

Le secret des bogies qui fonctionnent bien...

Das Geheimnis der gut funktionierenden Drehgestelle

Pierre Sitarski CAV 390
Peter Bickel CAV 1836

Entwurf 5



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]

In der Ausgabe 3/2017 habe ich Ihnen einen Artikel von Pierre Sitarski zum RAL-Farbsystem nahegebracht. Heute beschäftigt sich Pierre mit dem äusserst komplexen Thema «entgleisungssicheres Drehgestell». Das Original erschien in Escarbille No 143 (2. Quartal 2016) und ist auch auf meiner Webseite zu lesen [2]. Pierre Sitarski ist Belgier und lebt in Brüssel.

Peter Bickel



Peter Bickel



Bild 1 Luc Tennstedt
1922-2013

Liebe Kollegen,

Luc TENNSTEDT (Bild 1) ist der Mann, der mir beinahe alles beigebracht hat, was ich über Modellbau weiss. Seiner Erfahrung nach muss ein Drehgestell drei Qualitäten haben - ich werde Ihnen davon erzählen. Nur ist das leider nicht immer genügend: Damit das Drehgestell wirklich am Gleis klebt, sind noch andere Qualitäten nötig. Und selbstverständlich ist auch das Gleis nicht ganz unwichtig dabei. Ich möchte Ihnen hier über die Fehler berichten, welche dazu führen, dass wir manchmal im Schotter landen, und Ihnen natürlich auch Verbesserungen vorschlagen. Ich spreche aus meiner 25jährigen Erfahrung beim PTVF [3].

Der Bau von Modelldrehgestellen Welche Modelle eignen sich?

Seien Sie vorsichtig: Einige Vorbildkonstruktionen sind nur sehr schwer im Modell nachzubauen und ihr Fehlverhalten im Betrieb lässt sich auch mit Tricks nicht beheben. Halten Sie sich immer vor Augen: Beim Vorbild ist der Unterschied zwischen einem leeren und einem beladenen Wagen etwa 20% (40 Tonnen leer - 48 Tonnen beladen). Bei einem 7-Zoll Publikumswagen ist der Unterschied 500% (120kg leer - 600kg beladen). Eine Lösung dafür sind Doppelfedern (Bild 2). Sie garantieren die Weichheit meiner Drehgestelle: eine Feder von 40mm für den unbelasteten und eine von 34mm für den belasteten Zustand.

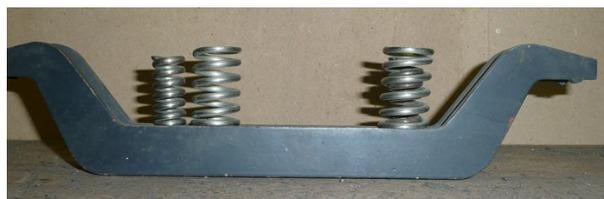


Bild 2 Doppelfedern garantieren die Weichheit meiner Drehgestelle

Für den Nachbau haben wir zwei gut funktionierende Modelle zur Wahl:

- Das eine basiert auf einem Pennsylvania-Drehgestell mit starrem und sehr solidem Rahmen. Die Achsen werden getragen von je einem Ausgleichshebel, der die Last auf die beiden Räder jeder Seite verteilt.
- Das andere lehnt sich an das amerikanische Diamond-Drehgestell an, das ohne starren Rahmen auskommt. Die grösste Schwierigkeit ist dabei, einen guten Kompromiss zwischen Steifheit und Flexibilität zu finden.

In diesem ersten Artikel geht es um Fragen der Konstruktion guter Drehgestelle und die Forderungen an ein sicheres Gleis. In einem nächsten Artikel werde ich dann ausführlich auf die beiden obigen Drehgestell-Typen und ihren Nachbau im Modell eingehen.

Forderungen an ein sicheres Drehgestell

Stabil soll es sein

Ein Drehgestell muss eine schwere Entgleisung überstehen können, ohne sich zu deformieren. Bei einer Entgleisung übernimmt das Drehgestell die ganze kinetische Energie (Masse x Geschwindigkeit im Quadrat) und überträgt sie auf den Boden, in unserem Fall also auf das Gleis mit seinen Schwellen und den Schotter. Stellen Sie sich die Beanspruchung vor, der das Drehgestell in diesem Moment unterworfen ist: Einige hundert Kilos werden mit ordentlicher Geschwindigkeit gegen Schwellen, Schotter und andere Hindernisse geworfen. Und wenn es sich dann auch noch querstellt...



Bild 3 Crashtest für Drehgestelle: freier Fall aus 1m50 Höhe

Zur Veranschaulichung schlage ich Ihnen den in Bild 3 gezeigten Versuch vor: Halten Sie das Drehgestell über Eck auf Schulterhöhe und lassen Sie es auf eine harte Unterlage fallen - es darf sich nicht verformen! Andernfalls bewaffnen Sie sich besser mit Besen und Schaufel, Sie werden bei der nächsten Entgleisung allerhand Arbeit haben. Bauen Sie also solide!

Der Schaden ist besonders eindrucksvoll, wenn sich das entgleisende Drehgestell quer zur Gleisachse stellen kann.

Denken Sie daran: Unter dem Wagen schwenkt das Drehgestell nie mehr als 10° um seine Achse. Zögern Sie darum nicht, die Drehung auf diesen Winkel zu beschränken, indem Sie entsprechende Begrenzungen anbringen.



Bild 4 Die Auslenkung ist immer kleiner als 10°

So verhindern Sie sicher, dass das Drehgestell bei einer Entgleisung das Gleis umackert!

Falls Sie es genau wissen wollen, gibt Ihnen Bild 4 Hilfe. Für Werte unter 0,5 sind Sinus und Winkel praktisch identisch.

Ich habe die herrlichsten Y25 [4] gesehen, ganz aus Aluminium gebaut. Sie sind nach einer Versuchsfahrt von 50 Metern entgleist und buchstäblich explodiert! Wir sind hier nicht bei der Luftfahrt, wir sind bei der Eisenbahn. Das Material muss nicht nur im normalen Betrieb funktionieren, es soll auch einen Störfall überleben. Ausser natürlich, Sie ziehen die Stunden in der Werkstatt denen auf dem Zug vor. «Chacun à son goût!» jedem seine eigenen Freuden!

Verdrehbar in sich selber soll es sein

Ihr Drehgestell steht unter seinem Wagen oder einer entsprechenden anderen Last auf dem Gleis. Legen Sie nun eine Platte von der Dicke der Radkranz-Höhe (6mm bei 7-Zoll) unter eines der Räder: Die übrigen drei Räder müssen alle Kontakt zum Gleis und etwa denselben Auflagedruck haben (Bild 5).

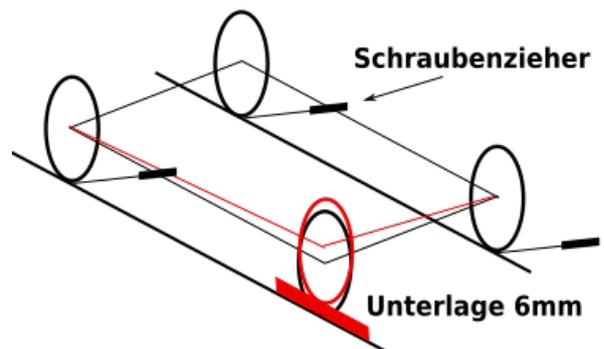


Bild 5 Der Schraubenzieher-Test: Alle vier Räder müssen Schienenkontakt haben

Überprüfen Sie das, indem Sie einen flachen Schraubenzieher von sechs bis acht Millimeter Breite zwischen die nicht unterlegten Räder und die Schiene schieben und drehen. Sie sollten Widerstand spüren, der vom Gewicht herrührt, den das Rad trägt. Wenn Sie keinen Widerstand spüren, Sie das Rad also leicht anheben können, sind Sie nicht auf der sicheren Seite - es wird entgleisen. Beobachten Sie bei diesem Versuch die Arbeit der Aufhängung.

Auch unter dem Wagen soll das Drehgestell weich sein

Sie kennen die einzige immer stabile Fläche: das Dreieck! Machen Sie Ihre Aufhängung also mit drei Auflagepunkten und Sie werden nie mehr Probleme haben! (Bild 5) Das eine Drehgestell - in der Regel das hintere - bekommt zwei Auflagepunkte für die Wagenfläche auf der Brücke des Drehgestells, das andere bietet einen einzigen Auflagepunkt, seinen Drehpunkt. Die grünen Pfeile in Bild 6 deuten dies an.

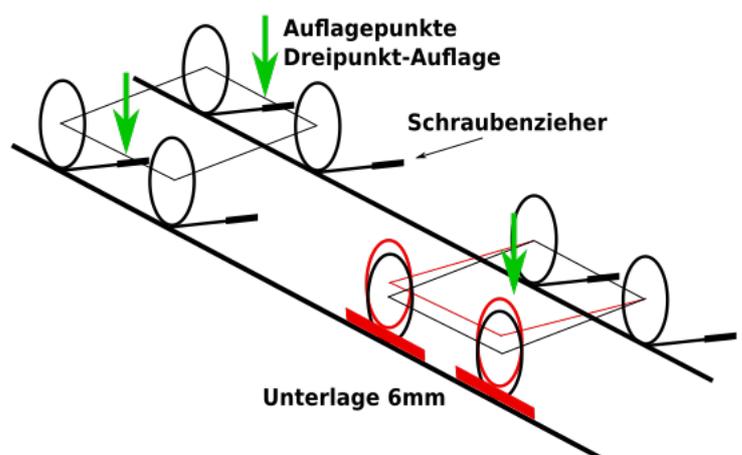


Bild 6: Schraubenzieher-Test zweiter Teil: Die sechs nicht unterlegten Räder müssen Schienenkontakt haben!

Das hintere Drehgestell sichert also die seitliche Stabilität, das vordere unterstützt lediglich, trägt für die Stabilität aber nichts bei. Dieses Prinzip wurde bei den amerikanischen Lokomotiven des 19. Jahrhunderts angewandt, Sie kennen deren Erfolg.

Praktisch lösen Sie das, indem Sie beim Drehzapfen des vorderen Drehgestells eine Rondelle von zwei bis drei Millimeter Dicke unterlegen. Sie geben ihm damit etwas Freiheit, sich Gleisverwindungen anzupassen, und Ihr Problem ist gelöst.

Im Publikumsbetrieb ist es nach meiner Erfahrung besser, das hintere Drehgestell für die Stabilität verantwortlich zu machen und dem vorderen den Ausgleich zu überlassen.

Jetzt kontrollieren Sie das Spiel

Stellen Sie den Wagen mit seinen zwei Drehgestellen auf ein vollkommen planes Gleisstück. Legen Sie eine Platte von wiederum 6mm Dicke unter die zwei Räder einer Seite eines Drehgestells. Prüfen Sie jetzt den guten Kontakt der übrigen sechs Räder mit den Schienen. Wie weiter oben verwenden Sie dazu einen Schraubenzieher (Bild 6).

Grundregeln: Damit ein Drehgestell nicht entgleist, sollte es

- **so solide aufgebaut sein, dass es bei der Entgleisung keinen Schaden nimmt,**
- **in sich selber so beweglich sein, dass es eine Gleisverformung von 6mm ausgleichen kann, ohne den Kontakt zu den Schienen zu verlieren,**
- **unter dem Wagen so beweglich sein, dass es eine Gleisverwindung von Radkranzhöhe ausgleichen kann, ohne den Kontakt mit den Schienen zu verlieren.**

Die Last jedes einzelnen Rads prüfen sie mit dem Schraubenzieher-Test, er gibt Ihnen eine gute Vorstellung vom Kontakt der einzelnen Räder mit dem Gleis.

Luc Tennstedt unterlegte bei allen Drehgestellen eine Rondelle. Wenn die Passagiere in diese Wagen stiegen, spürten sie sofort die Instabilität und waren wohl gleich etwas abgekühlt dadurch, jedenfalls bewegten sie sich daraufhin nicht während der Fahrt!

Forderungen an Wagenkasten, Drehgestell oder Gleis

Und wenn nun Ihr Wagen trotz all dieser Tricks und Kniffe entgleist - welche Hilfen gibt es?

Ihre Drehgestelle sind solide und haben das nötige Spiel, sind also im obigen Sinn gut für den Einsatz und - entgleisen doch. Dann muss das Problem woanders liegen, hier eine Checkliste für die Fehlersuche.

1 Der Wagenkasten

Der Wagenboden ist verwunden:

Das kann sehr leicht passieren bei einem Unfall, insbesondere wenn der Rahmen aus kaltgewalztem Profil gebaut ist. Dieses Material ist voll innerer Spannungen, die durch die Bearbeitung einseitig verschwinden können. Aber eben nur einseitig und

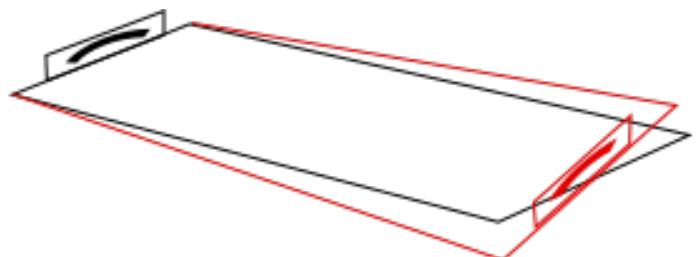


Bild 7: Mit zwei Wasserwaagen prüfen Sie die Verwindung

zurück bleibt eine innere Spannung, welche das Material deformieren, verbiegen und verwinden kann.

Ob Ihr Wagenkasten verwunden ist, können Sie mit zwei Wasserwaagen leicht feststellen: Legen Sie die Waagen vorn und hinten auf den Wagen (Bild 7). Wenn er plan ist, müssen beide Luftblasen *exakt* an derselben Stelle stehen. Sie müssen aber nicht in der Mitte sein!

Pufferbetrieb bei der europäischen Normalspur: Die Kupplungen sind zu kurz

Zwischen den Puffern soll etwa 15mm Luft sein. Das ist zwar nicht besonders realitätsnah, es ist aber nötig im Betrieb. Sie kennen den Spruch: «Damit es läuft in der Mechanik, braucht es Spiel und Fett.»

Unsere Züge befahren proportional viel engere Kurven als die grosse Eisenbahn. Es also nur richtig, dass genug Platz da ist für freie Bewegung. Tatsächlich kann bei zu kurzer Kupplung der Druck auf die Puffer sehr gross werden. Bei der kleinsten Unvollkommenheit des Gleises werden dann die Drehgestelle aus den Schienen gedrückt (Bild 8).



Bild 8: 15mm Abstand ist richtig

Die Puffer verhaken sich ineinander

Wenn Sie Kurven und Gegenkurven durchfahren, können sich die Puffer ineinander verhaken und die Wagen aus dem Gleis drücken (Bild 9).

Abhilfe schaffen diese Massnahmen:

- **Legen Sie zwischen Kurve und Gegenkurve ein gerades Stück, gleich lang oder länger als Ihre Wagen.**
- **Verbreitern Sie die Pufferteller, 80mm können nötig sein**
- **Verschieben Sie die Drehgestelle näher zu den Pufferbohlen, diese schwenken dann seitlich weniger weit aus.**
- **Achten Sie auf gleiche Pufferhöhe bei allen Fahrzeugen.**



Bild 9: Die Puffer verhaken sich

Bei normalspurigen Fahrzeugen liegen die Puffer und der Haken 1.06m über den Schienen, bei 7-Zoll sind das 133mm. Nehmen Sie diese Vorschrift ernst, wenn Sie Ihre Fahrzeuge bauen, sie ist sehr wichtig! Puffer und Wagenchassis sind dafür gebaut, Stösse aufzufangen. Was allerdings nur funktioniert, wenn alle auf gleicher Höhe liegen. Sonst ist die Karosserie betroffen, die verletzlicher ist. Sie werden etwas zu reparieren haben!

2 Das Drehgestell

Radsatz nicht vorschriftsgemäss

Die folgenden grundlegenden Vorgaben müssen Sie unbedingt einhalten (7"):

- 172mm zwischen den Rädern, nicht mehr und nicht weniger,
- 6mm Radkranz-Breite und ein Winkel von 20°
- 6mm Radkranz-Höhe (Bild 10)

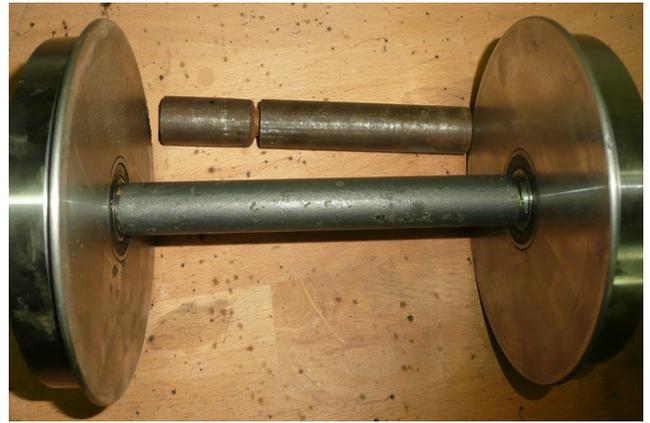


Bild 10 Prüfen des Radsatzes mit der Lehre von 172mm

Gebrochene Feder

Wenn eine Feder der Aufhängung gebrochen ist, verliert das Drehgestell sein Gleichgewicht und hängt auf einer Seite. Das betroffene Rad verliert den Anpressdruck und neigt zum Entgleisen.

Überlastete Aufhängung

Wenn das Drehgestell überlastet ist, die Federn also ganz zusammengedrückt sind, kann die Aufhängung nicht mehr spielen. Es kann dann passieren, dass die Räder die Schienen nicht mehr berühren. Überprüfen Sie Qualität und Stärke der Federn.

Blockiertes Rad

Ein verklemmter Bremsklotz, ein blockiertes Lager, ein eingeklemmter Kieselstein und das Rad dreht sich nicht mehr.

Loses Rad

Wenn Ihr Wagen nur auf den Weichen entgleist, kann es an einem Rad liegen, das nicht mehr fest auf der Achse sitzt. Kleben Sie es wieder fest und drehen Sie im schlimmsten Fall eine neue Achse, wenn es zuviel Spiel hat. Sie sollten hier nicht schweissen!

3 Das Gleis

Zu grosse Überhöhung

Die übliche Überhöhung ist etwa 5%, bei 7-Zoll also knapp 1cm Höhenunterschied zwischen innerer und äusserer Schiene (Bild 11). Die Überhöhung kann dazu führen, dass die Fahrgäste unsicher werden und den Wagen durch unkontrollierte Ausgleichsbewegungen zum Entgleisen bringen.

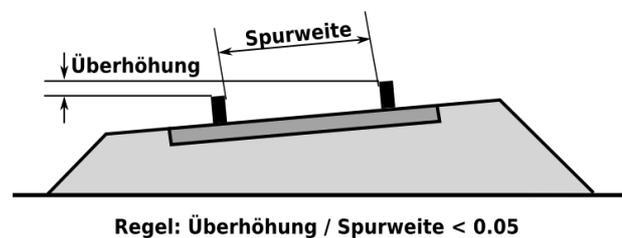


Bild 11 Überhöhung < 5%

Rollen und Nicken auf dem Gleis

Durch Gleisverformungen können die Wagen ins Schlingern geraten, eine Depression (Vertiefung) im Gleis kann zu einer Nickbewegung führen. Solche unerwarteten Bewegungen verunsichern die Fahrgäste, ihre Reaktionen können den Wagen zum Kippen bringen.

Unparallele Schienen

Das Gleis liegt eben und gerade oder in einer gleichmässigen Kurve und doch entgleisen die Wagen auf unerklärliche Weise. Dann hat es meist kaum sichtbare Änderungen der Spurweite im Gleis, zum Beispiel 184mm, dann auf einmal 186mm, wieder 184mm und nochmals 186mm, dann zurück zu 184mm.

Wenn Ihr Fahrzeug zu seitlichen Schwingungen neigt, kann es in solchen Gleisabschnitten angeregt werden. Es kann sogar zu harmonischem Mitschwingen kommen, welches die Wagen aus dem Gleis wirft. Sie erinnern sich der Soldaten, die eine Brücke nicht im Gleichschritt passieren sollen.

Der Fehler ist schwierig zu finden und von blossem Auge nicht sichtbar. Nur eine über den Schwellen platzierte Gleislehre kann ihn aufdecken. Die Ursache ist oft im Schweißverzug zu suchen: Die Schweißstelle zwischen Schiene und Schwelle zieht sich beim Abkühlen zusammen und verändert die Spurweite. Abhilfe schafft nur eine Reparatur.

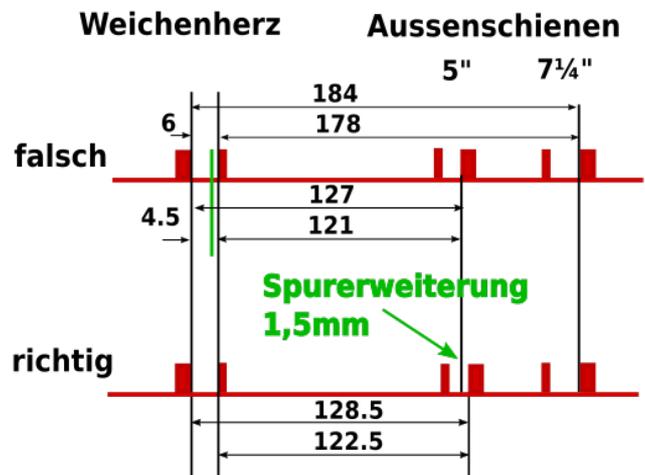


Bild 12 Spurerweiterung in der Doppelspur-Weiche, nicht maßstäblich!

Führungsschienen bei Doppelspur-Weichen und -Kreuzungen

Halten Sie sich immer vor Augen, dass die Führungsschiene sich nicht an der unmittelbar daneben liegenden Schiene orientiert, sondern an der gegenüberliegenden. Bei 7-Zoll Spurweite hat sie also $184\text{mm} - 6\text{mm} = 178\text{mm}$ Abstand von der geschnittenen Schiene, bei 5-Zoll sinngemäss $127\text{mm} - 4,5\text{mm} = 122,5\text{mm}$.

Im Zweispurgleis entgleisen die 5 Zoll-Fahrzeuge oft, weil die Führungsschiene am Herzstück zu weit von der Nachbarschiene entfernt ist. Nämlich wie für 7 Zoll vorgeschrieben 6mm und nicht 4.5mm wie für 5 Zoll richtig. So kann die Führungsschiene das andere Rad aber nicht am Aufsteigen hindern. Abhilfe schafft eine Spurerweiterung des 5-Zoll-Gleises um 1.5mm. Bild 12 veranschaulicht das.



Bild 13 Dieser Fahrgast entlastet das vordere Drehgestell und bringt es zum Entgleisen

Fehler an den Fahrgästen

Eine einzelne Person sitzt zu weit hinten

Idealerweise sollten die Fahrgäste nur zwischen den beiden Drehgestellen sitzen können. Sitzen sie weiter vorn bzw hinten, entlasten sie das gegenüberliegende Drehgestell, dieses wird von den Schienen abgehoben und landet im

Schotter. Sorgen Sie also dafür, dass Ihre Fahrgäste in der Mitte der Wagen Platz nehmen (Bild 13).

Auch konstruktiv können Sie vorbeugen: Verschieben Sie die Drehgestelle mehr zur Pufferbohle hin oder verwenden Sie Drehgestelle «Typ TGV», die an der Verbindungsstelle der Wagen liegen.

Unruhige Fahrgäste

Die Plage der Fotografiererei: Bei den heutigen Fotoapparaten braucht man das Auge nicht mehr an den Apparat zu drücken. Das verführt die modernen Fotografen dazu, sich weit hinauszulehnen, aufzustehen und sich umzudrehen. Leicht gerät man so samt dem Wagen aus dem Gleichgewicht und landet neben dem Gleis (Bild 14: Die strichpunktierte Linie bezeichnet die Gleismitte, der rote Punkt ist der Schwerpunkt des Passagiers)



Eine weitere Unsitte ist seit einigen Jahren zu beobachten: Die Passagiere drehen sich um. Der moderne Mensch ist ungeduldig und beginnt nach einigen Minuten Fahrt mit seinem Hintermann zu diskutieren. Dazu dreht er sich um und setzt sich sogar auf das Wagenbord und - der Wagen leert aus.

Bild 14 So gerät jedes Fahrzeug aus dem Gleichgewicht!

Folgende Massnahmen haben sich bewährt:

- **Setzen Sie die Passagiere rittlings auf die Wagen - auf die berüchtigten «Gartenbänke» eben (Bild 15).**
- **Halten Sie die Durchfahrten so schmal wie möglich, gerade so breit wie das Profil. Ein Strauch, ein Busch oder ein Signal erinnern durch ihre Nähe und vielleicht Berührung sanft an die Regeln.**
- **Beschränken sie die Fahrzeit auf höchstens zehn bis zwölf Minuten. Danach sind die Menschen des XXI. Jahrhunderts nicht mehr auf ihren Plätzen.**
- **Geben Sie vor der Abfahrt Sicherheitshinweise.**
- **Verweisen Sie Widerspenstige im Namen der Sicherheit vom Platz.**



Bild 15 Nicht schön, aber sehr nützlich: die «Gartenbänke»

Es ist unbedingt nötig, dass Sie die Sicherheitsregeln immer wieder in Erinnerung rufen. Wir haben beim PTVF einen Zweimeter-Mann, der wie ein Schrank geschnitten und mit einer gewaltigen Stimme ausgerüstet ist. Er

macht diese Sache prima: Nach seinem Vortrag meckert niemand mehr auf den Wagen. Es braucht wohl etwas Charisma für diesen Posten, jemand Reiferer macht das meist besser als die Jungen, die häufig den Bahnhofsdienst versehen.

Zum Schluss

Ich meine nicht, hier alle möglichen Ursachen von Entgleisungen zitiert zu haben. Aber Sie haben sicher gemerkt, dass die sichere, entgleisungsfreie Fahrt eine komplexe Sache ist. Verschiedene Ursachen spielen zusammen, wenn Ihr Zug das Gleis verlässt: Konstruktion der Drehgestelle und Wagen, Einhalten der Normen bei allen Komponenten, das Gleis und die Fahrgäste und nicht zuletzt das Charisma des Bahnhofspersonals. Ich hoffe natürlich, dass meine Hinweise Ihnen helfen können viele Probleme zu vermeiden. Ich wünsche Ihnen viele schöne Stunden mit unserem Hobby.

Checkliste für die Prüfung:

- **Drehgestellkonstruktion solide?**
- **Begrenzung der Auslenkung vorhanden?**
- **alle vier Räder immer auf dem Gleis?**
- **Dreipunktauflage des Wagenchassis realisiert?**
- **Wagenchassis verwunden?**
- **mindestens 15mm Pufferabstand?**
- **Verhaken der Puffer unmöglich?**
- **Radsätze vorschriftsgemäss?**
- **kein loses Rad?**
- **kein blockiertes Rad?**
- **Federung der Last angepasst?**
- **keine gebrochene Feder?**
- **keine zu grosse Überhöhung?**
- **Fahrgäste richtig platziert?**
- **Fahrgäste richtig instruiert?**

Bemerkungen und Links

- [1] <https://www.cav-escarbille.com/> (Homepage der CAV) fr
[2] <http://Puydorot.fr/GB/>
[3] <http://ptvf.fte2.org/> (Webseite PTVF) fr
<http://www.foudurail.org/belge/ptvf.html> (Bildreportage vom PTVF) fr
<http://cvdpchitenay.free.fr/BAF/BaFn16.pdf> (CV Luc Tennstedt) fr
[4] https://de.wikipedia.org/wiki/Drehgestell_Bauart_Y25 (Y25) de

Mailadressen der Autoren:

pierre.sitarski@gmail.com (fr)

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