

FERRIERE CATTANEO SA

CH-6512 Giubiasco

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

Im Auftrag der Schweizerischen Eidgenossenschaft



Vertragsnummer 1337000470

**Untersuchung der Ursachen von Ausbröckelungen
bei scheibengebremsen Güterwagen**

Pos. 03 – Versuchsdurchführung – Auswertung der Versuchsergebnisse und Festlegung der Massnahme / Spezifikation der Komponente

Dok. Nr. **7776TS003**

Änderungs-Zustand und -Journal

Ausg.	Änderung	Name	Datum
1.0 DE	Erste Ausgabe	E.Moro	07.12.2020

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.#	Ergebnisse der UIC Bremsprüfung bei geringeren Geschwindig- keiten	5#
2.1.#	Ergebnisse im beladenen Zustand (108 t)	6#
2.2.#	Ergebnisse im leeren Zustand (35 t)	6#
2.3.#	Zusätzliche Teilbeladenen Zuständen RSL 14,5 t mit Unsymmetrie	7#
2.4.#	Schlussfolgerungen	7#
3.#	Festlegung von alternativen Versuchen, um die reellem Betriebs- Ereignisse zu simulieren	8#
4.#	Ergebnisse der alternativen Versuche	10#
4.1.#	I - Wagen leer	10#
4.2.#	II - Wagen teilbeladen (14,5 t RSL)	11#
4.3.#	III - Wagen teilbeladen – leer (Wagen A 14,5 t / Wagen B leer)	13#
5.#	Beurteilung der Bremssysteme	15#
6.#	Praktische Erkenntnisse aus den Versuchen	16#
6.1.#	Praktische Hinweise über den Scheibengebremsen Wagen	16#
6.2.#	Versuchserkenntnisse und Verbesserungsmaßnahmen	16#
7.#	Notwendigkeit eines elektrischen Bremssystems	17#
8.#	Verbesserung von Kraftschluss im Betrieb	18#
9.#	Notwendigkeit eines Gleitschutzsystems	19#
10.#	Schlussfolgerungen	20#

1. Einführung

Als ersten Tätigkeiten wurden mit dem Wagen T3000e die Bremsabhängerversuche nach der Spezifikation **7776TS001** durchgeführt: insbesondere wurde die Bremsleistung bei geringeren Geschwindigkeiten erstens mit Bremsbelag **Jurid 707-11** geprüft.

Nach dem ersten Tag der Bremsabhängerversuche nach UIC Verhältnissen ist aufgefallen, dass die Bremsleistung der Belege stabil war und somit wurde Prüfung auf nicht UIC Verhältnisse (keine trockene Schiene) erweitert.

Es wurden insgesamt etwa 100 Fahrten durchgeführt (je mit unterschiedlichen **IDnn** identifiziert), wie im **VUKV Bericht 20-C 60 (Stufe 2)** erläutert ist.

In diesem Bericht werden somit folgende Tätigkeiten vorgestellt:

- a) Ergebnisse der Bremsprüfung mit Scheibenbremse nach UIC Verhältnisse bei geringeren Geschwindigkeiten (trockenes Wetter);
- b) Festlegung von alternativen Versuchen, um die reellem Betriebsereignisse zu simulieren;
- c) Ergebnisse der alternativen Versuche;
- d) Beurteilung der Bremssysteme
- e) Erkenntnisse aus den Versuchen
- f) Spezifikation des elektrischen Bremssystems
- g) Verbesserung von Kraftschluss
- h) Spezifikation des Gleitschutzsystems

2. Ergebnisse der UIC Bremsprüfung bei geringeren Geschwindigkeiten

Als erster Schritt wurden die Versuche nach der Versuchsspezifikation mit dem Jurid 707-11 Bremsbelag durchgeführt. Der Bericht der genannten Versuche mit der Bezeichnung **20-C 60** hat das VUKV, als unabhängige Prüfstelle erfasst.

Bemerkenswert ist, dass:

- bei T3000eD ergeben in Betrieb **zwei unterschiedlichen Belagstypen** (Jurid 707-11 und Becorit BM41NT), die gegenüber der Anwendung tauschbar sind: in beiden Fälle geht es um Sinterbelege, die sehr guten Eigenschaften bei mechanischen und thermischen Überlasten verfügen;
- Aus dem Prüfstand für höheren Geschwindigkeiten sind **die erzielten Reibwerten in den entsprechenden Streuungen extrem stabil**;
- Für die Versuche wurde den T3000e D Wagen verwendet, der aus dem Betrieb rausgenommen wurde (Wagennummer **T3000eD TEN GE G1 Sdggmrss 33 85 4956 680-4**). Vor den Versuchen wurden die Radsätze¹ getauscht, jedoch ist das Bremssystem (pneumatisch, mechanisch) ohne jeglicher Änderung den Versuchen unterzogen. Der Wagen hatte **einen durchschnittlichen Raddurchmesser von 895 mm** und somit entspricht grundsätzlich ein Wagen kurz vor der Revision.



Bild 1 : Messzug in Zmigrod (PL) mit dem T3000eD Wagen 33 85 4956 680 - 4

¹ Die Radsätze wurden getauscht, um homogene Verhältnisse bei den Radsätzen bzw. die Vergleichbarkeit ggb. Radsätze in neuem Zustand sicherzustellen.

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Bis auf den üblichen Bremsparameter nach UIC 544-1 wurde **die Geschwindigkeit jedes Radsatzes gemessen**, um das mögliche Gleiten jedes Radsatzes festzustellen.

Bei dem Fahren nach unterschiedlichen niedrigeren Geschwindigkeiten nach UIC Verhältnissen für Bremsabhängige-Versuche wurde festgestellt, dass die vermutete erhöhte Wirkung der Bremse findet nicht statt. Eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse ist nach folgenden Abschnitten angegeben.

2.1. Ergebnisse im beladenen Zustand (108 t)

Geschwindigkeit V [km/h]	Bremshunderstel λ	Bremsgewicht [t]
120	110	40
100	101.9	37
80	100.1	36
60	94.3	34
40	83.4	30

Nach Betrachtung, dass das Bremsgewicht physikalisch in einer leichter Weise mit der Geschwindigkeit sinkt, ist eine stabile Bremsleistung immer sichergestellt.

Die detaillierten Ergebnisse der Fahrten sind mit den **ID06 ÷ ID 30** nach dem Bericht 20-C 60 zu finden.

Bei den genannten Versuchen, die ausschliesslich **im trocken Zustand** erfolgt sind, wurde **kein Gleiten keiner Radsätze** festgestellt.

2.2. Ergebnisse im leeren Zustand (35 t)

Geschwindigkeit V [km/h]	Bremshunderstel λ	Bremsgewicht [t]
120	109.9	119
100	101.0	109
80	102.6	111
60	95.0	103
40	87.1	94

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Nach Betrachtung, dass das Bremsgewicht sinkt physikalisch in einer leichter Weise mit der Geschwindigkeit, ist eine stabile Bremsleistung immer sichergestellt.

Die detaillierten Ergebnisse der Fahrten sind mit den **ID31 ÷ ID 38, ID 43 ÷ ID 57** nach dem Bericht 20-C 60 zu finden.

Bei den genannten Versuchen, die ausschliesslich **im trocken Zustand** erfolgt sind, wurde **kein Gleiten keiner Radsätze** festgestellt.

2.3. Zusätzliche Teilbeladenen Zuständen RSL 14,5 t mit Unsymmetrie

Es wurden dazu Bremsabhängigversuche nach alternativen Zuständen wie folgt durchgeführt:

- A) Wagen beladen mit 14,5 t mit Querunsymmetrie 1:1,25 (Max. zulässig nach Ladevorschriften) mit maximaler Last auf der Wiegeventilseite;
- B) Wagen A (Bremsseinheit mit 4 Radsätzen) wie A, jedoch der Wagen B (Bremsseinheit mit 2 Radsätzen)

In diesen Versuchen, die **sowohl im trocken wie auch im nassen Zustand** erfolgt sind, wurden leicht höhere Bremskräfte im Verhältnis erzeugt, jedoch wurde **kein Gleiten keiner Radsätze** festgestellt.

2.4. Schlussfolgerungen

Die Bremsleistung ist sowohl in beladenen Zustand wie auch im leeren Zustand nach UIC Verhältnisse so stabil, dass bei Änderungen sowohl der Lasten wie auch der Geschwindigkeiten keine wesentlichen Unterschiede der Bremsleistung sich gibt. Das genaue Verhalten ist aus den Bilder 2,3 zum entnehmen:

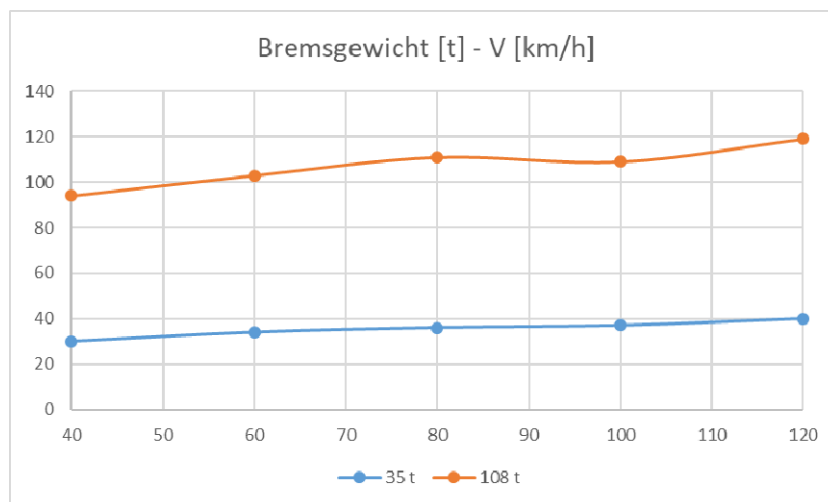


Bild 2 – Entwicklung des Bremsgewichtes mit Fahrgeschwindigkeit

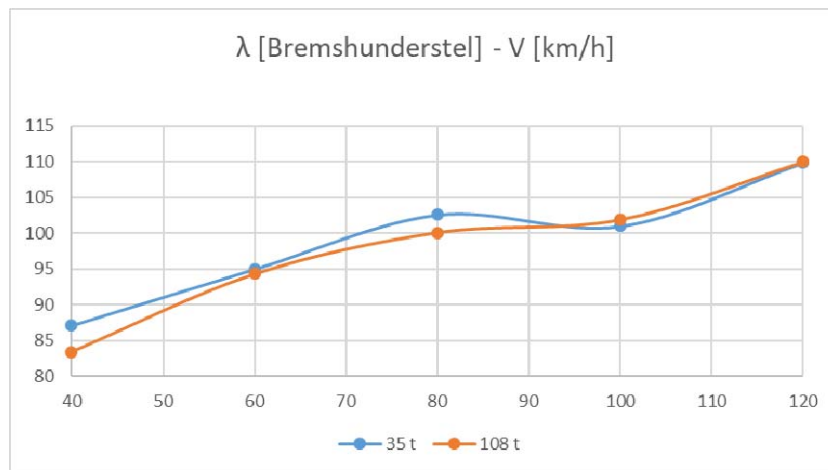


Bild 3 – Entwicklung des Bremskoeffizienten mit Fahrgeschwindigkeit

Da die Bremskoeffizienten bei den abnehmenden Geschwindigkeiten sinkt, entspricht den Erwartungen und den Auswertungsformeln nach UIC 544-1.

Da das Reibverhalten der **Jurid 707-11** analog wie der **Becorit BM41NT Belege**, wurde auf die Durchführung der Versuchsreihe mit der Becorit-Bauart verzichtet, zum Gunsten von alternativen besonderen Versuchen.

Die vermutete Reibungserhöhung bei geringen Lasten bzw. Geschwindigkeiten (aus Erfahrungen von unterschiedlichen Lieferanten) **wurde nicht festgestellt.**

3. Festlegung von alternativen Versuchen, um die reellen Betriebs-Ereignisse zu simulieren

Nach Absolvierung der ersten Versuchsreihe nach UIC Bedingungen ohne dass, Abweichungen festgestellt wurden, wurde spezielle Versuche durchgeführt, um die Bremse nach möglichen Betriebsbedingungen zu prüfen.

Insbesondere wurden folgende Kriterien gewählt:

I - WAGEN IN LEEREM ZUSTAND

Es wurde der leere Wagen gewählt, weil normalerweise ist in diesem Zustand beim einem Wagen mit automatischer Bremse das Bremsgewicht ggb. Wagengewicht höher: im Fall erwartet man eine höhere Störungsanfälligkeit ggb. beladenen Zustand, wobei die Gesamtenergie kleiner ist.

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Insbesondere wurde folgende Fälle berücksichtigt (trockene Schiene).

- 1) Simulation einer Stoppbremse nach einer Gefällebremse mit $V = 120 \text{ km/h}$ und unterschiedlichen Hauptluftleistungsdrücke bis maximal Druck und P-Stellung – Simulation von Bremsüberhitzungen;
- 2) Simulation einer Fahrt vom Stillstand mit gestörter Bremse (Bremse angelegt) bis auf einer Geschwindigkeit von 120 km/h und P-Stellung – Simulation von Bremsüberhitzungen;
- 3) Simulation einer Fahrt bei 120 km/h : Bremsen bis 50 km/h nach 50 km/h für 3 mal und wieder zurück auf 120 km/h und G-Stellung;

II - WAGEN MIT 14,5 t UND VOLLE UNSYMMETRIE

Es wurde dieser Beladezustand so gewählt, dass zur zulässiger Unsymmetrie nach den Beladevorschriften 1:1,25 entspricht. Insbesondere wird hiermit betrachtet, dass die höheren Lasten auf der Wiegeventilseite auftreten sollen und die entsprechenden Bremswirkung verursacht wird. Alle Drehgestelle wurde gleich unsymmetrisch bis 14,5 t beladen. Bei Beladezustände ab 18 t RSL wird die maximale Bremsleistung erreicht und somit kein Unterschied bei linker / rechten Seite bzw. weniger kritisch.

Insbesondere wurde folgende Fälle berücksichtigt (trockene Schiene, nasse Schiene).

- 1) Bremsabhängigversuche nach UIC Bedingungen und P-Stellung;
- 2) Simulation einer Fahrt vom Stillstand mit gestörter Bremse (Bremse angelegt) bis auf einer Geschwindigkeit von 120 km/h und P-Stellung;

I wózek		II wózek		III wózek	
lewa	6355			lewa	6355
12210 prawa	9485	4235	4390	prawa	9485
6260	3310	2025	2040		3270
6430	9000	9000	9000		9550
12270					
37270	28150	15260	15430	28110	86950
		0			0
lewa przód				2020 lewy tył	
1300		4235	4390	3090	
2745		2025	2040	980	
2100				340	
6205		6260	6430	6400	
10x980 prawa przód				10x980 9800 prawy tył	
6205		6260	6430	6400	
9800		9000	9000	9800	
3310				3270	
9000				9000	
28315		15260	15430	28470	18000
					87475

Bild 4 – Beladungsverteilung um die vorgegebene Unsymmetrie zu realisieren

III - WAGEN 50 % MIT 14,5 t - VOLLE UNSYMMETRIE UND 50% LEER

Es wurde dieser Beladezustand bei Wagen A (4-achsig) so gewählt, dass zur zulässiger Unsymmetrie nach den Beladevorschriften 1:1,25 entspricht, wobei bei Wagen B war leer. Insbesondere wird hiermit betrachtet, dass die höheren Lasten auf der Wiegeventilseite auftreten sollen und die entsprechenden Bremswirkung verursacht wird.

Insbesondere wurde folgende Fälle berücksichtigt (trockene und nasse Schiene).

- 1) Bremsabhängigversuche nach UIC Bedingungen und P-Stellung;
- 2) Simulation einer Fahrt vom Stillstand mit gestörter Bremse (Bremse angelegt) bis auf einer Geschwindigkeit von 120 km/h und P-Stellung;

4. Ergebnisse der alternativen Versuche

Die Ergebnisse der alternativen Versuche werden nach den unterschiedlichen Kategorien I, II, III wie folgt vorgestellt.

4.1. I - Wagen leer

Bei den alternativen Versuchen hat man insbesondere Betriebszenarien simuliert, die die Bremse thermo-mechanisch überbeanspruchen können; alle Versuche wurde **in trocken Zustand** durchgeführt:

ID 39	Fahren	120 km/h → dann bremsen
	Stellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 4,2 bar
		C-Druck $\approx 0,7$ bar (Fb = 2,8 kN)
		Bremse zu heissen (Temperatur bis 164 °C)
	V reduzieren bis 40 km/h	
ID 40 – ID 41	Ab 40 km/h bremsen bis Stillstand	
	Fahren	120 km/h → dann bremsen
	Stellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 4,0 bar – Endlich 3,5 bar
		C-Druck $\approx 1,58$ bar (Fb = 2,8 kN)
		Bremse zu heissen (Temperatur bis 290 °C)
	Ab etwa 40 km/h bremsen bis Stillstand	

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Bei den genannten Versuchen, die ausschliesslich **im trocken Zustand** erfolgt sind, wurde **kein Gleiten keiner Radsätze** festgestellt.

ID 42	Fahren	Ab 0 km/h → Fahren mit vollgebremster Wagen	
	Stellung	P	
	Ständig Bremsen	bei HL = 4,2 bar	
		Bremse zu heissen	
	V erhöhen bis 120 km/h		
ID 58	Fahren	Ab 0 km/h → Fahren mit vollgebremster Wagen	
	Stellung	P	
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar	
		Bremse zu heissen	Temperaturen bis 244 °C
	V erhöhen bis 120 km/h		
ID 59	Fahren	Fahren bei 120 km/h	
		Vollbremsen bis 50 km/h dann Lösen wieder 120 km/h fahren	
	Stellung	P	
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar	
		Bremse zu heissen	
	Versuch 3 mal wiederholt		

Bei diesen genannten Versuchen, die ausschliesslich **im trocken Zustand** erfolgt sind, wurde **kein Gleiten keiner Radsätze** festgestellt.

4.2. II - Wagen teilbeladen (14,5 t RSL)

ID 64 – ID65	Fahren	Vom Stillstand zu 100 km/h	
		Vollbremsen vom Stillstand (trocken)	
	Stellung	P	
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar	
		Bremse zu heissen	(Temperatur 235 – 368 °C)

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten



Bild 6 – Foto der Flachstelle bei linkem und rechtem Rad des Radsatzes Nr. 05

Wie aus den Fotos sehen kann, ist die Flachstelle an beiden Seiten des Radsatzes vorhanden, ist relativ breit und stimmt in Grundsatz mit den Bildern von aus dem Betrieb beschädigten Radsätzen (wie aus dem Bericht von Pos. 01). Es ist nun klar, dass um solche Schäden verursacht zu haben **muss die Blockade relativ viel dauern: in Sinne 40 Sekunden bzw. 327 m.**

4.3. III - Wagen teilbeladen – leer (Wagen A 14,5 t / Wagen B leer)

ID 95	Fahren	Vom Stillstand zu 50 km/h
		Vollbremsen vom Stillstand
	Wetter:	Sonnig (Trocken)
	Stellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar
	Temperaturen bis 187 °C	

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

ID 96 - 98 Fahren Vom Stillstand zu 50 km/h
 Vollbremsen vom Stillstand
 Wetter: **Sonnig (Trocken) – jedoch mit Wasseranbringung**
 Stellung P
 Erstens Bremsabhängerversuche bei V = 40 km/h, dann
 Ständig Bremsen bei HL = 3,5 bar

Bei diesen genannten Versuchen, die **im trocken und mit Wasser simulierten Zustand** erfolgt sind, wurde **kein Gleiten keiner Radsätze** festgestellt.

5. Beurteilung der Bremssysteme

Bei den Bremsabhängigkeitsversuchen hat man die Möglichkeit gehabt, um das die Funktion und Wirkung des Bremssystems aus dem Wagen im Betrieb zu prüfen, und stellte folgendes fest:

- I) **Die Bremssteuerungen** (Steuerventile, Lastbremsventile, usw.) **zeigen** zwischen den unterschiedlichen Fahrten **eine sehr stabile und regelmässige Wirkung**. Es funktioniert die Bremssteuerung genauso wie ein neuen Wagen;
- II) **Die Bremsmechanik** (Bremszylinder mit eingebauten Gestängesteller, ...) **funktionieren immer regelmässig**. Insbesondere konnte keine Verschlechterung des Wirkungsgrades gegenüber dem neuen Wagen festgelegt werden;
- III) **Die Bremswirkung in Abhängigkeit von Geschwindigkeit ist konstant** (leicht abnehmend mit der Geschwindigkeit), sodass die vermutete wesentliche Veränderung der Reibwerte bei geringen Geschwindigkeiten zweifellos auszuschliessen ist.

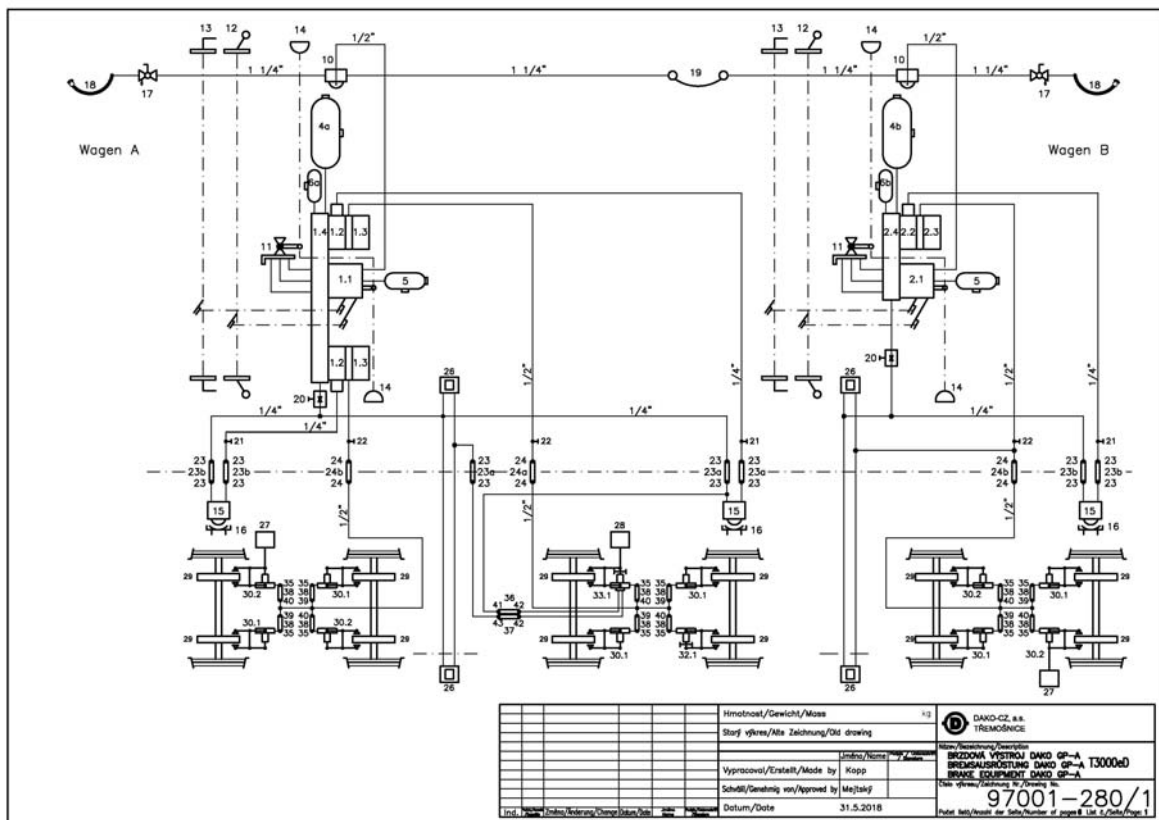


Bild 7: Bremssystem des T3000eD Doppeltaschenwagens

Es kommt man somit zur Schlussfolgerung, dass **keine wesentliche Änderung der Bremsleistung nach allen untersuchten Umständen festzustellen ist, was in erster Linie keine Änderung am Bremssystem nötig macht**: das bestehende Bremssystem garantiert eine stabile Bremswirkung nach allen Umständen.

KEINE ÄNDERUNG DER FUNKTIONEN NÖTIG

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Obwohl keine Änderung an der Funktion des Bremssystems nötig ist, ist **die Möglichkeit der elektronischen Bremse** (z.B. elektrische Steuerung der Bremse und pneumatische Anbringung der Bremskraft) **empfehlenswert**: mit der Verwendung dieses Systems kann man natürlich die Betätigung der Bremse im Zug präzise sicherstellen, was eigentlich das ungewollte Bremsen durch Zugdynamik bzw. während Rangierfahrten ausschliessen kann.

6. Praktische Erkenntnisse aus den Versuchen

6.1. Praktische Hinweise über den Scheibengebremsen Wagen

Aus den vorgenommenen Versuchen hat man gewisse Erkenntnisse, wie folgt erläutert, gewonnen:

- a) **Die festgestellte Beschädigung von Radsätzen, wie auch im Kapitel 5 festgestellt, tritt bei mässigen Adhäsionsverhältnissen auf** (z.B. nass, vereist, wobei niedriger Kraftschluss vorhanden ist) – Insbesondere ist:
 - ➔ Die Reibungsverhältnisse zwischen Bremsbelag und Scheibe sind stetig extrem stabil (mit Alterung, Witterungen, Wirkungsgrade, usw.), wobei ändert sich der Kraftschluss Rad-Schiene im Wesentlichen;
- b) **Die festgestellten Beschädigungen von Radsätzen treten beim Anfahren ab Null Geschwindigkeit mit geringen Kraftschluss auf bei Geschwindigkeiten weniger als 50 km/h auf.**
- c) **Die Querlastunsymmetrien im zulässigen Bereich (Rechts-Links 1:25), sobald die Mehrlasten auf der Wiegeventilseite wirken, können eine erhöhte Bremsleistung erzeugen.**

6.2. Versuchserkenntnisse und Verbesserungsmassnahmen

Anhand der im Abs. festgelegten Erkenntnissen, wurden bei den Gelegenheiten die Risiken über dem möglichen Betrieb neu beurteilt und neu explizit genannt.

Was natürlich zu vermerken ist, dass:

- I) Es geht nun und ausschliesslich **um Massnahmen, die visuelle und manuelle Kontrolle implizieren – keine Überwachung von Einstellungen** (z.B. Bremse «Ein-AUS», Bremszustand «P – G» **ist aktuell gegeben**;
- II) **Bei Einzelfehler z.B. bei der Einstellung von Bremssysteme** (z.B. Wagen A auf «P-Regime» und Wagen B auf «G-Regime») **bzw. Rangieren mit angezogener Bremse können zu Fehler bzw. Schäden auftreten**: es gibt heutzutage keine Überwachung;
- III) **Da die Scheibenbremse immer die stetige Bremsleistung sicherstellt, ist die Störungs- bzw. Schadens-Wahrscheinlichkeit bei Fehler anders als entsprechenden klotzgebremsten Wagen.**

7. Notwendigkeit eines elektrischen Bremssystems

Wie im Abs. 6 festgestellt ist ein elektrisches Bremssystem mit vielfach Funktionen für jeden scheibengebremsen Wagen wie folgt unabdingbar.

Folgenden Funktionen sind wichtig:

I – ÜBERWACHUNGSFUNKTIONEN

Das System soll in der Lage sein, um den Bremszustand zum überwachen und Alarme bei Unstimmigkeiten zu senden.

Insbesondere sind folgende Parameter wichtig:

- a) Überwachung der Bremszustand und Bremsparameter;
(Vermessung von HL Druck, Zylinder Drücke, usw.)
(Vermessung von Geschwindigkeiten der Radsätzen → Siehe Gleitschutzsystem)
- b) Überwachung der unzulässigen Lastunsymmetrien;
→ Überwachung und Alarm;
- c) Überwachung der Fahrten → kein Fahren mit völlig angezogener Bremse erwünscht
→ Überwachung und Alarm;

II – BREMSE UND LÖSEN FUNKTIONEN

Das System soll in der Lage sein, um ein präzises Bremsen / Lösen des Wagens zum implizieren, damit die Bremse genau wann benötigt getätigt wird.

Insbesondere, aus Kompatibilitätsgründe wird das System so funktionieren:

- a) HL (Hauptluftleitung) bleibt erhalten und wird zur Luftversorgung genutzt;
- b) Neue elektrische Steuerleitung
Diese Leitung erlaubt die Übergabe von elektrischen Signalen (Brems- bzw. Löse-Befehlen) und erlaubt die Zug-Integritätskontrolle bei Güterwagen-Züge durchzuführen;
- c) Die Bremsbefehle werden somit neu elektrisch übergeben
- d) Als Notbetrieb, bei nicht funktionierenden elektrischen Bremseinheit, wird die Bremse weiterhin rein pneumatisch bleiben.

III – ENERGIEVERSORGUNG

Die Kabelleitung wird ebenfalls die Energieversorgung am Wagen sicherstellen:

- a) Die Energieversorgung ermöglicht die Funktionen von elektrischer Bremse und Gleitschutzsystem;
- b) Am Wagen wird es möglich um ein Diagnosesystem einzubauen und die kritische Wagen Parameter zum überwachen bzw. Informationen / Zustände über dem Wagen am Zug zu senden;

8. Verbesserung von Kraftschluss im Betrieb

Wie in den Ergebnissen zu sehen ist, ist gerade ein Radsatzschaden bei geringen Geschwindigkeiten bei mässigen Adhärenzverhältnissen aufgetreten: inwieweit sind Radsatzschäden bei höheren Geschwindigkeiten auftreten, konnte nicht ausgeschlossen werden.

Nach Betrachtung der Erfahrungen von klotzgebremsten Wagen, ist hiermit **Überlegungsbedürftig ob eigentlich eine Kombination von Klotzbremse zu Scheibenbremse Vorteile bringen kann und Kraftschluss beim Rad / Schiene nach den extremen Adhäsionsverhältnissen beeinflusst werden kann.** Beispiel:

Anwendung von Putzklotz (Es ist ein kleiner Klotz zur Reinigung der Rad-Oberfläche)	
Vorteile	Nachteile:
1) Die Radoberfläche wird gereinigt und somit treten wenige Oberflächenfehler auf – Die Bildung von typischen Radfehlern aus Scheibenbremse kann positiv beeinflusst werden;	1) Zusätzliche kleine Klötze (1 Stk. je Rad) sind aufwändig und verkomplizieren damit das Bremssystem;
2) Bei mässigen Adhäsionsbedingungen und angelegter Bremse wird die Klotzbremse wirksam und die Radoberfläche leicht wärmen → Effekt genau zu prüfen;	2) Bei grösseren Bremsleistungen (z.B. > 30 %) werden die Räder ein Verschleiss aufzeigen können;
3) Der Putzklotz sollte einen geringen Beitrag zur Bremsleistung geben (10%), um die positive Auswirkung auf Lauffläche jedoch mit geringer Radverschleiss und geringem Hohllauf;	

Es ist sicher sinnvoll eine Lösung als Prototyp zu realisieren und im Betrieb zu setzen.

9. Notwendigkeit eines Gleitschutzsystems

Anhand der Versuchserkenntnisse nach Abs. 4, hat man festgestellt, dass Beschädigungen beim Anfahren bei geringen Geschwindigkeiten und mässigen Adhäsionsverhältnisse auftreten können. Inwieweit in anderen Zuständen Beschädigungen auftritt ist nicht a priori auszuschliessen.

Insbesondere bei **ID71** trat die Beschädigung (Flachstelle) bei einer Geschwindigkeit von 18 km/h auf.

Die Spezifikation von Gleitschutzsysteme ist generell nach der EN Norm EN15595 festgelegt, wobei deckt nicht alle mögliche Fälle ab.

Nach Beurteilung der Anforderungen dieser Norm gegenüber unserem Fall (Scheibengebremsen Güterwagen) sind folgende Bemerkungen wichtig:

- A) Der Bereich von Geschwindigkeitsüberwachung für Gleitschutzintervention fängt bei 30 km/h an. **Bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten bzw. geringe bzw, extrem geringe Kraftschlüsse ist die Wirkung eines Gleitschutzsystem nicht unbedingt sichergestellt;**
- B) Der Gleitschutzsystem nach EN15595 ist ein kompliziertes System, das eine gewisse elektrische Leistung und Luftverbrauch impliziert: es ist am Wagen keine elektrische Leistung vorgesehen und soll trotzdem funktionieren;
 → **Es soll elektrische Leistung am Wagen vorhanden sein, um ein aktives System im Betrieb zu setzen** (nicht nur Überwachung, ...);
- C) Die Vermessung der Geschwindigkeit bei jedem Radsatz ist umsetzbar, wie im BDS (BAFU Stufe 1) genannt ist;
- D) Das System soll bei Rangierungsfahrten mit niedrigen Geschwindigkeiten funktionieren, weil mit grosser Wahrscheinlichkeit in diesen Umständen die Radblockierungen auftreten: in wie weit elektrische Leistung am Wagen vorhanden sein kann, ist zu prüfen.

Inwieweit ein Gleitschutzsystem nach den angegebenen Bedingungen zu realisieren ist und genau das Radsatzgleiten in den genannten Zuständen vermiedet, ist zu prüfen.

Als erstens ist die Energieversorgung für allen Umständen sicherzustellen.

10. Schlussfolgerungen

Anhand der Erfahrungen von Betrieb von T3000eD Wagen, einige erste Messungen aus dem Bremsmesssystem und Erfahrungen von Lieferanten hat Ferriere Cattaneo SA ein relevanten Versuchsprogramm für Scheibenbremsprüfung festgelegt (Wie im Pos. 1 dieses Auftrags), wobei wurden die wesentliche Bremsparameter und die Geschwindigkeiten jedes Radsatzes gemessen.

Nach Durchführung der ersten Versuchsreihe mit dem Jurid 707-11 Belag ist aufgefallen, dass die vermutete wesentliche Erhöhung der Reibwerten bei geringen Geschwindigkeiten und Lasten nach UIC Bedingungen (trockene Schiene) fand nicht statt bzw. wurde kein Radsatzgleiten festgestellt.

Aus diesem Grund wurden neue besondere Versuchen, die realistischen Betriebszuständen entsprechen (wie Bremsstörungen, Bremsüberhitzungen, Bremsungen nach Ladeunsymmetrie, usw.), definiert und umgehend in trockenen und nassen Zustand durchgeführt. **Bei der Gelegenheit bei nassem Zustand wurde ein Radsatzgleiten in unsymmetrischen Beladezustand 14,5 t RSL 1:1,25 R/L bei Radsatz 2 beim Anfahren ab Stillstand in vollgebremsten Zustand festgestellt.**

Anhand der gewonnenen Versuchserfahrungen wurde eine mögliche Quelle der Beschädigungen identifiziert: inwieweit andere Quelle bei anderen Umständen sich geben ist heutzutage nicht auszuschliessen und weiterhin zu prüfen.

Da nach den etwa 100 Fahrten ist die Bremsleistung immer stabil gewesen ist in erste Linie keine Änderung des Bremssystems vorzunehmen.

Es werden hiermit Empfehlungen gegeben um mögliche Massnahmen wie Radsatzfehle im Betrieb zu vermeiden und zwar, mittel Einführung der elektrischen Bremse inklusiv Bremsüberwachung, Einführung für scheibengebremsten geeigneten Gleitschutzsysteme und Massnahme für Verbesserung der Kraftschluss.

Dott. Ing. Eugenio Moro
Chief Technical Officer
Ferriere Cattaneo SA

