

Einführung neuer Fahrzeuggeneration für den Massenmarkt im europäischen Schienengüterverkehr

Aktuell erobern sechssachsige Duallokomotiven von Stadler Rail den europäischen Schienengüterverkehr. Durch die hohe Dieselleistung, bei gleichzeitig voller Leistungsfähigkeit unter dem Fahrdraht und in Kombination mit der hohen Zugkraft von sechs Achsen, bilden diese Lokomotiven eine neue Klasse für den europäischen Schienengüterverkehr. Dies sowohl im Segment der schweren dieselbetriebenen Güterzüge wie zukünftig auch im Bereich der Korridorzüge über mehrere Länder hinweg.



Stadler Rail Valencia produziert seit längerem schwere sechssachsige Diesel-Lokomotiven. Aktuell werden diese Produkte zu verschiedenen Duallokomotiven weiterentwickelt. Seit 2019 verkehrt die erste EuroDual Lokomotive in Frankreich, in Deutschland wurde der Betrieb im Winter dieses Jahres aufgenommen, Norwegen und Schweden folgen aktuell. Die Kunden sind mit den bisherigen Erfahrungen sehr zufrieden. Die EuroDual definiert mit 500 kN Zugkraft und bis zu 7 MW elektrischer sowie einem Diesel mit 2.8 MW Leistung eine neue Klasse von Lokomotiven. Sie ermöglicht den effizienten Betrieb in Netzen mit teilweiser Elektrifizierung. Die elektrische Leistung von 6-7 MW im Fahrleitungsmodus entspricht der gewohnten Fahrdynamik moderner Elektro-Lokomotiven, der 2.8 MW Diesel bietet eine vergleichbare Performance wie die heutigen Diesellokomotiven auf Hauptlinien ohne Fahrleitung. Die EuroDual ist eine zeitgemässe Alternative zu den bestehenden Diesel-Baureihen wie die Br232, Br130 oder die Class66.

Die Euro9000 ist eine zweite Duallokomotive, diese wird als vollwertige Multisystem-Korridor-Lokomotive bis Ende 2022 entwickelt und zugelassen. Mit einer Anfahrtszugkraft von ebenfalls 500 kN und bis zu 9 MW elektrischer Leistung ermöglicht sie eine vergleichbare Performance der Zugfahrt bei 50% mehr Anhängelast im Vergleich zu heutigen Korridorlokomo-

tiven! Je nach Gegebenheiten der Zugscharakteristik ist die Euro9000 in der Lage die heutige Doppeltraktion von BoBo Lokomotiven vollwertig zu ersetzen. Die Euro9000 ist weiter mit zwei Dieselmotoren mit einer Leistung von 1.9 MW ausgestattet, somit ist sie in der Lage die DC-Fahrleitungen welche nicht ausreichend leistungsfähig sind, mit dem Diesel zu unterstützen. Dies ermöglicht bei bekannter Performance eine Steigerung der Anhängelast um mindestens 25%. Die erste Variante wird für Deutschland, Österreich, Schweiz, Italien, die Niederlande und Belgien ausgerüstet. European Loc Pool, ein neues Leasingunternehmen für Lokomotiven, hat als Erstkunde 10 Euro9000 in der genannten Konfiguration bestellt und bietet diese aktuell den Eisenbahnverkehrsunternehmen zum Full-Service-Leasing an.

Die erfolgreiche Einführung dieser neuen Klassen von Lokomotiven bedarf einiger Neuabstimmungen im Gesamtsystem Eisenbahn. Dieser Artikel beschreibt die Herausforderungen und Chancen der Einführung.

1. Gesamtbetrachtung Eisenbahn-Güter-Transport

In den letzten Jahrzehnten sind in Europa kaum neue Flotten sechssachsiger Lokomotiven in Betrieb genommen worden. Die regelmässig aktualisierten BoBo Lokomotiven waren aus der Sicht Bahn-



Willem Goosen

Chief Executive Officer (CEO)
European Loc Pool AG
willem.goosen@europeanloc-pool.com



Stefan Hofstetter

Chief Technology Officer (CTO)
European Loc Pool AG
Stefan.hofstetter@europeanloc-pool.com

Güter-Transport meist ein 1:1 Ersatz mit Ausnahme des erweiterten länderüberschreitenden Betriebs und zusätzlicher Zugsicherungssysteme. Um die Veränderungen zu verstehen, die die Einführung der EuroDual- und Euro9000-Lokomotiven mit sich bringen, werden wir jetzt eine Gesamtbetrachtung vornehmen und analysieren, wo sich die Einflüsse der Neuerungen auswirken.

Die Einführung erfolgt im Dreieck aus Infrastruktur, den neuen Maschinen und dem Produktionsplan. Die Infrastruktur ist die Begrenzung durch die Trassierung mit dem einseitigen Faktor des Streckenwiderstands. Der Streckenwiderstand wiederum besteht aus dem dominanten

Steigungs- sowie den untergeordneten Kurven- und Tunnelwiderständen. Bei der elektrischen Eisenbahn beeinflusst die Infrastruktur zusätzlich noch die maximal für die Bahnproduktion zur Verfügung stehende Energie.

Die Maschine im System Eisenbahn ist der Zugsverband. Dieser ist klassisch als Kombination aus Lokomotive und mehreren Wagen, als Wagenzug definiert. Der Wagenzug beeinflusst durch seine Parameter den Widerstand des Zugverbandes massgeblich. Hauptsächlich definiert die Lokomotive für die positive Beschleunigung des Zugverbandes durch die Zugkraftkennlinie. Minder dominant sind die Widerstände der Lokomotive. Lokomotiven mit alternativen Antrieben zur Fahrleitung sind zudem durch den Energiespeicher in der Reichweite in Abhängigkeit des Energieverbrauchs beschränkt. Der Zugverband aus Lokomotive und Wagenzug definiert zusammen die Performance der negativen Beschleunigung. Innerhalb des Zugverbandes besteht ein eigenes System aus Mechanik, Pneumatik, Elektrik und Steuerung. Das System innerhalb des Zugverbandes ist auf freiwilliger Basis in den Konzepten des RIC/RIV oder neuer als TEN-GE standardisiert [1] und beschränkt einzelne Faktoren im Gesamtsystem. Der Fahrplan als Produktionsplan der Eisenbahn ergibt die Produktionskapazität des Gesamtsystems. Der Fahrplan setzt sich aus den Möglichkeiten und Restriktionen der Infrastruktur und der Zugsverbände zusammen.

Faktoren von allen drei Teilsystemen Fahrzeug, Infrastruktur und Fahrplan wirken auf die Fahrdynamik ein. Diese ist der Kompromiss aus den physikalischen Limitierungen und den politisch gewünschten oder ökonomisch besten Angeboten im Fahrplan.

Das oben beschriebene System mit den zahlreichen Faktoren hat sich seit der Entstehung unterschiedlich weiterentwickelt. Dies hängt einerseits mit den Kosten der Veränderungen, den langen Lebenszyklen von Teilsystemen und der historischen Entwicklung von der politisch gewollten Separierung zu Beginn hin zur aktuellen Vereinheitlichung in Europa zusammen. Die Interaktion mit dem System Lokomotive hat sowohl positive wie auch negative Einflüsse. Die Einführung der Sechssachslokomotiven weicht bei verschiedenen Punkten der Leistungsfähigkeit und der Interoperabilität von den bekannten Lokomotiven ab.



1: Euro9000 Dualmode Mehrsystemlokomotive mit 500kN Zugkraft und 9MW Leistung
Quelle European Loc Pool AG.

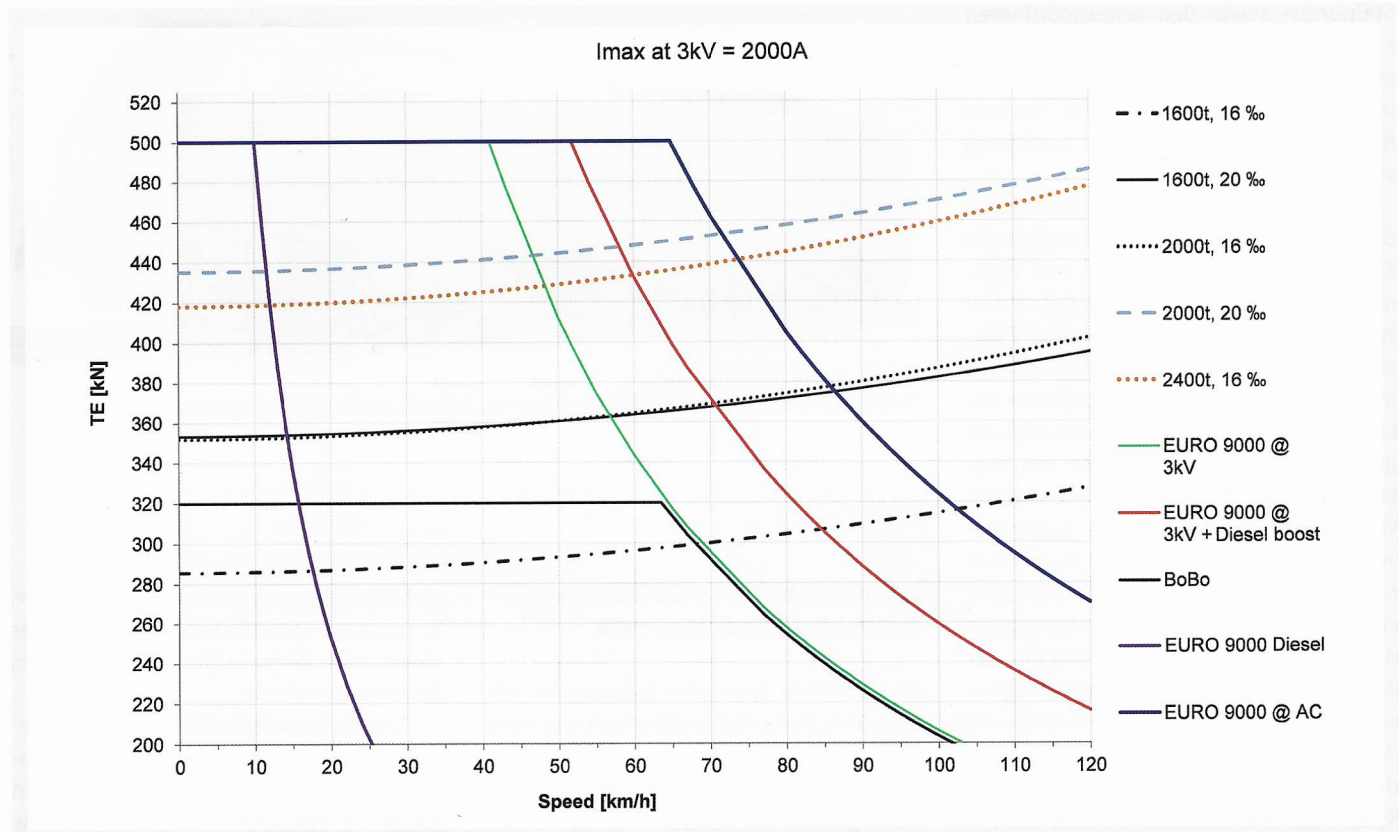
2. Einflussfaktoren zur Einführung von sechssachsigen Duallokomotiven

Grundsätzlich kann eine Lokomotive mit über 50% mehr Anfahrtszugkraft und 50% höherer Leistung die Anhängelast um mehr als die Hälfte erhöhen. Die Fahrplananforderungen an das Beschleunigungsvermögen, die Höchstgeschwindigkeit sowie die hauptsächliche Fahrgeschwindigkeit sind in den letzten Jahrzehnten stetig gestiegen [2]. Parallel dazu sind die Trassierungen von Neubaustrecken nicht in dem Masse verbessert worden wie mit den Initiativen der „Flachbahn“ versprochen wurde. Hinzu kommt, dass jeweils der extremste Widerstand eines einzigen Teilstücks einer Zugfahrt die Anhängelast begrenzt. Moderne Neubaustrecken, welche für den gemischten Betrieb gebaut wurden, sind unter der undifferenzierten Regulation der TSI Infrastruktur entstanden. Dieses Regularium wurde ursprünglich für den Bau von Hochgeschwindigkeitsstrecken als TSI Highspeed herausgegeben und erlaubt in Bezug auf die Trassierung bislang unverändert Steigungen bis 35‰. Zusätzlich ist in der europäischen Norm EN 13803 keine verbindliche Vorgabe für die Längs-Trassierung zu finden. Heute finden sich vereinzelt in nationalen Regelungen gute Trassierungsvorschriften für Neubaustrecken, so definiert die ÖBB in der Trassierungsvorschrift für Hauptstrecken eine maximale Steigung von 8‰ oder eine entsprechende Reduktion, wenn andere Widerstände wie der Tunnelwiderstand hinzu kommen. Die Deutsche EBO regelt die maximale Trassierung für Hauptstrecken pauschal auf 12,5‰. Für einen effizienten Güterverkehr sind ganze Korridore mit vereinheitlichten Vorschriften zur Trassierung im Hinblick auf

den Widerstand zu konzipieren, ansonsten bringen die vorbildlichen Vorschriften des einen keine Wirkung für die Effizienz des Schienentransports.

Die Achskonfiguration mit zwei Co-Drehgestellen liegt innerhalb der Standardkonfigurationen der Norm, jedoch am Rande der Infrastrukturmöglichkeiten. Die Drehgestelle sind durch freies Querspiel der mittleren Achse schienenfreundlich konstruiert. Der Umgang mit der Streckenbefahrbarkeit wird in jedem Land durch die Achslast in Kombination mit dem Achsstand differenziert definiert. Diese Situation erfordert einen hohen Aufwand bei der Prüfung vor der Nutzung. Einzelne Länder erlauben die Befahrung von Strecken ab C4, D2 oder D4 ohne weitere Einschränkungen. Andere Länder überprüfen detailliert die Strecken und stufen die Klassifizierung der Strecken anschliessend auf D4xL ein. Dritte Infrastrukturbetreiber finden Lösungen durch Geschwindigkeitslimitierungen auf beispielsweise 100 km/h für alle D4-Strecken. Diese Situation erfordert eine enge Zusammenarbeit von Hersteller und Infrastrukturbetreiber über das in den Gesetzen geforderte Mass hinaus.

Eine weitere Herausforderung ist die Fahrleitung. Je nach Typ, Ausbaustandard und Technologie endet die Leistungsfähigkeit je Zug bereits bei 4,5 MW. Für den Leistungsbedarf von 9 MW am Rad sind in Kombination mit den Verlusten und der Zugsammelschiene etwa 11 MW an der Fahrleitung notwendig. DC-Fahrleitungen sind aufgrund der tieferen Spannung auf maximal 6–7 MW limitiert. Die EuroDual Lokomotiven können im 1,5 kV DC Betrieb die Fahrleitung mit 2,8 MW boosten, die Euro9000 sind in der Lage die 3 kV DC Fahrleitung um 1,9 MW zu boosten. Diese Tech-



2: Zugkraftdiagramm Euro9000 Antriebsmöglichkeiten und verschiedene Güterzug-Beispiele

Quelle Stadler Rail AG

nologie ermöglicht eine stark verbesserte Fahrdynamik oder im Verhältnis zur Leistung der Fahrleitung mehr Anhängelast. Auch 15 kV Fahrleitungen sind in gewissen Ländern grossteils auf 600 A Oberstrom begrenzt [3], was 9 MW an der Fahrleitung entspricht, dadurch kann der Zug nicht die volle Performance leisten und das Gesamtsystem wird in der Leistungsfähigkeit begrenzt. Diese Begrenzung, hat tiefere Anhängelasten, oder tiefere Geschwindigkeiten zur Folge. Das Instrument der regulatorischen Leistungsbegrenzung für die unterschiedlichen Zugarten, wie die tiefere Limitierung des maximalen Stroms für Güterzüge gegenüber Personenzügen ist dem freien Wettbewerb nicht angepasst, denn auch die Bremsleistung wird begrenzt. Die Leistungsfähigkeit der Fahrleitungen muss zwingend auf den Betrieb ausgelegt werden, denn nicht nur die Züge werden leistungsfähiger, auch die Anzahl der Züge in jedem Abschnitt wird mit dichtem Taktverkehr zunehmen.

Die Duallokomotiven sind heute problemlos in der Lage während der Fahrt beliebig vom einen in den anderen Traktionsmodus (Diesel oder Elektrotrieb) zu wechseln. Dies kann entweder manuell

durch den Lokführer oder durch die Signale der ETCS Balise erfolgen. Traktionswechsel A/B (Fahrleitung zu Diesel), Wert der Oberstrombegrenzung, Stromabnehmer heben und senken, Hauptschalter ein/aus kann alles von den Balisen über den ETCS Rechner in der Lok automatisch angesteuert werden. Die Fahrzeuge sind dafür ausgerüstet. Die Realität bei den Infrastrukturbetreibern sieht jedoch komplett anders aus. Falls Strecken bereits mit ETCS ausgerüstet sind, sind für diese Parameter nur spärlich Balisen verlegt. Am gravierendsten sind aktuell die Betriebsprozesse der Infrastrukturbetreiber in einem der ersten Einsatzländer der EuroDual, dieser ist nicht in der Lage mit einer Zugnummer beide Traktionsarten abzubilden. Daher ist für jeden Traktionswechsel ein Halt und ein Zugnummernwechsel vorzusehen. Dies reduziert nicht nur die gesamte Performance des Eisenbahnsystems, sondern verschwendet auch zusätzlich noch grosse Mengen an Energie. [4]

Heute berechnet jeder Infrastrukturbetreiber die Anhängelasten für lokbespannte Züge anhand von Formeln und Tabellen. Dabei wird die Charakteristik des Zugverbandes stark abstrahiert und wesentliche Differenzierungsmerkmale

im Wettbewerb ausser Acht gelassen. Diese Situation stammt noch aus der alten Staatsbahnzeit und standardisiert die Planung von Trassen im Fahrplan. Einige Berechnungsgrundlagen sind bereits heute individualisierter und können online abgefragt werden, andere sind aktuell noch primitive Tabellen, welche nicht einmal die Streckengeschwindigkeit berücksichtigen. Die reine Vorgabe von Anhängelasten ist für den Zugverband sehr undifferenziert und verhindert dadurch, dass innovative, optimierte Fahrzeugkonzepte ihre Vorteile ausnutzen können. Hier muss wesentlich mehr Gestaltungsspielraum an die Eisenbahnverkehrsunternehmen abgegeben werden. Ein erster Schritt mit der Prüfung der Streckenkompatibilität ist durch das vierte Eisenbahnpaket eingeführt worden. Der nächste Schritt muss die Verschiebung der Vorgaben von den Anhängelasten hin zu der Fahrperformance in Form der Zugkraft- und Widerstandskennlinie des Zugverbandes sein. Nur so können innovative EVU die vollen Vorteile von verbessertem Rollmaterial ausnutzen. Wird anschliessend ein digitaler Fahrplan spezifisch auf die Charakteristiken jedes Zugverbandes abgestimmt, so könnten beispielsweise allein

Die Euro9000 Lokomotiven werden die Korridorverkehre in Europa revolutionieren.

individuelle Geschwindigkeitsreduktionen in der Nacht eine 10–20% höhere Anhängelast bringen.

3. Fazit

Technologisch ist momentan alles möglich, die richtigen Innovationen zu finden, hängt sehr stark von der Veränderungsbereitschaft und dem Veränderungsdruck der Betreiber ab.

Die grossen Veränderungen in den Regularien bieten aktuell grosse Chancen, um effizientere Züge auf die Schiene zu bringen. Für die EVUs bietet sich in diesem Umfeld durch die Einführung neuer

Technologien wie die Duallokomotiven die Chance ihr USP neu zu definieren. Einzelne Technologien wie das ETCS bieten Chancen für grundlegende Veränderungen oder aber auch die schrittweise Verbesserung. Dies darf in der aktuellen Situation mit der Doppelbelastung durch dieses System nicht vergessen werden und daher darf die Weiterentwicklung des Systems gerade in diesem Status nicht gebremst werden.

Die Euro9000 Lokomotiven werden die Korridorverkehre in Europa revolutionieren. Die neuen Funktionen und Möglichkeiten

dienen der Diversifikation der Angebote und führen dadurch zu einem verbesserten Wettbewerb. Total hat European Loc Pool 50 Lokomotiven EuroDual und Euro9000 bestellt, alles Duallokomotiven mit Funkfernsteuerung für verschiedene Länder in Europa. Die Palette wird in naher Zukunft durch weitere Fahrzeug- und Länderkonfigurationen erweitert. Die Euro9000 wird an der InnoTrans im Frühling 2021 in Berlin zum ersten Mal vorgestellt. Zuvor werden die EuroDual Lokomotiven bereits ab 2021 in Österreich zugelassen und eingesetzt. ●

Literatur

Normen und Gesetze sind jeweils im Text angegeben

[1] TSI Wagon, (EU) 321/2013

[2] Güterzüge mit ep-Bremse und ETCS: Höhere Geschwindigkeit, weniger Verschleiss, ZEV Rail 143 (2019), Jobstfinke, Daniel; Gülker, Matthias; Hecht, Markus

[3] geovdbn.deutschebahn.com «Geo Viewer DB Netz Infrastrukturregister», abgerufen am 01.07.2020

[4] Railbusiness 03.02.20 «Bi-Mode-Loks: Netzzugang nicht trivial»

Summary

Launching new vehicle generation for the mass market in the European rail cargo transport

The European Loc Pool AG offers to the European rail cargo transport the new six-axle dual loc EuroDual and Euro9000 by Stadler Rail. Higher traction and more capacity allow an improved economy compared to today's traction concepts. This article shows chances and challenges of launching these modern class of locomotives.

Bahntaugliche M12-Steckverbinder aus der Schweiz.

Gimota hat auf der Basis der industriell bewährten M12 Steckverbindungstechnik und der Grundlage der Norm EN 61076-2-101 die freikonfektionierbaren Steckverbinder konsequent an die ergänzenden Bedürfnisse der Bahntechnik angepasst und nach EN50155 und EN45545-2 getestet.

Unsere komplette M12-Steckerfamilie verfügt über gedrehte Krimp-Kontakte und eine 360°-Schirmanbindung. Mit IP67 nach DIN EN 60529 bieten die Steckverbinder die erforderliche Schutzart, um den in der Bahntechnik zu erwartenden Einflüssen gerecht zu werden. Zudem ist die Ausführung extrem schlank und weist ein geringes Gewicht auf.

Ergänzend zu den Standard M12 Steckverbinder hat Gimota eine Dreipunkt-Bajonettverriegelung für die M12 Serie entwickelt. Basierend auf dem Normentwurf IEC 61076-2-011/ED1 ermöglicht diese Anschlussart die schnelle und einfache Verriegelung des Steckers ohne zusätzliches Werkzeug mit einer 90°-Drehung. Bei vollständiger Schliessung erfolgt eine direkte taktile und akustische Rückmeldung. Damit bieten die Gimota-Bajonett M12 Steckverbinder dem Anwender eine vereinfachte Handhabung und gleichzeitig eine sichere Übertragung von Signalen und Daten an. Die erhältlichen Printanschlusstecker, sowie die Kupplungsdozen sind zusätzlich mit einem Innengewinde im Steckbereich ausgestattet und garantieren somit 100% Rückwärtskompatibilität zu Standard M12-Steckverbindern mit Schraubgewinde.



Ergänzende Informationen unter: www.gimota.com

GIMOTA