

DAK-Demonstrator-Pilotprojekt zur Demonstration, Erprobung und Zulassung der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) für den Schienengüterverkehr

Aktenzeichen: E12 5185.4/9

Zwischenbericht Abschluss Phasen III & IV

Anhang 6: DB Systemtechnik: Prüfbericht Schiebeversuche

Finanziert durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV)



Bundesministerium
für Verkehr

Frankfurt, den 25.09.2025

Rev. 1.0





Systemtechnik

Bericht

Erprobung: Digitale Automatische Kupplung Phase III+IV

Schiebeversuche mit einem Drehgestellwagen in Görlitz

DAK-Dokument: 70992-07-DAK-Phase III+IV
Bericht: 70992-TT.TVP22-PR01-V1.0

Datum: 12.08.2025
Seiten: 18
Auftragnehmer: DB Systemtechnik GmbH
Projektmanagement Prüfungen/TVP11
Pionierstraße 10
32423 Minden

Ansprechpartner: [REDACTED]



Die Inhalte beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Dokument beschriebenen Sachverhalte. Das Recht zur (auszugsweisen) Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts kann, durch den diesem Dokument zugrundeliegenden Vertrag, eingeschränkt sein. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.

Änderungsindex

Version	Datum	Änderungsinhalte
1.0	12.08.2025	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen	4
Dokumentenübersicht.....	5
Quellenverzeichnis/Literaturverzeichnis.....	6
Verzeichnis der Anlagen	7
1 Angaben zum Auftrag	8
2 Beschreibung der Messungen	9
2.1 Hintergrund zum Prüfprogramm	9
2.2 Prüfprogramm und Zeitraum	10
3 Beschreibung des S-Bogen.....	11
3.1 Trassierung	11
3.2 Schienenprofilmessung	11
4 Beschreibung des Zuges	12
4.1 Beschreibung des Zugverbandes.....	12
4.2 Beladungszustand des Prüfobjektes	12
5 Messgrößen.....	13
6 Verarbeitung der Messdaten	14
6.1 Filterung	14
6.2 Umrechnung von Wegen zu Winkeln	14
7 Ergebnisse	15
7.1 Schiebeversuche.....	15
7.2 Standversuche	16
8 Zusammenfassung.....	17
9 Unterschriften	18

Verzeichnis der Abkürzungen

Allgemeine Abkürzungen	
DAK (DAC)	Digitale Automatische Kupplung für den Güterverkehr (Digital automatic coupler for freight wagons)
DB	Deutsche Bahn AG
DB ST	DB Systemtechnik GmbH
AC	Wechselstrom (<i>Alternating Current</i>)

Dokumentenübersicht

Nr.	Abkürzung	Dokumentenbezeichnung	Quelle
1	[PB01]	70992-01-DAK-Phase III+IV - Manteldokument	DB ST
2	[PB02]	70992-02-DAK-Phase III+IV - Messtechnik	DB ST
3	[PB03]	70992-03-DAK-Phase III+IV - Zugfahrten, Rangieren, sonstige Erprobung	DB ST
4	[PB04]	70992-04-DAK-Phase III+IV - E-Kuppelversuche	DB ST
5	[PB05]	70992-05-DAK-Phase III+IV - Elektrischer Teil	DB ST
6	[PB06]	70992-06-DAK-Phase III+IV - Datenkommunikation	DB ST
7	[PB07]	70992-07-DAK-Phase III+IV - Schiebeversuche mit einem Drehgestellwagen in Görlitz	DB ST
8	[PB08]	70992-08-DAK-Phase III+IV - Prüfstandsversuche Strömungseigenschaften	DB ST
9	[PB09]	70992-09-DAK-Phase III+IV - Akustikversuche	DB ST

Quellenverzeichnis/Literaturverzeichnis

- [1] [REDACTED], „70992-01-DAK-Phase III+IV - Manteldokument,“ DB Systemtechnik GmbH, Minden, 2025.
- [2] „DIN EN 15839:2016-01, „Bahnanwendungen- Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen- Güterwagen- Prüfung der Fahrsicherheit unter Längsdruckkräften; Deutsche Fassung EN15839:2012+A1:2015“, Januar 2016,“ 2016.
- [3] „60226-04-DAK-Phase I - Nachschiebeversuche unter Längsdruckkräften, „Erprobung: Digitale Automatische Kupplung; Phase I; Nachschiebeversuche unter Längsdruckkräften Abschlussbericht ‘, TT.TVP22 vom 03.12.2021“.
- [4] „DIN EN 14363:2019 (EN 14363:2016 +A1:2018) „Bahnanwendungen - Versuche und Simulationen für die Zulassung der fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen- Fahrverhalten und stationäre Versuche“, November 2019“.

Verzeichnis der Anlagen

1	Zusammenstellung des Messzuges	1 Seite
2	Trassierung des S-Bogens	2 Seiten
3	Überblick der Messgrößen	6 Seiten
4	Positionen der Seilzüge	3 Seiten
5	Umrechnung Wege nach Winkeln	1 Seite
6	Liste der Messfahrten	7 Seiten
7.1	Ergebnisse: 5-Wagenkonfiguration vollbeladen	6 Seiten
7.2	Ergebnisse: 5-Wagenkonfiguration teilbeladen	6 Seiten
7.3	Ergebnisse: 5-Wagenkonfiguration leer	6 Seiten
7.4	Ergebnisse: 3-Wagenkonfiguration leer	6 Seiten
7.5	Ergebnisse: 3-Wagenkonfiguration teilbeladen	6 Seiten
7.6	Ergebnisse: 3-Wagenkonfiguration vollbeladen	6 Seiten
7.7	Ergebnisse: Vergleich der 3- und 5-Wagenkonfiguration leer	6 Seiten
8	Ergebnisse: Standversuche: 3-Wagenkonfiguration vollbeladen	3 Seiten

1 Angaben zum Auftrag

Die Angaben zum Auftrag sind im Manteldokument [1] der Berichte zu finden.

Inhalt dieses Berichts sind die Schiebeversuche mit einem Drehgestellwagen in Görlitz.

2 Beschreibung der Messungen

2.1 Hintergrund zum Prüfprogramm

Die Ziele des Prüfprogramms sind folgende:

- Validierung des Simulationsmodells:
 - erste Simulationen zeigen Potenzial;
 - Daten bislang nur für leere zweiachsige Wagen verfügbar;
 - weitere Konstellationen erforderlich.
- Zusätzliches Wissen erzeugen:
 - Unterschiede im Aufbau von Drehgestellwagen gegenüber Zweiachsern können zu unterschiedlichem Verhalten führen;
 - 75 % der DB Cargo-Flotte sind Drehgestellwagen;
 - Prüfstandversuche zum Kippverhalten der Druckplatte bilden die Realität nicht vollständig ab.

Die Schiebeversuche wurden in Anlehnung an die Norm EN 15839:2016 [2] durchgeführt.

Im Vergleich zu dieser Norm wurde folgendes anders umgesetzt:

- Statt den Führungskräften am Radsatzlager (H-Kräfte) wurde die Vertikal- und Querkraft jedes Rades mit Messradsätzen gemessen. Diese Art Messung ist genauer als in der Norm gefordert und ermöglicht so eine bessere Validierung der Simulationsmodelle und ein besseres Verständnis der fahrtechnischen Eigenschaften beeinflusst von Kupplung, Längsdruckkraft und Wagenkombination.
- Der Höhenunterschied zwischen dem zu prüfenden Wagen und den beiden Rahmenwagen weicht aus praktischem Grunde ab.
- Die Rahmenwagen sind andere (aus Verfügbarkeitsgründen) als in der Norm angegeben (siehe Zusammenstellung des Messzuges in **Anlage 1**).
- Der vordere Rahmenwagen ist ein Drehgestellwagen statt eines zweiachsigen Wagens.
- Der vordere Rahmenwagen der Bauart Eanos-x 059 ist 15,8m lang anstatt 9,64m.
- Der hintere Rahmenwagen der Bauart Zags ist 18,8m lang anstatt 19,9m.
- Es wird neben der 5-Wagenkonfiguration auch eine 3-Wagenkonfiguration geprüft.
- Es werden nur 1-3 Versuche mit der maximalen Längsdruckkraft von 550kN durchgeführt (anstatt 10 Versuchen).
- Es wird nicht nur mit dem Prüfling im Leerzustand geprüft, sondern auch teil- und vollbeladen.

Im Vergleich zu den Schiebeversuchen in 2020 [3] bestehen folgende Änderungen:

- Der Prüfling ist ein Uas - Drehgestellwagen anstatt eines Zweiachser Wagen der Bauart Hbbins.
- Es wurde auch mit einer 5-Wagenkonfiguration geprüft.
- Es wird nur eine Kupplungsart geprüft: die Voith-Kupplung.

2.2 Prüfprogramm und Zeitraum

Die Schiebeversuche fanden im Zeitraum vom 20.11. bis 30.11.2023 statt. Es wurden Versuche in folgenden Varianten durchgeführt:

- 5 Wagenkonfiguration: vorlaufend zwei Wagen der Bauart Eanos-x 059, dann der Prüfling und nachlaufend zwei Wagen der Bauart Zags. Alle Kupplungen sind DAK-Kupplungen vom Hersteller Voith. Die Prüfobjekte waren
 - ein Wagen der Bauart Uas vollbeladen;
 - ein Wagen der Bauart Uas teilbeladen;
 - ein Wagen der Bauart Uas leer.

- 3 Wagenkonfiguration: vorlaufend ein Wagen der Bauart Eanos-x 059, dann der Prüfling und nachlaufend ein Wagen der Bauart Zags. Alle Kupplungen sind DAK-Kupplungen vom Hersteller Voith. Die Prüfobjekte waren
 - ein Wagen der Bauart Uas vollbeladen;
 - ein Wagen der Bauart Uas teilbeladen;
 - ein Wagen der Bauart Uas leer.

Obenstehende Wagenkonfigurationen sind grafisch dargestellt in **Anlage 1**.

Jede der 6 Varianten wurde zuerst im ungebremsten Zustand gemessen, dabei kommt die resultierende Längskraft in die DAK-Kupplungen nur aus dem Fahrwiderstand der Wagen. Dann wurde die Bremskraft im Zugverband schrittweise erhöht, bis maximal 550 kN Längskraft erreicht wurden. Dabei steuern die Lokführer auf eine Geschwindigkeit von 5 - 8 km/h und der Bremsbediener steuert auf die Zielgröße der Längskraft in der Kupplung. Mit der maximal angestrebten Längskraft wurden zwei Wiederholungsfahrten durchgeführt.

Am 30.11.2023 erfolgten Standversuche in der 5 Wagenkonfiguration mit voll beladenem Prüfobjekt. Dabei waren alle Bremswagen voll abgebremst. Die zwei Lokomotiven steigerten die Schiebekraft progressiv bis 550 kN und senkten dann die Kraft wieder auf Null ab. Der Zug wird dabei zusammengesoben, wobei der Prüfling sich ungefähr um einen Meter auf dem Gleis bewegt. Es wurden die Wege an Kupplung und Druckplatte und die Längsdruckkraft gemessen. Diese Standversuche wurden im geraden Gleis, im 190 m-Bogen und im 150 m-Bogen durchgeführt.

Alle Messfahrten sind in einer Tabelle in **Anlage 6** aufgenommen und dokumentiert.

3 Beschreibung des S-Bogen

3.1 Trassierung

Der 150m S-Bogen befindet sich auf dem Prüfgelände des TÜV Süd in Görlitz. Alle Prüffahrten wurden in Richtung Görlitz (Richtung Osten) durchgeführt. Die Bremskraft wird langsam aufgebaut, deswegen braucht der Zugverband einen Anlauf von ungefähr 200 m. Die Fahrt erfolgt zuerst im geraden Gleis, dann über eine 195 m - Weiche, in welcher links abgebogen wird, wonach eine kurze Zwischengerade folgt und dann der erste Bogen des 150 m-S-Bogens beginnt.

Die Trassierung ist in **Anlage 2** beschrieben. Der TÜV Süd hat folgende Gleislagefehler vermessen und zur Verfügung gestellt:

- Überhöhung und Spurweite (gemessen mit Bahnmeisterlehre);
- Vertikale und horizontale Sehnenwerte (gemessen mit einem Lasermessgerät).

3.2 Schienenprofilmessung

Die Schienenprofile des gesamten 150 m-S-Bogens sind in 30 cm Abschnitten (halber Schwellenabstand) mit einem Messgerät „MiniProf“ vermessen.

4 Beschreibung des Zuges

4.1 Beschreibung des Zugverbandes

Die Schiebeversuche wurden mit folgendem Zugverband durchgeführt (von den ersten bis zu den letzten Wagen, gesehen in Hauptmessrichtung):

- beladener Bremswagen;
- Messwagen, wo die Messung gesteuert wird, das Stromaggregat steht und der Bremsdruck erzeugt und gesteuert wird;
- 4 beladene Bremswagen;
- 1 oder 2 ungebremste Rahmenwagen (Bauart Eanos-x 059);
- Prüfobjekt (Bauart Uas);
- 1 oder 2 ungebremste Rahmenwagen (Bauart Zags);
- 2 schiebende Vectron Dual Lokomotiven (Diesel+AC).

Die Rahmenwagen und das Messobjekt sind in **Anlage 1** dargestellt.

4.2 Beladungszustand des Prüfobjektes

Das Prüfobjekt wurde in folgenden Beladungszuständen untersucht:

- vollbeladen (ungefähr 87,4 t);
- teilbeladen (ungefähr 56,6 t);
- leer (25,8 t).

Die hier angegebenen Massen basieren auf dem Leergewicht des Fahrzeugs nach Spezifikation. Die dazu gerechnete Masse der Betonklötze basiert auf den Angaben des TÜV Süd (selbst verwogen). Das gesamte Fahrzeug wurde nicht verwogen.

5 Messgrößen

Eine grafische und eine tabellarische Darstellung der Messgrößen sind in **Anlage 3** enthalten.

6 Verarbeitung der Messdaten

6.1 Filterung

Alle Messgrößen wurden mit einer maximalen Frequenz von 600Hz abgetastet.

Alle Kräfte und daraus berechneten Größen sind mit einem Tiefpassfilter von 20 Hz weiterverarbeitet und deren gleitende Mittelwerte über 2m mit einer Fortschrittsweite im Abstand der Datenpunkte bestimmt worden (analog EN 14363 [4]). Die gemessenen Relativwege haben keinen hochfrequenten Signalinhalt und sind deshalb nicht weiter gefiltert.

6.2 Umrechnung von Wegen zu Winkeln

Die Positionen der Wegaufnehmer sind in **Anlage 4** aufgezeichnet. Die horizontalen und vertikalen Druckplattenwinkel sind mit der in **Anlage 5** beschriebenen Formel berechnet.

7 Ergebnisse

7.1 Schiebeversuche

Für jede der 6 Varianten (3- oder 5-Wagen Konfiguration jeweils vollbeladen, teilbeladen und leer) sind die Ergebnisse in **Anlage 7.1-7.6** dargestellt. Es sind nur die Messgrößen dokumentiert, die relevant für die Betrachtung einer Entgleisung sind: die Radaufstandskräfte, die Summe der Führungskräfte, die Entgleisungskoeffizienten, die Längskräfte in der Kupplung, die Winkel der Druckplatte und die Kupplungswege. Grafische Darstellungen aller anderen Größen sind zwecks Validierung der Simulationen im Projektordner abgelegt.

Es ist bei keiner Fahrt zu einer Entgleisung gekommen, auch nicht bei den kritischen Fahrten mit 550 kN Längsdruckkraft und beim leeren Prüfobjekt.

- Es gab nahezu keine Radabhebung. Die höchste Radabhebung wurde mit 1,9 mm in der 3-Wagenkonfiguration im leeren Beladungszustand bei dem ersten Radsatz rechts ermittelt (nicht dargestellt im Bericht).
- Der Höchstwert für den Quotienten Y/Q trat mit einem Wert von 0,76 bei dem vierten Radsatz links in der 5-Wagenkonfiguration im leeren Betriebszustand auf (**Anlage 7.3.3**).
- Der Höchstwert für die Größe Summe Y betrug 54,8 kN am vierten Radsatz in der 3-Wagenkonfiguration im vollbeladenen Zustand (**Anlage 7.6.4**).
- Die Radentlastung war am größten bei den Versuchen mit dem leeren Prüfobjekt in der 5-Wagenkonfiguration (siehe **Anlage 7.3.2**). Die minimal gemessene Q -Kraft betrug 4 kN am vierten Radsatz rechts, dessen Rad eine quasistatische Radkraft von 35 kN besitzt. Dies entspricht einer Radentlastung von 89 %.
- Der maximale Druckplattenwinkel um die vertikale Achse betrug 4,35 Grad. Dieser Winkel ist nahezu unabhängig von Beladungszustand und Wagenkonfiguration (siehe **Anlage 7.1.5, 7.2.5, 7.3.5, 7.4.5, 7.5.5** und **7.5.6**).

Ein Ziel des Versuchsprogramms war es, den Einfluss der Wagenkonfiguration, 3- oder 5-Wagen, zu quantifizieren. In **Anlage 7.7** sind die Messfahrten mit einer Zieldruckkraft von 550 kN mit 3 und 5 Wagen miteinander verglichen. Der Unterschied ist nicht groß, aber vor allem bei den Radaufstandskräften am dritten Radsatz erkennbar (siehe **Anlage 7.7.2** im Bereich der Zwischengerade). Bei der 5-Wagenkonfiguration ist eine größere Radentlastung (kleinere Radaufstandskraft) messbar als bei der 3-Wagenkonfiguration. Auch bei den Wegen der Kupplung ist ein Unterschied sichtbar. Allerdings werden diese Differenzen nicht nur von der Wagenkonfiguration verursacht, sondern eventuell auch von folgenden Randbedingungen:

- Wetter (siehe **Anlage 6**): Die Messungen fanden am 27. und 28.11.2023 statt. Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen an beiden Tagen änderten den Reibwert zwischen Rad und Schiene, was dazu führte, dass die Drehgestelle sich in den Bögen anders einstellten.
- Die an das Prüfobjekt angrenzenden Rahmenwagen waren unterschiedlich, aber von der gleichen Bauart. Die Wagen können durch Toleranzunterschiede/Radverschleiß eine andere Kupplungshöhe (zu Schienenoberkante) aufweisen. Damit können die Kupplungsstangen einen anderen Winkel um die Querachse haben. Die Kupplungswege sind vor jeder Messfahrt genullt, deswegen ist der absolute Kupplungsweg/-winkel nicht gemessen worden.

7.2 Standversuche

Die Ergebnisse der Standversuche sind in **Anlage 8** dokumentiert.

Es sind die Winkel der Druckplatte als Funktion der Längskraft dargestellt. Der gemessene Druckplattenwinkel um die vertikale Achse (4-4,5 Grad) im Bogen passt sehr gut zu dem Winkel, der auf dem Prüfstand in Minden und bei den Schiebeversuchen in Görlitz ermittelt wurde.

Auch im geraden Gleis kippt die Druckplatte um ungefähr 1 Grad.

8 Zusammenfassung

Es wurden Schiebeversuche und Standversuche mit einem Drehgestellwagen der Bauart Uas in zwei Wagenkonfigurationen (3 und 5 Wagen) und mit jeweils 3 Beladungszuständen durchgeführt. Bei den Schiebeversuchen mit einer Längsdruckkraft bis 550 kN und mit verschiedenen Beladungszuständen gab es keine Entgleisungen. Die festgestellten Höchstwerte für relevante Messgrößen der Nachweissführung sind:

- Radabhebung 1,9 mm in der 3-Wagenkonfiguration im leeren Beladungszustand;
- Quotient $Y/Q = 0,76$ in der 5-Wagenkonfiguration im leeren Betriebszustand;
- Summe $Y = 54,8$ kN in der 3-Wagenkonfiguration im vollbeladenen Zustand;
- Radentlastung 89 % mit $Q_{\min} = 4$ kN in der 5-Wagenkonfiguration im leeren Betriebszustand;
- maximaler Druckplattenwinkel um die vertikale Achse 4,35 Grad, nahezu unabhängig von Beladezustand und Wagenkonfiguration.

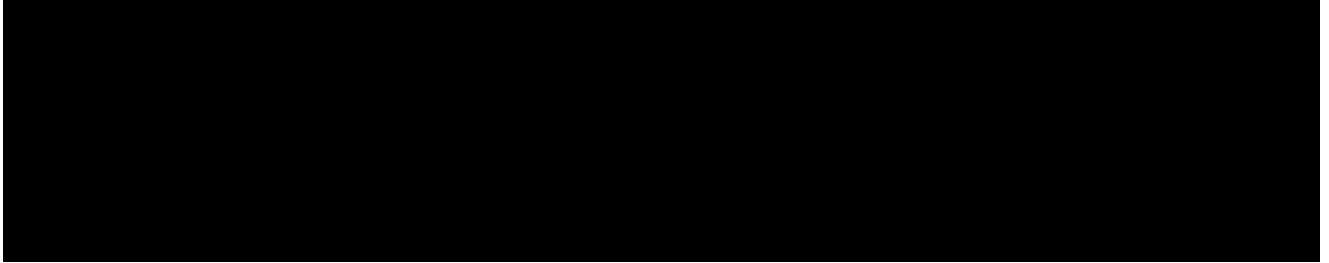
Ein Einfluss der Wagenkonfiguration (3 und 5 Wagen) konnte nicht eindeutig festgestellt werden, weil die gemessenen Differenzen klein sind und auch andere Ursachen haben können.

Die Druckplatten der geprüften Voith-Kupplungen kippen bei einer bestimmten eingeleiteten Längsdruckkraft. Dieses Kippen wurde sowohl in den Schiebeversuchen als auch bei den Standversuchen in Görlitz gemessen. Es ist konsistent mit den Prüfstandsversuchen in Minden.

9 Unterschriften

Geprüft und freigegeben:

Erstellt:



Leiter Abteilung
Prüfung Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung
TT.TVP 22

Fachexperte
Prüfung Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung
TT.TVP 22

- Bericht Ende -