

Für den europäischen Güterverkehr unverzichtbar: Das Y25-Drehgestell

Indispensable for European freight transport: the Y25 bogie

Anh Hoang M. Sc., Paul Schneider M. Sc.

Zusammenfassung

Obwohl es vor ca. 60 Jahren entwickelt wurde, ist das Drehgestell des Typs Y25 immer noch das am häufigsten eingesetzte Fahrwerk für Güterwagen im europäischen Raum. Die weite Verbreitung ist auf wirtschaftliche und konstruktive Vorteile zurückzuführen, die in diesem Artikel beleuchtet werden. Nachdem der konstruktive Grundaufbau vorgestellt wird, werden Varianten des Y25 beschrieben, die über die Jahre beruhend auf der Grundkonstruktion als alternative Drehgestelle entwickelt wurden. Der vorliegende Artikel soll als eine gebündelte Informationsquelle zu den Vorteilen und Varianten des Y25 dienen.

Abstract

Although it was developed about 60 years ago, the Y25 type bogie is still the most frequently used bogie for freight wagons in Europe. The widespread use of the standard bogie is due to economic and design advantages, which are highlighted in this article. After the basic design is presented, variants of the Y25 are described that have been developed over the years as alternative bogies based on the basic design. This article is intended to serve as a bundled source of information on the advantages and variants of the Y25.

1 Einleitung

Im Hinblick auf die Vereinheitlichung bei Güterwagen in Europa wurde das von der französischen Staatsbahn SNCF entwickelte Drehgestell des Typs Y25 im Jahr 1967 vom Internationalen Eisenverband UIC als Standardfahrwerk für Europa deklariert [1]. Das Y25 erfüllte die Anforderungen zum Einbau von Radsätzen mit Normal- und Breitspur sowie die Voraussetzung, das damalige Standard-Drehgestell Minden-Dorstfeld der Deutschen Bundesbahn (DB)-Bauart 931 ersetzen zu können [1]. Den Kriterien zur Beurteilung des Laufverhaltens konnte es zu jener Zeit gerecht werden, allerdings wurde bereits Anfang der 1970er Jahre durch Messungen der Schweizerischen Bundesbahnen deutlich, dass bei internationaler Anwendung aufgrund der starren Radsatzführung hohe Führungskräfte entstehen, die zu einem erhöhten Schienen- und Radverschleiß führen [1]. Um diese Effekte zu mindern, wurde das Y25 von der DB nur für Radsatzlasten bis zu 20 t eingesetzt. Bei Lasten bis zu 22 t wurde das zeitlich nach dem Y25 entwickelte Drehgestell der Bauart 665 mit radial einstellbaren Radsätzen verwendet [2].

Anfänglich noch angezweifelt konnte sich das Y25 trotzdem durchsetzen und sich über die Zeit als das am meisten eingesetzte Güterwagenfahrwerk in Europa etablieren. In diesem Artikel werden die Vorteile beschrieben, die das Y25 für den europäischen Güterverkehr unverzichtbar machen. Zunächst wird auf die konstruktive Grundgestaltung eingegangen. Danach werden Varianten auf Basis der Y25-Konstruktion vorgestellt, die als optimierte Version des Y25 entwickelt wurden.

2 Vorteile

2.1 Kompakte und einfache Bauweise

Das Y25, als Standard-Variante in *Bild 1* zu sehen, zeichnet sich durch seine Kompaktheit aufgrund einer geringen Masse von ca. 4,5 t und eines kleinen Hüllraums aus [1]. Eine Gewichtsreduktion von ca. 150 kg kann im Vergleich zum ehemals eingesetzten Minden-Dorstfeld-Drehgestell erzielt werden [3].



Bild 1: Standard-Y25-Drehgestell. © Benoît Huberty

Das kompakte Fahrwerk besteht nur aus den Baugruppen Rahmen, Radsätze mit Lagerung und Führung sowie der Bremseinheit. Alle Bauteile sind als Standard-Komponenten erhältlich und können mit gängigen Fertigungsverfahren hergestellt werden. So werden für den Rahmen Blechteile verwendet, die zusammengeschweißt werden. Gegossene Bauteile wie der Radsatzhalter und das Lagergehäuse und Schmiedebauteile wie die Radsätze, Bremsdreiecke und Bremshebelverbinder kommen zum Einsatz. Einfache Systeme, wie die Verwendung von Klotzbremsen, die aus einer Bremssohle und einem Bremsklotzhalter bestehen, und Prinzipien, wie die lastabhängige Lenoir-Dämpfung, tragen zu einer simplen Konstruktion bei.

2.2 Interoperabilität

Die Nutzung des standardisierten Y25 erleichtert den interoperablen Betrieb im europäischen Schienengüterverkehr. Die Eigenschaften und Kompatibilitäten, die ein Güterwagen-Drehgestell für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb in Europa mit anderen Teilsystemen und Schnittstellen aufweisen muss, sind in [4] als technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem "Fahrzeuge - Güterwagen" des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems vorgegeben. Für neue oder veränderte Fahrwerke gilt, die Eigenschaften zur Sicherheit gegen Entgleisen und zur Fahrstabilität zu erfüllen, damit sie ohne aufwändige Nachweise verwendet werden können [4]. Da zahlreiche Varianten des Y25 in der Spezifikation als Beispiele für interoperable Drehgestelle aufgeführt sind, ist bei einer neuen oder veränderten Variante kaum ein umfangreicher Zulassungsprozess durchzuführen. Durch den hohen Standardisierungsgrad sind die Komponenten und Instandhaltungsprozesse in ganz Europa bekannt, sodass die europaweite Instandhaltung erleichtert wird [5].

2.3 Vereinfachter Zulassungsprozess

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt, lässt sich das Zulassungsverfahren für neue oder veränderte Y25-Drehgestelle beschleunigen, wenn sie die Anforderungen der TSI zum Teilsystem "Fahrzeuge - Güterwagen" des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems erfüllen. Eine weitere Vereinfachung im Zulassungsprozess für neue Güterwagen-Fahrwerke ermöglicht die DIN EN 16235 [6], in der die Befreiung der Güterwagen von Streckenfahrversuchen beschrieben wird. Es müssen demnach mit neuen Fahrwerken, die die

in der Norm aufgeführten Parameter erfüllen und innerhalb der festgelegten konstruktiven Grenzwerte liegen, für den Zulassungsprozess keine Streckenfahrversuche unternommen werden. Die Eigenschaften des Y25 zum dynamischen Fahrverhalten und zu den betrieblichen und konstruktiven Grenzen sind in der Norm gelistet, sodass der Zulassungsprozess für neue Y25-Drehgestelle vereinfacht werden kann [6]. Die Entwicklung und Nutzung des Y25 wird auf diese Weise attraktiver gestaltet, da es schnell und mit wenig Aufwand in Betrieb genommen wird.

2.4 Lebenszykluskosten

Ein ausschlaggebendes Kriterium bei der Wahl eines Güterwagendrehgestells sind die Lebenszykluskosten (LCC), die im Vergleich zu anderen Fahrwerken beim Y25 besonders niedrig sind. Grund dafür sind die vorher genannten Vorteile. Die Produktion einfacher und standardisierter Bauteile in hoher Stückzahl mit herkömmlichen Fertigungsverfahren reduziert die Komponentenkosten. Die Verwendung simpler Konstruktionsprinzipien wie im Lenoir-Dämpfer erleichtert sowohl die wartungstechnische Handhabung als auch eine kostengünstige Fertigung [7]. Das Auslassen von Schritten im Zulassungsprozess führt zu einer weiteren Kostenersparnis bei der Einführung neuer, vom Y25 abgeleiteter Fahrwerkvarianten, da keine teuren Streckenversuche oder Prüfstandtests durchgeführt werden müssen. Neu entwickelte Güterwagendrehgestelle, die als Alternative zum Y25 eingesetzt werden könnten, können aus wirtschaftlichen Gründen kaum mit dem Y25 konkurrieren.

3 Grundaufbau

3.1 Rahmen

Der Rahmen als zentrales Element stellt die Schnittstelle zu den angrenzenden Systemen Wagenkasten, Radsätze, Radsatzführung und Bremseinheit dar. Er besitzt Kopfquerträger zur Steigerung der Torsionssteifigkeit. Der Wagenkasten stützt sich über Gleitstücke am Rahmen ab und ist über die Drehpfanne im Querträger mit dem Rahmen verbunden, sodass Rotationsbewegungen des Fahrwerks relativ zum Wagenkasten um alle drei Achsen möglich sind. Eine Schnittstelle zu den Radsätzen erfolgt über gegossene Radsatzhalter, die an den Längsträgern angeschweißt werden. An den Kopfquerträgern und am Querträger sind Aufhängungspunkte für Klotzbremsen vorgesehen. Mittige Längsträger fungieren als Aufhängungsvorrichtung für die Bremsausrüstung. In den ersten Entwicklungsjahren wurden gegossene Rahmen verwendet, heute hat sich die geschweißte Blechkonstruktion etabliert, die in *Bild 2* als vereinfachtes CAD-Modell dargestellt ist.

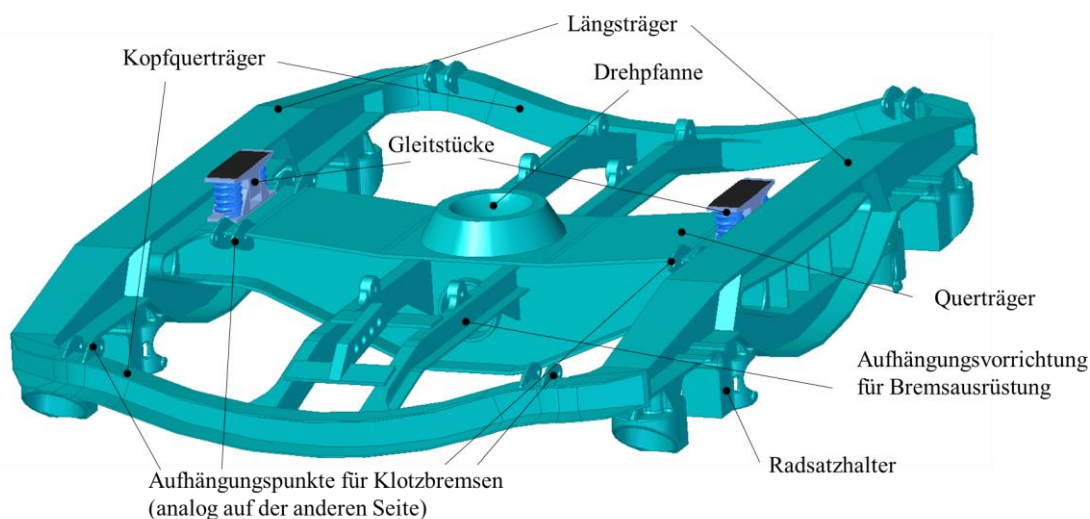


Bild 2: Geschweißter Y25-Rahmen als CAD-Modell. Eigene Abbildung, Modell aus [8]

3.2 Radsatzführung

Die Radsatzführung ist in *Bild 3* links als Foto und rechts als Prinzipskizze zu sehen. Das Y25 verfügt, wie üblich bei Güterwagen, nur über eine Primärfederung, die zur Erhöhung der Steifigkeit bei begrenzt verfügbarem Bauraum über ineinander verschachtelte Schraubenfedern realisiert wird. Eine lastabhängige Reibungsdämpfung wird über den Lenoir-Dämpfer sichergestellt: Bei Lasterhöhung sinkt der Drehgestellrahmen gegenüber dem gegossenen Radsatzlagergehäuse ab. Durch den Zapfen am Radsatzhalter und die Schrägstellung der Schake wirkt eine horizontale Kraft auf den Federteller, der gegen den Druckstößel drückt. Der Druckstößel wird daraufhin gegen das Radsatzlagergehäuse bewegt. An den Reibflächen, die sowohl am Radsatzlagergehäuse als auch am Radsatzhalter und dem Druckstößel angebracht sind, findet die lastabhängige Dämpfung statt.

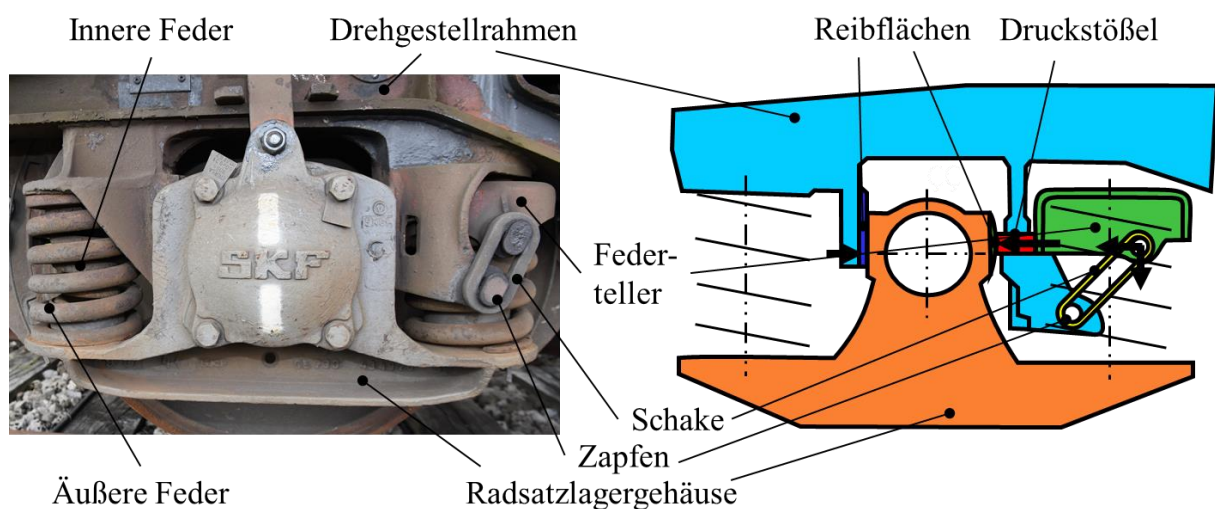


Bild 3: Radsatzführung, links: im Drehgestell verbaut. © Benoît Huberty. Rechts: als Prinzipskizze in Anlehnung an [9]

3.3 Radsatz und Bremsausrüstung

Wie bei anderen Fahrwerken besteht auch ein Güterwagen-Radsatz aus einer Radsatzwelle, auf die zwei Monobloc-Räder kraftschlüssig gepresst werden [10]. Sowohl Welle als auch Räder werden geschmiedet. Pro Y25 sind zwei Radsätze eingebaut, die an den Radsatzenden über Zylinderrollenlager im Lagergehäuse gelagert sind. Beim Y25 beträgt die zulässige Radsatzlast 22,5 t, was bei Güterwagen in der Regel zu einer zulässigen Gesamtbelastung von 90 t führt.

Das Y25 verfügt über doppelseitig wirkende Klotzbremzen pro Rad. Die Klotzbremse, die in *Bild 4* zu sehen ist, besteht aus einem Bremsklotzschuh, in dem die beim Bremsvorgang angelegte Bremsklotzsohle über einen Verbindungskeil befestigt wird. Die Sohlen bestehen aus einem Komposit-Material, die gegenüber den ehemals verwendeten Grauguss-Sohlen eine geringere Schallemission aufgrund der Materialelastizitäten hervorrufen. Über ein Bremsklotzhängeeisen wird die Klotzbremse am Rahmen aufgehängt. Die Verbindung der Klotzbremzen wird über ein Bremsdreieck realisiert, das über Hebel und Gelenke an das Bremsgestänge angebunden ist, welches sich über den mittleren Rahmen-Längsträger abstützt.



Bild 4: Klotzbremse und Bremsdreieck. © Benoît Huberty

4 Varianten des Y25-Drehgestells

Mit der Nutzung des Y25 gehen die oben erwähnten Vorteile einher. Jedoch weist das Fahrwerk schlechte Laufeigenschaften bei schneller Geradenfahrt auf und lässt wegen fehlendem Längsspiel keine Radialeinstellung der Radsätze zu. Aus diesem Grund besteht die Notwendigkeit, Drehgestelle mit optimiertem Fahrverhalten zu entwickeln. In der Vergangenheit wurden diverse Neuentwicklungen durchgeführt, die das Standardfahrwerk ersetzen sollten. Aus wirtschaftlichen Gründen konnten sie sich jedoch nicht durchsetzen. Es ist daher naheliegend, auf Basis des Y25 Weiterentwicklungen in der Konstruktion zu erreichen. Im Folgenden werden daher Weiterentwicklungen basierend auf der Konstruktion des Y25 vorgestellt.

4.1 Y25-Abwandlungen

Basierend auf dem Y25 existieren leicht veränderte Drehgestelle, die ebenfalls durch eine Kombination aus dem Buchstaben „Y“ und einer zweistelligen Zahl gekennzeichnet werden. Im Aufbau unterscheiden sich die Drehgestelle vom Y25 u. a. im Radsatzabstand, in der Rahmenkonstruktion und der zul. Achslast [11]. Das Laufverhalten ist zum Y25 aufgrund der Starrachsführung vergleichbar. Die Abwandlungen wurden im Laufe der Zeit für gewisse Einsatzgebiete entwickelt. In *Tabelle 1* sind sowohl für das Y25 als auch die Abwandlungen die Hauptmerkmale zusammengefasst.

Drehgestell	Hauptmerkmale			
	Radsatzstand	Radsatzlast	Bremsausrüstung	Rahmen
Y25 [12]	1.800 mm	22,5 t	Doppelseitig wirkende Klotzbremsen pro Rad	mit Kopfquerträgern
Y27 [13; 14]	1.800 mm	22,5 t	Einseitig wirkende Klotzbremse pro Rad	Ohne Kopfquerträger
Y29 [15]	2000 mm	14,75 t	Einseitig wirkende Klotzbremse pro Rad	Ohne Kopfquerträger
Y31 [16]	1.800 mm	18 t	Zwei Scheibenbremsen pro Radsatz	Ohne Kopfquerträger, niedriger Hauptquerträger

Y33 [17–20]	2.000 mm	Variabel, im Bereich 14 t – 22,5 t	Einseitig wirkende Klotzbremse pro Rad	Ohne Kopfquerträger
Y35 [15]	2.200 mm	16 t	Einseitig wirkende Bremsanlage	Ohne Kopfquerträger
Y37 [21]	2.300 mm	16 t	Kombination aus zwei Scheibenbremsen und einseitig wirkenden Klotzbremsen	Ohne Kopfquerträger

Tabelle 1: Eigenschaften des Y25-Drehgestells und seinen Abwandlungen

Aktuell werden die Abwandlungen Y27, 31 und 33 auf dem Markt angeboten. Durch fehlende Kopfquerträger sind das Y27 und Y33 mit einseitig wirkenden Klotzbremsen ausgestattet. Nachteilig ist das Verschieben des Radsatzes durch die einseitig wirkende Bremskraft. Jedoch ist das Y27 mit 4,2 t Gewicht leichter als das Y25. Das Y33 weist aufgrund des vergrößerten Radsatzstands von 2 m ein verbessertes Laufverhalten auf gerader Strecke auf, nimmt aber dementsprechend mehr Bauraum ein und besitzt im Bogen einen höheren Anlaufwinkel, der zu höherem Verschleiß führt. In moderne Y31 werden als Alternative zu Klotzbremsen Wellenscheibenbremsen eingebaut, mit denen ein geringerer Radverschleiß und somit ein verbessertes akustisches Verhalten erzielt wird. Im Gegensatz zu den Klotzbremsen sind sie teurer in der Anschaffung und erhöhen die ungefederten Massen, die zu einer höheren Gleisbeanspruchung führen.

Einsatzgebiete des Y27 sind allgemein Güterwagen und Spezialwagen wie Selbstentladewagen oder Gleisbaumaschinen. Y31 und Y33-Drehgestelle finden aufgrund kleinerer Laufkreisdurchmesser Anwendung in Wagen des kombinierten Verkehrs.

Die Abwandlungen Y29, 35 und 37 sind derzeit in Güterwagen nur selten vertreten. Dies ist auf die geringen zulässigen Radsatzlasten, die mit dem Wunsch nach höheren Transportmengen im Widerspruch stehen [5], und auf eine größere Bauraumbeanspruchung und höherem Radverschleiß im Bogen durch große Radsatzstände zurückzuführen.

4.2 Y25-Drehgestelle mit radialer Einstellbarkeit

Im Folgenden werden das Drehgestell Bauart 684 (DB), Y25 Orientable und das TVP 2007 vorgestellt, bei denen eine radiale Einstellbarkeit der Radsätze ermöglicht wird.

4.2.1 DB Bauart 684

Bereits in den 1970er Jahren gab es Untersuchungen zu Drehgestellen mit radialer Einstellbarkeit durch die deutschen Firmen Wegmann, Talbot und Linke-Hofmann-Busch [1]. Letztere entwarf ein Drehgestell, das bei der DB als Bauart 684 eingesetzt wurde, s. *Bild 5*. Obwohl bei Geradeausfahrt mit hohen Geschwindigkeiten lauftechnische Nachteile auftraten, wurden diese Fahrwerke wegen der guten radialen Einstellbarkeit in kleiner Serie betrieben [1; 22].

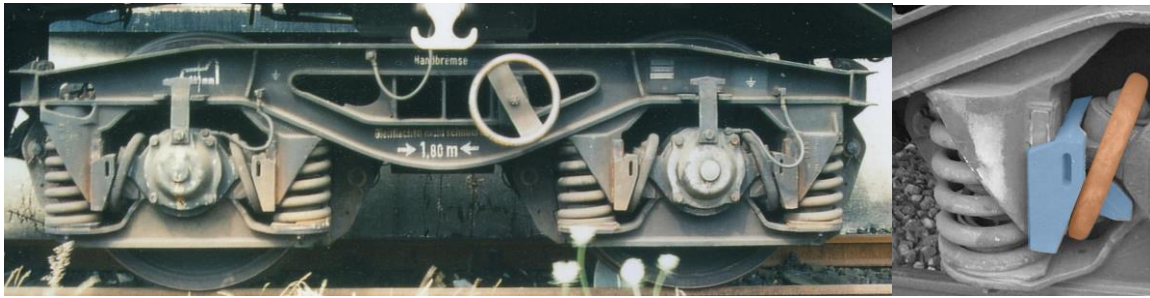


Bild 5: links: Drehgestell Bauart 684 in Seitenansicht © Hermann Jahn, rechts: eine Hälfte der Radsatzführung © Severin Dünnbier. Farbliche Ergänzung durch Autoren

In *Bild 5* rechts ist eine Hälfte der Radsatzführung zu sehen. Für die radiale Einstellbarkeit sind zwischen den Radsatzhaltern und den Lagergehäusen Führungskeile (blau) mit seitlichen Anschlägen eingesetzt, mit denen ein größeres Querspiel und ein Längsspiel ermöglicht werden. Die Verbindung der Führungskeile zu den Lagergehäusen ist durch quersitzende Schaken (orange) realisiert, die eine Reibungsdämpfung bewirken [22].

4.2.2 Y25 Orientable

Die SNCF entwickelte zunächst das konventionelle Y25, als Fahrwerk ohne radial einstellbare Radsätze. Da das französische Schienennetz kaum Kurven mit Radien kleiner als 900 m aufweist, sind die vorherrschenden Anlaufwinkel klein und es wurden diesbezüglich kaum Verschleißprobleme festgestellt. Um aber den Markt im Ausland mit kurvenreichen Strecken bedienen zu können, wurden 1973 Untersuchungen zu Y25 mit radial einstellbaren Radsätzen, Y25 Or, durchgeführt. Die radiale Einstellbarkeit wurde über ein Längsspiel durch eine beidseitige Anordnung des Lenoir-Dämpfers in der Radsatzführung realisiert, wie in *Bild 6* zu sehen ist.

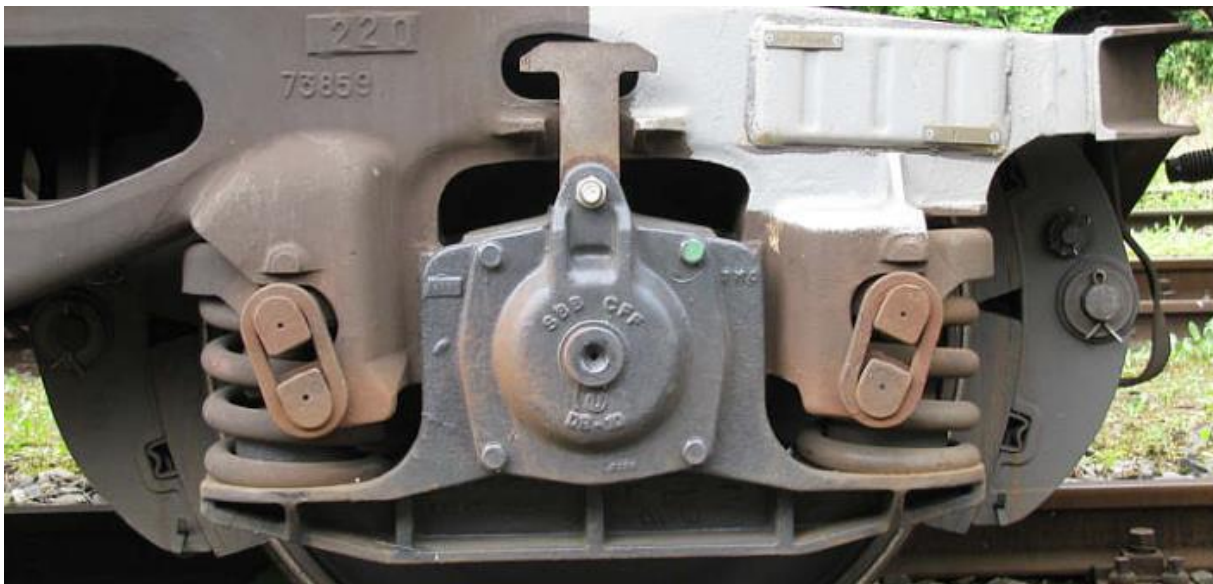


Bild 6: beidseitige Anordnung der Lenoirdämpfer © Hermann Jahn [23]

In Zusammenarbeit mit der Firma Sambre et Meuse wurden Y25-Drehgestelle mit gegossenen Rahmen getestet. Eine ausreichende Stabilität bei einer Maximalgeschwindigkeit von 130 km/h auf einer Strecke von mehreren hundert Kilometern konnte nachgewiesen werden. Bei Kurven mit einem Radius von 150 m wurde ein akzeptabler Anlaufwinkel von $0,286^\circ$ festgestellt. Im Vergleich zu einem konventionellen Y25 wurden in der Schweiz bei einer

Bogenfahrt mit 300 m Radius und 20 t Radsatzlast bei dem Y25 Or nur nahezu halb so große Kräfte zwischen Rad und Schiene gemessen wie bei der Variante ohne einstellbare Radsätze. Das Fahrwerk verbreitete sich jedoch aufgrund mangelnder Rentabilität nicht, da die meisten Schienenfahrzeuge über Schmiereinrichtungen für die Spurkränze verfügten. Die Kosten für die Spurkranzschmierung fielen im Vergleich zu den zusätzlichen Kosten, die durch die radiale Einstellbarkeit im Y25 Or verursacht wurden, geringer aus [15].

4.2.3 TVP 2007

Ein moderneres Fahrwerk mit radialer Einstellbarkeit ist das TVP 2007 vom slowakischen Unternehmen Tatravagónka a.s. Poprad. Es basiert auf dem Y25 Or, ist aber mit geschweißtem Rahmen ausgeführt und für max. 25 t Radsatzlasten ausgelegt [5]. Für die radiale Einstellung ist eine Längsführung mit Spiel durch beidseitige Lenoir-Dämpfer gegeben [24]. Die Kopplung der Radsätze über Kreuzanker, die am Lagergehäuse befestigt werden, stellt die gegenläufige Einstellung der Radsätze sicher.

Ein Vergleich zwischen dem konventionellen Y25 und dem TVP 2007 wird in [24] über Messfahrten durchgeführt. Ein Güterwagen mit Y25-Drehgestellen und ein Güterwagen mit TVP-Fahrwerken befuhren die gleiche Strecke von Österreich über Deutschland bis in die Niederlande. Anhand der geringeren Änderung des Laufkreisradius und der Spurkranzhöhe konnte gezeigt werden, dass das TVP 2007 eine um 30 % höhere Laufleistung als das Y25 aufweist. Der Verschleiß des Spurkranzes wurde als 50 % geringer als beim Y25 festgestellt, der der Laufflächen als 30 % geringer. Bei der Radprofilierung muss beim TVP 2007 daher weniger Material abgetragen werden [24].

Die Verwendung von TVP 2007-Fahrwerken ist aufgrund der radialen Einstellbarkeit vorteilig für kurvenreiche Strecken, wie z. B. für das österreichische Streckennetz. Rail Cargo Austria betreibt derzeit einige Tausend Güterwagen mit diesen Drehgestellen [5]. Jedoch sind auch hier die Mehrkosten, die durch die aufwändigere Konstruktion der doppelten Lenoir-Dämpfer sowie Kreuzanker entstehen, ein hindernder Faktor zur Verdrängung des Y25.

5. Schlussbetrachtung

Das Standard-Drehgestell Y25 für Güterwagen konnte sich in Europa über die letzten Jahrzehnte aufgrund der einfachen und kompakten Bauweise mittels standardisierter Bauteile, der erfüllten Anforderungen für Interoperabilität, des vereinfachten Zulassungsprozesses und niedriger LCC durchsetzen. Allerdings sind das instabile Fahrverhalten und hoher Verschleiß beim Y25 einige der Gründe, verbesserte Fahrwerke zu entwickeln. Angesichts der Wirtschaftlichkeit ist es sinnvoll, Drehgestelle auf Basis des Y25 herzustellen. Insbesondere hat das Y27 Potential, mit dem Y25 zu konkurrieren, jedoch bringt es den Nachteil der einseitigen Bremswirkung mit. Drehgestelle mit radialer Einstellbarkeit wie das TVP 2007 sind in kurvenreichen Gleisnetzen von Vorteil. In allen Fällen müssen neue Drehgestelle mindestens vergleichbare oder niedrigere LCC bei besserem Laufverhalten aufweisen, um das Y25 verdrängen zu können.

Literatur

- [1] v. *Madeyski, T.*: Die Güterwagen-Drehgestelle Y 25 und 665. ETR 27 (1978), S. 713–718.
- [2] *Jahnke, B.*: Standardisierung in der Güterwagentechnik - quo vadis? ETR 27 (1978), S. 17–22.
- [3] Güterwagen-Drehgestelle. Minden Dorstfeld, DB Bauart 931.
<http://www.drehgestelle.de/3/MD%202019%2002%20DB%20MiDo%20Daten%20931%203%2002%202011%2018.pdf>, abgerufen am 28.06.2023.
- [4] Entscheidung der Kommission vom 28. Juli 2006 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge - Güterwagen“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. 2006/861/EG 8.12.2006.
- [5] *Scholdan, D.*: Neue Güterwagendrehgestelle - eine Bestandsaufnahme. ifs RWTH Aachen 2014.
- [6] DIN EN 16235: Bahnanwendungen – Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen – Güterwagen – Bedingungen für Güterwagen mit definierten Eigenschaften zur Befreiung von Streckenfahrversuchen nach EN 14363: Beuth Verlag, GmbH, Berlin Juni 2022.
- [7] *Keudel, J., Theiler, A., Böhmer, A.*: Modellierung des Drehgestells Y25 für MEDYNA. ZEVrail Glas. Ann. 127 (2003), S. 212–225.
- [8] Drehgestell Y 25 mit Bremse / Bogie Y25 with brake | 3D CAD Model Library | GrabCAD.
<https://grabcad.com/library/drehgestell-y-25-mit-bremse-bogie-y25-with-brake-1>, abgerufen am 19.09.2023.
- [9] *Jahn, H.*: Güterwagen-Drehgestelle: Y 25 - Federung.
http://www.drehgestelle.de/6/y25_0_fed.html, abgerufen am 06.07.2023.
- [10] *Haigermoser, A.*: Schienenfahrzeuge. Vorlesungsskriptum 2002.
- [11] *Jahn, H.*: Güterwagen-Drehgestelle: Y 25. http://www.drehgestelle.de/6/y25_t.html, abgerufen am 16.06.2023.
- [12] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y25Lsd1.*
https://www.elh.de/fileadmin/template/img/prospekte/01_Y25Lsd1.pdf, abgerufen am 16.06.2023.
- [13] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y27Ls.*
https://www.elh.de/fileadmin/template/img/prospekte/13_Y27Ls.pdf, abgerufen am 16.06.2023.
- [14] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y27 - Kompakte Variante in der Y25-Familie.*
<https://www.elh.de/produkte/y27>, abgerufen am 16.06.2023.
- [15] *Daffos, J.*: Les développements du bogie Y 25 depuis 1971. REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DER FER (1987), S. 5–15.
- [16] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y31Lssi(f)-K-D.*
https://www.elh.de/fileadmin/template/img/prospekte/19_Y31Lssi_f_-K-D.pdf, abgerufen am 16.06.2023.
- [17] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y33Lsi-Fsp-265 kW.*
https://www.elh.de/fileadmin/template/img/prospekte/29_Y33Lsi-Fsp-265_kW.pdf, abgerufen am 16.06.2023.
- [18] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y31 und Y33 - Vielfältige Einsatzmöglichkeiten und geringe Aufstandshöhe.* <https://www.elh.de/produkte/y31-/y33>, abgerufen am 16.06.2023.
- [19] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y33Lss-730-UK.*
https://www.elh.de/fileadmin/template/img/prospekte/18_Y33Lss-730-UK.pdf, abgerufen am 16.06.2023.
- [20] *Eisenbahnlaufwerke Halle: Y33Cssi(f)-Si-UK.*
https://www.elh.de/fileadmin/template/img/prospekte/22_Y33Cssi_f_-Si-UK.pdf, abgerufen am 16.06.2023.
- [21] Dvojnápravový podvozok Y37 VVR. <http://parostroj.net/>, abgerufen am 20.06.2023.

- [22] *Jahn, H.*: Güterwagen-Drehgestell Bauart DB 684/LHB. ("Y 25 Csi<f>od").
http://www.drehgestelle.de/6/684_doku_3_hjh.pdf, abgerufen am 19.06.2023.
- [23] Y25 mit radial einstellbaren Radsätzen. http://www.drehgestelle.de/6/Y25_or_orsbb.html,
abgerufen am 20.07.2023.
- [24] *Moravčík, M., Ornig, C., Domanický, F., Joch, M.*: Ergebnisse eines Monitorings von Güterwagen
–Vergleich zwischen dem herkömmlichen Fahrwerk Y25 und dem innovativen Fahrwerk TVP2007.
ZEVrail 140 (2016).