



VÝZKUM, VÝVOJ A ZKUŠEBNICTVÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL  
Bucharova 1314/8, CZ-158 00 Praha 5, Tschechische Republik



ZKUŠEBNA KOLEJOVÝCH VOZIDEL A KONTEJNERŮ VÚKV a.s.  
Zkušební laboratoř č. 1085 akreditovaná ČIA

# PRÜFPROTOKOLL

14-P 051

## Taschenwagen Gattung Sdgnss Abhängeversuche HUPAC

Auftrag Nr. 4480  
Anzahl Seiten 32  
Anzahl Anlagen 3

	Vor- und Zuname	Funktion	Unterschrift
Erstellt und aktualisiert	Dipl.-Ing. Radek Westfál	Versuchsleiter	
Mitwirkung	Tomáš Velebil		
Übersetzt	Dipl.-Ing. Jan Lutrýn		
Überprüft	Josef Žák	Technischer Leiter Prüflabor	
Genehmigt	Dipl.-Ing. Zdeněk Malkovský	Direktor der Prüfstelle	


Änderung Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7
Vom	2014-11-28							

Direktor Prüflabor: + 420 225 343 401  
Technischer Leiter Prüflabor: + 420 225 343 436  
Fax Prag: + 420 225 343 498 oder 499  
E-Mail Prag: testing@vukv.cz

Internet: www.vukv.cz

Betrieb Prüflabor Cerhenice: + 420 321 792 460  
+ 420 321 792 496  
Fax Prüflabor Cerhenice: + 420 321 792 702  
E-Mail Cerhenice: cerhenice@vukv.cz

Jede Veröffentlichung dieses Berichts oder der darin enthaltenen Angaben ist nur mit Genehmigung von VÚKV a. s. zulässig.  
© VÚKV a. s.

	Prüfgegenstand	Typ	Prüfprotokol Nr.	Änderung Nr.	0
	Taschenwagen	Sdgnss	14-P 051	Seite	2 von 32

## INHALT

1	Allgemeines.....	4
2	Angaben zum Prüfgegenstand .....	4
2.1	Beschreibung und Ausrichtung des Wagens .....	4
2.2	Beschreibung des Bremssystems .....	5
2.3	Herstellerunterlagen .....	5
2.4	Bremsausrüstung .....	6
3	Anforderungen an die Durchführung der Versuche .....	7
4	Gemessene Größen und verwendete Geräte .....	8
5	Kontrolle der Wagenmasse .....	10
6	Beschreibung und Ablauf der Versuche .....	11
6.1	Beschreibung der Versuche .....	11
6.2	Ablauf der Versuche.....	11
7	Ergebnisse der Prüfungen.....	13
7.1	Prüfung der Handbremse .....	13
7.2	Abhängeversuche mit leerem Wagen.....	15
7.2.1	Ausgangsgeschwindigkeit 100 km/h.....	15
7.2.2	Ausgangsgeschwindigkeit 120 km/h.....	17
7.3	Abhängeversuche mit teilbeladenem Wagen – 72 t.....	19
7.3.1	Ausgangsgeschwindigkeit 100 km/h.....	19
7.3.2	Ausgangsgeschwindigkeit 120 km/h.....	21
7.4	Abhängeversuche mit beladenem Wagen – 90 t.....	23
7.4.1	Ausgangsgeschwindigkeit 100 km/h.....	23
7.4.2	Ausgangsgeschwindigkeit 120 km/h.....	25
7.5	Nachweis der thermischen Verträglichkeit für den ungünstigsten Betriebsfall (Energiegrenzwerte).....	27
8	Bewertung der Abhängeversuche .....	30
8.1	Bremswege, Brems Hundertstel und Bremsgewichte.....	30
8.2	Korrektur der Bremswegmittelwerte $s_{\text{korrr}}$ laut UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.3 – Nominaler Bremszylinderdruck, Durchmesser des halbabgenutzten Rades .....	30
8.3	Korrektur der Bremswegmittelwerte $s_{\text{korrr}}$ laut UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.4 – Bremszylinderfüllzeit.....	31
9	Schlussfolgerung.....	32

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	– Ausrichtung des Wagens.....	5
Abbildung 2	– Drehgestell mit Scheibenbremse .....	5
Abbildung 3	– Wagen teilbeladen.....	10
Abbildung 4	– Wagen voll beladen .....	10
Abbildung 5	– Schema des Versuchsringes IK Zmigrod (PL) .....	11
Abbildung 6	– Bremsbelagszustand um 13 30 Uhr.....	12
Abbildung 7	– Drehgestell mit Handbremse .....	13
Abbildung 8	– Handbremsprüfung – Losbrechkraft .....	14
Abbildung 9	– Abhängeversuch, Wagen leer, 100 km/h.....	16
Abbildung 10	– Abhängeversuch, Wagen leer, 120 km/h.....	18
Abbildung 11	– Abhängeversuch, Wagen teilbeladen – 72 t, 100 km/h.....	20
Abbildung 12	– Abhängeversuch, Wagen teilbeladen – 72 t, 120 km/h.....	22
Abbildung 13	– Abhängeversuch, Wagen beladen – 90 t, 100 km/h .....	24
Abbildung 14	– Abhängeversuch, Wagen beladen – 90 t, 120 km/h .....	26
Abbildung 15	– Gotthardttest.....	28
Abbildung 16	– Bremsbelag nach dem durchgeführten Gotthardttest .....	28
Abbildung 17	– Brems Scheiben nach dem durchgeführten Gotthardttest.....	29

	<i>Prüfgegenstand</i>	<i>Typ</i>	<i>Prüfprotokol Nr.</i>	<i>Änderung Nr.</i>	<b>0</b>
	<b>Taschenwagen</b>	<b>Sdgnss</b>	<b>14-P 051</b>	<i>Seite</i>	3 von 32

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 – Bremsausrüstung.....	6
Tabelle 2 – Gemessene Größen .....	8
Tabelle 3 – Prüfbedingungen .....	12
Tabelle 4 – Handbremsprüfung .....	13
Tabelle 5 – Abhängeversuche, Wagen leer, 100 km/h .....	15
Tabelle 6 – Abhängeversuche, Wagen leer, 120 km/h .....	17
Tabelle 7 – Abhängeversuche, Wagen teilbeladen – 72 t, 100 km/h .....	19
Tabelle 8 – Abhängeversuche, Wagen teilbeladen – 72 t, 120 km/h .....	21
Tabelle 9 – Abhängeversuche, Wagen beladen – 90 t, 100 km/h .....	23
Tabelle 10 – Abhängeversuche, Wagen beladen – 90 t, 120 km/h.....	25
Tabelle 11 – Temperaturen der Brems Scheiben während des Gotthardttests .....	27
Tabelle 12 – Ergebnisse der Abhängeversuche .....	30
Tabelle 13 – Ergebnisse der Abhängeversuche, korrigierte Werte.....	31
Tabelle 14 – Ergebnisse der Abhängeversuche, endgültige korrigierte Werte .....	31

## ANLAGEN

<i>Nr.</i>		<i>Seiten</i>
1	Bremsberechnung	2
2	Wiegekarte Wagen-leer	1
3	Bremsberechnung der Handbremse	1

## ÄNDERUNGSVERZEICHNIS

<i>Änd. Nr.</i>	<i>Betrifft Seiten Nr./Änderungsbeschreibung</i>

## 1 Allgemeines

Die Prüfstelle für Schienenfahrzeuge und Container VÚKV a. s., Bucharova 1314/8, CZ-158 00 Praha 5, Tschechische Republik (Auftragnehmer) hat die Bremsabhängerversuche am Taschenwagen T4.2 durchgeführt. Die Prüfungen hat die Firma HUPAC SA, Viale R. Manzoni 6, CH-6830 Chiasso (Auftraggeber), auf der Grundlage des Angebotes N1810a/2014 vom 23.07.2014 und der Bestellung Ns. Rif: FOG/JOH SCEI-9MPJWS vom 05.08.2014 in Auftrag gegeben.

Das Fahrzeug wurde zu den Prüfungen am 01.09.2014 im experimentalen Prüflabor VÚKV am Standort Cerhenice beigelegt.

Die Abhängerversuche wurden von 09.09.2014 bis 11.09.2014 auf dem Eisenbahnprobering IK in Żmigród (PL) durchgeführt.

Die Prüfung haben die Mitarbeiter der Prüfstelle für Schienenfahrzeuge und Container VÚKV a. s., akkreditiertes Prüflabor Nr. 1085, Herren Dipl.-Ing. R. Westfál und T. Velebil vorbereitet und durchgeführt.

Bei den Prüfungen auf dem Eisenbahnprobering nahmen die Vertreter der folgenden Firmen teil:  
HUPAC: Michael John,

Waggonbau Niesky: Detlef Kappler,

Federal-MOGUL: Martin Subert

## 2 Angaben zum Prüfgegenstand

### 2.1 Beschreibung und Ausrichtung des Wagens

4-achsiger Taschenwagen T4.2

Gattung	Sdgnss
Waggennummer	33 85 452 6 018-8
Herst.-Nr.	2007 47433
Höchstgeschwindigkeit des Wagens	120 km/h
Masse des leeren Wagens	22 550 kg
Drehzapfenabstand	14 200 mm
Wagenlänge über Puffer	20 000 mm

Wagenhersteller	Waggonbau Niesky GmbH
Baujahr	2007
Firma Waggonbau Niesky hat im Jahre 2014 die Anpassung, bei der unter den Wagen die neuen Drehgestelle mit Scheibenbremse eingebaut wurden, realisiert.	
Drehgestelle	DRRS25-LD
Drehgestellnummer	2014 55327, 2014 55328
Raddurchmesser neu / maximal abgenutzt	920 mm / 840 mm
Raddurchmesser in Prüfungen	920 mm
Hersteller	Waggonbau Niesky



**Abbildung 1 – Ausrichtung des Wagens**

## 2.2 Beschreibung des Bremssystems

Der vierachsige Taschenwagen ist mit einer indirekt wirkenden Druckluftbremse KNORR ausgerüstet. Die Steuerung der Bremse erfolgt durch ein Steuerventil KE<sub>dv</sub>. Der Wagen ist mit einem System der automatischen Lastabbremse ausgestattet.

Das Steuerventil erzeugt den Vorsteuerdruck, der in die Lastbremsventile eintritt. Die RLV-Ventile liefern die C-Drücke in die Bremszylinder entsprechend dem Vorsteuerdruck C<sub>v</sub> und den Steuerdrücken der Wiegeventile. Beide Drehgestelle sind mit dem Wiegeventil ausgerüstet.

Der Wagen ist mit Drehgestellen DRRS25-LD mit der Scheibenbremse ausgestattet. Es werden Brems scheiben Ø590/320×170-25P(Knorr) (2 Brems scheiben pro Radsatz) und die kompakten Bremszangeneinheiten (für jede Brems scheibe eine eigene Bremszangeneinheit) verwendet.

Drehgestell 1 ist mit der Handbremse ausgestattet. Die Handbremse wirkt auf 2 Bremszangeneinheiten (Brems scheiben) des Drehgestells 1.



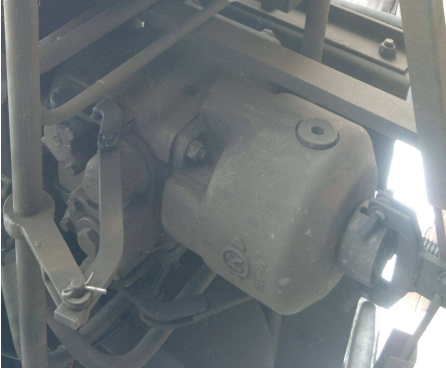

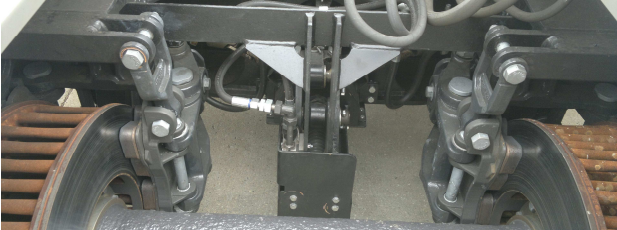


**Abbildung 2 – Drehgestell mit Scheibenbremse**

## 2.3 Herstellerunterlagen

Bremsberechnung Nr. TA41477/41

Berechnung Parkbremse Nr. TA41477/42

## 2.4 Bremsausrüstung

Indirekte Druckluftbremse KNORR	KE-GP-A - D
<p>Steuerventil KNORR KEdv ◆ 1 Stk.</p>	
<p>Einstellbares Lastbremsventil KNORR RLV-11d-e/1 ◆ Herst.-Nr. 180618 32/06 ◆ Herst.-Nr. 180619 32/06</p>	
<p>Bremszangeneinheit KNORR UP10H13R8 ◆ 2 Stk. UP10X13R8 ◆ 6 Stk.</p>	
<p>Vorratsluftbehälter BWB V 120 L, PS 10 bar ◆ 1 Stk.</p>	
<p>Bremsbelag JURID JURID 707 74575 010/14/16 ◆ 32 Stk. Belaghälfte</p>	

**Tabelle 1 – Bremsausrüstung**

Für die Zwecke der Bremsversuche wurde der Wagen mit den einstellbaren Lastbremsventilen RLV ausgerüstet.

	<i>Prüfgegenstand</i> <b>Taschenwagen</b>	<i>Typ</i> <b>Sdgnss</b>	<i>Prüfprotokol Nr.</i> <b>14-P 051</b>	<i>Änderung Nr.</i> <i>Seite</i>	<b>0</b> <i>7 von 32</i>
--	--	-----------------------------	--	-------------------------------------	-----------------------------

### 3 Anforderungen an die Durchführung der Versuche

Die Versuchsanforderungen gehen von den folgenden Vorschriften aus: UIC 544-1, 5. Ausgabe, Juni 2013, Technische Spezifikation für Interoperabilität CR-WAG-TSI 321/2013.

Die Aufgabe der Abhängeversuche ist das Ermitteln der Bremsleistung des Wagens in SS-Regime, für die folgenden Zustände:

- Wagen leer – Eigengewicht, Ausgangsnenngeschwindigkeit 100 und 120 km/h
- Wagen teilbeladen – 72 t, Ausgangsnenngeschwindigkeit 100 und 120 km/h
- Wagen voll beladen – Gesamtgewicht 90 t, Ausgangsnenngeschwindigkeit 100 und 120 km/h


#### 4 Gemessene Größen und verwendete Geräte

Symbol	Messgröße	Aufnehmer	Messunsicherheit
$p_{C1}$	C-Druck des Bremszylinders (BZ) für Drehgestell 1	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 825/14	$\pm 0,02$ bar
$p_{C2}$	C-Druck des Bremszylinders (BZ) für Drehgestell 2	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 826/14	$\pm 0,02$ bar
$p_{Cv}$	$C_v$ -Vorsteuerdruck des Steuerventils	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 827/14	$\pm 0,02$ bar
$p_{HL}$	Hauptluftleitungsdruck	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 828/14	$\pm 0,02$ bar
$p_R$	R-Druck des Vorratsluftbehälters (VLB)	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 829/14	$\pm 0,02$ bar
$p_{T1}$	T-Druck des Wiegeventils für Drehgestell 1	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 830/14	$\pm 0,02$ bar
$p_{T2}$	T-Druck des Wiegeventils für Drehgestell 2	Druckaufnehmer mit Analogausgang TMG 618 M4E - Herst.-Nr. 832/14	$\pm 0,02$ bar
$F_{b,l}$	Belagkraft für Drehgestell 1, Radsatz 1, linke Brems Scheibe	*)	$\pm 0,5$ kN
$F_{Gothh}$	Zug-Bremskraft am Haken des geprüften Wagens	Zug-Druck-Kraftmessdose PEEKEL TDC 520, Herst.-Nr. 2016	$\pm 0,2$ kN
$Z_1$	Bremszylinderkolbenhub – Drehgestell 1, Radsatz 1	Seilzug-Wegaufnehmer WDS-750-Z60-S-U, Herst.-Nr. WJT 1146	$\pm 1$ mm
$T_{1R}$	Temperatur der rechten Brems Scheibe des Radsatzes 1	Thermoelement TK-1	+20, -10°C
$T_{1L}$	Temperatur der linken Brems Scheibe des Radsatzes 1	Thermoelement TK-2	+20, -10°C
$v$	Momentangeschwindigkeit des geprüften Wagens	Dopplerradar DRS 6 – Herst.-Nr. 07036478461	$\pm 0,5$ km/h
$s_{jmess}$	Tatsächlich gemessener Bremsweg	Dopplerradar DRS 6 – Herst.-Nr. 07036478461	$\pm 0,5$ m
$a_x$	Bremsverzögerung	Aufnehmer Midori Precision PMP-15TL-R	$\pm 0,02$ m/s <sup>2</sup>

**Tabelle 2 – Gemessene Größen**

\*) die Belagkräfte wurden wie folgt gemessen:

Die Bremszange wurde mit vier Dehnungsmessstreifen beklebt, die in eine Vollbrücke eingebunden wurden. Mit Hilfe dieser Dehnungsmessstreifen war es möglich, die Verformung der Zange und die sich daraus ergebende Kraftwirkung zu messen. Dann wurden in die Bremszange zwei VUKV-Kraftmessdosen Z7 und Z9 (Messunsicherheit  $\pm 0,2$  kN) eingesetzt, die die beiden Belagkräfte, die zu einer Brems Scheibe gehören, direkt zu erfassen in der Lage sind. Mit Hilfe dieser Kraftmessdosen wurden die Dehnungsmessstreifen an den Bremszangen kalibriert. Bei der Messung war es dann möglich direkt die der Bremszange angehörende Belagkraft abzulesen.

	<i>Prüfgegenstand</i> <b>Taschenwagen</b>	<i>Typ</i> <b>Sdgnss</b>	<i>Prüfprotokol Nr.</i> <b>14-P 051</b>	<i>Änderung Nr.</i> <i>Seite</i>	<b>0</b> 9 von 32
--	--	-----------------------------	--	-------------------------------------	----------------------

### Weitere verwendeten Geräte

- Die Signale aus einzelnen Aufnehmern wurden in einem PC abgespeichert, der mit dem System zur Sammlung und Erfassung der Datensätze, AD-Rekorder der Firma VÚKV a. s., ausgestattet war.

Genauigkeitsklasse 0,5

- Zum Anziehen der Handbremse mit dem geforderten Anziehdrehmoment wurde der Momentenschlüssel ERGOTORQUE PRECISION 20 – 200 Nm, Art. 516.1542, Herst.-Nr. JI00993 verwendet.

Genauigkeitsklasse 2

- Zur Auswertung der gemessenen Werte wurden folgende Softwareprodukte herangezogen:

Analyzer AD der Fa. VÚKV a. s.

Microsoft Excel

Microsoft Word

## 5 Kontrolle der Wagenmasse

Der **leere** Wagen wurde mit vier Kraftmessdosen H04302, H00128, J09815, H04351 gewogen (siehe Anlage 2). Das Eigengewicht des Wagens wurde auf **22,55 t** festgestellt.

Während des Transports des Wagens von Cerhenice bis zum Probering des IK nach Żmigród wurde der Wagen mit 20 Bauplatten mit je 2,12 t und 2 Tragrahmen mit je 3,47 t auf das „**Transportgewicht**“ = **den teilbeladenen** Zustand aufgeladen. Das Gesamtgewicht des **teilbeladenen Wagens** war somit:  $22,55 + 20 \times 2,12 + 2 \times 3,47 = 22,55 + 42,4 + 6,94 = 71,9 \text{ t}$ .



**Abbildung 3 – Wagen teilbeladen**

Bei der Vollbeladung wurden zu dem „Transportgewicht“, 4 Rundbetonplatten mit 4,275t, 4,515t, 4,27t und 4,62t und 1 Stahlgewicht mit 0,618 t Gewicht aufgeladen.

Das Gesamtgewicht des **voll beladenen** Wagens war somit  $71,9 + 18,3 = 90,2 \text{ t}$ .



**Abbildung 4 – Wagen voll beladen**

## 6 Beschreibung und Ablauf der Versuche

### 6.1 Beschreibung der Versuche

Das Messsystem, zusammengesetzt aus den einzelnen Sensoren, dem Messcomputer, Stromversorgungsquelle, AD-Umsetzer und Verstärkungsbrücken wurde während der Abhängeversuche direkt am Wagen untergebracht. Die gemessenen Daten wurden während der eigentlichen Versuche drahtlos in den Messnotebook, der mit dem System der umgehenden Überwachung, Sammlung und Speicherung von Daten ausgerüstet ist, übertragen.

Die Drucksteuerung in der Hauptluftleitung wurde mit dem elektronischen Bremsventilsimulator bestehend aus einem PID-Druckregler und Steuercomputer durchgeführt.

Zuerst wurden Einfache Bremsprüfungen im Stand zum Nachweis der Funktionsfähigkeit der Bremse am Wagen durchgeführt. Nach der Durchführung dieser Prüfungen wurde der Wagen zum Testring zur Durchführung der Abhängeversuche laut Merkblatt UIC 544-1 überführt. Während der Abhängeversuche wurde die Temperatur der Bremssscheiben (siehe Tabelle 2) on-line gemessen und überwacht. Diese Temperatur hat vor dem Anfang eines einzelnen Abhängeversuchs des Wagens 70°C nicht überschritten. Vor dem Beginn der Abhängversuche wurde das Einschleifen der Bremsbeläge durchgeführt. Während der Einschleiffahrten wurde die Temperatur der Bremssscheiben (siehe Tabelle 2) on-line gemessen und betrachtet. Diese Temperatur wurde über die ganze Zeit der Einschleiffahrten zwischen 99 °C und 230 °C gehalten. Die Durchführung der Abhängeversuche fand auf dem waagerechten geraden Abschnitt des Testrings zwischen den Kilometern 6,2 und 0 statt. Die Abhängeversuche wurden am Testring IK Żmigród (PL) realisiert.

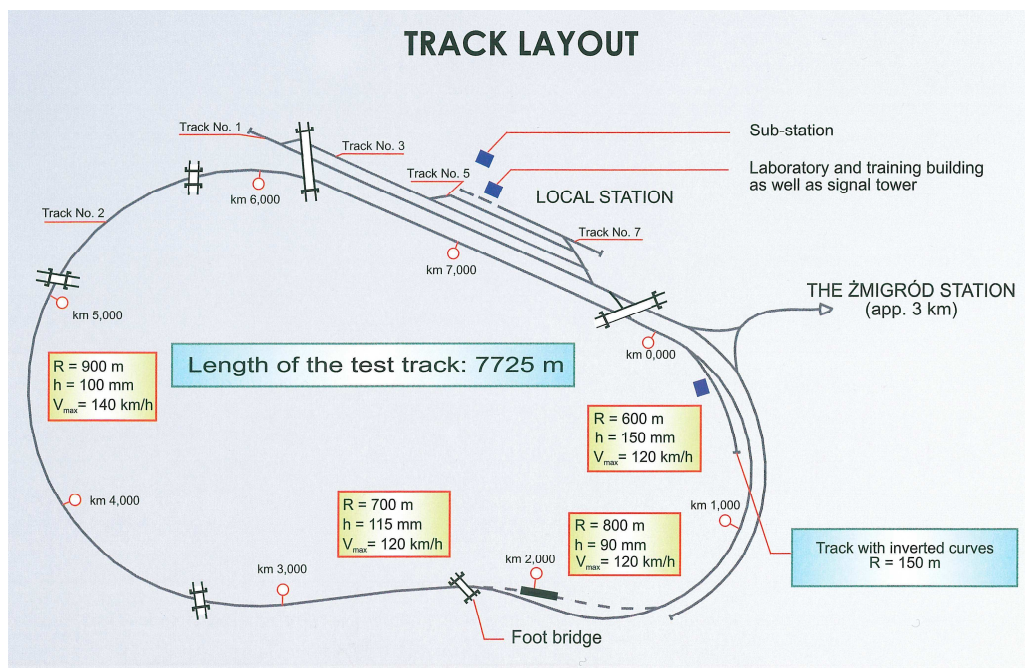


Abbildung 5 – Schema des Versuchsringes IK Żmigród (PL)

### 6.2 Ablauf der Versuche

#### Montag 08.09.2014

Der teilbeladene Taschenwagen und CT-Wagen (Gesamtgewicht 72 t) wird zum Probering des IK nach Żmigród beigestellt.

Beladung der beiden Wagen auf das Gesamtgewicht 90 t.

#### Dienstag 09.09.2014

11 00 – 14 00 Das Einschleifen der Reibelemente.



**Abbildung 6 – Bremsbelagszustand um 13 30 Uhr**

**Mittwoch 10.09.2014**

15 30 – 17 00 Installation der Messapparatur auf den T4.2-Wagen.

17 00 – 20 00 Abhängeversuche mit dem voll beladenen T4.2-Wagen mit JURID 707 – 22,5 t RSL aus der Ausgangsgeschwindigkeit 100 und 120 km/h.

**Donnerstag 11.09.2014**

07 00 – 09 00 Teilweise Entladung des T4.2-Wagens auf das Gesamtgewicht 72 t.

09 00 – 12 00 Abhängeversuche mit dem teilbeladenen T4.2-Wagen – 18 t RSL aus der Ausgangsgeschwindigkeit 100 und 120 km/h.

12 00 – 13 30 Vollentladung des Wagens.

13 30 – 15 30 Abhängeversuche mit dem leeren Wagen aus der Ausgangsgeschwindigkeit 100 und 120 km/h.

15 30 Regen hat begonnen.

15 30 – 19 00 Beladung des Wagens auf das Gesamtgewicht 90 t.

19 00 – 20 00 Prüfung der Handbremse und Feststellung der Festhaltekraft.

20 00 – 21 30 Gotthardtest.

Meteorologische Bedingungen			
Tag	09.09.2014	10.09.2014	11.09.2014
Aussentemperatur [C]	+23	+19	+14
Windgeschwindigkeit [m/s] *)	0	±0,5	±0,5
Gleiszustand	trocken	trocken	trocken
Situation	heiter	bedeckt	Bedeckt, später ab und zu Regen

\*) Pluszeichen bedeutet: Windrichtung steht im Einklang mit der Fahrtrichtung

**Tabelle 3 – Prüfbedingungen**

## 7 Ergebnisse der Prüfungen

### 7.1 Prüfung der Handbremse

Bei dieser Prüfung wurden zuerst die Belagkräfte mit Hilfe der Kraftmessdosen Z7 und Z9 gemessen und es wurde die Umdrehzahl des Handbremsrads bis zum vollen Bremsen kontrolliert. Weiterhin wurde das Handbremsspiel kontrolliert. Das Handbremsrad wurde am Radumfang mit dem Anziehmoment 75 Nm, mit Hilfe des Momentschlüssels zugezogen.



Abbildung 7 – Drehgestell mit Handbremse

Handbremsprüfung – ermittelte Werte		
Handbremsspiel	Zahl der Umdrehungen des Handbremsrads für volles Bremsen	Durchschnittliche Einzelbelagkraft $F_B$ [kN]
1 Umdrehung	15,5	52,5

Tabelle 4 – Handbremsprüfung

Ermitteln des Bremsgewichts:

Das Bremsgewicht wird laut UIC 544-1, Kap. 8.1 aus der folgenden Beziehung berechnet:

$$B_h = 0,88 \times \sum F_{\text{dyn}} \times \mu_1 \times r_m / r_h$$

$$\sum F_{\text{dyn}} = 4 \times F_B = 210 \text{ kN}$$

$$B_h = 0,88 \times 210 \times 0,30 \times 225/440 = 28 \text{ t.}$$

(Wobei  $\mu_1 = 0,3$  entsprechend UIC 544-1, Kap. 8.1)

Weiter wurde die Messung der Losbrechkraft durchgeführt. Bei dieser Prüfung wurde der Wagen über eine Zugkraftmessdose an eine mechanische Zugeinrichtung angehängt. Nach dem Anziehen des Handbremsrads und Ablesen der Belagkraft  $F_{b,j}$ , hat die Zugeinrichtung kontinuierlich die Zugkraft entwickelt. Im Augenblick, wenn sich der Wagen in die Bewegung gesetzt hat, wurde die Losbrechkraft am Zughaken  $F_{\text{Gotth}}$  abgelesen. Der Kraftwert  $F_{\text{Gotth}}$  hat **36 kN** betragen. Aus dieser Kraft wurde die Streckenneigung, auf der sich der Wagen halten kann, nachgerechnet. Die festgestellte Losbrechkraft am Zughaken entspricht der Streckenneigung  $i_{\text{ms}} = 40 \text{ ‰}$ , auf der sich der voll beladene Wagen (90 t) beim Anziehen des Handbremsrads mit der Kraft 500 N halten kann.

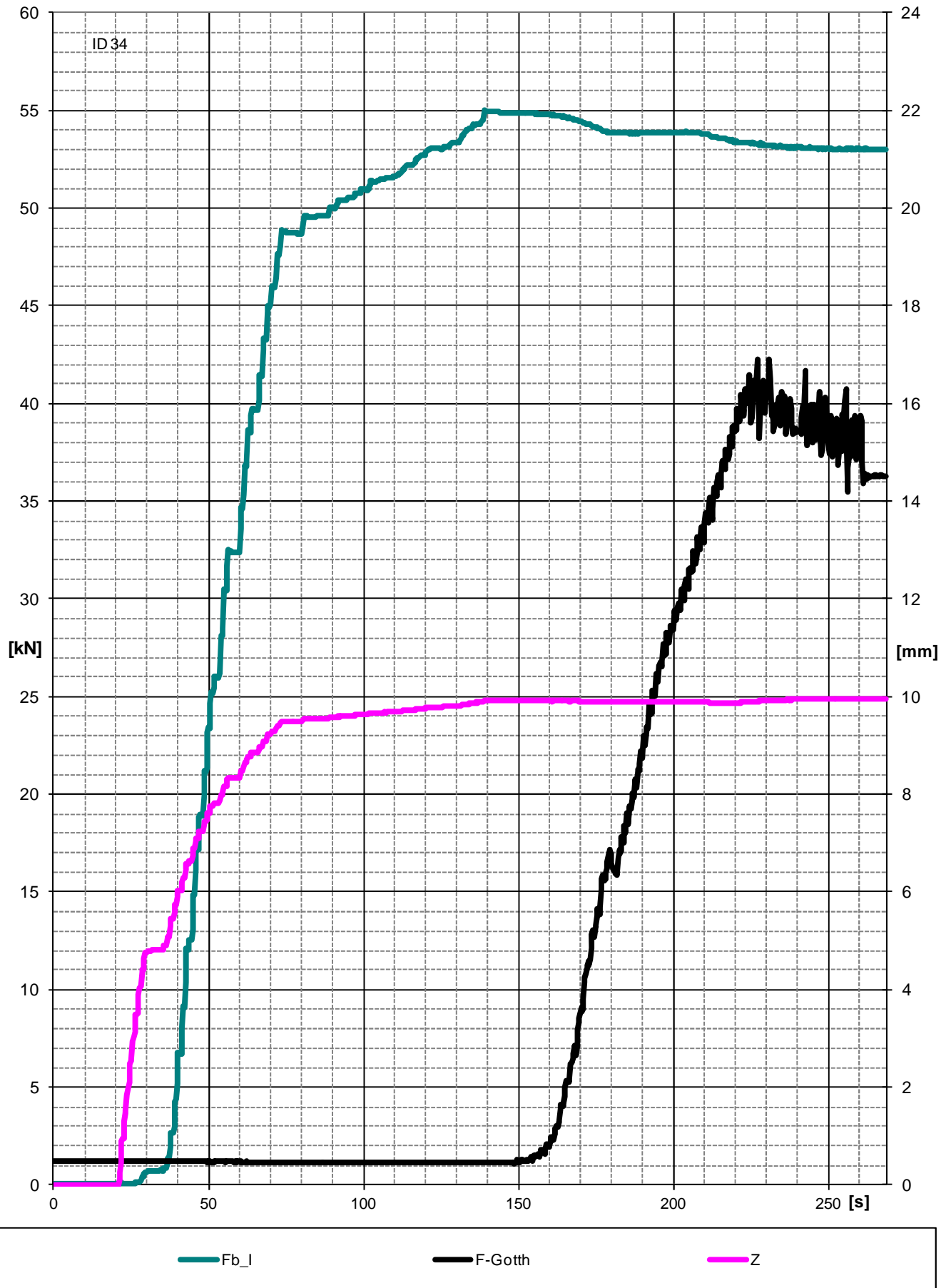


Abbildung 8 – Handbremsprüfung – Losbrechkraft

## 7.2 Abhängeversuche mit leerem Wagen

### 7.2.1 Ausgangsgeschwindigkeit 100 km/h

Bremsart			P			
Teilversuchsnummer (ID)			1 (25)	2 (26)	3 (27)	4(24)
Ausgangsnenngeschwindigkeit	$v_{inom}$	[km/h]	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Ausgangsgeschwindigkeit	$v_{imess}$	[km/h]	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Geschwindigkeitsdifferenz	$\Delta v_{imess}$	[km/h]	0.0	0.0	0.0	0.0
Bremsweg (gemessen)	$s_{imess}$	[m]	<b>471</b>	<b>475</b>	<b>474</b>	<b>462</b>
Mittlere Verzögerung (errechnet) *)	$a_{Xmittel}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.82	0.81	0.81	0.84
<b>Drücke vor Bremsung</b>						
Wiegeventil von Drehgestell 1	$p_{T1}$	[bar]	0.87	0.81	0.81	0.83
Wiegeventil von Drehgestell 2	$p_{T2}$	[bar]	0.90	0.90	0.90	0.90
<b>Drücke während der Bremsung</b>						
Bremszylinderdruck-Drehgestell 1	$p_{C1}$	[bar]	1.46	1.46	1.46	1.47
Bremszylinderdruck-Drehgestell 2	$p_{C2}$	[bar]	1.46	1.46	1.46	1.47
Mittlerer Bremszylinderdruck	$p_{C\emptyset}$	[bar]	<b>1.46</b>			
<b>Bremszylinderfüllzeit</b>						
Bremszylinder	$t_c$	[s]	4.0			
<b>Belagkräfte während der Bremsung</b>						
Drehgestell 1	$F_{b,l}$	[kN]	7.5	7.5	7.5	7.6
Mittlere Belagkraft	$F_{b\emptyset}$	[kN]	<b>7.5</b>			
<b>Allgemeine Angaben</b>						
Datum/Uhrzeit			11.9.14 13:49	11.9.14 14:00	11.9.14 14:09	11.9.14 13:38
Ladezustand			<b>Leer</b>		<b>22.5 t</b>	
<b>Korrektur der Bremswege <math>s_{imess}</math> gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.1</b>						
Trägheitsmoment der Schwungmassen		$\rho = 1.10$	Geschwindigkeitsdifferenz		$\Delta v_{imess} \leq 4 \text{ km/h}$	
			Absolutneigung der Bremsstrecke		$i = 0 \%$	
$S_{jkorr} = s_{imess} \times \frac{3,933 \times \rho \times v_{inom}^2}{(3,933 \times \rho \times v_{imess}^2) - (i \times s_{imess})}$						
<b>Annahme der korrigierten Einzelbremswege <math>s_{jkorr}</math> und Errechnung des mittleren Bremsweges gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.2</b>						
Bremsweg (korr.)	$s_{jkorr}$	[m]	471	475	474	462
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	471			
Standardabweichung x 1.95	$1,95 \times \sigma$	[m]	10			
Standardabw./mittl. Bremsweg	$[\sigma / s] \times 100$	[%]	1.1			
Bremswegdifferenz absolut	$\Delta s_{jkorr}$	[m]	1	5	4	9
Kriterium 1 nach UIC 544-1	$[\sigma/s] \times 100 \leq 3\%$	O.K./No	O.K.			
Kriterium 2 nach UIC 544-1	$\Delta s_{jkorr} \leq 1,95 \times \sigma$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Kriterium für Geschwindigkeiten	$v_{imess} < 4 \text{ km/h}$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Bremsweg (korr.) angenommen	$s_{jkorr}$	[m]	471	475	474	462
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	<b>471</b>			
<b>Auswertung gültig</b>			<b>O.K.</b>			

\*) Verzögerung errechnet nach der Formel:  $a_{Xmittel} = (v_{imess} / 3,6)^2 / (2 * s_{imess})$ .

**Tabelle 5 – Abhängeversuche, Wagen leer, 100 km/h**

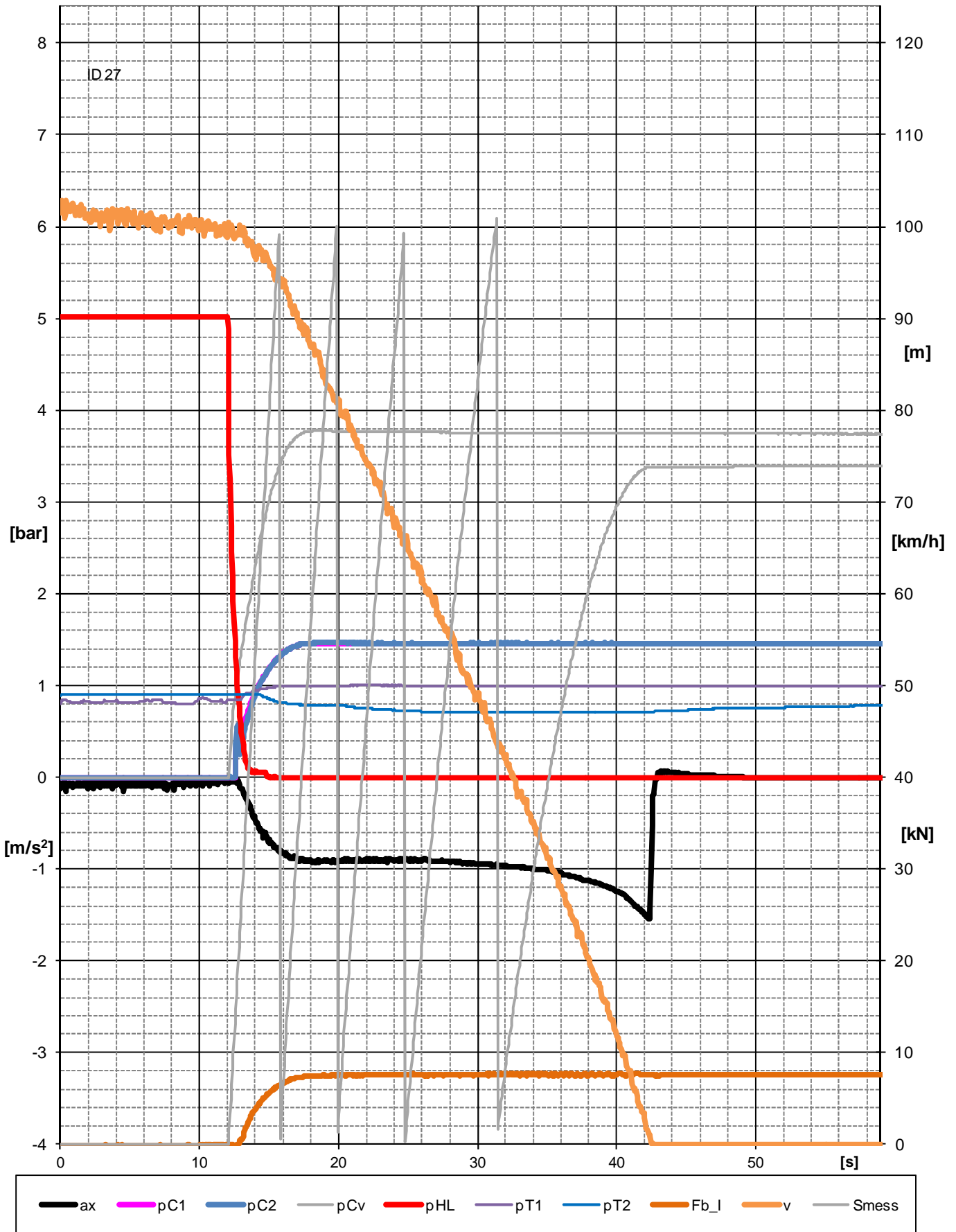


Abbildung 9 – Abhängeversuch, Wagen leer, 100 km/h

### 7.2.2 Ausgangsgeschwindigkeit 120 km/h

Bremsart			P			
Teilversuchsnummer (ID)			1 (28)	2 (29)	3 (30)	4(31)
Ausgangsnenngeschwindigkeit	$v_{inom}$	[km/h]	120	120	120	120
Ausgangsgeschwindigkeit	$v_{imess}$	[km/h]	120.0	120.0	120.0	120.0
Geschwindigkeitsdifferenz	$\Delta v_{imess}$	[km/h]	0.0	0.0	0.0	0.0
Bremsweg (gemessen)	$s_{imess}$	[m]	661	661	662	663
Mittlere Verzögerung (errechnet) *)	$a_{x,mittel}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.84	0.84	0.84	0.84
<b>Drücke vor Bremsung</b>						
Wiegeventil von Drehgestell 1	$p_{T1}$	[bar]	0.82	0.80	0.89	0.90
Wiegeventil von Drehgestell 2	$p_{T2}$	[bar]	0.90	0.90	0.89	0.89
<b>Drücke während der Bremsung</b>						
Bremszylinderdruck-Drehgestell 1	$p_{C1}$	[bar]	1.46	1.46	1.46	1.46
Bremszylinderdruck-Drehgestell 2	$p_{C2}$	[bar]	1.46	1.46	1.46	1.46
Mittlerer Bremszylinderdruck	$p_{C\emptyset}$	[bar]	1.46			
<b>Bremszylinderfüllzeit</b>						
Bremszylinder	$t_c$	[s]	4.2			
<b>Belagkräfte während der Bremsung</b>						
Drehgestell 1	$F_{b,1}$	[kN]	7.5	7.6	7.5	7.5
Mittlere Belagkraft	$F_{b\emptyset}$	[kN]	7.5			
<b>Allgemeine Angaben</b>						
Datum/Uhrzeit			11.9.14 14:19	11.9.14 14:28	11.9.14 14:39	11.9.14 14:48
Ladezustand			Leer		22.5 t	
<b>Korrektur der Bremswege <math>s_{imess}</math> gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.1</b>						
Trägheitsmoment der Schwungmassen			$\rho = 1.10$	Geschwindigkeitsdifferenz		$\Delta v_{imess} \leq 4 \text{ km/h}$
			Absolutneigung der Bremsstrecke		$i = 0 \text{ ‰}$	
$S_{jkorr} = s_{imess} \times \frac{3,933 \times \rho \times v_{inom}^2}{(3,933 \times \rho \times v_{imess}^2) - (i \times s_{imess})}$						
<b>Annahme der korrigierten Einzelbremswege <math>s_{jkorr}</math> und Errechnung des mittleren Bremsweges gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.2</b>						
Bremsweg (korr.)	$s_{jkorr}$	[m]	661	661	662	663
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	662			
Standardabweichung x 1.95	$1,95 \times \sigma$	[m]	2			
Standardabw./mittl. Bremsweg	$[\sigma / s] \times 100$	[%]	0.1			
Bremswegdifferenz absolut	$\Delta s_{jkorr}$	[m]	1	1	0	1
Kriterium 1 nach UIC 544-1	$[\sigma/s] \times 100 \leq 3\%$	O.K./No	O.K.			
Kriterium 2 nach UIC 544-1	$\Delta s_{jkorr} \leq 1,95 \times \sigma$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Kriterium für Geschwindigkeiten	$v_{imess} < 4 \text{ km/h}$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Bremsweg (korr.) angenommen	$s_{jkorr}$	[m]	661	661	662	663
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	662			
<b>Auswertung gültig</b>			<b>O.K.</b>			

Tabelle 6 – Abhängeversuche, Wagen leer, 120 km/h

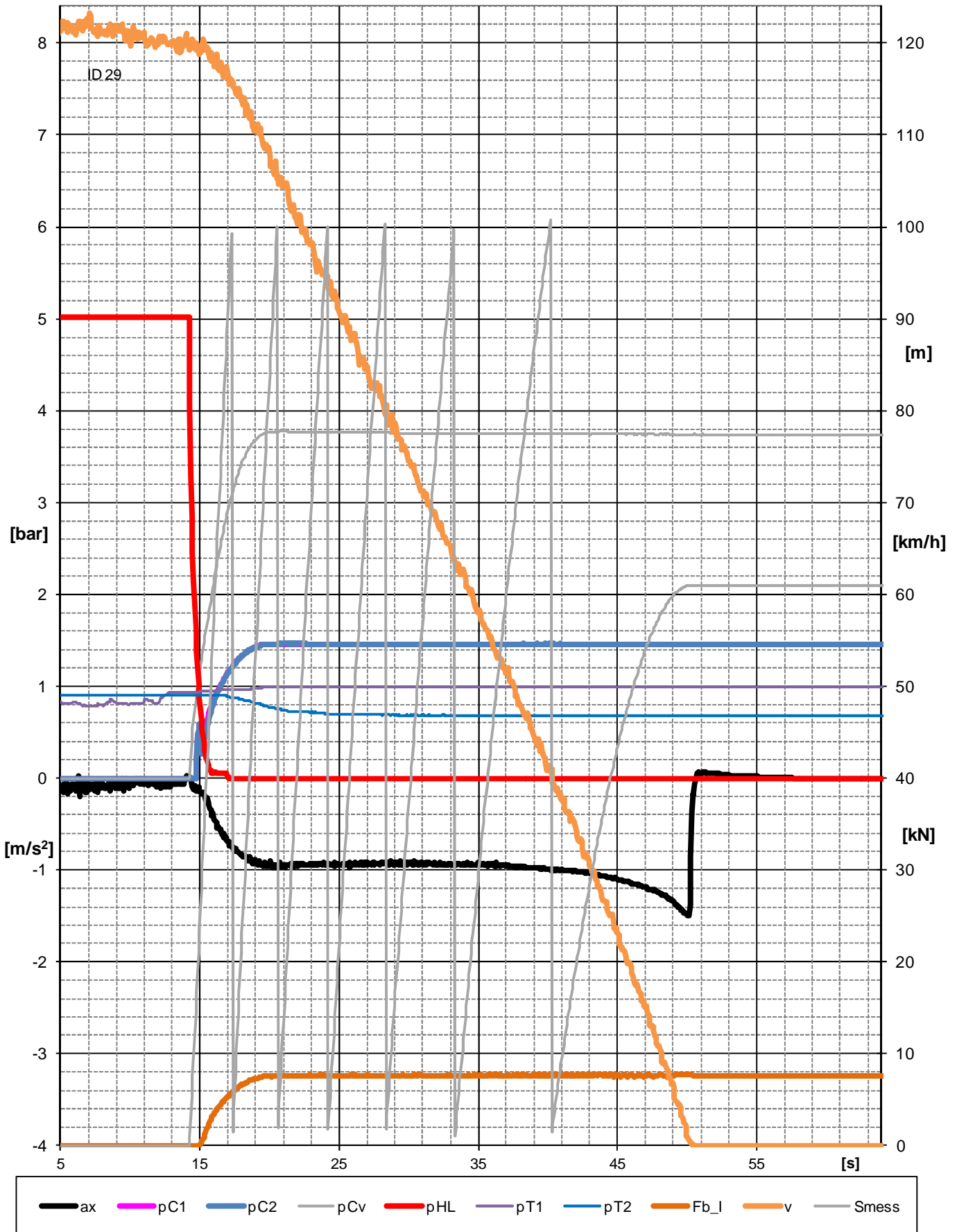


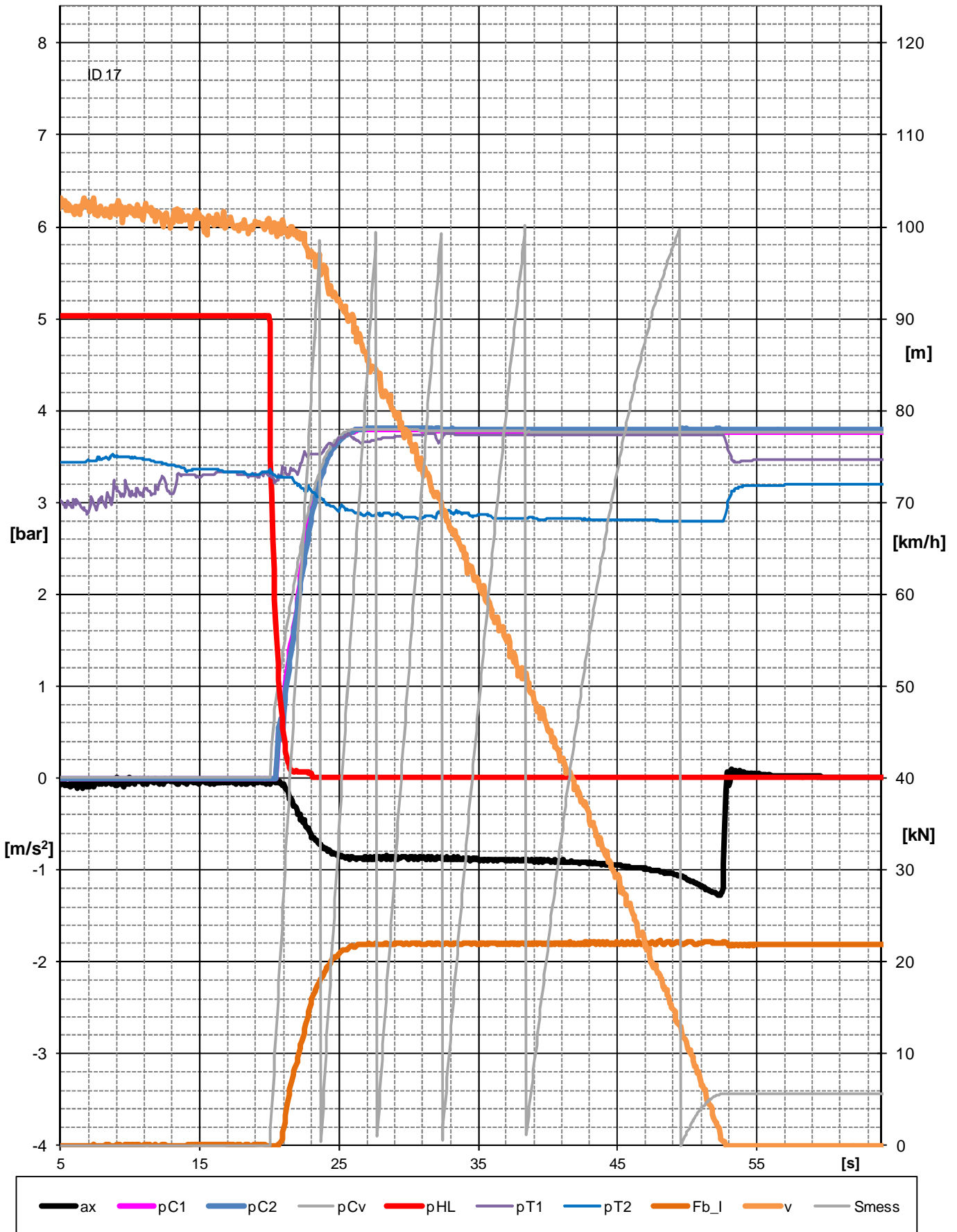
Abbildung 10 – Abhängeversuch, Wagen leer, 120 km/h

### 7.3 Abhängeversuche mit teilbeladenem Wagen – 72 t

#### 7.3.1 Ausgangsgeschwindigkeit 100 km/h

Bremsart			P			
Teilversuchsnummer (ID)			1 (15)	2 (16)	3 (17)	4(18)
Ausgangsnenngeschwindigkeit	$v_{inom}$	[km/h]	100	100	100	100
Ausgangsgeschwindigkeit	$v_{imess}$	[km/h]	100.0	100.0	100.0	100.5
Geschwindigkeitsdifferenz	$\Delta v_{imess}$	[km/h]	0.0	0.0	0.0	0.5
Bremsweg (gemessen)	$s_{imess}$	[m]	501	501	505	505
Mittlere Verzögerung (errechnet) *)	$a_{Xmittel}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.77	0.77	0.76	0.77
<b>Drücke vor Bremsung</b>						
Wiegeventil von Drehgestell 1	$p_{T1}$	[bar]	3.30	3.27	3.32	3.31
Wiegeventil von Drehgestell 2	$p_{T2}$	[bar]	3.31	3.35	3.33	3.35
<b>Drücke während der Bremsung</b>						
Bremszylinderdruck-Drehgestell 1	$p_{C1}$	[bar]	3.81	3.80	3.79	3.79
Bremszylinderdruck-Drehgestell 2	$p_{C2}$	[bar]	3.80	3.80	3.81	3.80
Mittlerer Bremszylinderdruck	$p_{C\emptyset}$	[bar]	3.80			
<b>Bremszylinderfüllzeit</b>						
Bremszylinder	$t_c$	[s]	4.2			
<b>Belagkräfte während der Bremsung</b>						
Drehgestell 1	$F_{b,l}$	[kN]	21.6	21.8	21.7	21.8
Mittlere Belagkraft	$F_{b\emptyset}$	[kN]	21.7			
<b>Allgemeine Angaben</b>						
Datum/Uhrzeit			11.9.14 10:10	11.9.14 10:21	11.9.14 10:30	11.9.14 10:39
Ladezustand			Teilbeladen 72 t			
<b>Korrektur der Bremswege <math>s_{jmess}</math> gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.1</b>						
Trägheitsmoment der Schwungmassen		$\rho = 1.05$	Geschwindigkeitsdifferenz		$\Delta v_{jmess} \leq 4 \text{ km/h}$	
			Absolutneigung der Bremsstrecke		$i = 0 \text{ ‰}$	
$S_{jkorr} = s_{jmess} \times \frac{3,933 \times \rho \times v_{jnom}^2}{(3,933 \times \rho \times v_{jmess}^2) - (i \times s_{jmess})}$						
<b>Annahme der korrigierten Einzelbremswege <math>s_{jkorr}</math> und Errechnung des mittleren Bremsweges gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.2</b>						
Bremsweg (korr.)	$s_{jkorr}$	[m]	501	501	505	500
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	502			
Standardabweichung x 1.95	$1,95 \times \sigma$	[m]	4			
Standardabw./mittl. Bremsweg	$[\sigma / s] \times 100$	[%]	0.4			
Bremswegdifferenz absolut	$\Delta s_{jkorr}$	[m]	1	1	3	2
Kriterium 1 nach UIC 544-1	$[\sigma/s] \times 100 \leq 3\%$	O.K./No	O.K.			
Kriterium 2 nach UIC 544-1	$\Delta s_{jkorr} \leq 1,95 \times \sigma$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Kriterium für Geschwindigkeiten	$v_{jmess} < 4 \text{ km/h}$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Bremsweg (korr.) angenommen	$s_{jkorr}$	[m]	501	501	505	500
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	502			
Auswertung gültig			O.K.			

Tabelle 7 – Abhängeversuche, Wagen teilbeladen – 72 t, 100 km/h

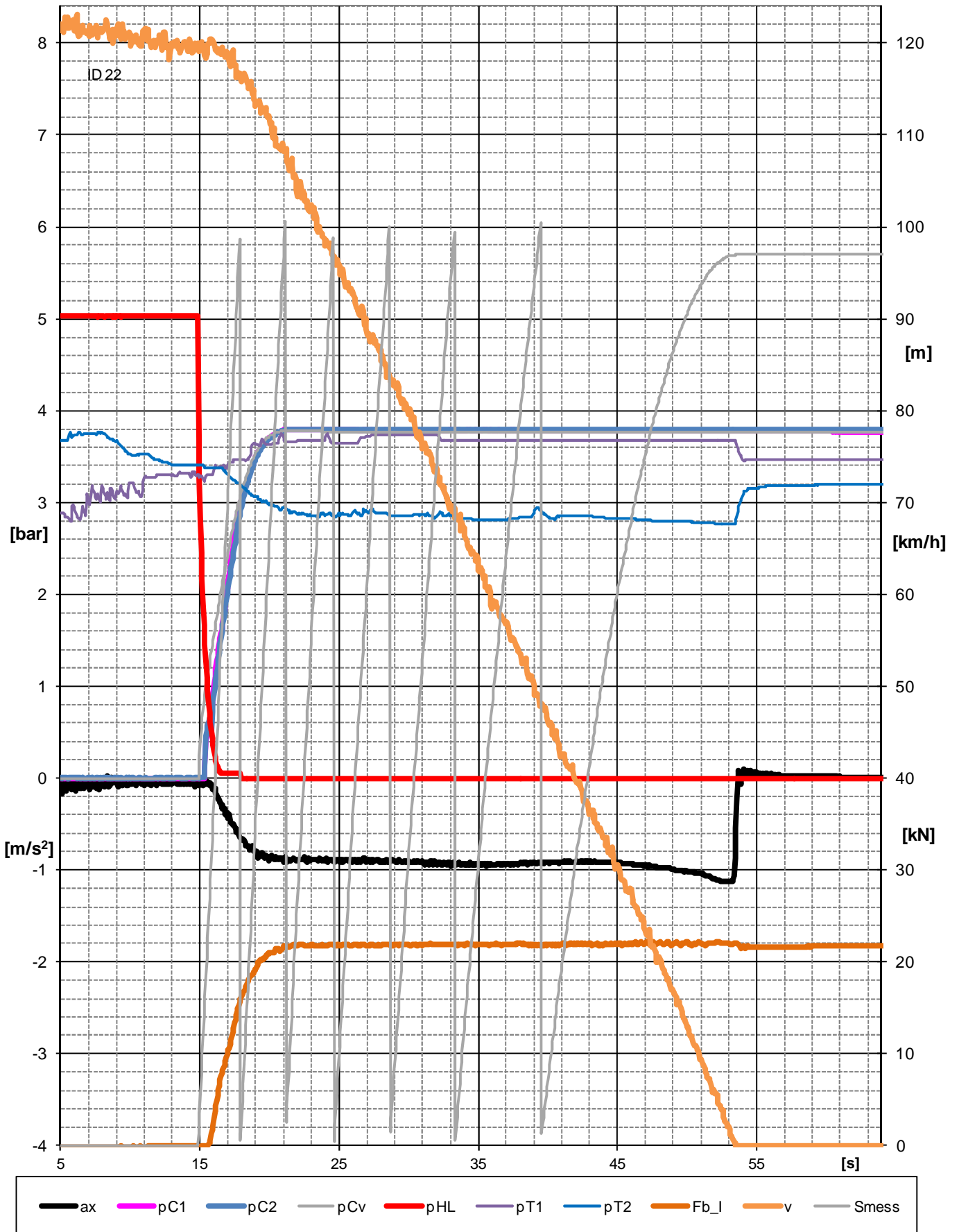


**Abbildung 11 – Abhängeversuch, Wagen teilbeladen – 72 t, 100 km/h**

### 7.3.2 Ausgangsgeschwindigkeit 120 km/h

Bremsart			P			
Teilversuchsnummer (ID)			1 (19)	2 (20)	3 (21)	4(22)
Ausgangsnenngeschwindigkeit	$v_{inom}$	[km/h]	120	120	120	120
Ausgangsgeschwindigkeit	$v_{imess}$	[km/h]	120.0	120.0	120.0	120.0
Geschwindigkeitsdifferenz	$\Delta v_{imess}$	[km/h]	0.0	0.0	0.0	0.0
Bremsweg (gemessen)	$s_{imess}$	[m]	697	700	699	697
Mittlere Verzögerung (errechnet) *)	$a_{x,mittel}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.80	0.79	0.79	0.80
<b>Drücke vor Bremsung</b>						
Wiegeventil von Drehgestell 1	$p_{T1}$	[bar]	3.30	3.30	3.31	3.29
Wiegeventil von Drehgestell 2	$p_{T2}$	[bar]	3.39	3.40	3.45	3.41
<b>Drücke während der Bremsung</b>						
Bremszylinderdruck-Drehgestell 1	$p_{C1}$	[bar]	3.80	3.79	3.79	3.80
Bremszylinderdruck-Drehgestell 2	$p_{C2}$	[bar]	3.80	3.80	3.80	3.80
Mittlerer Bremszylinderdruck	$p_{C\emptyset}$	[bar]	3.80			
<b>Bremszylinderfüllzeit</b>						
Bremszylinder	$t_c$	[s]	4.2			
<b>Belagkräfte während der Bremsung</b>						
Drehgestell 1	$F_{b,l}$	[kN]	21.7	21.7	21.7	21.8
Mittlere Belagkraft	$F_{b\emptyset}$	[kN]	21.7			
<b>Allgemeine Angaben</b>						
Datum/Uhrzeit			11.9.14 10:48	11.9.14 10:57	11.9.14 11:10	11.9.14 11:21
Ladezustand			Teilbeladen 72 t			
<b>Korrektur der Bremswege <math>s_{jmess}</math> gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.1</b>						
Trägheitsmoment der Schwungmassen			$\rho = 1.05$	Geschwindigkeitsdifferenz		$\Delta v_{jmess} \leq 4 \text{ km/h}$
			Absolutneigung der Bremsstrecke		$i = 0 \text{ ‰}$	
$S_{jkorr} = s_{jmess} \times \frac{3,933 \times \rho \times v_{inom}^2}{(3,933 \times \rho \times v_{imess}^2) - (i \times s_{jmess})}$						
<b>Annahme der korrigierten Einzelbremswege <math>s_{jkorr}</math> und Errechnung des mittleren Bremsweges gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.2</b>						
Bremsweg (korr.)	$s_{jkorr}$	[m]	697	700	699	697
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	698			
Standardabweichung x 1.95	$1,95 \times \sigma$	[m]	3			
Standardabw./mittl. Bremsweg	$[\sigma / s] \times 100$	[%]	0.2			
Bremswegdifferenz absolut	$\Delta s_{jkorr}$	[m]	1	2	1	1
Kriterium 1 nach UIC 544-1	$[\sigma/s] \times 100 \leq 3\%$	O.K./No	O.K.			
Kriterium 2 nach UIC 544-1	$\Delta s_{jkorr} \leq 1,95 \times \sigma$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Kriterium für Geschwindigkeiten	$v_{jmess} < 4 \text{ km/h}$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Bremsweg (korr.) angenommen	$s_{jkorr}$	[m]	697	700	699	697
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	698			
<b>Auswertung gültig</b>			O.K.			

Tabelle 8 – Abhängerversuche, Wagen teilbeladen – 72 t, 120 km/h



**Abbildung 12 – Abhängeversuch, Wagen teilbeladen – 72 t, 120 km/h**

## 7.4 Abhängeversuche mit beladenem Wagen – 90 t

### 7.4.1 Ausgangsgeschwindigkeit 100 km/h

Bremsart			P			
Teilversuchsnummer (ID)			1 (4)	2 (5)	3 (6)	4(8)
Ausgangsnenngeschwindigkeit	$v_{inom}$	[km/h]	100	100	100	100
Ausgangsgeschwindigkeit	$v_{imess}$	[km/h]	100.0	100.0	100.0	100.0
Geschwindigkeitsdifferenz	$\Delta v_{imess}$	[km/h]	0.0	0.0	0.0	0.0
Bremsweg (gemessen)	$s_{imess}$	[m]	587	580	589	606
Mittlere Verzögerung (errechnet) *)	$ax_{mittel}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.66	0.67	0.66	0.64
<b>Drücke vor Bremsung</b>						
Wiegeventil von Drehgestell 1	$p_{T1}$	[bar]	4.15	4.12	4.13	4.15
Wiegeventil von Drehgestell 2	$p_{T2}$	[bar]	4.29	4.27	4.28	4.19
<b>Drücke während der Bremsung</b>						
Bremszylinderdruck-Drehgestell 1	$p_{C1}$	[bar]	3.80	3.80	3.80	3.80
Bremszylinderdruck-Drehgestell 2	$p_{C2}$	[bar]	3.81	3.82	3.82	3.81
<b>Bremszylinderfüllzeit</b>						
Bremszylinder	$t_c$	[s]	4.2			
<b>Belagkräfte während der Bremsung</b>						
Drehgestell 1	$F_{b1}$	[kN]	-	-	-	-
Mittlere Belagkraft	$F_{b\emptyset}$	[kN]	#DIV/0!			
<b>Allgemeine Angaben</b>						
Datum/Uhrzeit			10.9.14 18:25	10.9.14 18:34	10.9.14 18:47	10.9.14 19:13
Ladezustand			Beladen 90 t			
<b>Korrektur der Bremswege <math>s_{imess}</math> gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.1</b>						
Trägheitsmoment der Schwungmassen			$\rho = 1.03$	Geschwindigkeitsdifferenz		$\Delta v_{imess} \leq 4 \text{ km/h}$
			Absolutneigung der Bremsstrecke		$i = 0 \text{ ‰}$	
$S_{jkorr} = s_{imess} \times \frac{3,933 \times \rho \times v_{inom}^2}{(3,933 \times \rho \times v_{imess}^2) - (i \times s_{imess})}$						
<b>Annahme der korrigierten Einzelbremswege <math>s_{jkorr}</math> und Errechnung des mittleren Bremsweges gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.2</b>						
Bremsweg (korr.)	$s_{jkorr}$	[m]	587	580	589	606
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	591			
Standardabweichung x 1.95	$1,95\sigma$	[m]	19			
Standardabw./mittl. Bremsweg	$[\sigma / s] \times 100$	[%]	1.6			
Bremswegdifferenz absolut	$\Delta s_{jkorr}$	[m]	4	11	2	16
Kriterium 1 nach UIC 544-1	$[\sigma/s] \times 100 \leq 3\%$	O.K./No	O.K.			
Kriterium 2 nach UIC 544-1	$\Delta s_{jkorr} \leq 1,95\sigma$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Kriterium für Geschwindigkeiten	$v_{imess} < 4 \text{ km/h}$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Bremsweg (korr.) angenommen	$s_{jkorr}$	[m]	587	580	589	606
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	591			
Auswertung gültig			O.K.			

Tabelle 9 – Abhängeversuche, Wagen beladen – 90 t, 100 km/h

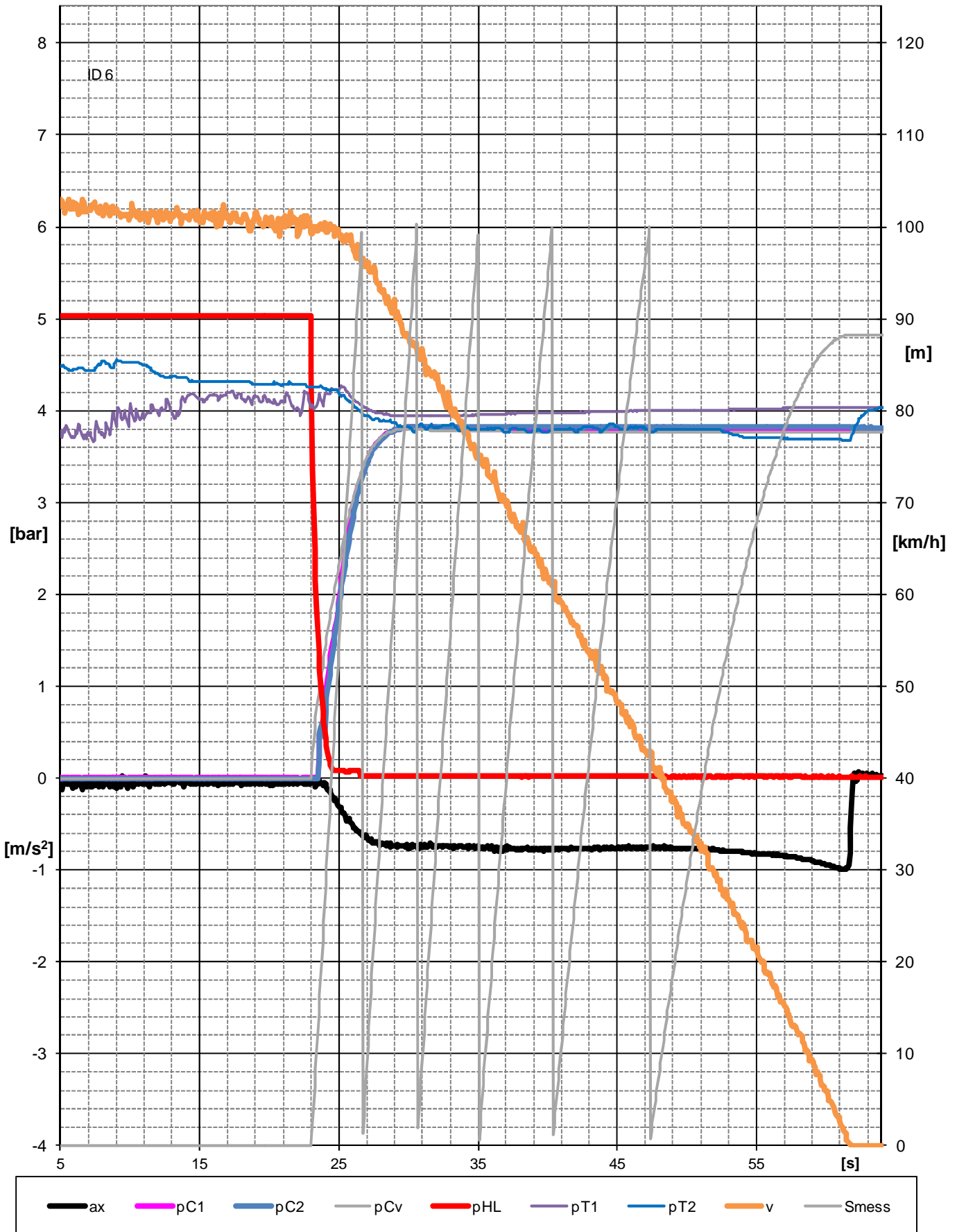
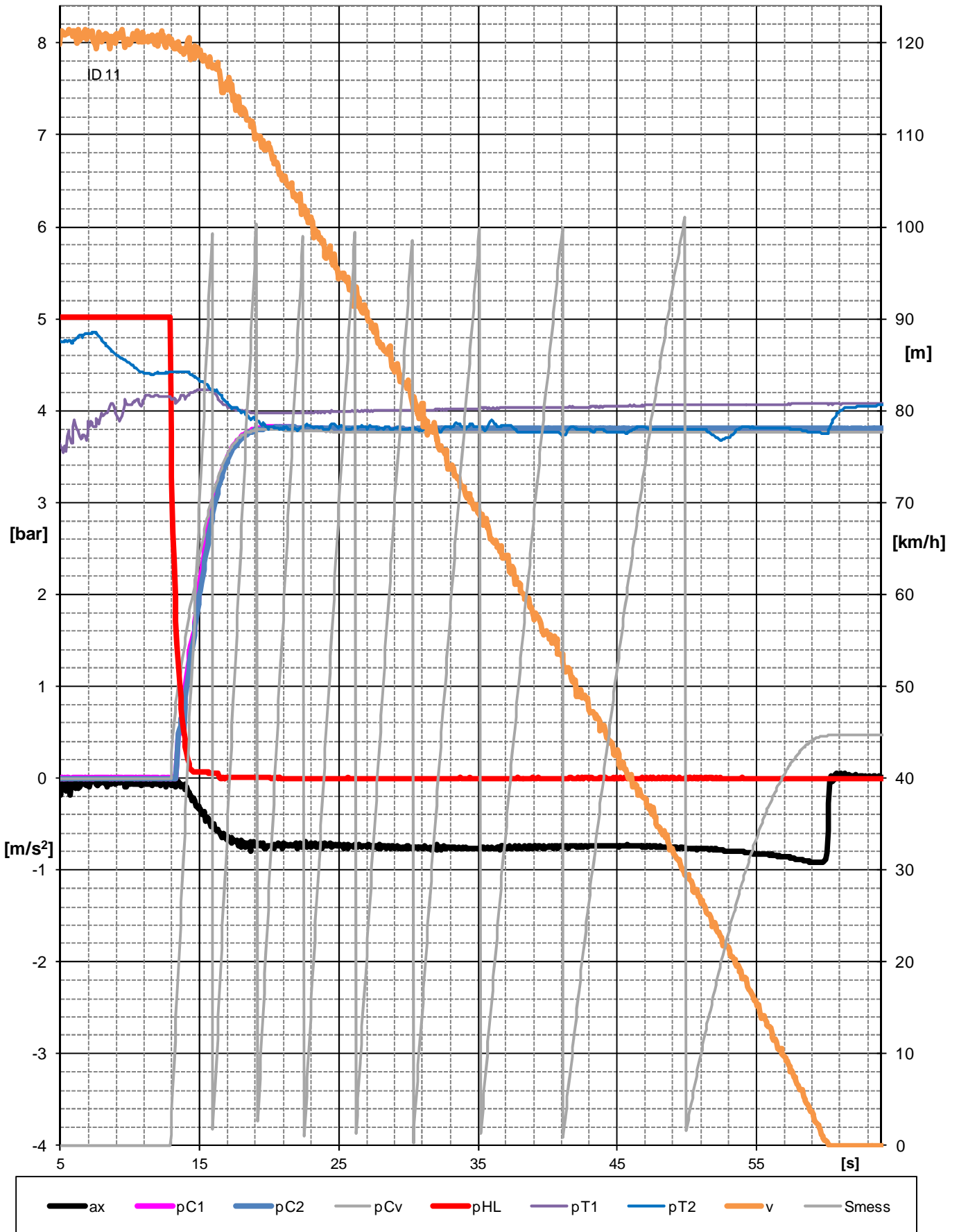


Abbildung 13 – Abhängeversuch, Wagen beladen – 90 t, 100 km/h

### 7.4.2 Ausgangsgeschwindigkeit 120 km/h

Bremsart			P			
Teilversuchsnummer (ID)			1 (7)	2 (9)	3 (10)	4(11)
Ausgangsnenngeschwindigkeit	$v_{inom}$	[km/h]	120	120	120	120
Ausgangsgeschwindigkeit	$v_{jmess}$	[km/h]	119.5	120.0	119.5	120.0
Geschwindigkeitsdifferenz	$\Delta v_{jmess}$	[km/h]	0.5	0.0	0.5	0.0
Bremsweg (gemessen)	$s_{jmess}$	[m]	829	843	844	845
Mittlere Verzögerung (errechnet) *)	$a_{x,mittel}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.66	0.66	0.65	0.66
<b>Drücke vor Bremsung</b>						
Wiegeventil von Drehgestell 1	$p_{T1}$	[bar]	4.14	4.12	4.11	4.11
Wiegeventil von Drehgestell 2	$p_{T2}$	[bar]	4.42	4.36	4.41	4.45
<b>Drücke während der Bremsung</b>						
Bremszylinderdruck-Drehgestell 1	$p_{C1}$	[bar]	3.80	3.80	3.80	3.80
Bremszylinderdruck-Drehgestell 2	$p_{C2}$	[bar]	3.80	3.80	3.80	3.80
<b>Bremszylinderfüllzeit</b>						
Bremszylinder	$t_c$	[s]	4.2			
<b>Belagkräfte während der Bremsung</b>						
Drehgestell 1	$F_{b,l}$	[kN]	-	-	-	-
Mittlere Belagkraft	$F_{b\emptyset}$	[kN]	#DIV/0!			
<b>Allgemeine Angaben</b>						
Datum/Uhrzeit			10.9.14 18:58	10.9.14 19:23	10.9.14 19:38	10.9.14 19:51
Ladezustand			Beladen 90 t			
<b>Korrektur der Bremswege <math>s_{jmess}</math> gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.1</b>						
Trägheitsmoment der Schwungmassen			$\rho = 1.03$	Geschwindigkeitsdifferenz		$\Delta v_{jmess} \leq 4 \text{ km/h}$
			Absolutneigung der Bremsstrecke		$i = 0 \text{ ‰}$	
$s_{jkor} = s_{jmess} \times \frac{3,933 \times \rho \times v_{inom}^2}{(3,933 \times \rho \times v_{jmess}^2) - (i \times s_{jmess})}$						
<b>Annahme der korrigierten Einzelbremswege <math>s_{jkor}</math> und Errechnung des mittleren Bremsweges gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.2</b>						
Bremsweg (korr.)	$s_{jkor}$	[m]	836	843	851	845
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	844			
Standardabweichung x 1.95	$1,95 \times \sigma$	[m]	11			
Standardabw./mittl. Bremsweg	$[\sigma / s] \times 100$	[%]	0.6			
Bremswegdifferenz absolut	$\Delta s_{jkor}$	[m]	8	1	7	1
Kriterium 1 nach UIC 544-1	$[\sigma/s] \times 100 \leq 3\%$	O.K./No	O.K.			
Kriterium 2 nach UIC 544-1	$\Delta s_{jkor} \leq 1,95 \times \sigma$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Kriterium für Geschwindigkeiten	$v_{jmess} < 4 \text{ km/h}$	O.K./No	O.K.	O.K.	O.K.	O.K.
Bremsweg (korr.) angenommen	$s_{jkor}$	[m]	836	843	851	845
Mittlerer Bremsweg	$s$	[m]	844			
Auswertung gültig			O.K.			

Tabelle 10 – Abhängeversuche, Wagen beladen – 90 t, 120 km/h



**Abbildung 14 – Abhängeversuch, Wagen beladen – 90 t, 120 km/h**

## 7.5 Nachweis der thermischen Verträglichkeit für den ungünstigsten Betriebsfall (Energiegrenzwerte)

Die Ermittlung des Temperatureinflusses fand im Rahmen der Gefällebremsung (Gotthardttest) statt, der in der TSI-Güterwagen Kap. 4.2.4.3.3. definiert ist. Aus den Anforderungen des Tests ergibt sich folgendes: Die Dauerbremsleistung muss sicherstellen, dass der beladene Wagen (90 t) die Konstantgeschwindigkeit  $v = 70 \text{ km/h}$  auf einer Streckenneigung von 21‰ und Streckenlänge von 40 km ohne thermische oder mechanische Schäden halten kann. Die Gefällefahrt wurde durch Schleppversuch unter Verwendung von einer Zugkraftmessdose simuliert. Zur Ermittlung der Zugkraft, welche der geforderten Bremsleistung entspricht, wurde folgende Berechnung verwendet:

Dauerbremsleistung P [kW]

$$P = W/t$$

W.....Energie [kJ]

$$W = m \times g \times h$$

h.....theoretische Überhöhung (h = 840 m)

$$W = m \times g \times h = 90000 \times 9,81 \times 840 = 742 \text{ MJ}$$

erforderliche Gesamtzug(brems)kraft  $F_{\text{Gothth}} = W/s$

$$F_{\text{Gothth}} = 18,5 \text{ kN}$$

Die Prüfung wurde im teilweise beladenen Zustand durchgeführt. Während der Prüfung wurden die Temperaturen aus zwei Bereichen gemessen, kontrolliert und aufgezeichnet.

Es handelt sich um die folgenden Bereiche:

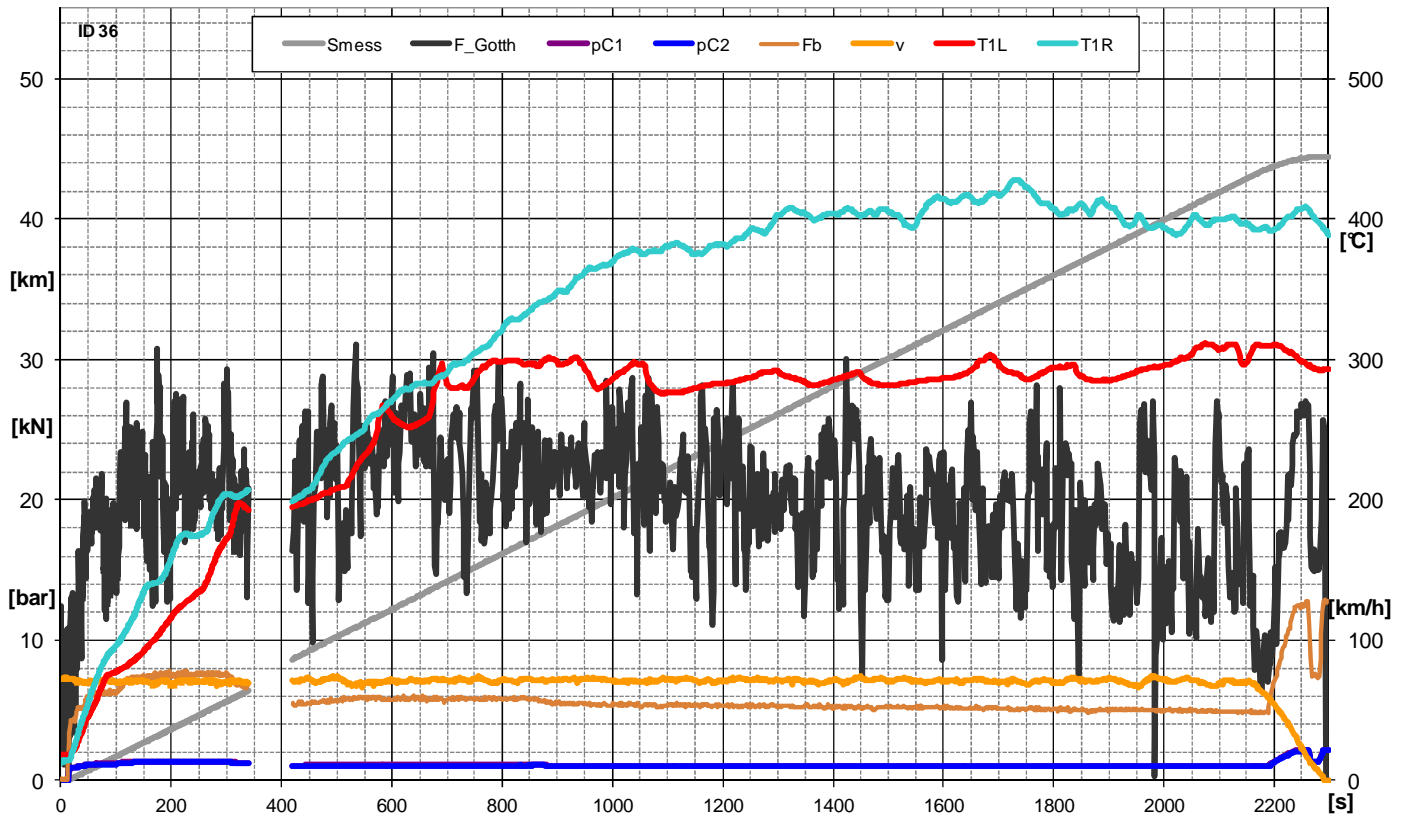
$T_{1R}$  – Temperatur der Scheibe - Radsatz 1, rechte Brems Scheibe

$T_{1L}$  – Temperatur der Scheibe - Radsatz 1, linke Brems Scheibe

Die Ergebnisse und höchsterreichte Temperaturen sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

<b>GOTTHARDTEST</b>							
<b>Messwerte</b>	START-Werte	nach 10km	nach 20 km	nach 30 km	nach 40 km	<b>MAX-Werte</b>	Diference
<b>Temperatur <math>T_{1R}</math></b>	18°C	231°C	367°C	407°C	395°C	<b>428°C</b>	<b>410°C</b>
<b>Temperatur <math>T_{1L}</math></b>	18°C	206°C	283°C	282°C	296°C	<b>311°C</b>	<b>293°C</b>

**Tabelle 11 – Temperaturen der Brems Scheiben während des Gotthardttests**



**Abbildung 15 – Gotthardtest**



**Abbildung 16 – Bremsbelag nach dem durchgeführten Gotthardtest**



**Abbildung 17 – Bremsscheiben nach dem durchgeführten Gotthardttest**

## 8 Bewertung der Abhängeversuche

### 8.1 Bremswege, Bremshundertstel und Bremsgewichte

Die Mittelwerte der Bremswege **S** und die aus diesen sich ergebenden, Bremshundertstel **λ** und Bremsgewichte **B** sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Bremsleistung JURID 707 T4.2 - gemessene Werte			Bremsstellung „P“		
			S	λ	B
			[m]	[%]	[t]
Beladung	leer	100 km/h	471	102.2	23.0
		120 km/h	662	107.3	24.2
	teilbeladen	100 km/h	502	95.3	68.6
		120 km/h	698	100.8	72.6
	beladen	100 km/h	591	79.4	71.5
		120 km/h	844	80.1	72.1

Tabelle 12 – Ergebnisse der Abhängeversuche

### 8.2 Korrektur der Bremswegmittelwerte $s_{korr}$ laut UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.3 – Nominaler Bremszylinderdruck, Durchmesser des halbabgenutzten Rades

Für die Druckwerte in den Bremszylindern während der Versuchen  $p_{ver}$  wurden die Werte aus den Tabellen in Kap. 7 verwendet.

Für die Drucknennwerte in den Bremszylindern  $p_{nom}$  wurden die Werte 1,45 und 3,80 bar verwendet.

Durchmesser des halbabgenutzten Rades  $d_m = 880$  mm.

Mittlerer Raddurchmesser des Versuchsfahrzeug während der Versuche  $d_{ver} = 920$  mm.

Die korrigierten Werte wurden aus den folgenden Beziehungen festgestellt:

$$F_{korr} = F_{ver} \times \frac{\eta_{dyn} \times d_{ver}}{\eta_{ver} \times d_m} \times \frac{p_{nom} - p_{Feder}}{p_{ver} - p_{Feder}}$$

$$s_{korr} = t_e \times v_{nom} + \frac{F_{ver} + W_m}{F_{korr} + W_m} \times (s - v_{nom} \times t_e)$$

Bremsleistung JURID 707 T4.2 - korrigierte Werte (Zylinderdruck, Raddurchmesser)			Bremsstellung „P“		
			S <sub>korr</sub> [m]	λ <sub>korr</sub> [%]	B <sub>korr</sub> [t]
Beladung	leer	100 km/h	458	105.5	23.8
		120 km/h	643	111.2	25.1
	teilbeladen	100 km/h	484	99.1	71.4
		120 km/h	673	105.3	75.8
	beladen	100 km/h	570	82.8	74.5
		120 km/h	812	84.0	75.6

Tabelle 13 – Ergebnisse der Abhängeversuche, korrigierte Werte

### 8.3 Korrektur der Bremswegmittelwerte s<sub>korr</sub> laut UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.4 – Bremszylinderfüllzeit

Die während der Abhängeversuche gemessenen und festgestellten Bremszylinderfüllzeiten sind in den Tabellen Kapitel 7 eingeführt.

Die Korrektur gemäß UIC 544-1, Anlage F3, Punkt F3.4 musste durchgeführt werden. Die Korrektur erfolgt anhand der Formel:

$$S_{\text{korr}} = (2 - t_s/2) \times V_{\text{nom}} + S_{\text{mitt}}$$

Bremsleistung JURID 707 T4.2 - korrigierte Werte (Füllzeit)			Bremsstellung „P“		
			S <sub>korr</sub> [m]	λ <sub>korr</sub> [%]	B <sub>korr</sub> [t]
Beladung	leer	100 km/h	458	105.5	23.8
		120 km/h	643	111.2	25.1
	teilbeladen	100 km/h	481	99.8	71.8
		120 km/h	669	105.9	76.3
	beladen	100 km/h	567	83.2	74.9
		120 km/h	809	84.4	76.0

Tabelle 14 – Ergebnisse der Abhängeversuche, endgültige korrigierte Werte

	<i>Prüfgegenstand</i> <b>Taschenwagen</b>	<i>Typ</i> <b>Sdgnss</b>	<i>Prüfprotokol Nr.</i> <b>14-P 051</b>	<i>Änderung Nr.</i> <i>Seite</i>	<b>0</b> 32 von 32
--	--	-----------------------------	--	-------------------------------------	-----------------------

## 9 Schlussfolgerung

Das aus den Ergebnissen der Abhängeversuche resultierende Bremsgewicht des mit der Scheibenbremse und mit dem Bremsbelag JURID 707 ausgerüsteten Wagens beträgt **72 t**.

Die Prüfung wurde im Übereinstimmen mit gültigen Standards und unter Berücksichtigung der Vertragsanforderungen des Auftraggebers durchgeführt.

Die im Prüfprotokoll angegebenen Ergebnisse beziehen sich nur zum geprüften Fahrzeug.

---

Ende des Protokolls

**Knorr-Bremse**  
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

**PHYSIKALISCHE BREMSBERECHNUNG SCHEIBENBREMSE**

**Wagentyp:** 4-achs. Sdgnss Wagen, ss-Verkehr  
**Wagenbauer:** DB Waggonbau Niesky  
**Land / Betreiber:** Deutschland / Hupac

**Dok.-Nr.:** TA41477/41  
**Änderung:** 01  
**Seite:** 2/2  
**Datum:** 05.03.2014

Technische Daten (Annahmen sind mit \*gezeichnet)

- Anzahl Radsätze	n <sub>r</sub>	4
<b>Steuerventil</b>		
- Typ	KEdv	
- Bremszeit	t <sub>b</sub>	4 [sec]
- Typ Lastbremsventil	RLV-11d_neu_1	
- C-Druck leer	p <sub>l</sub>	1,45 [bar]
- C-Druck beladen	p <sub>b</sub>	3,80 [bar]
<b>Wiegeventil</b>		
- Typ	ALM400	
- Abwiegepunkte	n <sub>w</sub>	16 [-]
<b>Bremssy/inder</b>		
- Typ	UP10	
- Anzahl pro Fahrzeug	n	8 [-]
- Wirksame Kobenfläche	A	510,7 [cm <sup>2</sup> ]
- Kolbenrückstellkraft	F <sub>c</sub>	1500 [N]
<b>Bremzange</b>		
- Übersetzung	i	2,55 [-]
- Wirkungsgrad	η	0,95 [-]
<b>Bremselbelag</b>		
- Typ	Jurid 707	
- Anzahl pro Fahrzeug	n <sub>b</sub>	16 [-]
- Belagfläche pro Belaghalter	Ab	360 [cm <sup>2</sup> ]
- mittlerer Belagreibwert	μ	0,36 [-]
<b>Bremsscheibe</b>		
- Anzahl pro Fahrzeug	n <sub>s</sub>	8 [-]
- mittlerer Reibradius	r <sub>m</sub>	230 [mm]
<b>Raddurchmesser</b>		
- neu	D <sub>n</sub>	920 [mm]
- abgenutzt	Da	840 [mm]
<b>Geschwindigkeit</b>	V	100 [km/h]
<b>Geforderter Bremsweg</b>	s	900 [m]
<b>Fahrzeugmasse</b>		
- leer	W <sub>l</sub>	21,7 [t]
- beladen	W <sub>b</sub>	90 [t]
- ungedeckelte Masse	W <sub>u</sub>	6,95 [t]
<b>Erdbeschleunigung</b>	g	9,31 [m/s <sup>2</sup> ]

Formeln

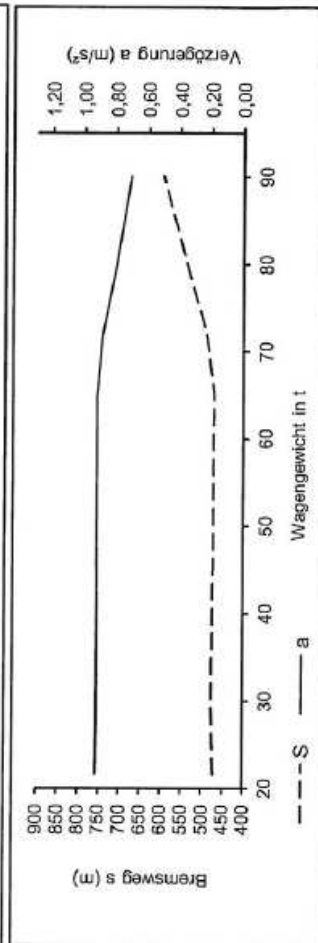
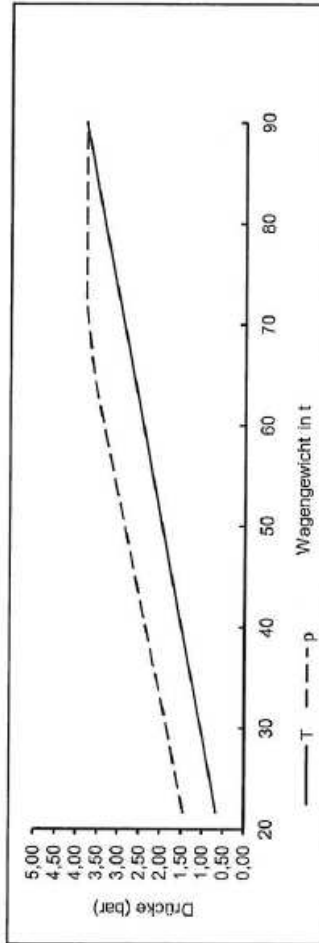
**Belastung pro Wiegeventil**  
 $F_w = (W - W_u) / n_w$   
**Steuerdruck "T"**  
 $T = +108/144 * F_w * 648/4320$   
**Bremszangenkraft, dynamisch**  
 $F = (A * p + F_c) * i * \eta$   
**Gesamtbremssackkraft**  
 $F_{bg} = n * F$   
**Bremskraft am Radaufstandspunkt**  
 $F_{s,m} = F_{bg,m} * 2 * r_m * \mu / D_m$   
 mit  $D_m = (D_n + D_e) * 1/2$   
**gemittelte Momentanverzögerung**  
 $a_{mo} = F_{s,m} / (W_l + m_{rot})$   
**Bremsweg**  
 $s = V * t_{a/7,2} + V^2 / (25,92 * a)$   
**mittl. Abbremsung**  
 $A_{m} = F_{bg,2} * r_m * 100 / (W_{kg} * (D_n + D_e) / 2)$   
**Bremsgewichtshundertstel**  
 ERRI B126.2 Kurve d5:  $\lambda_{mbda} = 52840/s - 10$   
**Bremsgewicht**  
 $B = W * \lambda / 100$   
**Spez. Flächenpressung (Belag)**  
 $P_b = F_{bg} / (n_b * A_b)$

**Bemerkung**

- Bremssystem KE-GP-A(D)
- Massenfaktor für m<sub>rot</sub>: 7 %
- μ=0,36 gemäß Vorgabe Fzg.-Beuer WBN
- Bremsleistung muss noch geprüft werden
- A101: Da geändert von Da=860mm auf Da=840mm
- Versuchsfahrten zur Bestätigung der Bremsleistung erforderlich!

**Scheibenbremse**

W	F <sub>w</sub>	T	p	F	F <sub>bg</sub>	F <sub>s,m</sub>	a <sub>mo</sub>	s	A <sub>m</sub>	λ	B	P <sub>b</sub>
[t]	[kN]	[bar]	[bar]	[kN]	[kN]	[kN]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m]	[%]	[%]	[t]	[N/cm <sup>2</sup> ]
21,7	9,04	0,66	1,45	14,31	114,44	21,54	0,93	472	28,1	102	22	20,4
30	14,13	1,04	1,95	19,25	154,03	28,99	0,92	475	27,4	101	30	27,5
40	20,26	1,50	2,35	25,44	203,52	38,30	0,92	474	27,1	102	41	36,3
50	26,40	1,96	2,85	31,63	253,00	47,61	0,92	473	27,0	102	51	45,2
58	31,30	2,33	3,25	36,57	292,59	55,06	0,93	473	26,9	102	59	52,2
65	35,59	2,65	3,60	40,90	327,24	61,58	0,93	472	26,8	102	66	58,4
72	39,88	2,98	3,80	43,38	347,03	65,30	0,89	490	25,7	98	70	62,0
80	44,79	3,34	3,80	43,38	347,03	65,30	0,80	537	23,1	88	71	62,0
90	50,92	3,80	3,80	43,38	347,03	65,30	0,71	596	20,5	79	71	62,0



**PHYSIKALISCHE BREMSBERECHNUNG SCHEIBENBREMSE**

Wagentyp: 4-achs. Sdgnss Wagen, ss-Verkehr  
Wagenbauer: DB Waggonbau Niesky  
Land / Betreiber: Deutschland / Hupac

Dok.-Nr.: TA41477/41  
Änderung: 01  
Seite: 1/2  
Datum: 05.03.2014

Knorr-Bremse  
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH



Technische Daten (Annahmen sind mit \*gezeichnet)

- Anzahl Radsätze	nr	4
- Typ	KEdv	
- Bremszeit	ta	4 [sec]
- Typ Lastbremsventil	RLV-11d_neu_1	
- C-Druck leer	pl	1,45 [bar]
- C-Druck beladen	pb	3,80 [bar]
- Typ	ALM400	
- Abwispunkte	nw	16 [°]
- Bremszylinder	UP10	
- Typ	n	8 [°]
- Anzahl pro Fahrzeug	A	510,7 [cm²]
- Wirksame Kolbenfläche	Fc	1500 [N]
- Kolbenrückstellkraft	WZ43UP10XS17	
- Bremszange	i	2,55 [°]
- Übersetzung	Tl	0,95 [°]
- Wirkungsgrad		
- Typ	Jurid 707	
- Anzahl pro Fahrzeug	nb	16 [°]
- Belegfläche pro Belaghalter	Ab	350 [cm²]
- mittlerer Belagreibwert	μ	0,36 [°]
- Bremscheibe	W590B170PGUP	
- Anzahl pro Fahrzeug	ns	8 [°]
- mittlerer Reibradius	rm	230 [mm]
- Raddurchmesser		
- neu	Dn	920 [mm]
- abgenutzt	Da	840 [mm]
- Geschwindigkeit	V	120 [km/h]
- Geforderter Bremsweg	s	700 [m]
- Fahrzeugmasse		
- leer	Wl	21,7 [t]
- beladen	Wb	90,0 [t]
- ungedeferte Masse	Wu	6,95 [t]
- Erdbeschleunigung	g	9,81 [m/s²]

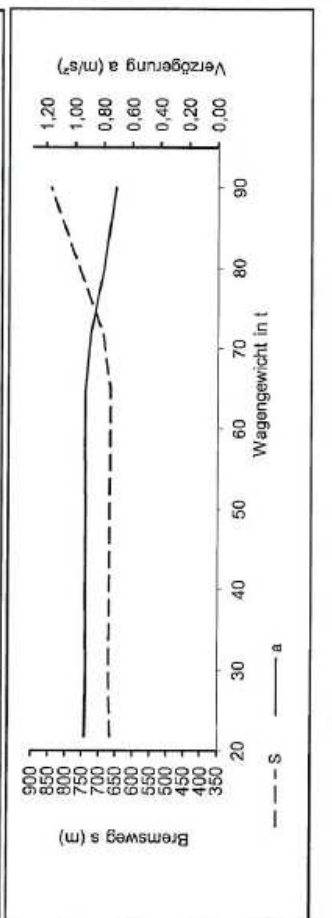
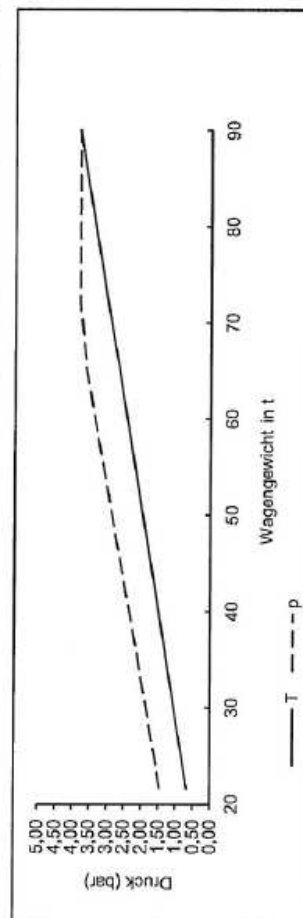
Formeln

**Belegung pro Wiegeventil**  
 $F_w = (W - W_{(j)} / n_w)$   
 Steuerdruck "T"  
 $T = +108 / 144 * F_w - 648 / 4320$   
**Bremszangenkraft, dynamisch**  
 $F = (A \times p - F_c) \times i \times \eta$   
**Gesamtbremsbackenkraft**  
 $F_{bg} = n \times F$   
**Bremskraft am Radaufstands Punkt**  
 $F_{s,m} = F_{bg,m} \times 2 \times r_m \times \mu / D_m$   
 mit  $D_m = (D_n + D_e) \times 1/2$   
**gemittelte Momentanverzögerung**  
 $a_{mo} = F_{s,m} / (W + m_{rot})$   
**Bremsweg**  
 $s = V \times ta / (7,2 + V^2 / (25,92 \times a))$   
**mittl. Abbremsung**  
 $A_{m} = F_{bg} \times 2 \times r_m \times 100 / (W \times g \times (D_n + D_e) / 2)$   
**Bremsgewichtshundertstel**  
 UIC54-1 4. Ausgabe:  $\lambda = 83634 / s - 19$   
**Bremsgewicht**  
 $B = W \times \lambda / 100$   
**Spez. Flächenpressung (Belag)**  
 $P_b = F_{bg} / (n_b \times A_b)$

**Bemerkung**  
 - Bremssystem KE-GP-A(D)  
 - Massenfaktor für m\_rot: 7 %  
 -  $\mu = 0,36$  gemäß Vorgabe Fzg.-Bauer WBN  
 - Bremsleistung muss noch geprüft werden  
 - A101: Da geändert von Da=860mm auf Da=840mm  
 - Versuchsfahrten zur Bestätigung der Bremsleistung erforderlich!

**Scheibenbremse**

W [t]	Fw [kN]	T [bar]	p [bar]	F [kN]	Fbg [kN]	Fs_m [kN]	a_mo [m/s²]	s [m]	A_m [%]	λ [%]	B [t]	Pb [N/cm²]
21,7	9,04	0,66	1,45	14,31	114,44	21,54	0,93	666	28,1	107	23	20,4
30	14,13	1,04	1,85	19,25	154,03	28,99	0,92	671	27,4	106	32	27,5
40	20,26	1,50	2,35	25,44	203,52	38,30	0,92	669	27,1	106	42	36,3
50	26,40	1,96	2,85	31,63	253,00	47,61	0,92	668	27,0	106	53	45,2
58	31,30	2,33	3,25	36,57	292,59	55,06	0,93	667	26,9	106	62	52,2
65	35,59	2,65	3,60	40,90	327,24	61,58	0,93	667	26,8	106	69	58,4
72	39,88	2,98	3,80	43,38	347,03	65,30	0,89	692	25,7	102	73	62,0
80	44,79	3,34	3,80	43,38	347,03	65,30	0,80	760	23,1	91	73	62,0
90	50,92	3,80	3,80	43,38	347,03	65,30	0,71	845	20,5	80	72	62,0



## Zápis o vážení prázdného kontejnerového vozu

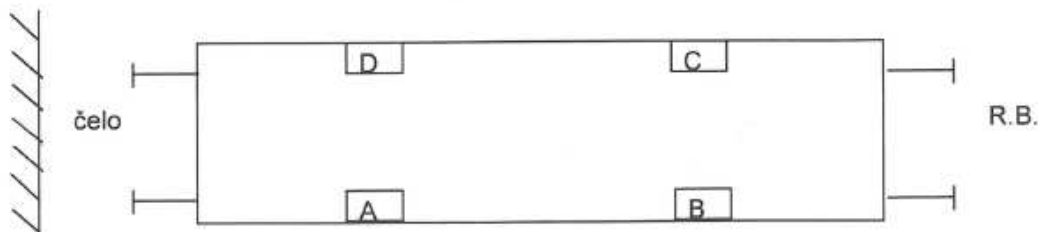
vůz řady :		Sdgnss
Evidenční číslo :		33 85 452 6 018-8
Počet náprav :	4	Výrobce :
Délka přes nárazníky :	20.00m	WBN Waggonbau Niesky Německo
Vzdálenost otočných čepů :	14.20m	
Hmotnost udaná výrobcem :	22 000 kg	

Vážení	Zvedací místo	Číslo měrné vložky	Hmotnost na 1 zvedací místo [kg]	Celková hmotnost [kg]
1	A	H 04 302	5591	22579
	B	H 00 128	5810	
	C	J 09 815	5484	
	D	H 04 351	5693	
2	A	H 04 302	5576	22569
	B	H 00 128	5815	
	C	J 09 815	5479	
	D	H 04 351	5698	
3	A	H 04 302	5556	22497
	B	H 00 128	5826	
	C	J 09 815	5469	
	D	H 04 351	5647	

Celková průměrná hmotnost vozu (kg) :	22548
---------------------------------------	-------

Použit měřicí můstek HBM MGC plus Nr. 809 795

### Orientace vozu



Zápis o vážení vozu vypracoval: Stehlík R.

Dne : 26.8.2014

Podpis : \_\_\_\_\_





Knorr-Bremse  
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

### BERECHNUNG PARKBREMSE

<b>Wagentyp:</b>	4-achs. Sdgnss Wagen, ss-Verkehr	<b>Betreiber:</b>	Hupac
<b>Dok.-Nr.:</b>	TA41477/42	<b>Änderung:</b>	00
<b>Seite:</b>	1/1	<b>Datum:</b>	05.03.2014

#### Technische Daten

- Anzahl Radsätze	nr	4	
- Anzahl Radsätze mit Handbremse	nH	2	
- Bremsgewicht Handbremse	Bh	20 [t]	nach UIC543 Kap.2.3.4
- max. zul. Flexballkraft /Bowdenzug	F	7500 [N]	
- mittlerer Reibradius	rm	230 [mm]	
- Fahrzeugmasse beladen	m	90 [t]	
- maximale Haftwertausnutzung	$\tau_{\text{Rad/Schiene}}$	0,12	nach UIC544-1 Kap.8.2.4

#### Raddurchmesser

- neu	dneu	920 [mm]
- abgenutzt	da	840 [mm]

#### Bremszylinder

- Typ	<b>UP10HS17</b>	
- Übersetzung	i zyl.	6,18 [-]
- Anzahl pro Fahrzeug	n	8 [-]
- Wirksame Kolbenfläche	A	510,7 [cm <sup>2</sup> ]
- Kolbenrückstellkraft	Fc	1500 [N]

#### Bremszange

- Übersetzung	i Zange	2,55 [-]
- Gesamtübersetzung	i = i zyl x i Zange	15,76 [-]
- Wirkungsgrad	$\eta$	0,95 [-]

#### Bremsbelag

- Typ	Sinterbelag		
- Reibwert bei 50 km/h	$\mu_1$	0,30 [-]	nach UIC544-1 Kap.8.1

#### Formeln

##### Anzahl der Bremszangen mit Handbremse

nr

##### Radius halbabgenutztes Rad

$$rh = (da + (dneu - da) / 2) / 2$$

##### erforderliche Gesamt- Backenkraft nach UIC544-1 Kap 8.1

$$F_{dyn} = Bh \times rh / (0,88 \times \mu_1 \times rm)$$

##### theor. verfügbare Gesamt- Backenkraft nach Einbauzeichnung

$$F_{bges.} = (F \times i \text{ zyl.} \times \eta - Fc) \times i \text{ Zange} \times nr$$

##### Gesamt- Backenkraft bei max. Kraftschluss von 0,12

$$F_{bges.(0,12)} = \tau_{\text{Rad/Schiene}} \times m \times g \times nH \times rh / (nr \times \mu_1 \times rm)$$

##### mind. erforderliche Flexballkraft für Fdyn nach UIC544-1 Kap 8.1

$$F_{erf.} = [(F_{dyn} / nr) / i \text{ zange} + Fc] / (i \text{ zyl.} \times \eta)$$

##### Gefälleberechnung nach UIC544-1 Kap. 8.3.3

$$i_{ms} = (F_{dyn} \times \mu_1 \times 1000 \times rm) / (m \times g \times rh)$$

#### Berechnung

WZ	2 Stück
rh	440 [mm]
Fdyn	144,93 [kN]
Fbges.	216,92 [kN]
Fbges.(0,12)	337,81 [kN]
Ferf.	5,10 [kN]
i ms	25,7 [‰]

#### Bemerkung

- 2 Bremszangen (WZ) mit HB
- bei einem Bremsgewicht von 20t wird eine Flexball- / Bowdenzugkraft von 5,10kN benötigt