Drehgestell ohne Rahmen Typ Archbar/Diamond/Bettendorf (Bild 6)

Es ist das Güterwagendrehgestell par excellence! Es besteht aus zwei Seitenteilen, die sich um einen Mittelbalken verdrehen können. Dadurch passen sich die Räder ohne Federung an die Unebenheiten des Gleises an.

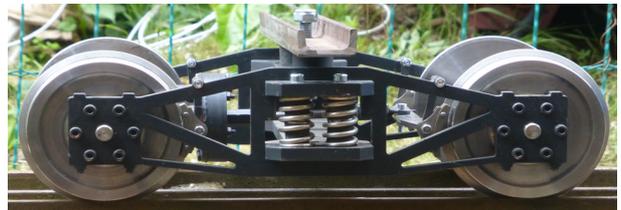


Bild 6: Drehgestell Archbar/Diamond-Bettendorf

Allerdings ist so ein Aufbau nicht wirklich steif, sodass das Drehgestell bei einer Entgleisung leicht beschädigt werden kann. Die Führung zwischen dem Mittelbalken und den Seitenteilen gibt dann nach und das Drehgestell bricht auseinander.

Marc Verhellen, ein belgischer Modellbauer holländischer Zunge, hat eine meiner Meinung nach geniale Idee gehabt: Er verwendet überdimensionierte Achsen von 25mm und Enden von 18mm. Auch die Lager sind überdimensioniert und alles zusammen gibt dem Drehgestell zusätzliche Steifheit.

Womit die Beweglichkeit allerdings verloren ist, werden Sie sagen. Nein, denn die Lager sind nicht fest verschraubt in den Seitenteilen. Marc zieht die Schrauben an und löst sie dann wieder um eine Drehung. Dieses kleine Spiel genügt für die Beweglichkeit im normalen Betrieb, hält aber bei einer Entgleisung das Drehgestell in seiner Form, indem die Achsen die Verformung begrenzen.

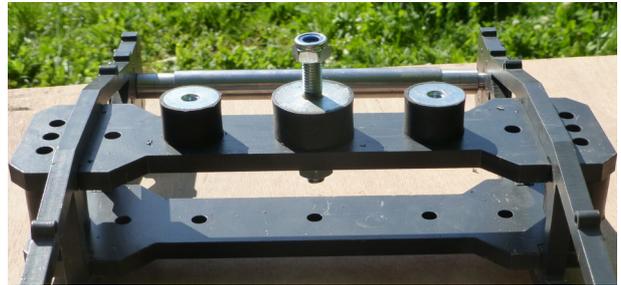


Ich habe die Idee von Marc übernommen und etwas abgewandelt: Das Loch, in dem das Lager ruht, ist nicht rund, sondern

Bild 7: Laserschnitte für das Archbar-Drehgestell

leicht oval. In horizontaler Richtung hat es genau den Durchmesser der Achse, in vertikaler ist es einige Zehntel grösser. Dieses kleine Spiel erlaubt die Bewegung der Seitenteile in vertikaler Richtung, bleibt aber steif gegenüber horizontalen Verformungen.

Zurück zu meinen eigenen Erfahrungen: ich habe ein Paar gebaut. Der Mittelbalken liegt bei diesen Drehgestellen rund 20mm tiefer als bei den vorher besprochenen und gibt so Platz für zwei Gummiteile als Auflager für den Wagenkasten (Bild 8). Das hat mehrere Vorteile:



- Ein Schlag wird abgefedert, denn die Gummiteile sind auch seitwärts beweglich. Sie sind ausserdem ein mechanischer Schwachpunkt und damit eine Art Sollbruchstelle. Und sie sind leicht ersetzbar, kosten sie doch nur wenige Euros.
- Die Gummielemente bilden ausserdem eine Isolation gegen Vibrationen, der Wagen rollt ruhiger und ohne Lärm.

Überlegungen zur Konstruktion

Damit das ganze genügend stabil ist, wählen Sie für Seitenteile und Mittelbalken 10mm bei Spur 7 und 8mm bei 5. (Bild 7)

Das Archbar/Diamond/Bettendorf-Drehgestell ist Standard unter einem Güterwagen, es ist einfach und billig und klebt ganz selbstverständlich am Gleis. Es hat allerdings eher wenig Steifheit im Fall einer Entgleisung, einige Gegenmassnahmen habe ich genannt.

Zusammenbau

Die Drehgestellrahmen müssen mit allergrösster Sorgfalt geschweisst werden. Sie kennen alle den Schweissverzug, also die beim Abkühlen der Schweissnähte entstehenden Defomationen. Arbeiten Sie unbedingt mit einer Lehre oder einem gleichwertigen Hilfsmittel. Kontrollieren Sie während der Arbeit regelmässig ob

- der Rahmen wirklich plan ist,
- die Seitenteile genau vertikal sind und
- die Achsen parallel sind und senkrecht zu den Seitenteilen stehen.

Man kann bei dieser Arbeit nicht genug Sorgfalt walten lassen, Drehgestellrahmen zu schweissen ist eine wirklich schwierige Sache!

Drehgestell-Höhe

In der Tabelle wird angenommen, dass die Puffer auf halber Höhe des Stossbalkens montiert sind.

| | Spur 7 | Spur 5 |
|-----------------------|------------------------|--------------------|
| Pufferhöhe | 132.5 | 96.0 |
| Höhe des Stossbalkens | 40.0 | 30.0 |
| Höhe des Drehgestells | $132.5 - 20.0 = 112.5$ | $96.0 - 15.0 = 81$ |

Die Höhe kann in Grenzen reguliert werden. Beim Pennsylvania und beim Archbar helfen Unterlagscheiben beim Drehzapfen, beim Schlieren spielt man mit der Höhe der Seitenteile, der Länge der Federn und dem Durchmesser der Achsbüchse.

Es ist extrem wichtig, die korrekte Höhe der Stossbalken einzuhalten! Beim europäischen System riskieren Sie verhakte Puffer und in der Folge Entgleisungen, beim amerikanischen System ist es gravierender, da riskiere Sie, einen Teil des Zuges zu verlieren. Schaffen Sie zusätzliche Sicherheit, indem Sie die Sicherheitsketten einhängen.

Ich hoffe, Ihnen mit diesen Ausführungen etwas Hilfe bei Konstruktion und Bau Ihrer Drehgestelle gegeben zu haben. Schreiben Sie mir, wenn Sie zusätzliche Auskünfte haben möchten.

Bemerkungen und Links

- [1] <https://www.cav-escarbille.com/> (Homepage der CAV) fr
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
3D-CAD-Programm der *Dassault Systèmes SolidWorks Corp.*

Mailadressen der Autoren:

pierre.sitarski@gmail.com (fr)

peter.bickel@orange.fr (de,fr)