FERRIERE CATTANEO SA
CH-6512 Giubiasco

Tel. ++41 (0)91 8509191
Fax ++41 (0)91 8509192
E-Mail fcsa@ferrierecattaneo.ch
MwSt-Nr. 184747

Im Auftrag der Schweizerischen Eidgenossenschaft

Vertragsnummer 1337000470
Untersuchung der Ursachen von Ausbröckelungen bei scheibengebremsten Güterwagen

Pos. 01 - Analyse der Betriebsergebnisse der T3000eD / T3000eD + Wagen und Spezifikation der Bremsstreckenversuche

Dok. Nr. **7776TS001**

Änderungs-Zustand und -Journal

Ausg.	Änderung	Name	Datum
1.0 DE	Erste Ausgabe	E.Moro	04.06.2020
1.1 DE	Ref. ergänzt	E.Moro	14.10.2020

Impressum

Auftraggeber: Schweizerische Eidgenossenschaft;
Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV)
CH-3003 BERN
Das BAFU und das BAV sind Ämter des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer: Ferriere Cattaneo SA
Via Ferriere, 12
CH-6512 GIUBIASCO

Autor/ Autorin: Eugenio Moro

Begleitung BAFU / BAV : Sandro Ferrari, Christoph Wenger, Robert Attinger

Hinweis: Dieser Bericht wurde im Auftrag der Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV) verfasst. Für den Inhalt ist alleine der Auftragnehmer verantwortlich.

INHALTSVERZEICHNIS

1.# Einführung ....4#
2.# Eigenschaften der T3000eD /T3000eD+ Wagen ....5#
2.1.# Allgemeines .... 5#
2.2.# Drehgestell für T3000eD Typ Y25Lssi-D .... 8#
2.3.# Drehgestell für T3000eD+ Typ DRRS25LDT .... 9#
2.4.# Druckluftbremse .... 11#
3.# Schadbilder aus dem Betrieb ....12#
4.# Systematischen Untersuchungen ....15#
5.# Erfahrungen und Untersuchungen ....17#
5.1.# Überprüfung der Bremsleistung (D) ZU (K) .... 17#
5.2.# Mechanik des Schadens bei den Radsätzen .... 18#
5.3.# Überprüfung aus Basis von Betriebsereignissen .... 19#
5.4.# Gleitschutz .... 19#
6.# Bremsdiagnosesystem ....20#
7.# Betriebserkentnisse und Auswertung ....22#
7.1.# Erkenntnisse aus dem Betrieb (Quelle HUPAC) .... 22#
7.2.# Erkenntnisse aus der Auswertung (BDS) .... 22#
7.3.# Umfang der Prüfungen nach TSI-Wag / UIC 544-1 .... 24#
7.4.# Schlussfolgerungen .... 24#
8.# Festlegung des Bremsstreckenversuchsspezifikation ....25#

1. Einführung

Die Inbetriebsetzung der T3000eD Wagen mit Scheibenbremse ist problemlos erfolgt, aber nach einige Monaten wurden zahlreichen und regelmässigen Fehler an den Radsätzen festgestellt, die heutzutage immer wieder auftreten.

In diesem Bericht werden kurz und bündig die Tätigkeiten, Überprüfungen, Vermessungen, die für die Ursache der Fehler gemeinsam wie von HUPAC SA und Ferriere Cattaneo SA vorgenommen worden, zusammengefasst.

Nach den ersten Untersuchungen hat Ferriere Cattaneo SA in Auftrag von HUPAC SA 4 Stk. T3000e Wagen mit einem Brems-Diagnose-System ausgerüstet, um Erkenntnisse aus dem Betrieb über der Bremse zu sammeln.

Nach der ersten Auswertung wurde die mögliche Ursache des Problems identifiziert und ein Bremsstreckenversuchsprogramm festgelegt, um die Bestätigung des Verhaltens bzw. Validierung zum erzielen.

Dieser Bericht besteht aus:

- Dieses Dokument
- Spezifikation der Bremssteckenversuche (Anlage 1)
- Spezifikation des Brems-Diagnose-Systems (Anlage 2)
- Protokolle, Untersuchungsberichte, Vermessungen am Wagen, … (Anlage 3)

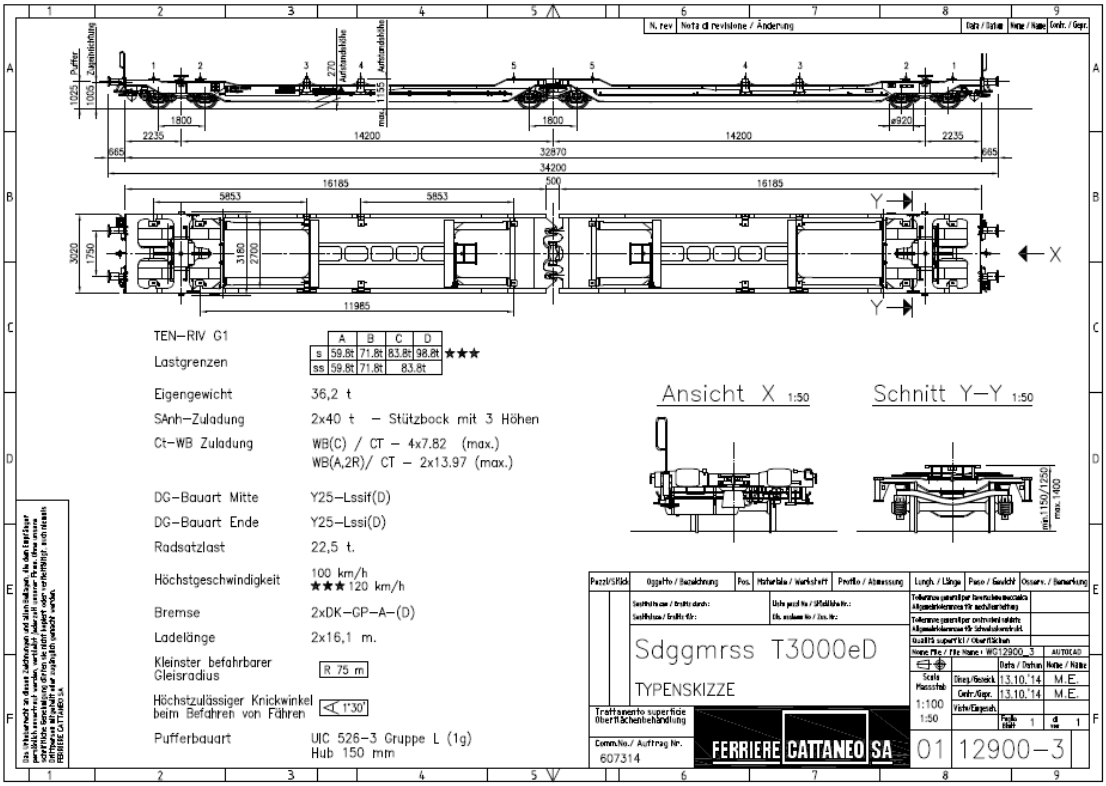
2. Eigenschaften der T3000eD /T3000eD+ Wagen

2.1. Allgemeines

Der Doppeltaschenwagen **T 3000eD (Sdggmrss)** ist die Version der T3000e (Sdggmrss) Wagen mit Scheibenbremse. Die Stützböcke und Taschen sind so angeordnet, daß die Sattelanhänger jeweils mit ihrer Frontseite zur Pufferseite des Wagens zeigen.

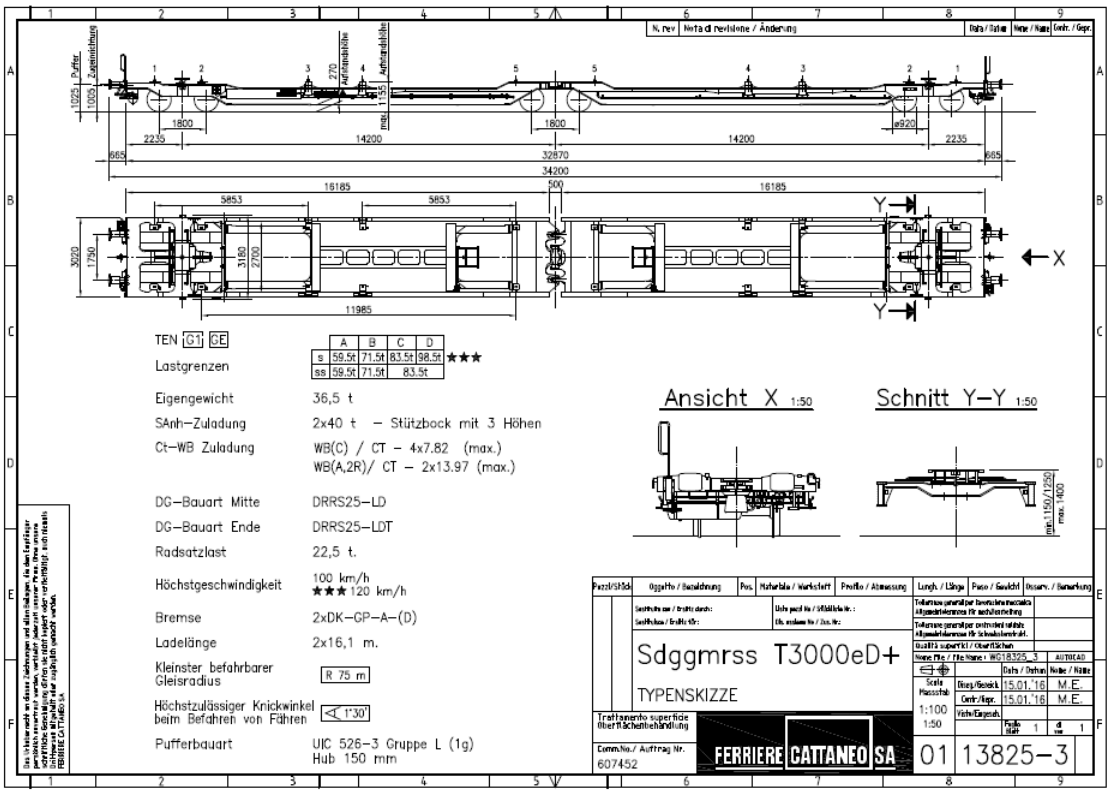
Es handelt sich von einem modifizierten Nachbau der Fahrzeugen 33 85 4956 001÷250, 351÷400, 501÷650 zugelassen beim B.A.V. (Schweiz); 37 80 4956 001÷100 zugelassen beim E.B.A. (Deutschland); 37 82 4992 001÷036 beim A.C.F., (Luxemburg) die als TEN G1-fähige Wagen zugelassen wurden, mit folgenden Unterschiede/ Ergänzungen.

- Neue Bescheinigung nach TSI-Wag Nr. 321/2013
- Bremsleistung als „***ss-Bremse***“ durch Scheibenbremse. Das Bremssystem wird dementsprechend angepasst.
- Drehgestelle der Familie Y25, ausgerüstet mit 2 Bremsscheibe je Radsatz
- Radsätze optimiert für den Einsatz mit Scheibenbremse
- Möglichkeit zu beladen sowohl 30‘ Container wie auch sämtliche Klasse A Wechselbehälter (mit seitlicher Unterstützung) – Diese Möglichkeit wird als MSP.B genannt.



Der Doppeltaschenwagen **T 3000eD+ (Sdggmrss)** ist die Version der T3000e (Sdggmrss) Wagen mit Scheibenbremse und DRRS Drehgestellen. Die Stützböcke und Taschen sind so angeordnet, daß die Sattelanhänger jeweils mit ihrer Frontseite zur Pufferseite des Wagens zeigen.

Betriebsergebnisse von T3000eD(+) Wagen und Spezifikation der Bremsstreckenergebnisse



Die Wagen werden für den Transport von kranbaren Sattelanhängern und genormten Wechselbehältern / Containern verwendet und auf dem gesamten normalspurigen europäischen Bahnnetz eingesetzt. Der Transport von nicht kranbaren Sattelauflieger ist mit I.S.U. Umschlagsystem möglich.

Die Laufleistung beträgt bis 300‘000 km pro Jahr und das vertragliche Lebensdauer 24 Jahre.

Weiterhin sind die Wagen nach den geltenden Bedingungen für die Kodifizierung so gebaut, dass sie den Wagenbestimmungscode C und P ohne Einschränkungen gemäß UIC-Bestimmungen erhalten.

Diese ss-fähige Wagen sind fahr- und bremstechnisch für eine Geschwindigkeit bis 120 km/h bei 20 t RSL nach UIC 543 λ=90% geeignet, damit dieselbe Bremsleitung von ss-fähigen K-gebremsten Wagen realisiert werden kann.

Belademöglichkeiten pro Doppeltaschenwagen T3000e

⇨ 2 Sattelanhänger bis zu einer Betriebsnennlast von je **40 t**, davon 3 x 9 t für die Achslasten dreiachsiger Sattelanhänger. Ein- bis dreiachsige Sattelanhänger, einzelbereift und zwillingsbereift, luftgefedert und blattgefedert.

- ⇨ 4 Wechselbehälter der Klasse C (max. Länge 4 x 7,82 m) oder 4 2X Container in der nutzbaren Gewichtskombination von **32 t + 15 t** je Wagenhälfte. Die Position der CT Riegelplatten von ursprünglichem T3000 wird angepasst, um eine bessere Kompatibilität für den Transport von Schmitz Mega Sattelauflieger zu schaffen.
- ⇨ 2 Wechselbehälter der Klasse A Typ „2R“ oder 2 4X ISO Container, **36 t + 33 t** (oder 2 x 34,5 t) ohne mittlere Unterstützung (analog ursprünglicher T3000).

Die Version des T3000e MSP.B sieht den Transport dieser zusätzlichen Hauptfälle vor:

- ⇨ 2 Container 30‘ bis maximaler Last von **2 x 36 t**.
- ⇨ 2 Wechselbehälter der Klasse A 4X ISO bis maximaler Last **36 t + 34 t** (oder 2 x 35 t) mit mittlerer Unterstützung.

2.2. Drehgestell für T3000eD Typ Y25Lssi-D

Das Drehgestell ist als „Interoperable Constituent“ nach TSI-Wag bescheinigt.

Spurweite	1.435 mm
Achsabstand	1.800 mm
22,5 t Radsatzlast	bei V = 100 km/h
20,0 t Radsatzlast	bei V = 120 km/h
	nach UIC 543 λ=90% (analog Wagen mit Klotzbremse)
Radsatzbauart	Lucchini R60 (EN13262) mit Räder aus SUPRALOS (ER9) oder Bonatrans R61 nach TSI-Wag mit 25,0 t RSL (UIC 510-5 und EN13979-1) und mit 2 GG-Brems-Scheibe D=590mmx 170mm Fabrikat: RS-Lucchini, Bonatrans. Bremsscheibe-Kovis
Laufkreisdurchmesser neu	920 mm (Bis 890 mm ohne Unterlegen)
Instandsetzungsgrenzmass	860 mm Betriebsgrenzmass nach VPILF 840 mm
Radsatzlagergehäuse	TVP1 – Ausgelegt für 25 t nach UIC, TSI-Wag
Radsatzlager	Zylinderrollenlager NJ/NJP 130x240 (22,5 t RSL) Fabrikat FAG, SKF, ZVL
Radsatznennspiele	Quer 10 mm
	Längs 0 mm
Laufflächenprofil	EN13725 - S1002/h28/e32,5/6.7%

Radsatzlager-Mittenabstand	2000 mm
Max. Radsatzlast des Rahmens	22,5 t
Max. Fahrgeschwindigkeit	120 km/h
Max. Bremsgewicht	18 t / RS
Höhe Mittelpunkt Kugeldrehpfanne über SO	790 mm
Höhe der seitlichen Gleitstücke über SO	905 mm
Anzahl der seitlichen Gleitstücke	2, federnde Gleitstücke nach UIC Standard
Mittenabstand der seitlichen Gleitstücke	1.700 mm
Vertikales Spiel der seitliche Gleitstücke	12+2 mm
Obere Drehpfanne	nach UIC 510-1, Anlage 9
Spezifische Federung	bis 6,65 t RSL 2,45 mm/t DG Zuladung
	Darüber ,93 mm/t DG Zuladung
Statischer Federweg	38 mm bis 22,5 t RSL
Max. Federweg	60 mm
Dämpfung	Reibungsdämpfung nach Lenoir-Prinzip, auf jedes Radsatzlager wirkend

Der Drehgestellrahmen stammt aus dem UIC Y25 ohne Kopfträger (geschweißte Konstruktion aus S355J2+N nach EN10025) und ist nach TSI-Wag, EN 13749 und UIC 510-3 konzipiert. Die Halterungen für die Scheibenbremse sind direkt im Drehgestellrahmen angebracht.

4 Stk. Scheibenbremseinheiten Typ KBZ 10 J400 AAE der Fa. DAKO kompatibel für 350 cm² Bremsbeläge nach UIC 541-3, mit oberen Laschen L=100mm und 8 Stk. Sinterbremsbeläge Jurid 707-11 oder Becorit BM41NT.

Drehgestelle mit Wiegeventilen DAKO Typ SL2 (UIC Typ 1).

Drehpfannenvorstecker mit Doppelfeder-Stecker

Sämtliche Bolzenverbindungen sind mit Splinten und Scheiben zugesichert.

Die Gleiteinlage der unteren Drehpfanne sowie die Gleitplatten der seitlichen federnden Gleitstücke bestehen aus Kunststoff (Railko Fabrikat).

Am Drehgestell ist ein Belagverschleissindikator (1 Stk. je Drehgestell und je Wagenseite) vorgesehen.

2.3. Drehgestell für T3000eD+ Typ DRRS25LDT

Das Drehgestell ist als „Interoperable Constituent“ nach TSI-Wag bescheinigt.

Spurweite 1.435 mm

Achsabstand	1800 mm
22,5 t Radsatzlast	bei V = 100 km/h
20,0 t Radsatzlast	bei V = 120 km/h nach UIC 543 λ=90% (analog Wagen mit Klotzbremse)
Radsatzbauart	Lucchini 11000001593 (EN13262) mit Räder DP_OT34_4 aus SUPRALOS nach TSI-Wag mit 25 t RSL (UIC 510-5 und EN13979-1) und mit 2 GG-Bremsscheibe D=590mmx170mm Fabrikat: RS-Lucchini, Bremsscheibe-Knorr
Laufkreisdurchmesser neu	920 mm (Bis 890 mm ohne Unterlegen)
Instandsetzungsgrenzmass	860 mm Betriebsgrenzmass nach VPILF 840 mm
Radsatzlagergehäuse	DB BA 182 nach UIC, TSI-Wag
Radsatzlager	Zylinderrollenlager NJ/NJP 130x240 (22,5 t RSL) Fabrikat FAG, SKF, ZVL
Radsatznennspiele	Quer 10 mm
	Längs 6 mm
Laufflächenprofil	EN13725 - S1002/h28/e32,5/6.7%
Radsatzlager-Mittenabstand	2000 mm
Max. Radsatzlast des Rahmens	22,5 t
Max. Fahrgeschwindigkeit	120 km/h
Max. Bremsgewicht	18 t / RS
Höhe Mittelpunkt Kugeldrehpfanne über SO	790 mm
Höhe der seitlichen Gleitstücke über SO	905 mm
Anzahl der seitlichen Gleitstücke	2, längspielfreie Gleitstücke
Mittenabstand der seitlichen Gleitstücke	1700 mm
Vertikales Spiel der seitliche Gleitstücke	12+2 mm
Obere Drehpfanne	nach UIC 510-1, Anlage 9
Federung	Doppelgummirollfeder
Spezifische Federung	Nach Kennlinie ähnlich wie Y25 bis 6,65 t RSL ca. 2,45 mm/t ohne Schaltpunkt DG Zuladung
	Darüber ca. ,93 mm/t DG Zuladung
Statischer Federweg	38 (42) mm bis 22,5 t RSL

Max. Federweg 65 mm

Der Drehgestellrahmen stammt aus dem DRRS Drehgestell (Talbot Fabrikat) ohne Kopfträger (geschweißte Konstruktion aus S355J2+N nach EN10025) und ist nach TSI-Wag, EN 13749 und UIC 510-3 konzipiert. Die Halterungen für die Scheibenbremse sind direkt im Drehgestellrahmen angebracht.

4 Stk. Scheibenbremseinheiten Typ C145849/1 der Fa. KNORR Bremse kompatibel für 350 cm² Bremsbelege nach UIC 541-3, mit oberen Laschen L=120mm und 8 Stk. Sinterbremsbelege Jurid 707-11 oder Becorit BM41NT.

Drehgestelle mit Wiegeventilen KNORR Typ ALM400-003 (UIC Typ 1).

Drehpfannenvorstecker mit Doppelfeder-Stecker

Sämtliche Bolzenverbindungen sind mit Splinten und Scheiben zugesichert.

Die Gleiteinlage der unteren Drehpfanne sind aus Kunststoff (Railko NF21), die Gleitplatten der seitlichen federnden Gleitstücke bestehen aus Kunststoff (Jurid 148 Fabrikat).

Am Drehgestell ist ein Belagverschleissindikator (1 Stk. je Drehgestell und je Wagenseite) vorgesehen.

2.4. Druckluftbremse

Der Doppeltaschenwagen erhält eine DAKO - Druckluftbremse mit 3 lastabhängigen Bremseinrichtungen, die auf je 8 Scheibenbremsbeläge eines jeden Drehgestells wirken. Es werden Sinterbremsbeläge Typ Jurid 707-11 Textraflex oder Becorit BM41NT verwendet.

Zu jeder Bremseinrichtung im Drehgestell gehören 1 Wiegeventil und 4 Scheibenbremseinheiten.

Zwei lastabhängige Bremseinrichtungen werden gemeinsam über einen Steuerapparat und eine lastabhängige Bremseinrichtung über einen separaten Steuerapparat gesteuert. Jede Bremseinrichtung, der im Untergestell eingebaut wird, besteht aus den erforderlichen Relais- und Knickventile mit den Universalprüfanschlüssen für das Bremsprüfgerät.

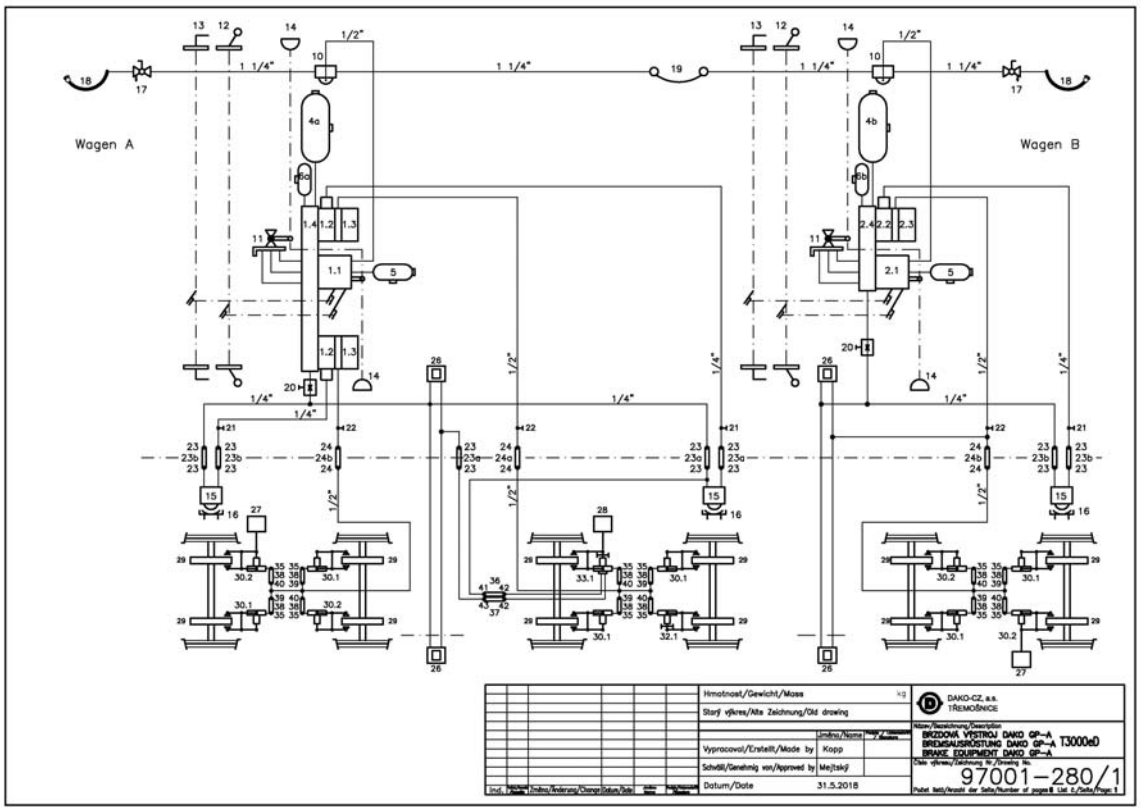
Beide Steuereinrichtungen erhalten separate Ein-Aus-Absperr- und G-P – Umstelleinrichtungen. Für die drei Bremseinrichtungen sind insgesamt 75 l plus 40 l Hilfsluftbehälter erforderlich. Die Luftbehälter entsprechen der EN 286-3 Norm. Die Steuerventile, Relaisventile, Knickventile und Luftbehälter sind an den Untergestellen mehr als möglich gut zugänglich.

Bei jeder Steuereinrichtung und bei jeder Wagenseite ist eine einzelne Bremsanzeige für die Erfassung des Bremszustandes angebracht.

Eine ausreichende Anzahl Universalmessanschlüsse für Bremsprüfungen ist vorhanden.

Die Doppeltascheneinheit hat eine durchgehende Hauptluftleitung 1 ¼” mit Absperrhähnen und Schlauchkupplungen. Untereinander sind die Luftleitungsrohre mit Vebeo-Verschraubungen verbunden.

Die Bremskraft jedes Drehgestells wird entsprechend der tatsächlichen Belastung am Drehgestell mittels Wiegeventil separat gesteuert.



3. Schadbilder aus dem Betrieb

Die T3000eD Wagen mit Scheibenbremse sind Anfang 2016 bei HUPAC nach folgenden Regeln in Betrieb gesetzt:

1. Die UIC / TSI-Wag Bremsleistung zwischen T3000e (mit K-Sohlen) und T3000eD (mit Scheibenbremse) ist gleich;

2. Die T3000eD(+) Wagen haben eine Bremssteuerung (Steuerventil, Lastbremsventil,…) genau wie andere T3000e «ss-Wagen» mit Knickventilen;
3. Es wurden die Drehgestelle mit zwei tauschbaren Bremsbelegen (Jurid 707-11 und Becorit BM41NT) in Betreib gesetzt;
4. Es wurden Wagen mit zwei Drehgestelltypen (Y25Lssi-D und DRRS25LD) in Betrieb gesetz;
5. Die Wagen mit Scheibenbremsen wurden im gemischten Verkehr mit anderen K-gebremsten Wagen je nach Transportbedarf im Betreib gesetzt;
6. Diese Wagen sind vorallem in intermodalen Shuttle-Zügen mit grossen Laufleistungen fest eingesetzt;

Einige Monate nach der Inbetriebsetzung der Wagen sind Radsatzfehler auf zahlreichen Wagen aufgetreten, die folgenden Schadbilder zeigen können und die Regelmässig wieder auftreten.

4. Systematischen Untersuchungen

Nach Auftreten der ersten Radschäden wurde eine gründliche Untersuchung von erstens 6 Wagen mit folgenden Ergebnis vorgenommen.

FERRIERE CATTANEO SA CH-6512 Giubiasco	***Verbale di riunione / Besprechungsprotokoll***	25.08.2016 Vom 30.08.2016 Bis 01.09.2016 Seite 15/ 2 Commessa/ Auftrag: 60 7314
	Progetto / Projekt: T3000eD mit Scheibenbremse Oggetto / Betrifft: Bremsprüfung nach Betriebsstörungen: Schäden an den Radsätzen Luogo della Riunione/ Ort der Besprechung: RIFER Werk (Busto Arsizio) Partecipanti / Teilnehmer: HUPAC L.Mandelli, A.Schena DAKO J.Svoboda, weitere MA FC E.Moro	

1. HUPAC informiert über **mehrere Betriebsstörungen mit Schäden auf den Radsätzen,** hauptsachlich auf 6 T3000eD Wagen mit Scheibenbremse. In den Tagen vom 25.08, 30.08 bis 01.09.2016 wurden insgesamt 3 Wagen einer detaillierten Prüfung des Bremssystems von DAKO und Ferriere Cattaneo unterzogen.

2. Die geprüften Wagen mit Werk-Feststellungen waren:

   33 85 4956 658-0 RS 1÷4 beschädigt;

   33 85 4946 670-5 RS 5 beschädigt;

   33 85 4956 682-0 RS 1,2,6 beschädigt.

   Die Wagen wurden erstens von RIFER (Werk) und dann von DAKO mit mobilem Prüfstand geprüft (2 mal geprüft).

   Am 25.08.2016 hat Ferriere Cattaneo mit eigenem Belagkraftmesssystem die Kräfte beim Wagen 568-0 und die Härte bei Radoberfläche neben Defekten gemessen.

3. <u>Feststellungen:</u>

   (A) **FUNKTION DES BREMSSYSTEMS**: es wurden keinen Nonkonformitäten oder Defekte bei Steuerventilen, Lastbremsventilen usw. gefunden und es bleibt die Ursache der Radsatzschäden abzuklären. Die gemessenen Belagskräfte waren in Toleranz. **Siehe Anlage 2**

   (B) **BREMSBELEGE**: es wurde keine Unregelmässigkeiten festgestellt.

Vermessung der Belagskräfte (leer, vollbeladen)

Regelmässig verschlissenes Bremsbelag Jurid 707-11

Bei den gründlichen Untersuchungen mit dem Beitrag von HUPAC, Ferriere Cattaneo und DAKO wurde keine Unregelmässigkeiten am Bremssystem festgelegt.

Die Wagen wurden repariert, wieder im Betrieb gesetzt und wurden parallel weitere Untersuchungen gemacht, um die Ursache genau festzustellen.

5. Erfahrungen und Untersuchungen

Es wurden weitere Untersuchungen von HUPAC und Ferriere Cattaneo SA mit der Unterstützung von Unterlieferanten, sodass ist auf folgenden ersten Ursachenfestlegungen gekommen konnten.

5.1. Überprüfung der Bremsleistung (D) ZU (K)

Fa. DAKO hat die Untersuchungen nach Rücksprache mit BONATRANS (Radsatzhersteller) und PVF vorgestellt.

Zusammenfassend:

- Es wurde die Bremsleistung von (K) zu (D) bei Stoppbremsung aus 50 km/h vergleichen und keine wesentliche Unterscheid festgestellt;

Druckluftbremse (Berechnung nach UIC 544-1)

	Špalík / Klotz	Kotouč / Scheibe	Špalík / Klotz	Kotouč / Scheibe	
Hmotnost vozu Wagenmasse	m		135		t
Rychlost Geschwindigkeit	v		50		km/h
Součinitel tření Reibwert	μ		0,26	0,36	
Síla na oku válce Wirksame Kolbenkraft	$F_t = (s_V \cdot C - F_F)$		17,85	18,1	kN
Celkový přítlak Gesamtabtrieb	$\Sigma F_{dyn} = (F_t \cdot i_p - 4 \cdot F_F) \cdot n_Š \cdot \eta_b$	$\Sigma F_{dyn} = F_t \cdot 2i \cdot n_K \cdot \eta_k$	390,4	535,3	kN
Celková brzdná síla Gesamte Bremskraft	$F_{ges} = \Sigma F_{dyn} \cdot \mu$	$F_{ges} = \Sigma F_{dyn} \cdot \mu \cdot \frac{2r_s}{D_m \cdot \rho} + w_m \cdot m$	101,5	99,3	kN
Zpomalení Verzögerung	$a = F_{ges} / m$		0,75	0,74	m/s^2
Zábrzdná dráha při 50km/h Bremsweg bei 50km/h	$s = \frac{t_s}{2} \cdot v + \frac{v^2}{2a}$		156	159	m

C	= 3,80 bar	(Bremszylinderdruck)
D_m	= 880 mm	(Raddurchmesser)
$F_{FŠ}$	= 1,4 kN	(Gegenkraft - Klotzbremse)
F_{FK}	= 1,13 kN	(Gegenkraft - Scheibenbremse)
i_p	= 9,23	(Übersetzung - Klotzbremse)
i	= 1,282	(Übersetzung - Scheibenbremse)
$n_Š$	= 3	(Anzahl der Bremszylinder - Klotzbremse)
n_K	= 12	(Anzahl der Bremszylinder - Scheibenbremse)
r_s	= 225 mm	(Mittelreibungsradius)
s_v	= 5,07 dm^2	(Tätige Fläche)
t_s	= 4 sec	(Bremszylinderfüllzeit)
w_m	= 2 daN/t	(Spezifischer Fahrwiderstand)
η_b	= 0,83	(Wirkungsgrad - Klotzbremse)
η_k	= 0,96	(Wirkungsgrad - Scheibenbremse)
ρ	= 1,02	(Koeffizient der rotierenden Massen)

- **Es wurde die berechnete Zugkraft von (K) zu (D) bei geringen Geschwindigkeiten (sodass μ ≈ μstat) vergleichen und wurden wesentliche Kraftunterschiede festgestellt + 33%!**

Zugkraft

	Špalík / Klotz	Kotouč / Scheibe	Špalík / Klotz	Kotouč / Scheibe	
Hmotnost vozu Wagenmasse	m		135		t
Rychlost Geschwindigkeit	v		0		km/h
Součinitel tření při 0 km/h Reibwert bei 0 km/h	μ_{stat}		0,20	0,38	
Přítlak na jedno kolo (kotouč) Einzelkraft	$F_1 = \frac{\Sigma F_{dyn}}{n_b}$	$F_1 = \frac{\Sigma F_{dyn}}{n_k}$	16,27	22,3	kN
Tažná síla Zugkraft	$F_R = F_1 \cdot \mu_{stat} \cdot 2n$	$F_R = F_1 \cdot \mu_{stat} \cdot \frac{2r_s}{D_m} \cdot 2n$	78	104	kN

C = 3,80 bar (Bremszylinderdruck)
D_m = 880 mm (Raddurchmesser)
n_b = 24 (Anzahl der Bremsklötze)
n_k = 24 (Anzahl der Bremsbelaghalter)
r_s = 225 mm (Mittelreibungsradius)

5.2. Mechanik des Schadens bei den Radsätzen

Nach Analyse des Phänomens aus Schadbilder, hat Bonatrans geäussert, dass **dieser Fall tritt bei geringen Geschwindigkeiten kurz Anfahren auf.**

Das Schadbild ist durch lokale Verheizungen (mit T ≈ 750°C) versursacht, dadurch die Werkstoffstruktur mit Bildung von Martensite verändert wird.

HUPAC, DAKO und FC sind der Meinung, dass der Fehler beim Stoppen auftritt.

Die Beschädigung der Radsätze erfolgt in folgenden Situationen:

- **Bei Stoppbremse bzw. beim Anfahren bei sehr kleinen Geschwindigkeiten (DER WAGEN WIRD IM GEBREMSTEN ZUSTAND GEFAHREN);**
- **Die Schäden wachsen progressiv (z.B. Mehere Überbremsungen an der selben Stelle) und kumulieren sich bis bekannten Schadbilder**
- **Höchstwahrscheinlich mit beladenen Wagen;**

5.3. Überprüfung aus Basis von Betriebsereignissen

Folgende Situationen / Umständen können diese Ursachschätzung nach Abs. 5.1 wieder bestätigen:

⇨ **Die scheibengebremsten Wagen sind mit Knickventilen ausgerüstet und somit sind die Radsatzbeschädigungen mit sehr grossen Wahrscheinlichkeit durch Stoppbremse verursacht**;

⇨ Die (1 bis max. 4) ss-Wagen mit Scheibenbremse sind mit K-gebremste Wagen zusammengestellt: die Mehrheit besteht aus K-gebremsten Wagen. Insbesondere aus der Angaben von HUPAC über 10 Störungen, wurden folgende Parameter gemessen:

40% bei Einzelwagen mit Scheibenbremse im K-gebremsten Zug

20% bei zwei Wagen mit Scheibenbremse im K-gebremsten Zug

30% bei drei Wagen mit Scheibenbremse im K-gebremsten Zug

10% bei 4 Wagen mit Scheibenbremse in K-gebremsten Zug;

⇨ Weitere Kunde wie TX Logistik und CFL Cargo bestätigen eine höhere Störungsanfälligkeit bei den Radsätzen von scheibengebremsten Wagen: es treten sehr häufig Ausbröckelungen und Flachstellen auf.

5.4. Gleitschutz

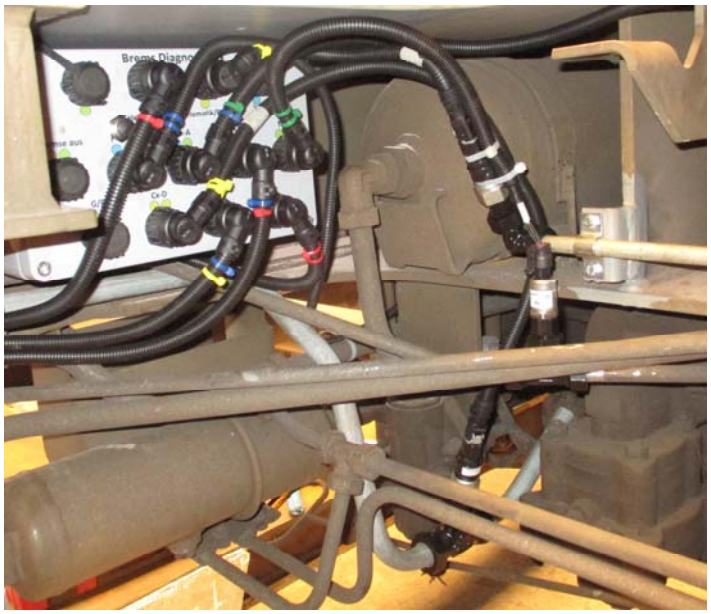
Es wurde die mögliche Anwendung von Gleitschutz mit den bestehenden T3000eD Wagen vorläufig analysiert.

Da die Fehler bei geringen Geschwindigkeiten auftreten, scheint die Ansprechzeit zu lang (die Steuerung hat eine Reaktionszeit von mehreren Sekunden), um Beschädigungen zu vermeiden.

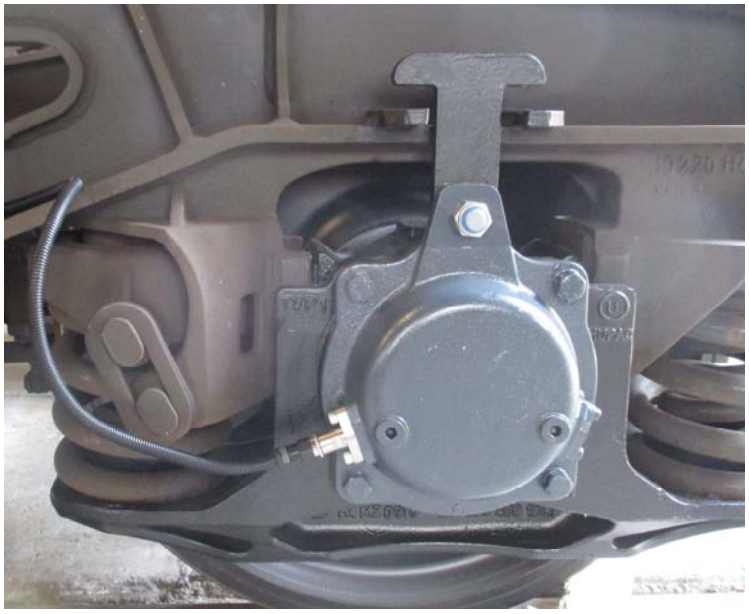
6. Bremsdiagnosesystem

Ob diese Überlegungen richtig sind ist erstens eine Vermessung im Betrieb nötig, um diese genaue Tatsachen zu prüfen. Es wurde somit die gemeinsame Analyse mit Fa. HUPAC vorgenommen und eine Bremsdiagnose-System mit folgenden Hauptergenschaften in Betrieb gesetzt:

- Es wurden 2 Wagen T3000eD mit Scheibenbremse und 2 Wagen T3000e mit K-Sohlen ausgerüstet, um einen Vergleich zwischen den Wagendaten in Sicht Vermessungsplausibilität jederzeit zu schaffen;
- Es wurden bei allen Wagen Parameter wie folgt gemessen, die die genaue Überprüfung von Bremsfunktionen im Betrieb ermöglichen:
  1) Geschwindigkeit aller Radsätze (1 zu 6 – 6 Stk.)
  2) HL Druck (1 je Wagenmodul – 2 Stk.)
  3) T Druck (1 Stk. je Drehgestell – 3 Stk.) um tatsachlicher Ladung erfassen zu können
  4) C Druck (1 Stk. je Bremszylinder – 4 Stk.) um die tatsachlicher Bremsung erfassen zu können
  5) GPS Position und Geschwindigkeit von Wagen;



Bremsdiagnose Druck-Sensoren bzw. –Schalter am T3000eD Wagen



Geschwindigkeitssensor am Radsatzdeckel

Weitere Einzelheiten sind aus der Anlage 2 zum entnehmen.

7. Betriebserkentnisse und Auswertung

7.1. Erkenntnisse aus dem Betrieb (Quelle HUPAC)

HUPAC SA hat eine Auswertung der Vorfälle bis November 2019 gemacht und eine Gesamte Anzahl von 215 Vorfälle über 665 Radsätze festgestellt.

3. Vorfällestatistik – November 2019 HUPAC

Zusammenfassung der Vorfälle (T3000 mit Scheibenbremse)
215 Vorfälle zwischen Juni 2016 und November 2019
43 Wagen mit einem Radsatzwechsel
172 Wagen mit mehrerer Radsatzwechsel (2 bis 6 mal in Werkstatt)
665 gewechselte Radsätze
Wagenserie A901 (2015 – 50 Wagen): Alle die Wagen mindesten 1 Mal 1 Radsatzwechsel
Wagenserie A902 (2016 – 50 Wagen): 36 von 50 Wagen (72%)
Wagenserie A903 (2019 – 66 Wagen): 13 Wagen ab März 2019

Zusammenfassung der Vorfälle (T3000 mit K-Sohlen)
Wagenserie A801-A802-A803-A804 (200 Wagen): 65 Fälle von Radsatzschäden seit 2014 → **209** involvierte Radsätze

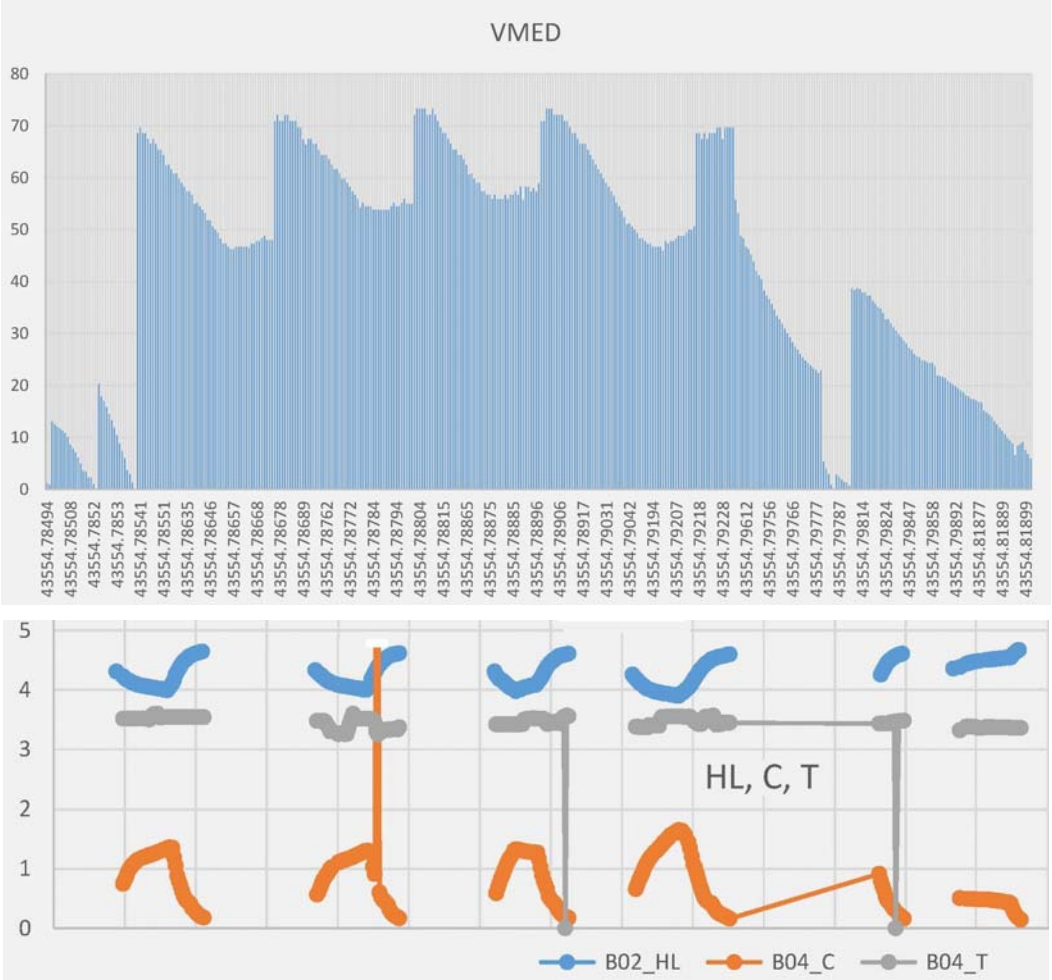
Diese Werte kommen aus einer Flotte der T3000eD(+) vom 150 Wagen, wobei die Vorfälle aus der Flotte von T3000e (mit K-Sohlen) sind nur auf 209 involvierte Radsätze begrenzt.

7.2. Erkenntnisse aus der Auswertung (BDS)

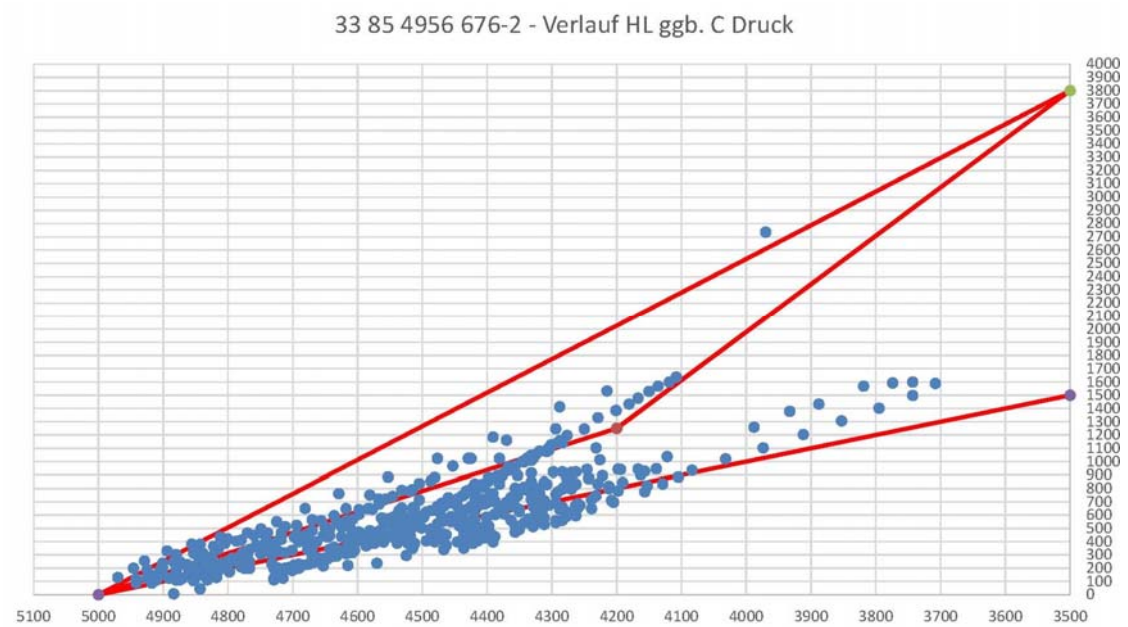
Da das BDS ist im Einsatz seit August 2018 könnte man schon einige Prüfungen von Daten machen und einige Tendenzen der Bremsungen während der Fahr wie folgt zum erfassen:

1) **Es wurden keine Abweichungen von Bremssteuerungen bis Vorgaben festgestellt**;
2) Die Messungen sind stabil und zeigen keine grossen Schwankungen an den Werten (z.B. sind die Auswertungsparameter korrekt gewählt worden);
3) Die Unterschiede in Geschwindigkeit zwischen den unterschiedlichen Radsätzen ist vernachlässigbar;
4) T-Drücke, die zur Beladung proportional sind, sind stabil;

5) Das Verhältnis C-Druck zu T-Druck ist stabil;



Messdaten während der Fahrt
(Oben – Geschwindigkeitsprofil bei Sägezahnverfahren)
(Unten - C-Druck in Abhängigkeit von HL-Druck – T-Druck ist stabil)



Messdaten aus einer kompletten fahrt (X-HL Druck Y-C-Druck)
[Rote Linie – Nach Berechnung
Oben – Schnellbremse / Mitte Betriebsbremse beladen / unten Betriebsbremse leer]
[Blaue Punkte – Nach Vermessungen]

7.3. Umfang der Prüfungen nach TSI-Wag / UIC 544-1

Da die Scheibenbremse eine quasi neue Lösung für Güterwagen ist, gab für vielen Jahren kein UIC Prüfprogramm für Güterwagen und somit wurden die Bremsbelege aus dem Betrieb von Personenwagen abgeleitet.

Nur im jüngsten Zeiten anhand der Betriebserfahrung hat die Branche die Notwendigkeit von spezifischen und genaueren Festlegungen und Prüfprogrammen erkannt.

Heutzutage fordert die TSI_Wag bzw. UIC 544-1, dass die Bremsabhängeversuche bei den maximalen Geschwindigkeiten durchgeführt werden müssen, was eigentlich den sicherheitstechnischen Anforderungen überein entspricht.

- **Minimale Bremsverhältnis in allen Beladezuständen bei 100 km/h und 120 km/ h sind sichergestellt**

Was passiert genau bei geringeren Geschwindigkeiten ist heutzutage nicht Bestandteil der Zulassung und grundsätzlich nie geprüft worden.

7.4. Schlussfolgerungen

Nach den ersten Ergebnissen von Diagnostik- Brems – System wurde festgestellt, dass die Bremse während der Fahrt die Vorgaben präzis einhält und dass während der langen Fahrten keine Unregelmässigkeiten festgestellt wurden.

Diese Erkenntnisse stimmen mit den Überlegungen nach Abs. 5 überein: das Phänomen könnte somit mit einer betrachteten Wahrscheinlichkeit bei geringen Geschwindigkeiten auftreten. Dazu, widersprechen diese Erkenntnisse den aktuellen TSI-Wag / UIC 544-1 Nachweise nicht: **aus drei unterschiedlichen Quelle kommen wir zum Ergebnis, dass das Bremsverhalten bei niedrigeren Geschwindigkeiten untersucht werden muss.**

8. Festlegung des Bremsstreckenversuchsspezifikation

Es wurde somit die Spezifikation der Bremsstreckenversuche in der Anlage 2 dieses Dokuments festgehalten.

Dott. Ing. E.Moro

Chief Technical Officer

Ferriere Cattaneo SA