



DB Systemtechnik

Bericht

Erprobung: Digitale Automatische Kupplung

Phase I

Klimakammerversuche

DAK-Dokument: 60226-05-DAK-Phase I - Klimakammerversuche

DBST-Dokument: 60226-TT.TVP21-PR02-V1.1-192843

Datum: 05.01.2022

Fachabteilung: Prüfungen Bremse u. Kupplungen TT.TVP 21



Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Bericht beschriebenen Sachverhalte. Dieser Bericht darf nicht ohne schriftliche Genehmigung des Auftraggebers veröffentlicht werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf zusätzlich der Zustimmung des im Bericht genannten Auftragnehmers

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Änderungen	Bearbeiter
1.0	30.09.2021	Erstausgabe	Dr. Daniel Jobstfinke
1.1	05.01.2022	- Entfernung zweites Änderungsverz. - Einzelne Begriffsanpassungen - Inhaltliche Ergänzungen in Abschnitten 4.3.1 und 5	Dr. Daniel Jobstfinke

Inhaltsverzeichnis

Änderungsverzeichnis	2
1 Angaben zum Auftrag	4
1.1 Aufgabenstellung:	4
1.2 Übersicht der Dokumente	5
2 Versuchsbeschreibung	6
2.1 Infrastruktur	6
2.2 Fahrzeuge	6
2.3 Versuchsablauf	6
3 Auswertemethodik	10
4 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	11
4.1 Dellner-DAK	11
4.1.1 Kurzzusammenfassung	11
4.1.2 Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten	11
4.1.3 Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten	11
4.2 Voith-DAK	14
4.2.1 Kurzzusammenfassung	14
4.2.2 Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten	15
4.2.3 Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten	15
4.3 Wabtec-DAK	17
4.3.1 Kurzzusammenfassung	17
4.3.2 Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten	18
4.3.3 Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten	18
5 Zusammenfassung	20
6 Unterschriften	20

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1.1: Auswertung Klimakammerversuche Dellner DAK	1 Seite
Anlage 1.2: Auswertung Klimakammerversuche Voith DAK	1 Seite
Anlage 1.3: Auswertung Klimakammerversuche Wabtec DAK	1 Seite

Verzeichnis der Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
DAK oder DAC	Digitale Automatische Kupplung für den Güterverkehr oder Digital automatic coupler for freight wagons
DB	Deutsche Bahn AG
DB ST	DB Systemtechnik GmbH
E- Kupplung	Elektrokontaktkupplung, dient zur Übertragung von Spannungen, Infor- mationen und Signalen
E-Wagen	Wagen der Bauart Eanos-x 059
H-Wagen	Wagen der Bauart Hbbins 306
HLL	Hauptluftleitung
Z-Wagen	Wagen der Bauart Zags

1 Angaben zum Auftrag

1.1 Aufgabenstellung:

In einem Pilotprojekt des BMVI sollen Digitale Automatische Kupplungen (DAK) als eine wichtige und zukunftsorientierte Systeminnovation im Schienengüterverkehr erprobt werden. Die DAKs vierer Hersteller (Voith, Dellner, Wabtec, CAF) durchlaufen hierfür umfassende Praxistests in der zweiphasigen Projektierung.

In der ersten Phase werden die Praxistests in Auflaufversuche, Kuppelversuche in Bögen kleiner Radien, Längsdruckversuche und in unterschiedlichen klimatischen Bedingungen unterteilt. Je Hersteller wird eine Wagengruppe mit drei Güterwagen und zwei eingebauten DAK-Paaren vorgesehen. Die Ergebnisse der Praxistests werden für die zweite Phase aufbereitet und dienen der Entscheidungsgrundlage für das EDDP (European DAC Delivery Program).

Die zweite Phase wird in Phase IIa und IIb unterteilt und gesamthaft als Betriebserprobungsphase beschrieben. Die Phase IIa beinhaltet die Betriebserprobung ausgewählter DAKs in Rangierbahnhöfen, bei denen die Wagengruppen je Hersteller auf bis zu fünf Wagen erhöht wird. Im Anschluss folgt die Phase IIb mit in Summe 24 Wagen und der Ausrüstung eines DAK-Herstellers. Weitere Tests sind für die Betriebsprozesse im In- und Ausland der Nachbarländer von Deutschland geplant.

Während des gesamten Projekts sind weitere Funktion für die Automatisierung und Digitalisierung des Schienengüterverkehrs geplant, welche in den zwei Phasen parallel erprobt werden. Hierbei handelt es sich um die Strom- und Datenleitungen, welche zum Teil als Kommunikationsleitungen verwendet werden.

Der vorliegende Bericht behandelt die **Klimakammerversuche**. Abschnitt 1.2 liefert eine Übersicht der Dokumente.

Auftraggeber	Auftragnehmer
Deutsche Bahn AG Programm TecEx - ARGE DAK Gallusanlage 8 60329 Frankfurt/M	DB Systemtechnik GmbH TT.TVP 11 Pionierstraße 10 32423 Minden
Ansprechpartner: Hr. Ulrich Meuser Tel.: 069 265 39500 Ulrich.Meuser@deutschebahn.com	Ansprechpartner: Hr. Dr. Christian Wilmes Tel.: 0571 393 5582 Christian.Wilmes@deutschebahn.com
Hr. Dr. Fabian Wartzek Tel.: 069 265 12085 Fabian.Wartzek@deutschebahn.com	Hr. Markus Basler Tel.: 0571 393 2809 Markus.basler@deutschebahn.com

1.2 Übersicht der Dokumente

Nr.	Prüfberichtsnummer
1	60226-01-DAK-Phase I - Manteldokument
2	60226-02-DAK-Phase I - Messtechnik
3	60226-03-DAK-Phase I - Kuppel- und Fahrversuche
4	60226-04-DAK-Phase I - Nachschiebeversuche unter Längsdruckkräften
5	60226-05-DAK-Phase I - Klimakammerversuche
6	60226-06-DAK-Phase I - Elektro
7	60226-07-DAK-Phase I - Datenmessungen

2 Versuchsbeschreibung

2.1 Infrastruktur

Die Klimakammerversuche wurden in der Klimakammer „MEiKE“ (Mindener Einrichtung für klimatische Funktionstests und Prüfungen von Schienenfahrzeugen) der DB Systemtechnik GmbH durchgeführt.

In der Klimakammer ist ein gerades und ebenes Gleis verlegt. Dieses ist an die übrigen Gleisanlagen der DB Systemtechnik angebunden. Ein Rolltor trennt das Innere der Kammer von der Umgebung. Abbildung 1 zeigt den Z-Wagen bei der Einfahrt in die Klimakammer. Am gegenüberliegenden Ende der Kammer endet das Gleis ohne Prellbock.



Abbildung 1: Z-Wagen bei der Einfahrt in die Klimakammer

2.2 Fahrzeuge

Die im Rahmen der Versuche genutzten Wagen waren die gleichen wie in Bericht 60226-03-DAK-Phase I - Kuppel- und Fahrversuche beschrieben. Der H-Wagen befand sich während der Klimakammerversuche im Ladezustand 1 (leer). Der Z-Wagen befand sich ebenfalls im unbeladenen Zustand. Der E-Wagen war mit den in Bericht 60226-03-DAK-Phase I - Kuppel- und Fahrversuche beschriebenen Betonblöcken beladen.

Die Wagengruppen waren jeweils so gereiht, dass der E-Wagen am Ende des Gleises der Klimakammer und der Z-Wagen in Richtung Tor stand. Diese Reihung war erforderlich, um den im folgenden Abschnitt beschriebenen Versuchsablauf durchführen zu können.

2.3 Versuchsablauf

Der gesamte Ablauf der im Folgenden beschriebenen Klimakammer ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die genutzten Symbole sind im Bericht 60226-03-DAK-Phase I - Kuppel- und Fahrversuche erläutert. Die angegebenen Buchstaben der Einzelschritte sind nachfolgend in Klammern angegeben.

In der Ausgangssituation war der E-Wagen am Ende der Klimakammer mit Hemmschuhen festgelegt und seine HLL wurde durch eine externe Druckluftversorgung gefüllt. Der H-Wagen war mit dem E-Wagen gekuppelt. Der Z-Wagen stand entkuppelt in der Klimakammer. Alle vier DAKen wurden klimatisch präpariert (a).

In der gewählten Konfiguration hatten die gekuppelten DAKen durch die unterschiedlichen Beladungszustände von E- und H-Wagen einen Höhenunterschied auf Grund der Einfederung, die nicht gekuppelten DAKen jedoch nicht. Die beiden kuppelnden Wagen waren beide unbeladen und die DAKen auf einer vergleichbaren Höhenlage. Für die Kuppelversuche mit Eis und Schnee wurde dies als kritischer Fall angesehen.

Nach erfolgter klimatischer Präparation der DAKen wurde zunächst der H-Wagen vom E-Wagen entkuppelt und per Hand in die Mitte der Klimakammer geschoben (b). Anschließend wurde hinter

dem H-Wagen Hemmschuhe ausgelegt und der Z-Wagen zum Abstoßen durch das geöffnete Rolltor aus der Halle gezogen. Dort wurde der Z-Wagen von der Lok abgekuppelt und seine HLL entlüftet. Danach wurde der Wagen von der Lok mit ca. 5 km/h abgestoßen (c+d). Nach dem Kuppelstoß folgte die Lok den Wagen (e). Die Lok hat dann an den stillstehenden Kesselwagen angekuppelt und die HLL wurde verbunden. Nach dem Füllen der HLL wurde der HLL-Absperrhahn des H-Wagens in Richtung E-Wagen für ca. 15 s in die geschlossene Stellung gebracht, so dass eine Entlüftung über die Entlüftungsbohrung erfolgte. Danach wurde der Hahn wieder geöffnet. Dieser gegenüber den Kuppelversuchen in Görlitz zusätzlich eingefügte Prüfschritt diente zur zusätzlichen Durchgangsprüfung der HLL (f). Nach dem Wiederbefüllen der HLL wurden die beiden gekuppelten Wagen ein Stück in Richtung Tor gezogen (Sicherstellen des Kuppelzustands, g). Abschließend wurde der H-Wagen wieder an den E-Wagen angekuppelt und der Z-Wagen entkuppelt abgestellt, um den nächsten Versuch vorbereiten zu können (h).

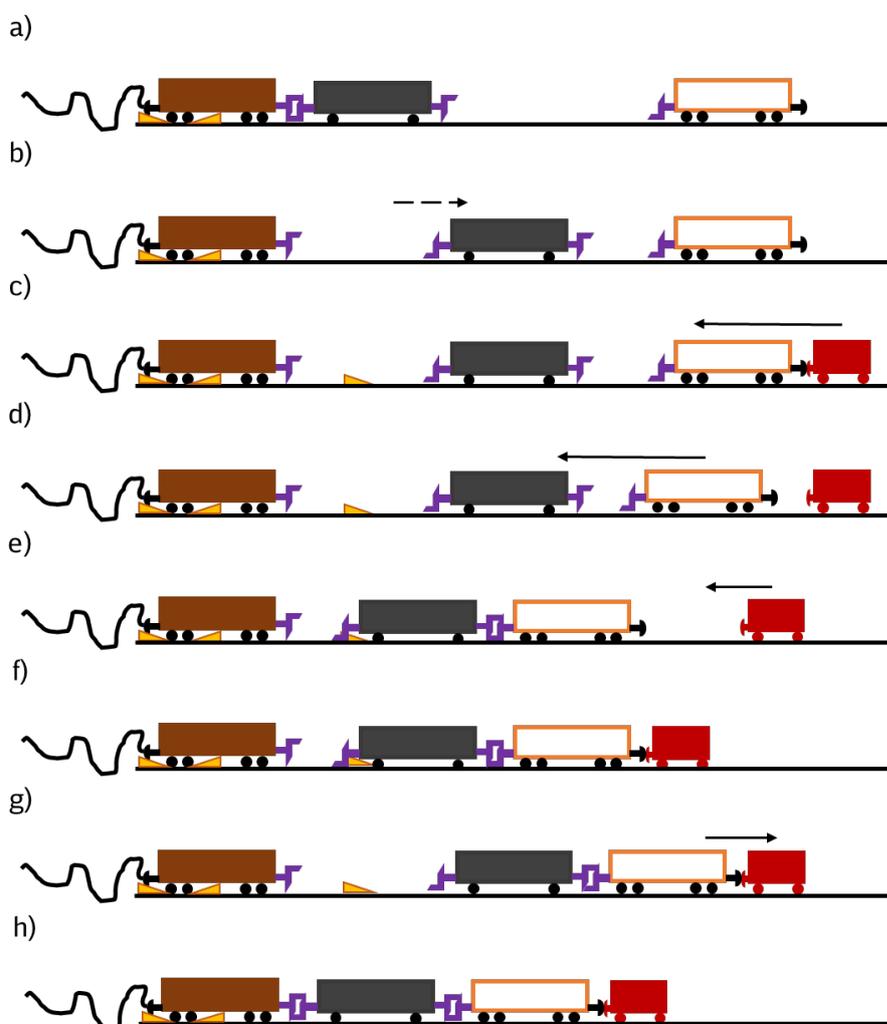


Abbildung 2: Schematischer Ablauf der Klimakammerversuche

Die folgenden klimatischen Bedingungen wurden untersucht:

- **+45° C**, trockene Luft
- **+45° C, 90 % Luftfeuchtigkeit**
- **-5° C ... 0° C**, feuchter Schnee
- **-10° C**, trockene Luft/kein Niederschlag
- **-10° C, 3 bis 5 mm Eis** auf DAKen
- **-25° C**, trockene Luft/kein Niederschlag
- **-25° C, 3 bis 5 mm Eis** auf DAKen

Zur Erzeugung der 3 bis 5 mm dicken Eisschichten auf den DAKen wurden diese in regelmäßigen Zeitabständen manuell mit Wasser besprüht. Abbildung 3 zeigt beispielhaft eine derart präparierte DAK.

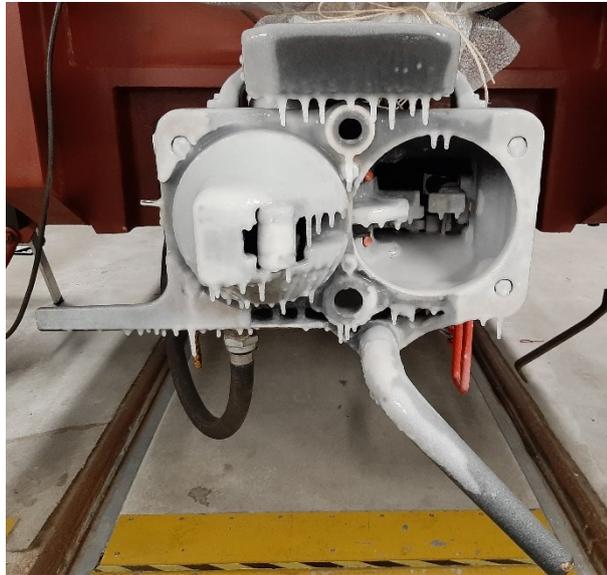


Abbildung 3: DAK mit 3 bis 5 mm dicker Eisschicht

Zur Erzeugung des feuchten Schnees wurde zunächst Kunstschnee erzeugt, ggf. nochmals angefeuchtet und anschließend manuell auf die DAKen aufgebracht. Abbildung 4 zeigt links die Erzeugung des Kunstschnees und rechts beispielhaft eine entsprechend präparierte DAK.



Abbildung 4: Erzeugung von Kunstschnee (links) und präparierte DAK

Die Erzeugung der 90-prozentigen Luftfeuchtigkeit bei einer Temperatur von 45° C geschah lediglich in unmittelbarer Umgebung der DAKen. Diese wurden dazu zusammen mit einem Befeuchter in Folie eingewickelt. Abbildung 5 zeigt einen solchen Aufbau.



Abbildung 5: Erzeugung von 90 % Luftfeuchtigkeit bei +45° C im Bereich der DAK

3 Auswertemethodik

Die Auswertung der Klimakammerversuche erfolgt in gleicher Weise teilautomatisiert wie auch die der Kuppelversuche. Die Vorgehensweise ist detailliert in Bericht 60226-03-DAK-Phase I - Kuppel- und Fahrversuche beschrieben.

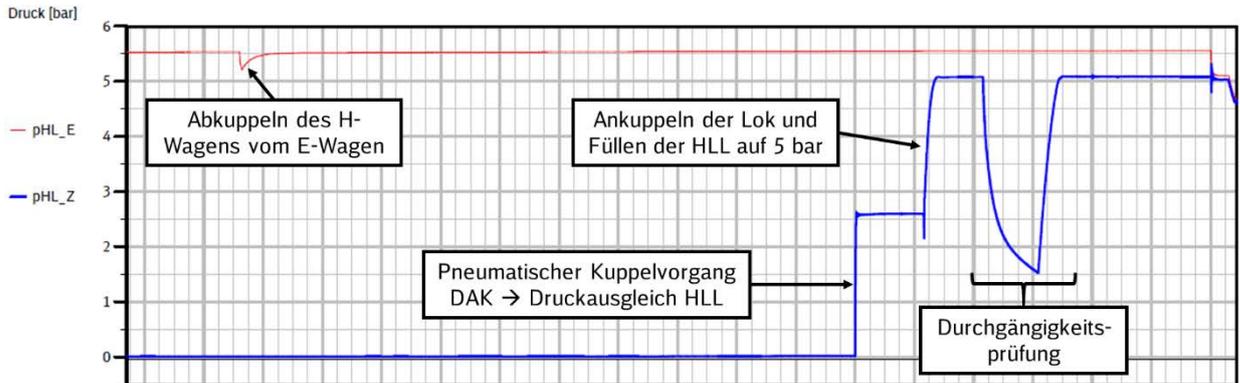


Abbildung 6: Exemplarischer Messchrieb der HLL-Druckverläufe während eines Klimakammerversuchs

Die Auswirkungen der gegenüber der Kuppelversuche in Görlitz leicht veränderten Prüfschritte der Klimakammerversuche auf die Messschriebe der HLL-Drücke sind in Abbildung 6 exemplarisch dargestellt. Es sind sowohl das initiale Abkuppeln des H-Wagens vom E-Wagen als auch der zusätzliche Prüfschritt der Durchgängigkeitsprüfung zu erkennen.

Die angewandten Kriterien der Bewertung des mechanischen, pneumatischen und elektrischen Kuppelvorgangs sind die gleichen wie bei den Kuppelversuchen in Görlitz. Tabelle 1 fasst diese nochmals zusammen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Bewertungskriterien für die teilautomatisierte Auswertung der Versuche

Kategorie	Bedingung für „erfolgreich gekuppelt“
	Klimakammerversuch
Mechanische Kupplung	▪ Zugkrafthub unmittelbar nach Druckkrafthub in Folge des Kuppelstoßes / Wagen lässt sich zurückziehen
Pneumatische Kupplung	▪ HLL-Druckaufbau im Z-Wagen unmittelbar nach Kuppelstoß
Elektrische Kupplung	▪ <u>Alle</u> Elektrokontakte im Zeitraum von 6 s bis 10 s nach Kuppelstoß geschlossen

Die Anlage 1 beinhaltet die Ergebnisse sämtlicher Klimakammerversuche. Analog zur Vorgehensweise bei den Kuppel- und Fahrversuchen wird aufgelistet, welche Versuchsnummern in der jeweiligen Konfiguration durchgeführt wurden und welcher Anteil der Versuche jeweils mechanisch, pneumatisch und elektrisch erfolgreich gekuppelt wurde. Für den Fall, dass es nicht erfolgreiche Kuppelvorgänge gab, sind die Versuchsnummern dieser Versuche ebenfalls angegeben. Abbildung 7 zeigt dies exemplarisch.

Ladezustand 1

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbins	Zags	-10°C (trocken)			
					Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer	6	83%	83%	17%
					1034-1035-1037-1038-1040-1042	1034	1034	1034-1035-1037-1038-1040

Abbildung 7: Ausschnitt aus der Auswertung der Klimakammerversuche in Anlage 1

4 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

4.1 Dellner-DAK

4.1.1 Kurzzusammenfassung

Die Auswertung der **Klimakammerversuche mit der Dellner-DAK** findet sich in **Anlage 1.1**. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend kurz zusammengefasst. Der zeitliche Ablauf der Versuche und etwaige Besonderheiten sind im folgenden Abschnitt dokumentiert. Eine Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten findet sich im übernächsten Abschnitt.

Die Dellner-DAK kuppelte in keinem der Fälle mechanisch, wenn die DAK mit Schnee oder Eis präpariert waren. In allen übrigen Fällen verlief der mechanische Kuppelvorgang erfolgreich.

Der pneumatische Kuppelvorgang verlief in allen Fällen mit erfolgreicher mechanischer Kupplung ebenfalls erfolgreich.

Der elektrische Kuppelvorgang war ähnlich wie der pneumatische Kuppelvorgang, mit dem Unterschied, dass es bei -25°C ohne Eis in allen Fällen zu Kontaktproblemen kam.

4.1.2 Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten

Tabelle 2: Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten Dellner-DAK

Datum	Versuche	Bemerkungen
16.02.2021	-5°C ... 0°C , feuchter Schnee	<ul style="list-style-type: none"> Kupplungen einseitig in gekuppeltem Zustand trotz nicht erfolgreicher mechanischer Kupplung → Kupplung muss zurückgestellt werden Anzeige Kuppelzustand teilweise undefiniert Wagen wird mitgezogen trotz nicht gekuppelter Kupplung laut Anzeige
17.02.2021	-10°C , trocken	<ul style="list-style-type: none"> Entkuppeln einmalig unvollständig → Luftventil bleibt offen
18.02.2021 19.02.2021	-10°C , 3 bis 5 mm Eis	<ul style="list-style-type: none"> kein mechanisches Kuppeln Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben Anzeige Kuppelzustand teilweise undefiniert Kupplungen beidseitig in gekuppeltem Zustand trotz nicht erfolgreicher mechanischer Kupplung → Kupplungen müssen zurückgestellt werden
22.02.2021	-25°C , trocken	<ul style="list-style-type: none"> Verschiedene E-Kontaktstörungen
23.02.2021	-25°C , 3 bis 5 mm Eis	<ul style="list-style-type: none"> kein mechanisches Kuppeln Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben Entkuppeln unvollständig → Luftventil bleibt offen
25.02.2021	$+45^{\circ}\text{C}$, trockene Luft	-
25.02.2021 26.02.2021	$+45^{\circ}\text{C}$, 90 % Luftfeuchtigkeit	-

4.1.3 Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten

Auf den folgenden Abbildungen sind einige der aufgetretenen Beschädigungen und/oder Besonderheiten exemplarisch dokumentiert. An dieser Stelle werden jedoch ausdrücklich nicht alle aufgetretenen Fälle bildlich dokumentiert.



Abbildung 8: Linke DAK ist trotz nicht erfolgreichem mechanischen Kuppelvorgang in gekuppelter Stellung (Aufnahme 16.02.2021)



Abbildung 9: Detailaufnahme einer DAK im gekuppelten Zustand nach nicht erfolgreichem mechanischen Kuppelvorgang. Auf der Stirnfläche befindet sich stark komprimierter Schnee (Aufnahme 16.02.2021)



Abbildung 10: Versuch des Kuppelns durch Beidrücken. DAKen kuppeln nicht (Anzeige). Deutlich ist eine Schneeschicht zwischen beiden Kupplungsköpfen zu erkennen (Aufnahme 16.02.2021)



Abbildung 11: Nach Entkuppeln offengebliebener Deckel der E-Kupplung (Aufnahme 18.02.2021)



Abbildung 12: Beide DAKen sind trotz nicht erfolgreichem mechanischen Kuppelvorgang in gekuppelter Stellung (Aufnahme 18.02.2021)

4.2 Voith-DAK

4.2.1 Kurzzusammenfassung

Die Auswertung der **Klimakammerversuche mit der Voith-DAK** findet sich in **Anlage 1.2**. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend kurz zusammengefasst. Der zeitliche Ablauf der Versuche und etwaige Besonderheiten sind im folgenden Abschnitt dokumentiert. Eine Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten findet sich im übernächsten Abschnitt.

Die Voith-DAK kuppelte mit Ausnahme eines Versuchs bei -25°C und 3 bis 5 mm Eis in allen übrigen Fällen erfolgreich mechanisch.

Die elektrischen Kuppelvorgänge schlugen beim Vorhandensein einer Eisschicht häufig fehl. In anderen klimatischen Bedingungen gab es teilweise einzelne nicht erfolgreiche elektrische Kuppelvorgänge.

Die pneumatische Kupplung zeigt ein sehr auffälliges Verhalten. Die Auswertung zeigt in vielen (aber nicht allen) Fällen fehlgeschlagene Kuppelvorgänge. Dies liegt daran, dass es nach dem mechanischen Kuppelvorgang nicht zum (nachhaltigen) Druckaufbau im Z-Wagen kam. Die Messschriebe zeigen lediglich eine kurzzeitige Druckspitze. Die zusätzlich durchgeführte Durchgangsprüfung der HLL am H-Wagen führte in allen Fällen zur Druckabsenkung in Z-Wagen und Lok. Der Durchgang der HLL war somit gegeben. Ursache für den fehlenden Druckanstieg waren daher vermutlich Undichtheiten. Solche sind während der Versuche oft akustisch im Bereich der Luftkupplung aufgefallen. Die genaue Position der Undichtheit war dabei nicht zu lokalisieren. Im Laufe der Versuche kam es zu zwei gebrochenen Luftventilgehäusen (siehe auch folgender Abschnitt). Zwar lagen hier möglicherweise auch Undichtheiten vor, bevor die Brüche erkannt wurden, es kam jedoch auch an der nicht betroffenen Kuppelstelle zwischen E- und H-Wagen bei -25°C zu deutlich hörbaren Luftverlusten.

4.2.2 Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten Voith-DAK

Datum	Versuche	Bemerkungen
12.01.2021	-10° C, trocken	<ul style="list-style-type: none"> • Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben (Gummidichtung hart geworden)
13.01.2021 14.01.2021 15.01.2021	-10° C, 3 bis 5 mm Eis	<ul style="list-style-type: none"> • Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben • Entkuppeln oft unvollständig → Luftventil bleibt offen • Verkeilte Deckel E-Kupplung beim Kuppeln • Luftventil Z-Wagen undicht
18.01.2021	-25° C, trocken	<ul style="list-style-type: none"> • deutliche Undichtheit zwischen E- und H-Wagen im gekuppelten Zustand • Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben • keine Verbindung E-Kontakte zwischen E- und H-Wagen
19.01.2021 20.01.2021 21.01.2021	-25° C, 3 bis 5 mm Eis	<ul style="list-style-type: none"> • deutliche Undichtheit zwischen E- und H-Wagen im gekuppelten Zustand • Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben • keine Verbindung E-Kontakte zwischen E- und H-Wagen • mechanisches Kuppeln einmalig fehlgeschlagen • Entkuppeln unvollständig → Luftventil bleibt offen
25.01.2021 26.01.2021	-5° C ... 0° C, feuchter Schnee	<ul style="list-style-type: none"> • Deckel E-Kupplung nach Entkuppeln offengeblieben • Verkeilte Deckel E-Kupplung beim Kuppeln • Erhöhter Kraftaufwand beim Entkuppeln
28.01.2021	+40° C, trockene Luft	<ul style="list-style-type: none"> • Luftventilgehäuse Z-Wagen gebrochen
03.02.2021	+45° C, trockene Luft	-
04.02.2021	+45° C, 90 % Luftfeuchtigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Entkuppeln unvollständig → Luftventil bleibt offen • Luftventilgehäuse H-Wagen (Z-Seite) gebrochen

4.2.3 Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten

Auf den folgenden Abbildungen sind einige der aufgetretenen Beschädigungen und/oder Besonderheiten exemplarisch dokumentiert. An dieser Stelle werden jedoch ausdrücklich nicht alle aufgetretenen Fälle bildlich dokumentiert.



Abbildung 13: Nach Entkuppeln offengebliebener Deckel der E-Kupplung (Aufnahme 12.01.2021)



Abbildung 14: Beim Kuppeln verkantete Deckel der E-Kupplung (Aufnahme 13.01.2021)



Abbildung 15: Gebrochenes Luftventilgehäuse (Aufnahme 28.01.2021)

4.3 Wabtec-DAK

4.3.1 Kurzzusammenfassung

Die Auswertung der **Klimakammerversuche mit der Wabtec-DAK** findet sich in **Anlage 1.3**. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend kurz zusammengefasst. Der zeitliche Ablauf der Versuche und etwaige Besonderheiten sind im folgenden Abschnitt dokumentiert. Eine Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten findet sich im übernächsten Abschnitt.

Zu Beginn der Versuche mit der Wabtec-DAK stellte sich heraus, dass sich die entkuppelten Kupplungen nur unter Wirkung einer größeren Zugkraft trennen lassen. Ein Abkuppeln und Verschieben der Wagen per Hand war daher nicht möglich. Stattdessen mussten die Kupplungen durch Ziehen mit einer Lok getrennt werden. Daher musste vom regulären Prüfverfahren abgewichen werden: Der H-Wagen war initial nicht an den E-Wagen gekuppelt, sondern stand bereits zu Beginn frei. Die externe Druckluftversorgung erfolgte an diesem Wagen. Nach dem Kuppelstoß mit dem Z-Wagen wurden beide Wagen mit dem E-Wagen gekuppelt. Nach dem Entkuppeln wurden die erforderlichen Zugkräfte zum Trennen der Wagen gemessen.

Die Wabtec-DAK kuppelte bei Vorhandensein einer Eisschicht nicht mechanisch. Weiterhin kuppelte sie in zwei Fällen nicht bei -25°C ohne Eis sowie in einem Fall nicht bei -10°C ohne. Auffällig dabei ist, dass es sich bei diesen Fällen um den ersten bzw. die ersten beiden Versuche nach vorherigen Versuchen mit Eisschicht handelte. Bei den Versuchen mit feuchtem Schnee verlief der mechanische Kuppelvorgang in allen Fällen erfolgreich.

Die pneumatische Kupplung verlief nur bei Versuchen mit $+45^{\circ}\text{C}$ (mit und ohne hohe Luftfeuchtigkeit) in allen Fällen erfolgreich. Bei -10°C war ein pneumatischer Kuppelvorgang nicht erfolgreich und bei den Versuchen mit feuchtem Schnee in vier von fünf Versuchen. Bei -25°C ohne Eis verlief das pneumatische Kuppeln auch in den Fällen nicht erfolgreich, in denen es zur mechanischen Kupplung kam.

Das Verhalten der elektrischen Kupplung ist ähnlich zu dem der pneumatischen Kupplung. Auch hier waren nur die Versuche mit $+45^{\circ}\text{C}$ (mit und ohne hohe Luftfeuchtigkeit) in allen Fällen erfolgreich. In den übrigen Fällen kam es zu nicht erfolgreichen elektrischen Kuppelvorgängen auch dann, wenn der mechanische Kuppelvorgang erfolgreich ablief. Hierbei ist zu beachten, dass die Elektrokupplung der Wabtec-DAK mit Luft aus der HLL bewegt wurde. Ohne ausreichenden Druck in der HLL war kein elektrisches Kuppeln möglich. Die zugrunde liegende Spezifikation erfordert allerdings, dass die elektrische Kupplung spätestens sechs Sekunden nach der mechanischen und pneumatischen Kupplung abgeschlossen ist. Dabei ist diese Anforderung losgelöst von dem Vorhandensein von Druckluft gültig.

4.3.2 Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten

Tabelle 4: Zeitlicher Ablauf und Besonderheiten Wabtec-DAK

Datum	Versuche	Bemerkungen
04.05.2021	allgemein	<ul style="list-style-type: none"> Wagen lassen sich trotz entkuppelter Kupplung nicht manuell trennen → nennenswerte Zugkraft durch Lok erforderlich normaler Versuchsablauf lässt sich daher nicht durchführen → H-Wagen wird mit Druckluft versorgt, kein initiales Entkuppeln zwischen E- und H-Wagen, Kuppeln mit E-Wagen nach Kuppelstoß zwischen Z- und H-Wagen Messung der erforderlichen Zugkräfte zum Trennen der Wagen nach Entkuppeln
05.05.2021	-5° C ... 0° C, feuchter Schnee	<ul style="list-style-type: none"> Kraft zum Trennen der Wagen: E-Seite 9 bis 10 kN, Z-Seite 15 bis 20 kN
06.05.2021 07.05.2021	-10° C, 3 bis 5 mm Eis	<ul style="list-style-type: none"> unvollständiges Kuppeln, Anzeige bleibt auf "3", dennoch Kraft zum Trennen der Wagen erforderlich
10.05.2021	-25° C, trocken	<ul style="list-style-type: none"> Probleme pneumatische Kupplung E- und H-Wagen Kraft zum Trennen der Wagen: E-Seite 6 bis 13 kN, Z-Seite 16 bis 25 kN
11.05.2021	-25° C, 3 bis 5 mm Eis	<ul style="list-style-type: none"> kein mechanisches Kuppeln
12.05.2021	-10° C, trocken	<ul style="list-style-type: none"> einmalig kein mechanisches Kuppeln, am H-Wagen Kuppelanzeige "3", am Z-Wagen "1" Probleme pneumatische Kupplung E- und H-Wagen Kraft zum Trennen der Wagen: E-Seite 10 bis 19 kN, Z-Seite 14 bis 20 kN
17.05.2021	+45° C, trockene Luft	<ul style="list-style-type: none"> Kraft zum Trennen der Wagen: E-Seite 2 bis 11 kN, Z-Seite 5 bis 14 kN
18.05.2021	+45° C, 90 % Luftfeuchtigkeit	<ul style="list-style-type: none"> Kraft zum Trennen der Wagen: E-Seite 5 bis 9 kN, Z-Seite 8 bis 13 kN

4.3.3 Fotodokumentation von Beschädigungen und/oder Besonderheiten

Auf den folgenden Abbildungen sind einige der aufgetretenen Beschädigungen und/oder Besonderheiten exemplarisch dokumentiert. An dieser Stelle werden jedoch ausdrücklich nicht alle aufgetretenen Fälle bildlich dokumentiert.



Abbildung 16: Komprimierte Eisschicht auf dem Kupplungskopf nach fehlgeschlagenem mechanischen Kuppelvorgang (Aufnahme 06.05.2021)



Abbildung 17: Unvollständiges Kuppeln, linker Kupplungskopf zeigt in Kuppelanzeige "3", rechter Kupplungskopf "1" (auf Bild nicht sichtbar, Aufnahme 10.05.2021)

5 Zusammenfassung

In der Klimakammer „MEiE“ der DB Systemtechnik GmbH in Minden wurden Kuppelversuche mit den DAKen der Hersteller Dellner, Voith und Wabtec unter verschiedenen klimatischen Bedingungen durchgeführt.

Die Versuchsergebnisse unterscheiden sich stark zwischen den verschiedenen DAK-Typen. Die Voith-DAK ist die einzige Kupplung, die mit Ausnahme eines Versuchs auch bei Anwesenheit von Eis und Schnee erfolgreich mechanisch kuppelte. Bei den beiden anderen DAKen kam es zu fehlgeschlagenen mechanischen Kuppelvorgängen bei vereister Kupplung, bei der Dellner-DAK ebenfalls bei feuchtem Schnee und bei der Wabtec-DAK ebenfalls bei tiefen Temperaturen.

Alle drei untersuchten DAKen zeigten Probleme bei der elektrischen Kupplung. Bei den DAKen der Hersteller Voith und Wabtec gab es zusätzlich Probleme bei der pneumatischen Kupplung. Bei der Wabtec-DAK gibt es dabei einen Zusammenhang zwischen pneumatischer und elektrischer Kupplung (siehe Abschnitt 4.3.1)

6 Unterschriften

freigegeben:

Reiner Lehfeldt
TT.TVE 31(2)

erstellt:

Dr. Daniel Jobstfinke
TT.TVP 21



Auswertung Klimakammerversuche Dellner DAK

Anlage 1.1
Seite 1 von 1

Ladezustand 1

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:05

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

-10°C (trocken)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	100%	100%
1010-1012-1013-1014-1015			

-10°C (3-5mm Eis)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	0%	0%	0%
1017-1018-1019-1020-1021			

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:06

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

-25°C (trocken)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	100%	0%
1022-1023-1024-1025-1026			

-25°C (3-5mm Eis)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	0%	0%	0%
1027-1028-1029-1030-1031			

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:06

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

+45°C (trocken)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	100%	100%
1032-1033-1034-1035-1036			

+45°C (90% Luftfeuchtigkeit)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	100%	100%
1037-1038-1039-1040-1041			

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:06

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

0°C / -5°C (feucht / Schneematsch)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	0%	0%	0%
1001-1003-1007-1008-1009			

Erläuterungen:

Die auszuwertende Kuppelstelle bei **Kuppelversuchen** liegt zwischen den blau markierten Wagen

Aufschlüsselung Test-Nr.:

w.x.y.z

w: **Beladungszustand Hbbins** (1=leer, 2=teilbeladen, 3=vollbeladen)

x: **Infrastrukturtyp** (6=Klimakammer)

y: **Versuchsart** (K=Kupplungsversuch)

z: **Wagenkombination** (ZH= Zags/Hbbins, EH= Eanoas/Hbbins)



Auswertung Klimakammerversuche Voith DAK

Anlage 1.2
Seite 1 von 1

Ladezustand 1

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 07:58

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags	-10°C (trocken)				-10°C (3-5mm Eis)			
					Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt	Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer	5	100%	20%	100%	5	100%	20%	40%
					1005-1009-1010-1011-1012		1009-1010-1011-1012		1013-1014-1015-1016-1017		1014-1015-1016-1017	1013-1014-1016

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:01

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags	-25°C (trocken)				-25°C (3-5mm Eis)			
					Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt	Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer	5	100%	0%	80%	5	80%	0%	0%
					1018-1019-1022-1023-1024		1018-1019-1022-1023-1024	1019	1025-1026-1027-1028-1029	1025	1025-1026-1027-1028-1029	1025-1026-1027-1028-1029

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:02

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags	+45°C (trocken)				+45°C (90% Luftfeuchtigkeit)			
					Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt	Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer	5	100%	0%	80%	5	100%	0%	100%
					1040-1041-1042-1044-1046		1040-1041-1042-1044-1046	1040	1047-1048-1049-1051-1052		1047-1048-1049-1051-1052	

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:02

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags	0°C / -5°C (feucht/ Schneematsch))				+40°C (trocken)			
					Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt	Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer	6	100%	100%	83%	4	100%	0%	100%
					1030-1031-1032-1033-1034-1035			1030	1036-1037-1038-1039		1036-1037-1038-1039	

Erläuterungen:

Die auszuwertende Kuppelstelle bei **Kuppelversuchen** liegt zwischen den blau markierten Wagen

Aufschlüsselung Test-Nr.:

w.x.y.z

w: **Beladungszustand Hbbins** (1=leer, 2=teilbeladen, 3=vollbeladen)

x: **Infrastrukturtyp** (6=Klimakammer)

y: **Versuchsart** (K=Kupplungsversuch)

z: **Wagenkombination** (ZH= Zags/Hbbins, EH= Eanoas/Hbbins)



Auswertung Klimakammerversuche Wabtec DAK

Anlage 1.3
Seite 1 von 1

Ladezustand 1

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:10

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

-10°C (trocken)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
6	83%	83%	17%
1034-1035-1037-1038-1040-1042	1034	1034	1034-1035-1037-1038-1040

-10°C (3-5mm Eis)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	0%	0%	0%
1013-1015-1016-1017-1018	1013-1015-1016-1017-1018	1013-1015-1016-1017-1018	1013-1015-1016-1017-1018

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:10

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

-25°C (trocken)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
6	67%	0%	0%
1019-1020-1021-1022-1024-1026	1019-1020	1019-1020-1021-1022-1024-1026	1019-1020-1021-1022-1024-1026

-25°C (3-5mm Eis)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	0%	0%	0%
1028-1029-1031-1032-1033	1028-1029-1031-1032-1033	1028-1029-1031-1032-1033	1028-1029-1031-1032-1033

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:11

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

+45°C (trocken)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	100%	100%
1044-1046-1048-1050-1052			

+45°C (90% Luftfeuchtigkeit)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	100%	100%
1054-1056-1058-1060-1061			

Auswertung Datum: 29.09.21, Zeit: 08:11

Test-Nr.	Infrastruktur	Eanos	Hbbins	Zags
1.6.K.ZH	Klimakammer "Meike" Minden	vollbeladen	leer	leer

0°C / -5°C (feucht / Schneematsch)			
Anzahl gültiger Versuche	Anteil mechanisch gekuppelt	Anteil pneumatisch gekuppelt	Anteil elektrisch gekuppelt
5	100%	20%	20%
1003-1004-1006-1009-1011		1003-1004-1006-1009	1003-1004-1006-1009

Erläuterungen:

Die auszuwertende Kuppelstelle bei **Kuppelversuchen** liegt zwischen den blau markierten Wagen

Aufschlüsselung Test-Nr.:

w.x.y.z

w: **Beladungszustand Hbbins** (1=leer, 2=teilbeladen, 3=vollbeladen)

x: **Infrastrukturtyp** (6=Klimakammer)

y: **Versuchsart** (K=Kupplungsversuch)

z: **Wagenkombination** (ZH= Zags/Hbbins, EH= Eanoas/Hbbins)