

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. 03 – Versuchsdurchführung – Auswertung der Versuchsergebnisse und Festlegung der Massnahmen / Spezifikation der Komponenten

Dok. Nr. 7776TS003

Änderungs-Zustand und -Journal

Ausg.	Änderung	Name	Datum
1.1 DE	Erste Ausgabe	E.Moro	07.12.2020
1.2 DE	Berichtigungen	E.Moro	17.12.2020

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 geringen Geschwindig- keiten	5#
2.1.#	Ergebnisse im beladenen Zustand (108 t)	6#
2.2.#	Ergebnisse im leeren Zustand (35 t).....	6#
2.3.#	Zusätzliche Ergebnisse im teilbeladenen Zustand RSL 14,5 t mit Asymmetrie	7#
2.4.#	Schlussfolgerungen	7#
3.#	Festlegung von alternativen Versuchen für die Simulation von realen Betriebssituationen	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 Scheibengebremsten 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 erste Tätigkeiten wurden mit einem Wagen T3000e Bremsabhängeversuche nach der Spezifikation **7776TS001** durchgeführt: insbesondere wurde die Bremsleistung bei geringen Geschwindigkeiten mit Bremsbelag **Jurid 707-11** geprüft.

Nach dem ersten Tag der Bremsabhängeversuche nach UIC-Bedingungen ist aufgefallen, dass Bremsleistung der Beläge stabil sind, somit wurde Prüfung auch auf nicht-UIC-konforme Bedingungen (nasse Schiene) erweitert.

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

In diesem Bericht werden somit folgende Tätigkeiten vorgestellt:

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

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

2. Ergebnisse der UIC Bremsprüfung bei geringen Geschwindigkeiten

In einem ersten Schritt wurden Versuche mit dem Jurid 707-11 Bremsbelag durchgeführt (siehe **VUKV Bericht 20-C 60 (Stufe 2)**).

Bemerkenswert ist, dass:

- im Betrieb für den Wagen T3000eD **zwei unterschiedliche Belagstypen** (Jurid 707-11 und Becorit BM41NT) eingesetzt werden können, die in der Anwendung austauschbar sind: in beiden Fälle geht es um Sinterbeläge, die über sehr gute Eigenschaften bei mechanischen und thermischen Überbelastungen verfügen;
- auf dem Prüfstand für höhere Geschwindigkeiten **die erzielten Reibwerte innerhalb der entsprechenden Streuungen extrem stabil** sind;
- für die Versuche ein Wagen T3000e D aus dem Betrieb genommen wurde (Wagennummer **T3000eD TEN GE G1 Sdggmrss 33 85 4956 680-4**). Vor den Versuchen wurden die Radsätze¹ erneuert, das Bremssystem (pneumatisch, mechanisch) jedoch belassen. Der Wagen hatte **einen durchschnittlichen Raddurchmesser von 895 mm** und entspricht somit einem Wagen kurz vor der Revision.



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

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

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

Beim Fahren mit unterschiedlichen niedrigen Geschwindigkeiten nach UIC-Bedingungen für Bremsabhängige-Versuche wurde festgestellt, dass die vermutete erhöhte Wirkung der Bremse nicht stattfindet. Eine Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse wird in den folgenden Abschnitten angegeben.

2.1. Ergebnisse im beladenen Zustand (108 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

Da das Bremsgewicht mit der Geschwindigkeit leicht steigt, ist eine stabile Bremsleistung immer sichergestellt.

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

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

2.2. Ergebnisse im leeren Zustand (35 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

Da das Bremsgewicht mit der Geschwindigkeit leicht steigt, ist eine stabile Bremsleistung immer sichergestellt.

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

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

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

2.3. Zusätzliche Ergebnisse im teilbeladenen Zustand RSL 14,5 t mit Asymmetrie

Es wurden hierzu Bremsabhängerversuche nach alternativen Zuständen wie folgt durchgeführt:

- A) Wagen mit 14,5 t beladen, mit Quer-Asymmetrie 1:1,25 (Max. zulässig nach Ladevorschriften) und maximaler Last auf der Wiegeventilseite;
- B) Situation mit 2 Wagen: Wagen A (Bremsen mit 4 Radsätzen) wie oben, Wagen B leer (Bremsen mit 2 Radsätzen)

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

2.4. Schlussfolgerungen

Die Bremsleistung ist sowohl im beladenen wie auch im leeren Zustand nach UIC-Bedingungen so stabil, dass sowohl bei Änderung der Lasten wie auch der Geschwindigkeiten sich keine wesentlichen Unterschiede der Bremsleistung ergeben. Das genaue Verhalten ist in den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich:

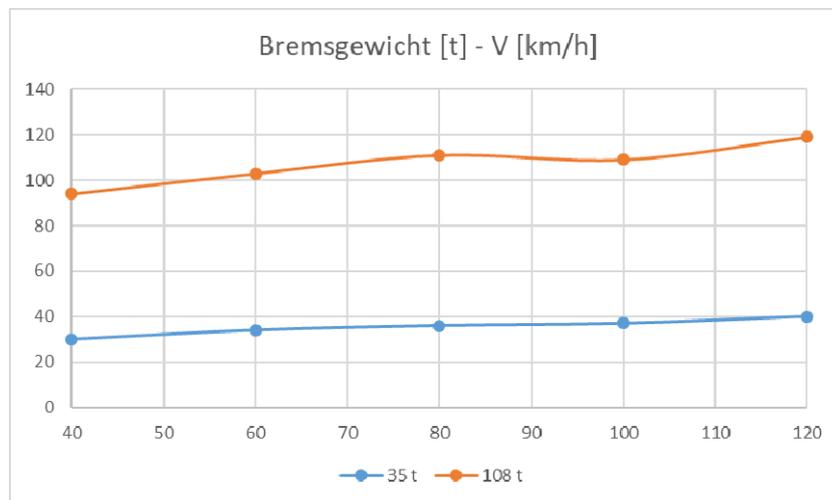


Abbildung 2 – Entwicklung des Bremsgewichts mit der Fahrgeschwindigkeit



Abbildung 3 – Entwicklung des Bremshunderstels mit der Fahrgeschwindigkeit

Die Abnahme der Bremshundertstel bei sinkenden Geschwindigkeiten entspricht den Erwartungen und damit auch den Auswertungsformeln nach UIC 544-1.

Da das Reibverhalten der **Jurid 707-11-Beläge** analog derjenigen der **Becorit BM41NT – Beläge** ist, wurde auf die Durchführung einer Versuchsreihe mit Becorit-Belägen zu Gunsten von alternativen Versuchen verzichtet.

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

3. Festlegung von alternativen Versuchen für die Simulation von realen Betriebssituationen

Nach Durchführung der ersten Versuchsreihe nach UIC-Bedingungen ohne dass Abweichungen festgestellt wurden, wurden alternative Versuche durchgeführt, um die Bremsen bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen zu testen.

Insbesondere wurden folgende Kriterien gewählt:

I - WAGEN IN LEEREM ZUSTAND

Dieser Zustand wurde gewählt, weil bei Wagentypen mit automatischer Bremse normalerweise die Bremshundertstel höher ist. Im diesen Fall erwartet man eine grössere Störungsanfälligkeit im Vergleich zum beladenen Zustand, obwohl die Gesamtenergie kleiner ist.

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Insbesondere wurden folgende Fälle berücksichtigt (trockene Schiene).

- 1) Simulation einer Stoppbremse nach einer Gefällebremse mit $V = 120 \text{ km/h}$ und unterschiedlichen Hauptluftleistungsdrücken bis zu maximalem Druck sowie P-Stellung der Bremse – Simulation von Bremsüberhitzungen;
- 2) Simulation einer Fahrt vom Stillstand mit gestörter Bremse (Bremse angelegt) bis auf eine Geschwindigkeit von 120 km/h sowie P-Stellung der Bremse – Simulation von Bremsüberhitzungen;
- 3) Simulation einer Fahrt bei 120 km/h mit 3-maligem Abbremsen auf 50 km/h und Beschleunigung zurück auf 120 km/h sowie G-Stellung der Bremse;

II - WAGEN MIT 14,5 t UND VOLLER ASYMMETRIE

Dieser Beladezustand wurde so gewählt, weil der maximalen Asymmetrie von 1:1,25 gemäss Beladevorschriften entspricht. Insbesondere wird darauf geachtet, dass die höheren Lasten auf der Wiegeventilseite liegen und damit eine entsprechende Bremswirkung verursacht wird. Alle Drehgestelle wurden gleich asymmetrisch bis 14,5 t beladen. Bei Beladezuständen grösser als 18 t RSL wird die maximale Bremsleistung erreicht und wird keine erhöhte Bremswirkung auftreten.

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

- 1) Bremsabhängerversuche nach UIC-Bedingungen sowie P-Stellung der Bremse;
- 2) Beschleunigung vom Stillstand mit gestörter Bremse (Bremse angelegt) bis zu einer Geschwindigkeit von 120 km/h sowie P-Stellung der Bremse;

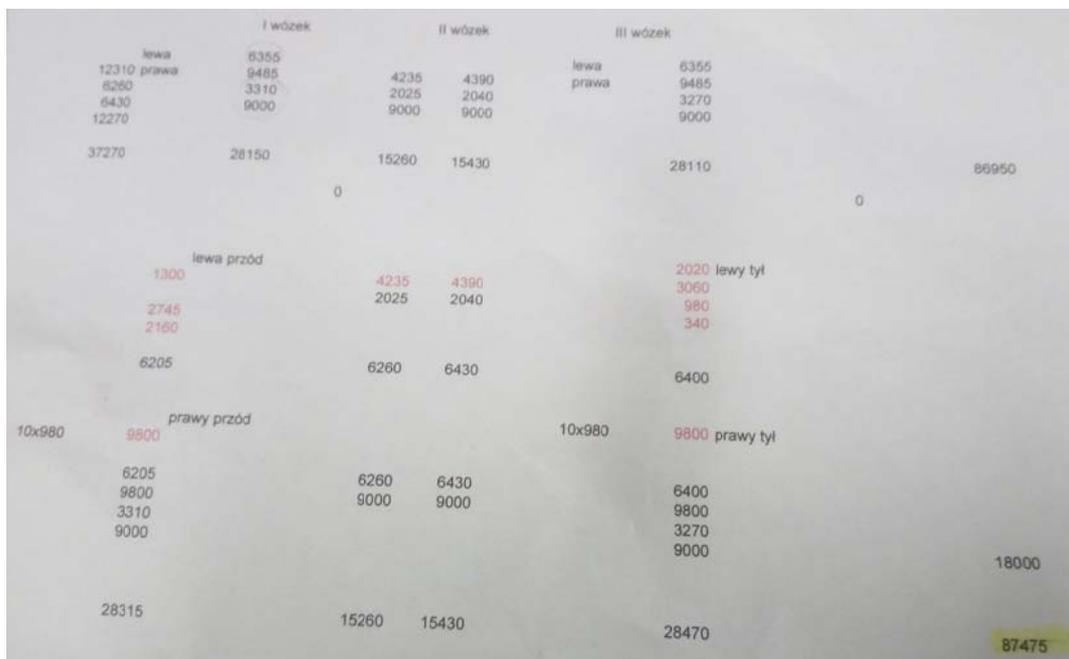


Abbildung 4 – Beladungsverteilung um die Asymmetrie 1:1,25 zu realisieren

III - WAGEN ZU 50 % MIT 14,5 t RSL ASYMMETRISCH BELADEN UND ZU 50% LEER

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

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

- 1) Bremsabhängerversuche nach UIC-Bedingungen sowie P-Stellung der Bremse;
- 2) Beschleunigung vom Stillstand mit gestörter Bremse (Bremse angelegt) bis auf eine Geschwindigkeit von 120 km/h sowie P-Stellung der Bremse;

4. Ergebnisse der alternativen Versuche

Die Ergebnisse der alternativen Versuche nach den oben erwähnten Kategorien I, II, III sehen wie folgt aus.

4.1. I - Wagen leer

Bei den alternativen Versuchen hat man insbesondere Betriebszenarien simuliert, welche die Bremse thermo-mechanisch überbeanspruchen können; alle Versuche wurden **bei trockenen Bedingungen** durchgeführt:

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

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten

Bei diesen Versuchen, die ausschliesslich **bei trockenen Bedingungen** stattfanden, wurde **kein Gleiten der Radsätze** festgestellt.

ID 42	Fahren	Ab 0 km/h → Fahren mit vollgebremstem Wagen
	Bremsstellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 4,2 bar Bremsen zu heiss
	V erhöhen bis 120 km/h	
ID 58	Fahren	Ab 0 km/h → Fahren mit vollgebremstem Wagen
	Bremsstellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar Bremsen zu heiss (Temperatur bis 244 °C)
	V erhöhen bis 120 km/h	
ID 59	Fahren	Fahren bei 120 km/h
	120 km/h	Vollbremsen bis 50 km/h dann Lösen und wieder auf beschleunigen
	Bremsstellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar Bremsen zu heiss
Versuch 3 mal wiederholt		

Bei diesen Versuchen, die ausschliesslich **bei trockenen Bedingungen** stattfanden, wurde **kein Gleiten der Radsätze** festgestellt.

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

ID 64 – ID65	Fahren	Vom Stillstand beschleunigen bis 100 km/h Vollbremsung zum Stillstand (trocken)
	Bremsstellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar Bremsen zu heiss (Temperatur 235 – 368 °C)

Auswertung der Versuchsergebnisse / Festlegung der Maßnahmen / Spezifikation Komponenten



Abbildung 6 – Flachstellen bei linkem und rechtem Rad, Radsatz Nr. 05

Wie die Fotos zeigen, ist die Flachstelle an beiden Seiten des Radsatzes vorhanden und relativ breit. Die Flachstelle stimmt im Grundsatz mit den Bildern von beschädigten Radsätzen aus dem Betrieb überein (siehe Bericht von Pos. 01). Wir folgern, dass für die Entstehung solcher Schäden **eine Brems-Blockade relativ lange dauern muss (Größenordnung 40 Sekunden bzw. 327 m).**

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

ID 95	Fahren	Beschleunigung vom Stillstand auf 50 km/h Vollbremsung bis zum Stillstand
	Wetter:	Sonnig (Trocken)
	Bremsstellung	P
	Ständig Bremsen	bei HL = 3,5 bar
	Temperaturen bis 187 °C	

5. Beurteilung der Bremssysteme

Bei den Bremsabhängigkeitsversuchen hatte man die Möglichkeit, die Funktion und Wirkung des Bremssystems des Wagens aus dem Betrieb zu prüfen, und stellte folgendes fest:

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

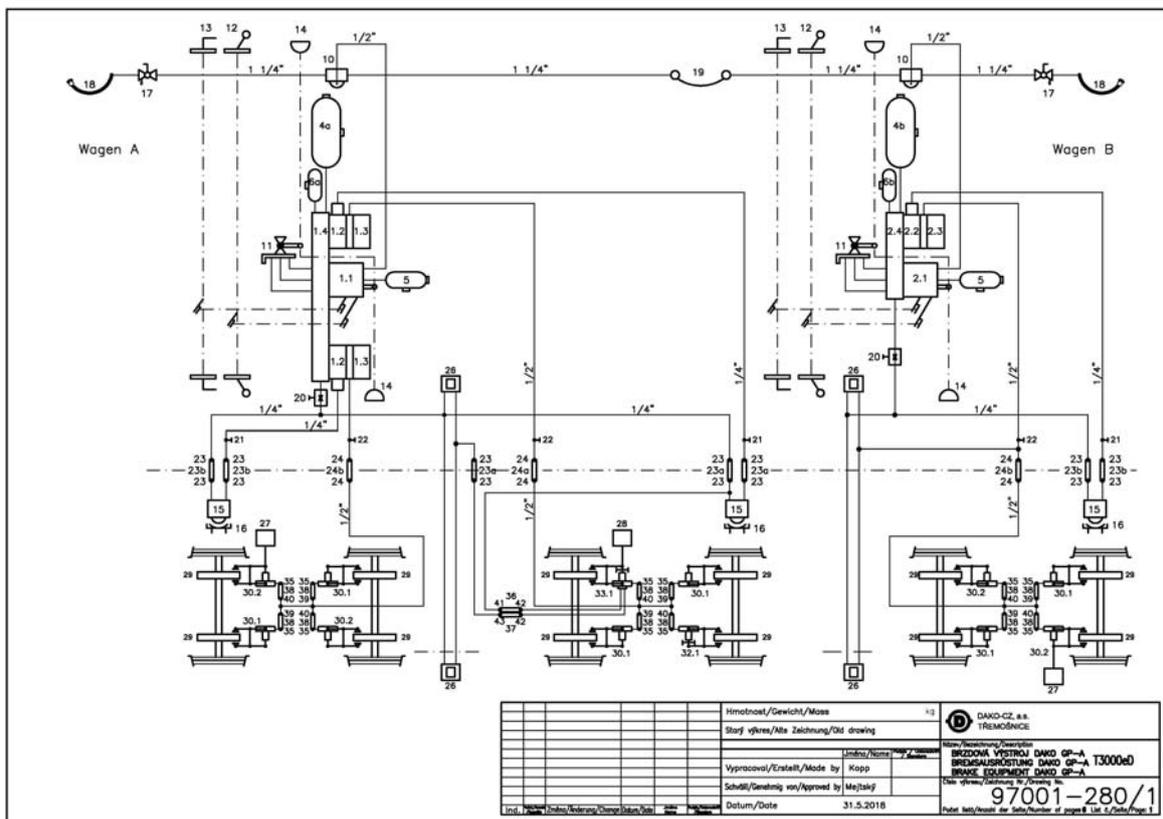


Bild 7: Bremssystem des T3000eD Doppeltaschenwagens

Es kann gefolgert werden, dass **keine wesentliche Änderung der Bremsleistung bei allen untersuchten Situationen und Bedingungen festzustellen ist. Eine Änderung am bestehenden Bremssystem ist damit nicht nötig.**

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 elektronische Bremse empfehlenswert** (z.B. elektrische Steuerung der Bremse und pneumatische Anbringung der Bremskraft). Mit der Verwendung dieses Systems kann man die Betätigung der Bremse im Zug präzise sicherstellen, womit das ungewollte bremsen durch Zugdynamik bzw. während Rangierfahrten ausgeschlossen werden kann.

6. Praktische Erkenntnisse aus den Versuchen

6.1. Praktische Hinweise über den Scheibengebremsten Wagen

Aus den durchgeführten Versuchen konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- a) **Beschädigungen von Radsätzen, können bei mässigen Adhäsionsverhältnissen festgestellt werden** (z.B. nass, vereist, wobei niedriger Kraftschluss vorhanden ist, siehe Kapitel 5) insbesondere:
 - ➔ Die Reibungsverhältnisse zwischen Bremsbelag und Scheibe sind immer extrem stabil (mit Alterung, Witterungen, Wirkungsgrade, usw.), dabei ändert sich der Kraftschluss Rad-Schiene im Wesentlichen;
- b) **Die festgestellten Beschädigungen der Radsätze treten beim Anfahren vom Stillstand mit geringen Kraftschluss auf Geschwindigkeiten von weniger als 50 km/h auf.**
- c) **Querlastasymmetrien im zulässigen Bereich (Rechts-Links 1:25), können eine erhöhte Bremsleistung erzeugen sobald die Mehrlasten auf der Wiegeventilseite liegen.**

6.2. Versuchserkenntnisse und Verbesserungsmassnahmen

Anhand der im Kapitel 4 festgelegten Erkenntnisse, wurden Empfehlungen für den Wagenbetrieb vorgeschlagen.

Es ist insbesondere zu vermerken, dass:

- I) Die Bremse wird im Betrieb nur mit manuellen Befehle gesteuert, **die visuelle und manuelle Kontrolle implizieren – keine Überwachung von Einstellungen** (z.B. Bremse «Ein-AUS», Bremszustand «P –G»)ist aktuell gegeben);
- II) **einzelne Fehler wie z.B. bei der Einstellung von Bremssystemen** (z.B. Wagen A auf «P-Regime» und Wagen B auf «G-Regime») **oder Rangieren mit angezogener Bremse können zu Schäden** führen, da es heutzutage keine Überwachung gibt;
- III) **Da Scheibenbremsen immer eine konstante Bremsleistung sicherstellen, ist die Störungs- bzw. Schadens-Wahrscheinlichkeit bei Fehlern anders als bei klotzgebremsten Wagen.**

7. Notwendigkeit eines elektrischen Bremssystems

Wie im Kap. 6 festgestellt, ist ein elektrisches Bremssystem mit verschiedenen Funktionen für jeden einzelnen schiebengebremsen Wagen unabdingbar.

Folgende Funktionen sind wichtig:

I – ÜBERWACHUNGSFUNKTIONEN

Das System soll in der Lage sein, den Bremszustand zu überwachen und bei Unstimmigkeiten Alarm für Lokführer und Wagenhalter zu geben .

Insbesondere sind folgende Parameter wichtig:

- a) Überwachung des Bremszustands und der Bremsparameter;
(Messung des HL-Drucks, Zylinder Drücke, usw.)
(Messung der Geschwindigkeiten der Radsätze → siehe Gleitschutzsystem)
- b) Überwachung unzulässiger Lastasymmetrien;
→ Überwachung und Alarm;
- c) Überwachung der Fahrten → kein Fahren mit völlig angezogener Bremse
→ Überwachung und Alarm;

II – BREMSE UND LÖSEN FUNKTIONEN

Das System soll in der Lage sein, ein präzises Bremsen / Lösen zu gewährleisten, .

Aus Kompatibilitätsgründe muss das System insbesondere wie folgt funktionieren:

- a) HL (Hauptluftleitung) bleibt erhalten und wird zur Luftversorgung genutzt;
- b) Neue elektrische Steuerleitung (Kabelleitung)
Diese Leitung erlaubt die Übermittlung von elektrischen Signalen (Brems- bzw. Löse-Befehlen) und ermöglicht somit die Durchführung der Zug-Integritätskontrolle bei Güterzügen;
- c) Die Bremsbefehle werden somit neu elektrisch übermittelt
- d) Im Notbetrieb wird bei einer nicht funktionierenden elektrischen Bremseinheit die Bremse weiterhin rein pneumatisch ausgelöst.

III – ENERGIEVERSORGUNG

Die Kabelleitung wird nicht nur die elektrische Steuerung, sondern auch die Energieversorgung am Wagen sicherstellen:

- a) Die Energieversorgung ermöglicht die verschiedenen Funktionen einer elektrischen Bremse sowie des Gleitschutzsystems;
- b) Mit der Energieversorgung wird es möglich sein, am Wagen ein Diagnosesystem einzubauen und bei kritischen Wagen die entsprechenden Parameter zu überwachen bzw. Informationen / Zustände zum Wagen an die Lok zu senden;

8. Verbesserung von Rad /Schiene Kraftschluss

Wie die Versuche gezeigt haben sind Radsatzschäden insbesondere bei geringen Geschwindigkeiten und bei mässigen Adhärenz-Verhältnissen aufgetreten. Ob Radsatzschäden auch bei höheren Geschwindigkeiten auftreten können, konnte nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund der Erfahrungen mit klotzgebremsten Wagen, ist zu überlegen, **ob eine Kombination Klotzbremse mit Scheibenbremsen Vorteile bringen und der Kraftschluss von Rad / Schiene nach den extremen Adhäsionsverhältnisse beeinflusst werden kann.**

Beispiel:

Anwendung von Putzklotz (Begriff: kleiner Bremsklotz die vor allem zur Reinigung der Rad-Oberfläche verwendet wird).	
Vorteile	Nachteile:
1) Die Radoberfläche wird gereinigt, womit weniger Fehler an der Radoberfläche auftreten – Die Bildung von typischen Radfehlern durch die 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 angezogener Bremse wird der Putzklotz wirksam und die Radoberfläche leicht erwärmt → Effekt ist genau zu prüfen;	2) Bei grösseren Bremsleistungen (z.B. > 30 %) werden die Räder Verschleisserscheinungen zeigen können;
3) Der Putzklotz sollte ein geringer Beitrag zur Bremsleistung bringen (10%), um die positive Auswirkung auf Lauffläche jedoch mit geringer Radverschleiss und geringen Hohllauf; ²	

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

² Die Leistung sollte gering sein, um der Verschleiss bei Radoberfläche gering zu halten: der höhere Verschleiss ist aus den Betrieb mit 100% Bremsleistung mit Kunststoff-Sohlen festzustellen.

9. Notwendigkeit eines Gleitschutzsystems

Aufgrund der Versuche gemäss Kap. 4 kann festgestellt werden, dass Beschädigungen beim Anfahren bei geringen Geschwindigkeiten und mässigen Adhäsionsverhältnissen auftreten können. Ob in anderen Zuständen Beschädigungen auftreten ist nicht a priori auszuschliessen.

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

Die Spezifikation von Gleitschutzsystemen ist in der EN Norm EN15595 festgelegt, wobei nicht alle möglichen Fälle abgedeckt sind.

Nach Beurteilung der Anforderungen dieser Norm gegenüber scheinbremsten Güterwagen sind folgende Bemerkungen wichtig:

- A) Der Bereich der Geschwindigkeitsüberwachung für eine Gleitschutzintervention fängt bei 30 km/h an. **Bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten bzw. bei geringen bis extrem geringen Kraftschlüssen ist die Wirkung eines Gleitschutzsystems nicht unbedingt sichergestellt;**
 - Das Gleitschutzsystem nach EN15595 ist kompliziert, und benötigt eine gewisse elektrische Leistung und Luftverbrauch. **Es soll eine wesentliche elektrische Leistung (1 kW) am Wagen vorhanden sein, um ein aktives System im Betrieb zu setzen** (nicht nur Überwachung, ...);
- B) Die Geschwindigkeitsmessung bei jedem Radsatz ist umsetzbar, wie im BDS (BAFU Stufe 1) genannt ist;
- C) Das System soll bei niedrigen Geschwindigkeiten funktionieren sowohl bei normalen Betrieb wie auch bei Zugvorbereitung und Wagenrangieren, weil bei diesen Situationen mit grosser Wahrscheinlichkeit Radblockierungen auftreten. In wie weit elektrische Leistung am Wagen vorhanden sein muss, ist zu prüfen.

10. Schlussfolgerungen

Aufgrund der Erfahrungen beim Betrieb von T3000eD-Wagen, von ersten Messungen des Bremsmesssystems sowie Erfahrungen von Lieferanten hat Ferriere Cattaneo SA ein Versuchsprogramm für Scheibenbremsprüfungen festgelegt (siehe Pos. 1 dieses Auftrags). Dabei wurden die wesentlichen 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 Reibwerte bei geringen Geschwindigkeiten und Lasten nach UIC-Bedingungen (trockene Schiene) nicht stattfand bzw. kein Radsatzgleiten festgestellt wurde.

Aus diesem Grund wurden neue besondere Versuche, welche realistischen Betriebszuständen entsprechen (zB Bremsstörungen, Bremsüberhitzungen, Bremsungen nach Ladeasymmetrie, usw.), definiert und umgehend bei trockenen und nassen Bedingungen durchgeführt. **Bei nassem Zustand wurde ein Radsatzgleiten unter asymmetrischem Beladezustand (14,5 t RSL, 1:1,25 R/L) bei angeschriebenen Radsatz 5 beim Anfahren ab Stillstand in vollgebremsten Zustand festgestellt.**

Anhand der gewonnenen Versuchserfahrungen wurde eine mögliche Quelle der Beschädigungen identifiziert; ob andere Quellen bei anderen Umständen sich ergeben ist heutzutage nicht auszuschliessen und deshalb noch zu prüfen.

Da nach den etwa 100 Fahrten die Bremsleistung immer stabil gewesen ist, muss insbesondere keine Änderung des Bremssystems vorgenommen werden.

Es werden hiermit Empfehlungen gegeben, um mögliche Schäden wie Radsatzfehler im Betrieb zu vermeiden, wie zB Einbau einer elektrischen Bremse inklusiv Bremsüberwachung, Einbau eines für scheinengebremste Wagen geeignetes Gleitschutzsystems oder Massnahmen zur Verbesserung des Kraftschlusses.

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

