



DB Systemtechnik

Bericht

Erprobung: Digitale automatische Kupplung

Phase II Messtechnik Abschlussbericht

DAK-Dokument: 60226-02-DAK-Phase II - Messtechnik
DBST-Dokument: 22-60226-TT.TVP232-PR-V1-0252
Datum: 22.03.2023

Fachabteilung: TT.TVP 232



Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht beschriebenen Prüfobjekte. Dieser Prüfbericht darf nicht ohne schriftliche Genehmigung des Auftraggebers veröffentlicht werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf zusätzlich der Zustimmung der DB Systemtechnik GmbH.

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Änderungsinhalte	Bearbeiter
1	22.05.2023	Erstausgabe	Tilo Kruse

Inhaltsverzeichnis

1	Angaben zum Auftrag	6
2	Beschreibung des Prüfobjektes	6
3	Messtechnik	11
3.1	Aufbau Messtechnik	12
3.1.1	Kategorie A: Autark messfähiger Wagen - Ausstattung L	13
3.1.2	Kategorie B: Autark messfähiger Wagen - Ausstattung S	14
3.1.3	Kategorie C: Nicht autark messfähiger Wagen - Ausstattung Endwagen	15
3.1.4	Kategorie D: Nicht autark messfähiger Wagen - Ausstattung „Mittelwagen“ mit Sensoren	16
3.1.5	Kategorie E: Nicht autark messfähiger Wagen - Ausstattung „Mittelwagen“ ohne Sensoren mit Switch	17
3.2	Messketten-Blockschaltbild	17
	18	
3.3	Messsensoren	19
3.3.1	Kraftmessungen und Kalibrierung	19
3.3.2	Beschleunigungsaufnehmer	19
3.3.3	Wegaufnehmer	20
3.3.4	Druckaufnehmer	21
3.3.5	Geschwindigkeitsaufnehmer	22
3.4	Elektrischer Teil	23
3.4.1	E11: Messung der Übergangswiderstände	23
3.4.2	E12: Isolationsmessungen	24
3.4.3	Überwachung der Kupplungskontakte während der Messfahrten auf dem Streckennetz	25
4	Unterschriften	27
5	Anlagen	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hersteller der digitalen automatischen Kupplung.....	6
Abbildung 2: Anordnung der Wagen mit interner Bezeichnung. Die Interne Bezeichnung (bspw V45_S) wird im Folgenden bei der Bezeichnung der Messstellen wiederkehren.....	7
Abbildung 3: Aufschlüsselung der Wagen- und Sensorbezeichnung.....	8
Abbildung 4: DAK Voith Typ 2.....	9
Abbildung 5: DAK Voith Typ 4.....	9
Abbildung 6: DAK Voith Typ 4.5.....	10
Abbildung 7: DAK Dellner	10
Abbildung 8: Wagenkastenkoordinatensystem [3].....	11
Abbildung 9: Kupplungs-Koordinatensystem - Unabhängig von Bewegungsrichtung.....	11
Abbildung 10: Kategorisierung der messtechnischen Ausrüstungen der DAK-Wagen	13
Abbildung 11: Aufbau der verwendeten Messgeräte - Ausrüstungskategorie A	14
Abbildung 12: Blockschaltbild von verwendeter Messgeräte - Wagen Kategorie A	14
Abbildung 13: Aufbau der verwendeten Messgeräte - Ausrüstungskategorie B	15
Abbildung 14: Blockschaltbild von verwendeter Messgeräte - Wagen Kategorie B	15
Abbildung 15: Blockschaltbild von verwendeter Messgeräte - Wagen Kategorie C	15
Abbildung 16: Beschreibung des Schaltkastens - Ausstattungskategorie C	16
Abbildung 17: Beschreibung des Schaltkastens - Ausstattungskategorie D	16
Abbildung 18: Blockschaltbild der verwendeten Messtechnik.....	18
Abbildung 19: schematische Positionsdarstellung der DMS-Messstellen an der DAK.....	19
Abbildung 20: Position Beschleunigungsaufnehmer schematische Darstellung	20
Abbildung 21: Schematischer Aufbau eines Seilzugaufnehmers zur Aufnahme der Längsbewegungen der DAK	20
Abbildung 22: Vereinfachtes Schema zur Montageposition der Druckaufnehmer	21
Abbildung 23: schematische Draufsicht auf Radsatz und Achshalter - Befestigungsposition der Inkrementalgeber.....	22
Abbildung 24: Schematische Darstellung - Montageposition der GPS-Maus.....	23
Abbildung 25: Messkonfiguration E11 in Phase II	24
Abbildung 26: Sensorik und Abgriffe im Schaltschrank eines Zags-Wagens.....	26

Verzeichnis der Anlagen

A1	Messverstärker
A2	Recorder
A3	Switch
A4	Kraftmessstellen
A5	Beschleunigungsaufnehmer
A6	Wegaufnehmer
A7	Druckaufnehmer
A8	Geschwindigkeitsaufnehmer

Alle Fotos in den Anlagen: © DB Systemtechnik

Verzeichnis der Zuständigkeitsbereiche

Messung	Kapitel	Abteilung
Kraftmessung	3.3.1	TT.TVP 232
Kraftmesssensoren Kalibrierung	3.3.1	TT.TVP 232
Beschleunigungsmessung	3.3.2	TT.TVP 232
Wegmessung	3.3.3	TT.TVP 221
Druckmessung	3.3.4	TT.TVP 221
Geschwindigkeitsmessung	3.3.5	TT.TVP 221
Messung der Übergangswiderstände	3.4.1	TT.TVP 322
Isolationsmessung	3.4.2	TT.TVP 322
Prüfung der Stromfähigkeit	3.4.4	TT.TVP 322
Leistungsübertragung über den Gesamtzug sowie Lade- und Entladeverhalten der Pufferbatterien	3.4.5	TT.TVP 322

Verzeichnis der Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
PA	Prüfanweisung
DAK	Digitale automatische Kupplung
SK	Schraubenkupplung
DMS	Dehnungsmessstreifen
DC	Gleichstrom
Uas	Drehgestell-Flachwagen (m ² -Wagen)
Zags	Kesselwagen
Sgmmns	Drehgestell-Containerwagen
Hbbins	Schiebewandwagen
Eanos	Offener Drehgestell-Wagen
Fanps	Schüttgutwagen
USV	Pufferbatterie
E-Kupplung	Transfoshunt
TFS	Elektrokontaktkupplung, dient zur Übertragung von Spannungen, Informationen und Signalen

Verzeichnis der Formelzeichen

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
U	V	Spannung
I	A	Strom
R	Ω	Elektrischer Widerstand
v	km/h	Geschwindigkeit
F	kN	Kraft
s	mm	Weg
pHL	bar	Druck-Hauptluftleitung
pC	bar	Druck-Bremszylinder

Quellenverzeichnis

- [1] DB Systemtechnik GmbH, „PA-2200 Prüfanweisung für Auflaufstöße in dem Fachgebiet Prüfungen Festigkeit,“ 2021.
- [2] DB AG, „E12 5185.4-9_DAK Demonstrator_Zwischenbericht Abschluss Phase II,“ 60326 Frankfurt am Main, 2023.
- [3] hwh Gesellschaft für Transport und Unternehmensberatung mbH, „Erstellung eines Konzeptes für die EUweite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems,“ Karlsruhe, 2020.
- [4] „DIN EN 12663-2:2010-07, Bahnanwendungen - Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen - Teil 2: Güterwagen“.
- [5] M. Bechert, „60226-06-DAK-Elektrischer-Teil_Abschlussbericht_Phase_I_Messtechnik.docx,“ 2021.

1 Angaben zum Auftrag

Allgemeines:

Die Phase II des Projektes DAK ist die Fortsetzung der Phase I des DAK-Projektes. Zum Abschluss der Phase I wurde sich auf das Scharfenberg Design der digitalen automatischen Kupplung geeinigt. Diese Kupplungen der Hersteller Voith und Dellner wurden umfangreichen Praxistest unterzogen. Aufgeführt sind diese in dem Schaubild der Abbildung 1. Bei den Tests wurden Kuppel-, Fahr- sowie Standversuche durchgeführt, bei denen das Verhalten der Kupplung mithilfe von Messsensoren aufgezeichnet wurde. Zudem wurden durch Sichtprüfung während der Versuche die Bedienungen sowie Auffälligkeiten beobachtet und protokolliert. Die Prüfungen der Kupplungen wurden in Anlehnung an die PA2200 durchgeführt [1].

Weitere Angaben zum Auftrag sind im Manteldokument [2] der Berichte zu finden.

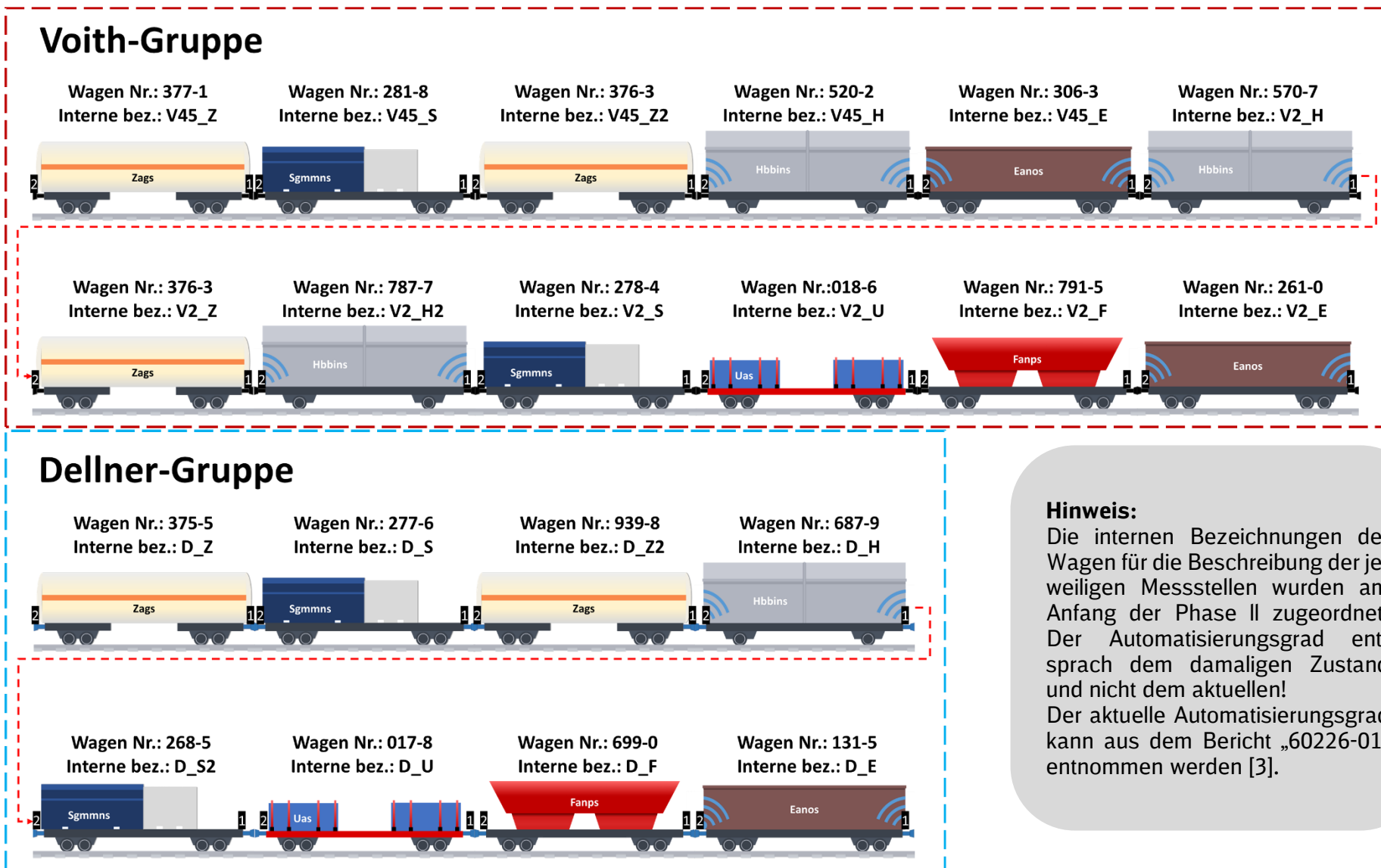


Abbildung 1: Hersteller der digitalen automatischen Kupplung

Dieser Abschlussbericht beschreibt die eingesetzte Messtechnik bei der Erprobung der zwei digitalen automatischen Kupplungen in der Phase II. Die eingesetzte Messtechnik bei den zwei Kupplungstypen ist identisch aufgebaut.

2 Beschreibung des Prüfobjektes

Als Prüfobjekte dienten Kupplungstypen zwei verschiedener Hersteller: zwei Wagengruppen die unterteilt sind in „Voith-Gruppe“ und „Dellner-Gruppe“. Die „Voith-Gruppe“ besteht aus zwölf Wagen und die „Dellner-Gruppe“ aus acht Wagen unterschiedlicher Bauart. Folgende Wagen-Bauarten wurden verwendet: Offener Drehgestell-Wagen (Eanos), Schiebewandwagen (Hbbins), Kesselwagen (Zags), Drehgestell-Flachwagen (Uas), Drehgestell-Containerwagen (Sgmmns) und Schüttgutwagen (Fanps). In Abbildung 2 sind diese Wagengruppen dargestellt. Zudem wird dort jedem Wagen eine interne Bezeichnung zugeschrieben. Diese interne Bezeichnung dient dazu, innerhalb der messtechnischen Auswertung Zuordnungen treffen zu können. Detaillierte Informationen über die Wagen und der an denen Wagen montierten DAK-Typen sind dem Manteldokument 60226-001 zu entnehmen [3].



Hinweis:
Die internen Bezeichnungen der Wagen für die Beschreibung der jeweiligen Messstellen wurden am Anfang der Phase II zugeordnet. Der Automatisierungsgrad entsprach dem damaligen Zustand und nicht dem aktuellen! Der aktuelle Automatisierungsgrad kann aus dem Bericht „60226-01“ entnommen werden [3].

Abbildung 2: Anordnung der Wagen mit interner Bezeichnung. Die interne Bezeichnung (bspw V45_S) wird im Folgenden bei der Bezeichnung der Messstellen wiederkehren

Diese internen Bezeichnungen der Wagen tauchen in der internen Bezeichnung der einzelnen Messtellen wieder auf. In Abbildung 3 wird die Bedeutung der Bezeichnung dargestellt.

Aufschlüsselung der Sensorbezeichnung anhand eines Beispiels

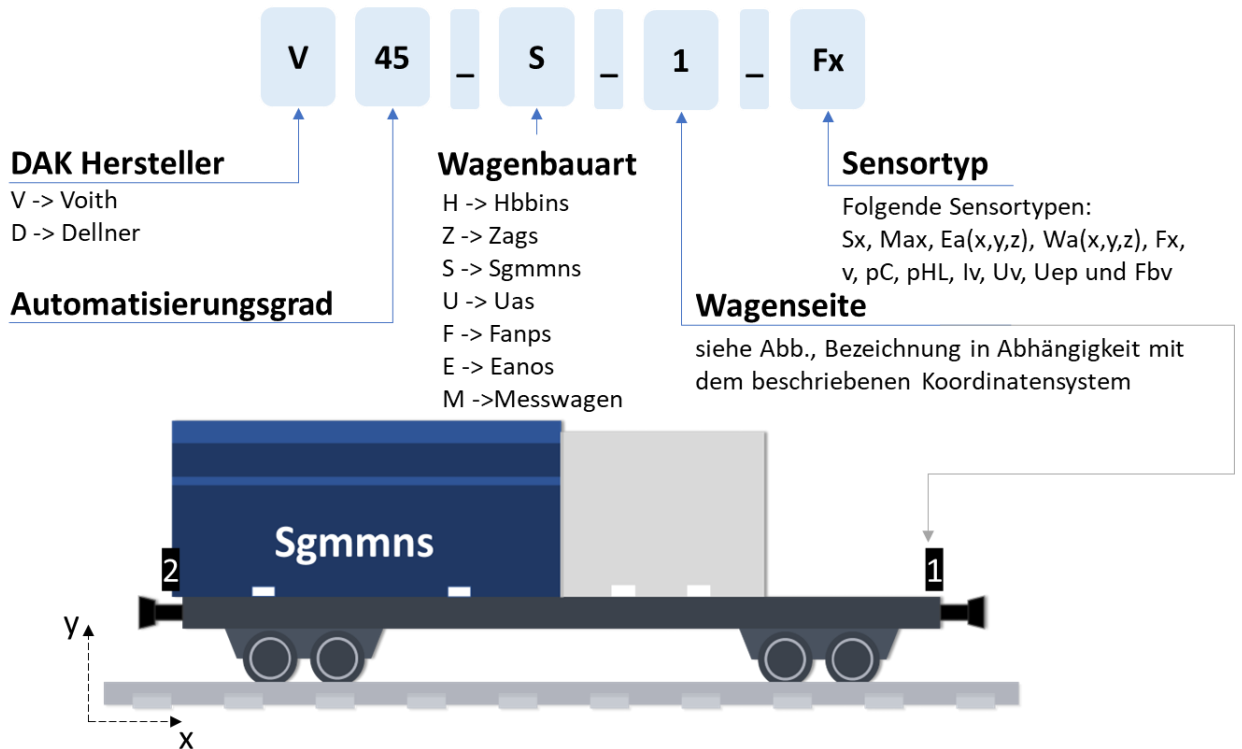


Abbildung 3: Aufschlüsselung der Wagen- und Sensorbezeichnung

Die zu prüfenden digitalen automatischen Kupplungen lassen sich in 4 Typen kategorisieren. Dargestellt sind diese in Abbildung 4 (Voith Typ 2), Abbildung 5 (Voith Typ 4), Abbildung 6 (Voith Typ 4.5) und Abbildung 7 (Dellner). Aufgrund der Tatsache, dass die Bezeichnungen Anfang der Phase II in festgelegt wurden, entspricht der in der Bezeichnung der Wagen angegebene Automatisierungsgrad nicht dem aktuellen Stand. In dem Dokument „60226-001“ ist der aktuell Automatisierungsgrad der jeweiligen DAKen angegeben [3].

Die folgenden Bilder dienen nur dazu, nachzuvollziehen wie die einzelnen Automatisierungsgrade der DAK aussehen. Eine genaue Beschreibung der Automatisierungsgrade der DAKen ist der Studie „Erstellung eines Konzeptes für die EU weite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr“ zu entnehmen [3].



Abbildung 4: DAK Voith Typ 2



Abbildung 5: DAK Voith Typ 4

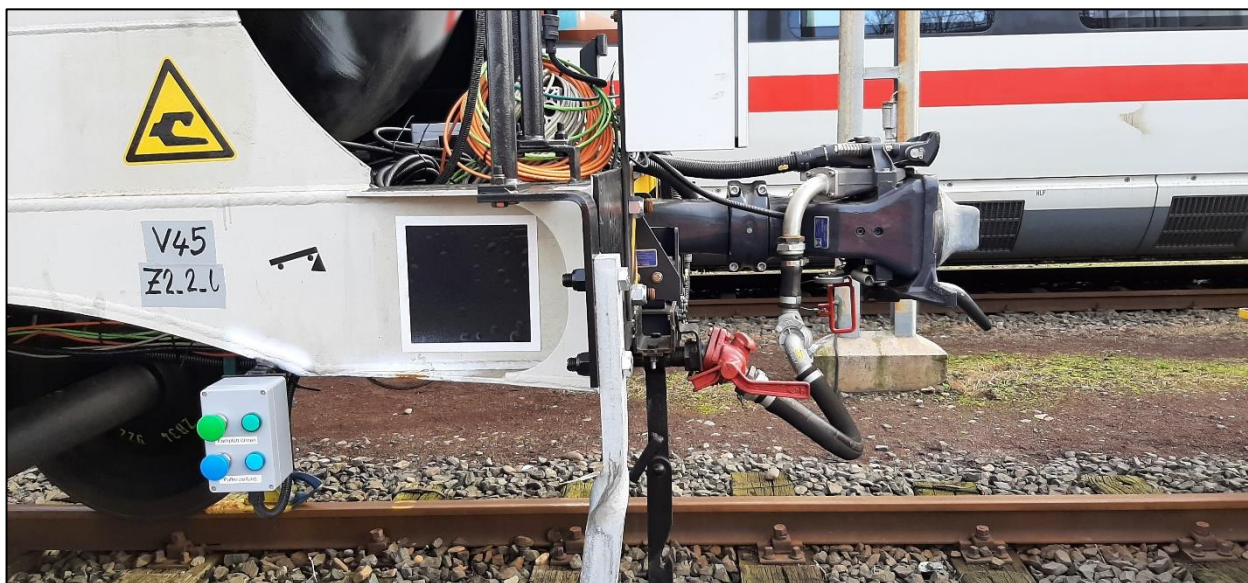


Abbildung 6: DAK Voith Typ 4.5

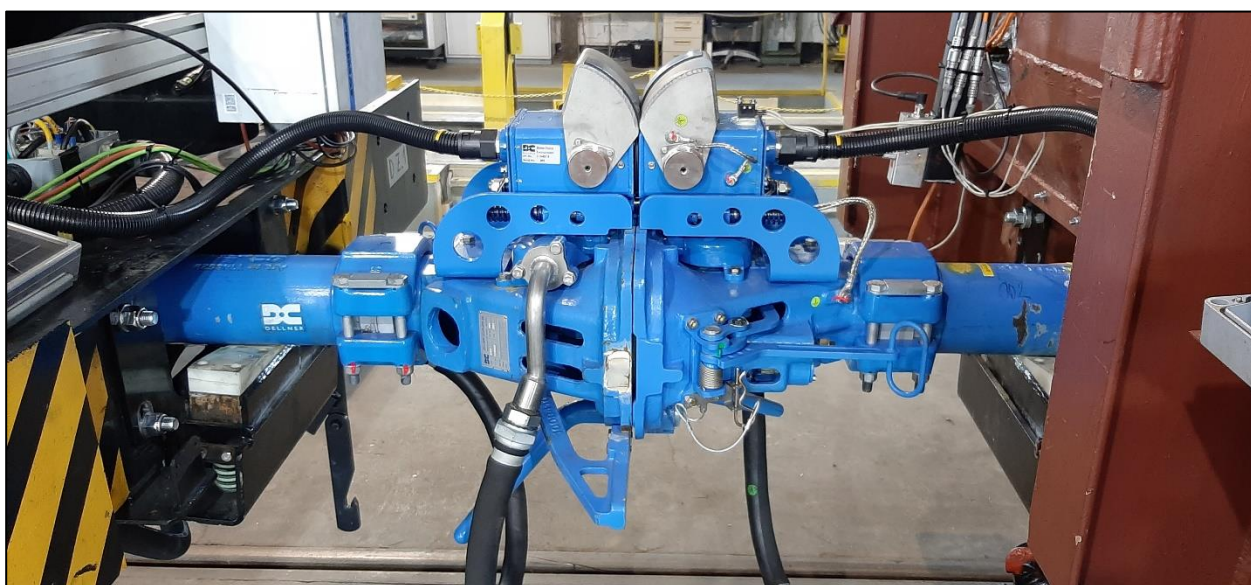


Abbildung 7: DAK Dellner

3 Messtechnik

Im Folgenden wird die eingesetzte Messtechnik beschrieben. Eingegangen wird auf den Aufbau, die Messgrößen, eingesetzte Messsensoren sowie die Position dieser. Zunächst wird kategorisiert und beschrieben, welche messtechnische Ausrüstung verbaut wurde. Danach wird im Detail die Verwendung und die Funktionsweise der einzelnen Messsensortypen erörtert. Die Beschreibung der Messtechnik bezieht sich auf das Wagenkastenkoordinatensystem gemäß EN 12663-2. Zu erkennen ist dieses in der Abbildung 8.

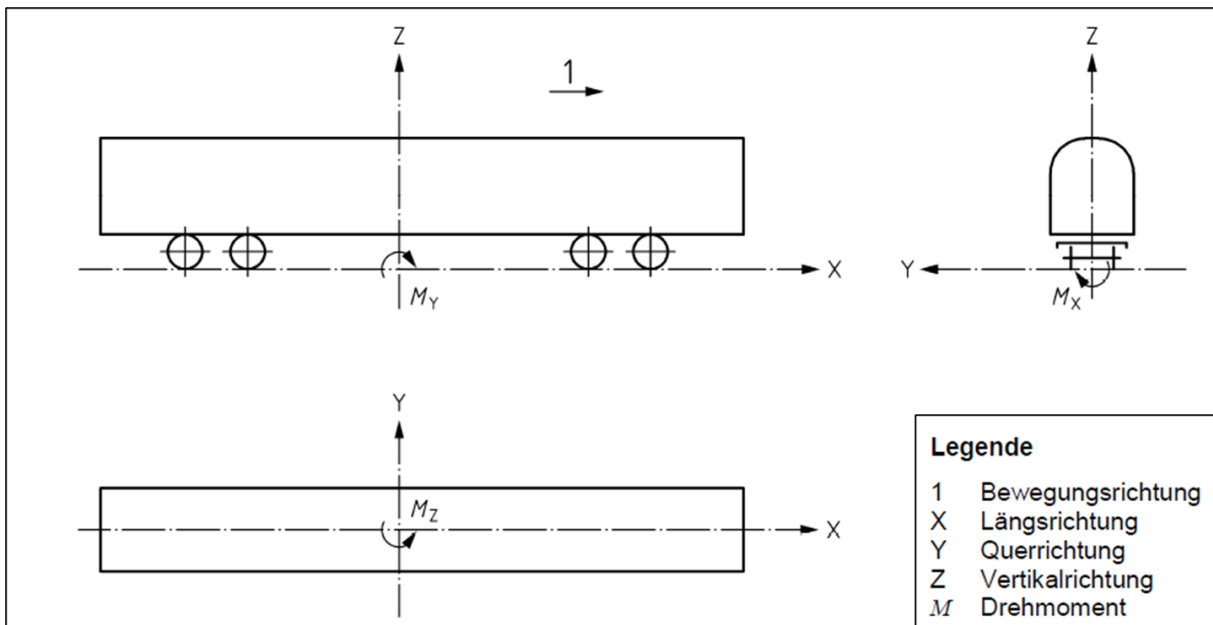


Abbildung 8: Wagenkastenkoordinatensystem [3]

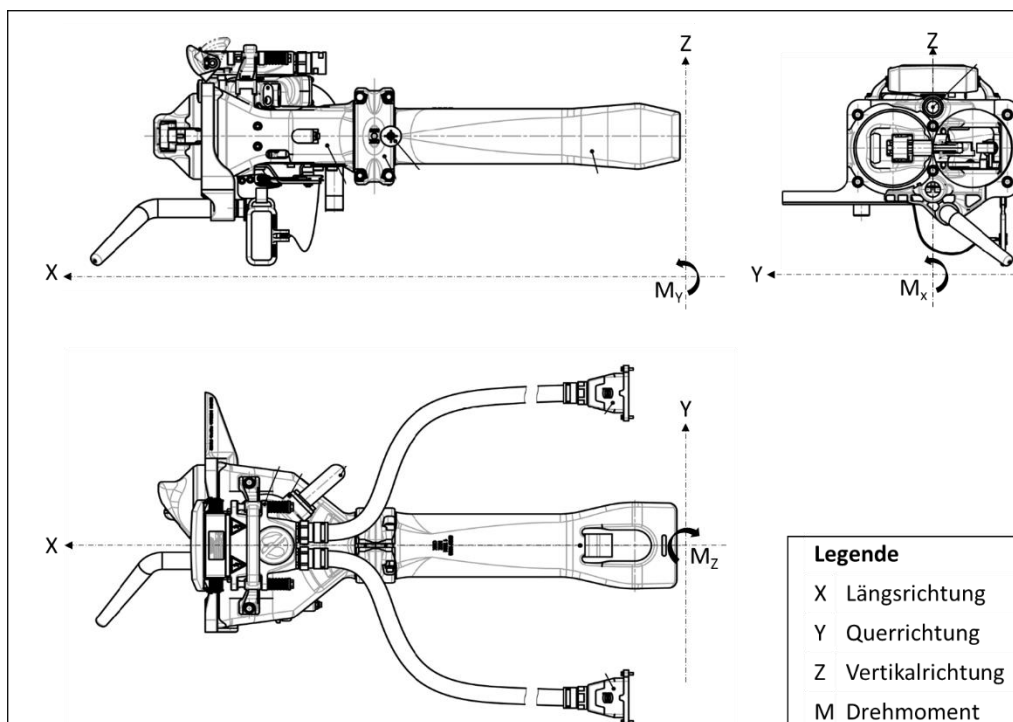


Abbildung 9: Kupplungs-Koordinatensystem - Unabhängig von Bewegungsrichtung

Die im fortlaufenden Kapitel beschriebenen Kupplungs- und Wagenkastenbeschleunigungen beziehen sich auf ein lokales Koordinatensystem (siehe. Abb. 9). Dies hat zur Folge, dass die Richtung der aufgenommenen Beschleunigung abhängig davon ist, auf welcher Seite die DAK montiert ist (Seite 1 oder 2).

3.1 Aufbau Messtechnik

Die messtechnische Ausrüstung der insgesamt 20 Wagen, die in Phase II verwendet wurde, wird in sechs verschiedene Ausrüstungskategorien unterteilt. Diese unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit autark messen zu können und der Sensorik an den DAKen. Eine Zusammenfassung dieser Kategorien lässt sich aus Abbildung 10 entnehmen. Die Zuordnung der Kategorien zu den jeweiligen Wagen sollte jedoch nicht statisch betrachtet werden. Im Laufe der Phase II des Projektes gab es einen Wechsel der messtechnischen Ausrüstung der jeweiligen Wagen aufgrund verschiedener Anforderungen bei den jeweiligen Versuchen/Messfahrten. In Abb. 10 wird aufgelistet, welcher Wagen zum Abschluss der Phase II zu welcher messtechnischen Ausrüstungskategorie zugeordnet werden kann.

Sämtliche Messgrößen sowie die verwendeten Messgeräte, die in den Wagen verwendet wurden, werden im Folgenden gelistet:

- Messgrößen:
 - Kräfte
 - Beschleunigungen
 - Drücke
 - Wege
 - Geschwindigkeiten
 - Übergangs- und Isolationswiderstände
- Messtechnik:
 - Messverstärker
 - Switch
 - Recorder
 - Spannungsversorgung
 - Messsensoren
 - USV

Die Kommunikation der Geräte und Sensoren auf den Wagen erfolgte kabelgebunden. Im Messfahrtbetrieb erfolgte die Kommunikation ebenfalls kabelgebunden. In dem Fall erfolgt die Stromversorgung durch den Boardstrom der Lok, der via Elektrokupplungen der DAK übertragen wird. Dieser Strom wird von einem Wechselrichter abgegriffen und in die USV der Messtechnik eingespeist. Die Aufnahme der Messdaten erfolgt von einem Messrecorder auf dem Messwagen.

Im Falle von Kupplungsversuchen etc. werden die einzelnen Wagen autark behandelt. Die Stromversorgung und die Aufnahme der Messdaten werden durch separate Pufferbatterien und separate Recorder ermöglicht. In Abbildung 10 ist ersichtlich, welche Wagen über die messtechnischen Einrichtungen verfügen und somit für Kupplungsversuche/Auflaufversuche benutzt werden konnten.

Kategorie	Ausstattungsvariante	Autark messfähig?		Sensoren	Wagen mit dieser Var.
A	L	✓	2x 8-Kanal Messverstärker 1x Recorder 1x HBM-Switch 1x USV 2x Batterien 1x Gitterbox 1x Ladegeräte Batterien 1x Verteiler Spannungsversorgung	2x Druckaufnehmer (pC/pHL) 2x Seilzugaufnehmer 1x B-Aufnehmer 1ax mech. Kupplung 1x B-Aufnehmer 3ax el. Kupplung 2x DMS Kupplungskräfte 1x Inkrementalgeber 1x Wagenkastenbeschleunigung 3ax 1x GPS	37 80 4505 281-8 (Sgmmns) 21 80 2470 520-2 (Hbbins) 37 80 4505 277-6 (Sgmmns) 21 80 2470 687-9 (Hbbins)
B	S	✓	1-2 x 8-Kanal Messverstärker 1x Recorder 1x HBM-Switch 1x USV 2x Batterien 1x Gitterbox 1x Ladegeräte Batterien 1x Verteiler Spannungsversorgung	2x Druckaufnehmer (pC/pHL) 2x Seilzugaufnehmer 1x Inkrementalgeber 1x Wagenkastenbeschleunigung 3ax 1x GPS	31 80 2470 570-7 (Hbbins) 31 80 2470 787-7 (Hbbins)
C	/	✗	1 x 8-Kanal Messverstärker 1x Kleine Rittalbox	2x Druckaufnehmer (pC/pHL) 3x el. Messstellen	37 80 7824 377-1 (Zags) 31 80 5375 306-3 (Eanos) 31 80 5375 261-0 (Eanos) 31 80 5375 131-5 (Zags) 37 80 7824 375-5 (Eanos)
D	/	✗	1x 8-Kanal Messverstärker 1x Kleine Rittalbox	2x Seilzugaufnehmer 1x Wagenkastenbeschleunigung 3ax	37 80 7824 940-6 (Zags) 37 80 7824 376-3 (Zags)
E	/	✗	1x Switch 1x Kleine Rittalbox	/	37 80 4505 278-4 (Sgmmns) 37 80 4505 268-5 (Sgmmns)
F	/	✗	Netzwerkabel für Datenübertragung	/	31 80 9300 018-6 (Uas) 33 87 6771 791-5 (Fanps) 37 80 7824 939-8 (Zags) 33 87 6771 699-0 (Fanps) 31 80 9300 017-8 (Aus)

Abbildung 10: Kategorisierung der messtechnischen Ausrüstungen der DAK-Wagen

3.1.1 Kategorie A: Autark messfähiger Wagen - Ausstattung L

Wagen mit der messtechnischen Ausrüstungskategorie A sind fähig, autark zu messen. Aufgrund des zur Verfügung stehenden Einbauraums wurden ausschließlich Wagen des Typs „Hbbins“ und „Sgmmns“ mit dieser Messtechnik ausgerüstet. Verbaut wurden jeweils zwei Messverstärker, ein Recorder, ein Switch und eine 24 V DC Spannungsversorgung. Die verbauten Messgeräte sind der Abb. 11 zu entnehmen. Zudem sind die jeweiligen Sensoren verbaut. Hier gab es durch Anpassungen in Versuchsabläufen Abweichungen zu den in der Abbildung 10 vorgesehenen Sensoren. Die tatsächlich verwendeten Sensoren und Messtechnikkomponenten sind den Anlagen zu entnehmen.

Wagen mit der Kategorie A sind somit fähig sowohl Daten im Messfahrtbetrieb als auch bei Versuchen im Rangierbetrieb aufzuzeichnen. Dazu wurde im Wagen die Messtechnik auf „Autark-

Modus“ oder „Messfahrtmodus“ umgestellt. Dies beinhaltet den Wechsel der Stromversorgung zwischen Pufferbatterien und Stromversorgung durch die elektrischen Kupplungen der DAK. Auch der Recorder muss jeweils gewechselt werden (Messwagenrecorder oder Recorder des jeweiligen Wagens). In Abbildung 12 ist zudem ein schematisches Blockschaltbild der dort verwendeten Messtechnik zusehen.

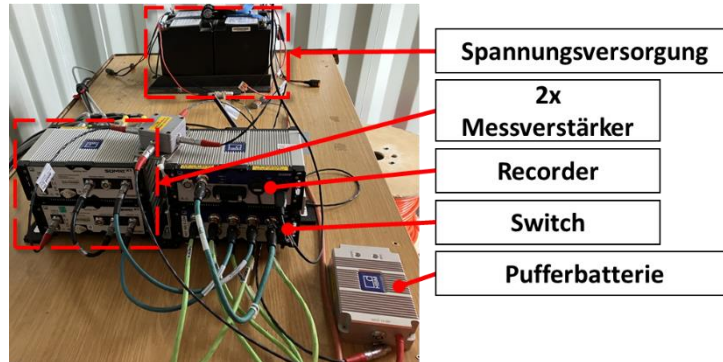


Abbildung 11: Aufbau der verwendeten Messgeräte - Ausrüstungskategorie A

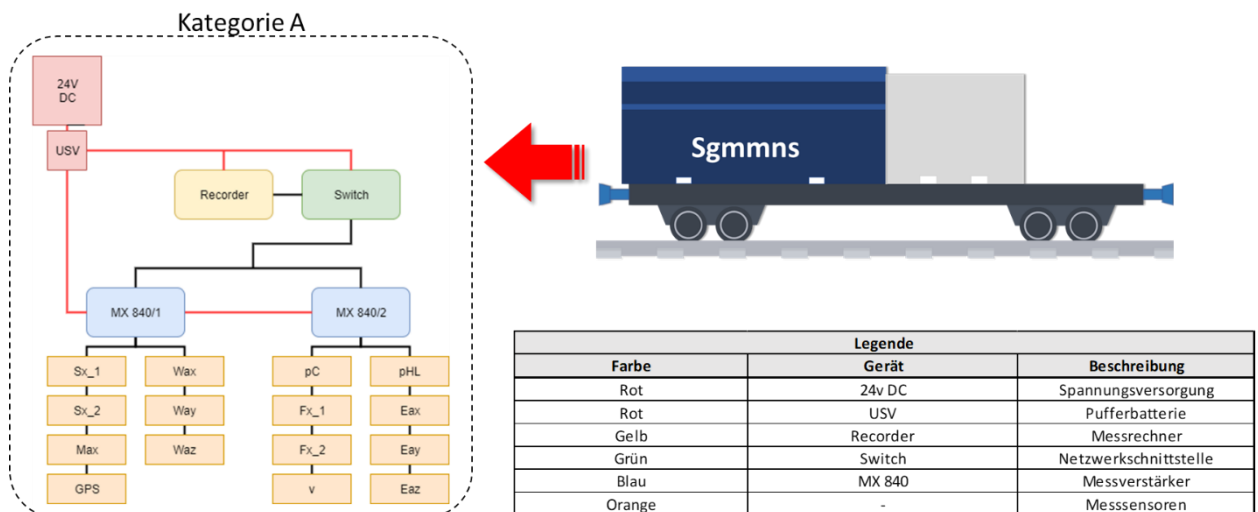


Abbildung 12: Blockschaltbild von verwendeten Messgeräten - Wagen Kategorie A

3.1.2 Kategorie B: Autark messfähiger Wagen - Ausstattung S

Wagen mit der messtechnischen Ausrüstungskategorie B sind ebenfalls autark messfähig und ähneln sich der messtechnischen Ausrüstungskategorie A. Lediglich die verbauten Sensoren unterscheiden sich. In dem Falle sind hier nur Seilzugaufnehmer, Inkrementalgeber, Druckaufnehmer und Beschleunigungsaufnehmer montiert. In Abbildung 13 sind exemplarisch die verwendeten Messgeräte abgebildet. Hier kamen, je nach Anzahl der verwendeten Sensoren, ein oder zwei Messverstärker des Typs MX840 (jeweils 8 Kanäle) zum Einsatz. Abbildung 14 zeigt ein Blockschaltbild einer Beispielkonfiguration eines Wagens der Kategorie B.

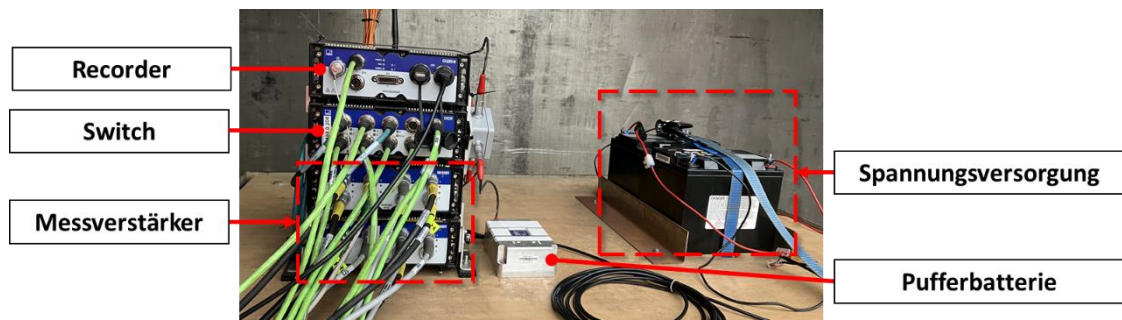


Abbildung 13: Aufbau der verwendeten Messgeräten - Ausrüstungskategorie B

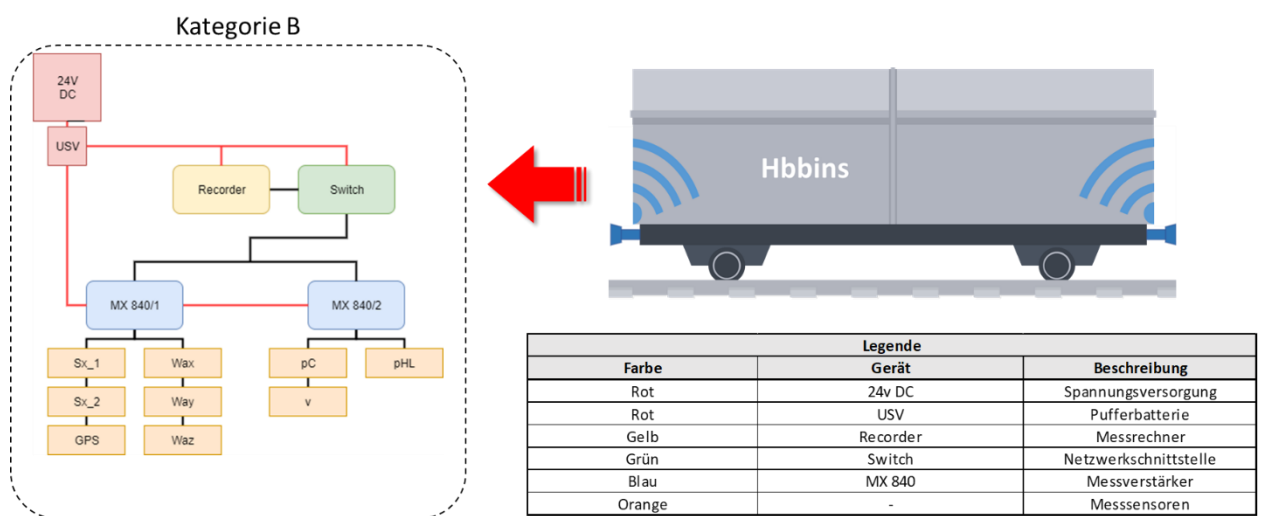


Abbildung 14: Blockschaltbild von verwendeter Messgeräte - Wagen Kategorie B

3.1.3 Kategorie C: Nicht autark messfähiger Wagen - Ausstattung Endwagen

Wagen mit der messtechnischen Ausrüstungskategorie C sind nicht autark messfähig. Sie besitzen keine eigene Energieversorgung in Form einer Batterie und keinen Rekorder zur Aufzeichnung von Messdaten. Jedoch ist hier ein achtkanaliger Messverstärker verbaut. Diese Wagen sind messfähig, wenn eine Energieversorgung über die elektrischen Kupplungen der DAKen gewährleistet werden kann und die Kabelverbindung zur Datenkommunikation mit dem zentralen Recorder auf dem Messwagen hergestellt ist. Somit können ausschließlich Messdaten im Messfahrtbetrieb aufgenommen werden.

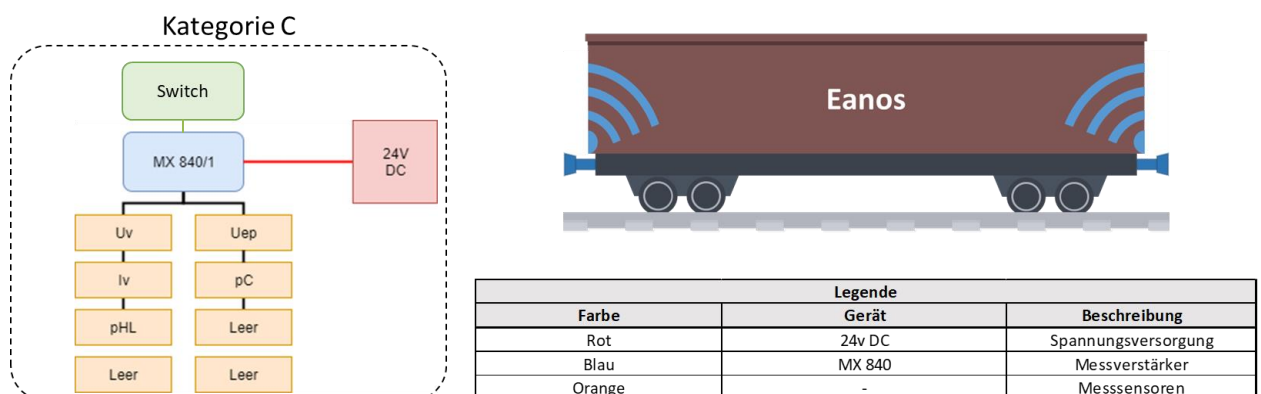


Abbildung 15: Blockschaltbild von verwendeten Messgeräten - Wagen Kategorie C

Wie in Abbildung 15 und Abbildung 16 zu sehen, ist hier ebenfalls ein Switch montiert. Dieser dient dazu, die vor Ort montierten Messverstärker mit dem nächsten Recorder auf einen anderen Wagen der Kategorie A oder B zu verbinden. Dies geschieht kabelgebunden.

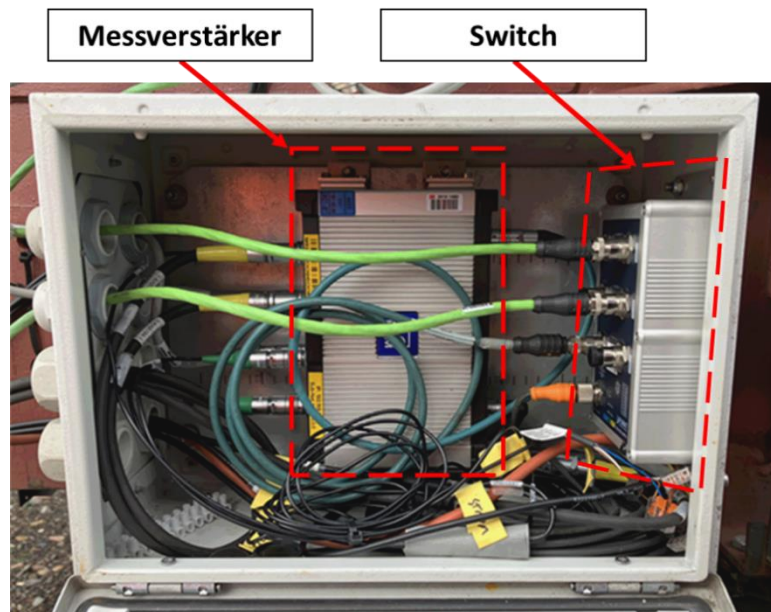


Abbildung 16: Beschreibung des Schaltkastens - Ausstattungskategorie C

3.1.4 Kategorie D: Nicht autark messfähiger Wagen - Ausstattung „Mittelwagen“ mit Sensoren

Wagen mit der messtechnischen Ausrüstungskategorie D sind ebenfalls nicht autark messfähig. An diesen Wagen ist lediglich eine Rittalbox mit einem achtkanaligen Messverstärker montiert (vgl. Abb. 17). Des Weiteren sind an den Kupplungen jeweils ein Seilzugaufnehmer und am Wagenkasten ein Beschleunigungsaufnehmer montiert. Diese Wagen sind ebenfalls nur messfähig, wenn die Energieversorgung über die elektrische Kupplung der DAK gewährleistet ist sowie wenn die Kabelverbindung zum zentralen Recorder auf dem Messwagen hergestellt ist. Dafür muss der Messverstärker mit einem Switch eines anderen Wagens verbunden sein.

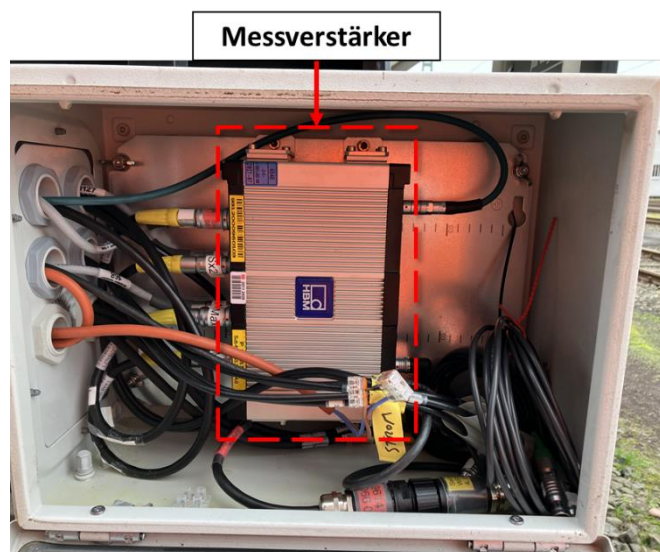


Abbildung 17: Beschreibung des Schaltkastens - Ausstattungskategorie D

3.1.5 Kategorie E: Nicht autark messfähiger Wagen - Ausstattung „Mittelwagen“ ohne Sensoren mit Switch

Wagen mit der messtechnischen Ausrüstungskategorie E sind ebenfalls nicht autark messfähig. Es ist lediglich ein Switch montiert, welcher die Kommunikation der folgenden Wagen zum Recorder gewährleistet. Trotz nicht vorhandener Sensoren muss ein Switch montiert sein, um die maximalen Längen der Verbindungskabel nicht zu überschreiten.

Eine Verschaltung von Wagen dieser Kategorie ist der Abbildung 18 zu entnehmen. Auf die Beschreibung von Wagen der Kategorie F wird verzichtet, aufgrund der nicht vorhandene Messtechnik auf diesen Wagen.

3.2 Messketten-Blockschaltbild

In Abbildung 18 ist ein Blockschaltbild dargestellt, welches die Verschaltung der Messgeräte übersichtlich darstellt. Aufgeführt sind alle mit Messtechnik ausgerüsteten Wagen (schwarze Kästen). In denen sind die jeweiligen Messgeräte farblich markiert. Die grünen Verbindungen stellen die Ethernetkabel dar, welche notwendig sind, um die einzelnen Switche und Messverstärker zu verbinden. Dieser Blockschaltplan stellt die Messkonfiguration im Messfahrmodus da. Bei gesonderten Versuchen mit speziellen Messanforderungen kam es zu Abweichung von dem dort dargestellten Plan.

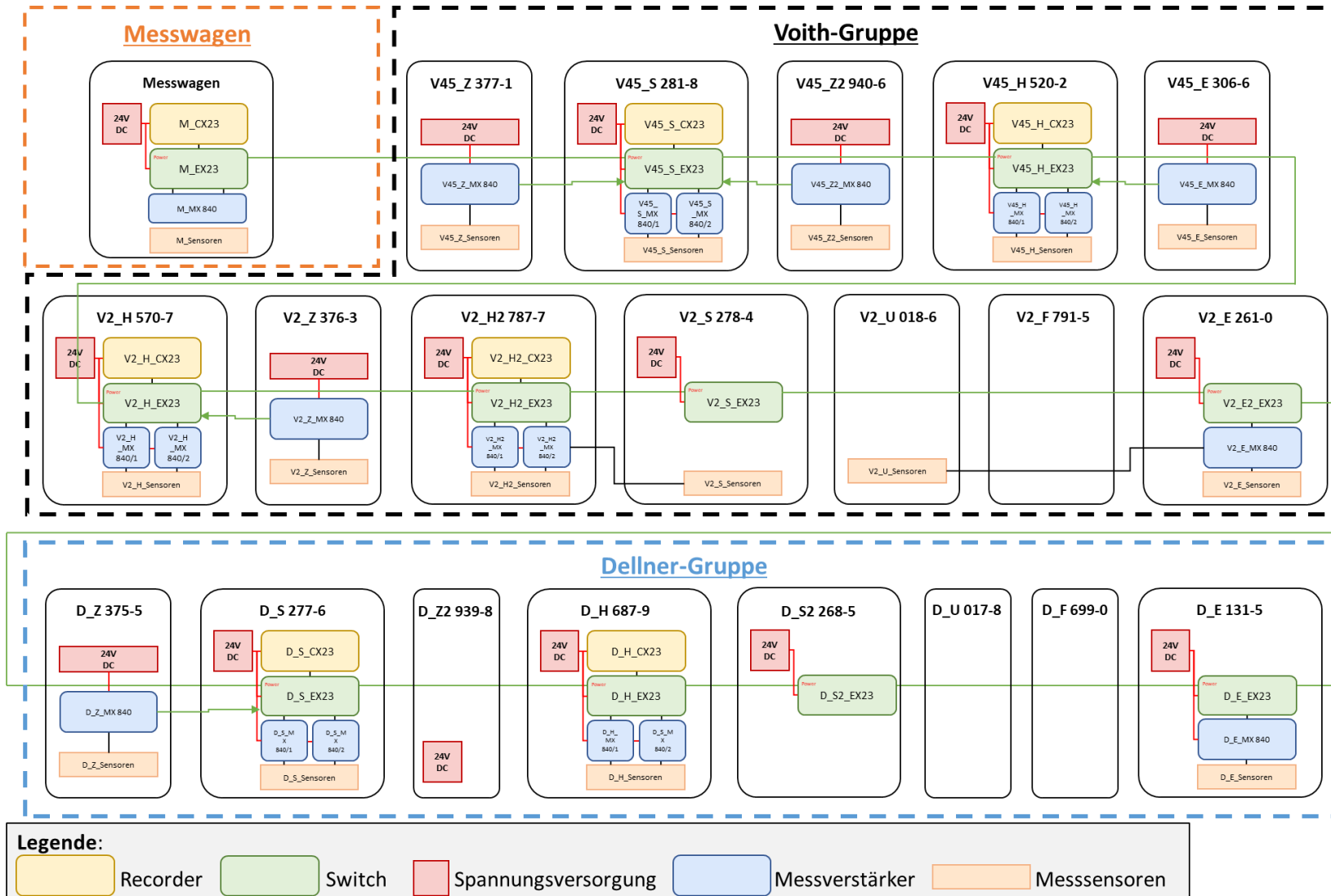


Abbildung 18: Blockschaltbild der verwendeten Messtechnik

3.3 Messsensoren

Im Folgenden werden die verschiedenen Sensortypen aufgelistet und ihre Funktionsweisen erklärt. Dabei werden Sensoren im Allgemeinen betrachtet und nur exemplarisch erörtert. Die Anzahl der verbauten Sensoren sowie die Position der Sensoren sind den Tabellen der Anlagen A1-A8 zu entnehmen.

3.3.1 Kraftmessungen und Kalibrierung

Ermittelt wurde die Zug- und Druckkraft in Längsrichtung (x-Richtung) des Zuges. Je Kupplungskopf wurden zwei XY-DMS-Rosetten appliziert und diese jeweils gegenüberliegend als Vollbrücke verschaltet. Die Positionen der Dehnungsmessstreifen-Kraftmessstellen wurden in Abhängigkeit der Querschnittsgeometrie der Kupplungsstange ausgewählt. In Abbildung 19 ist schematisch die Position der DMS dargestellt. Die DMS sind dabei mittels DMS-Adapterkabel mit einem Messverstärker verbunden.

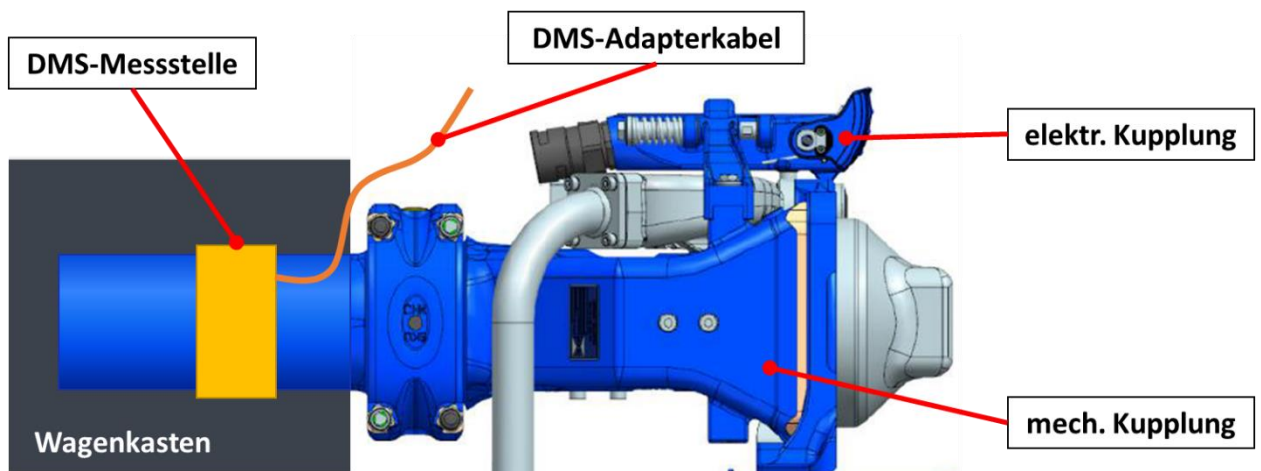


Abbildung 19: schematische Positionsdarstellung der DMS-Messstellen an der DAK

In der Anlage Tabelle 4 sind die Messstellen mit den dazugehörigen applizierten Dehnungsmessstreifen gelistet. Aufgeführt sind die verwendeten DMS-Rosetten, sowie die Nennkraft der Kalibrierung. Die Kalibrierung der DMS auf den Kupplungsstangen wurde im Labor der Abteilung Prüfungen Festigkeit der DB Systemtechnik GmbH durchgeführt. Hierzu wurden die Kupplungsstangen in den Prüfstand eingespannt und mit einem Druckzylinder mit einer definierten Kraft auf Zug und Druck belastet. Dies bezweckt eine Berücksichtigung der Abweichung zwischen realen Belastungen und ausgegebenem Signal der DMS. Die Validierung der DMS-Messstellen ist dem Prüfbericht Phase I Kapitel 3.3.2 zu entnehmen [5]. Dort ist beschrieben, wie mittels Zugversuchen mit einer Messzugspindel die von den DMS gelieferten Kraftwerte validiert wurden.

3.3.2 Beschleunigungsaufnehmer

Gemessen wurden die Beschleunigungen während der Versuchsdurchführungen an drei verschiedenen Positionen. Die Positionen können der Abb. 20 entnommen werden. Hierbei wird in Wagenkasten, mechanische Kupplung und elektrische Kupplung unterschieden. Dieser beschriebene Aufbau ist bei den DAKen von Voith und Dellner identisch. Die Beschleunigungsaufnehmer auf den Wagenkasten und elektrischen Kupplungen sind triaxiale Sensoren. Die Beschleunigungsaufnehmer auf den mechanischen Kupplungen sind uniaxiale Sensoren, die ausschließlich Längsbeschleunigung (x-Richtung) der Kupplung aufnehmen.

In der Anlage Tabelle 6 sind die Messstellen der jeweiligen Beschleunigungsaufnehmer mit der jeweiligen Montageposition aufgelistet. Des Weiteren sind dort Bilder der verschiedenen

Beschleunigungsaufnehmer, die auch auf den DAKen von Voith und Dellner montiert sind, aufgelistet.

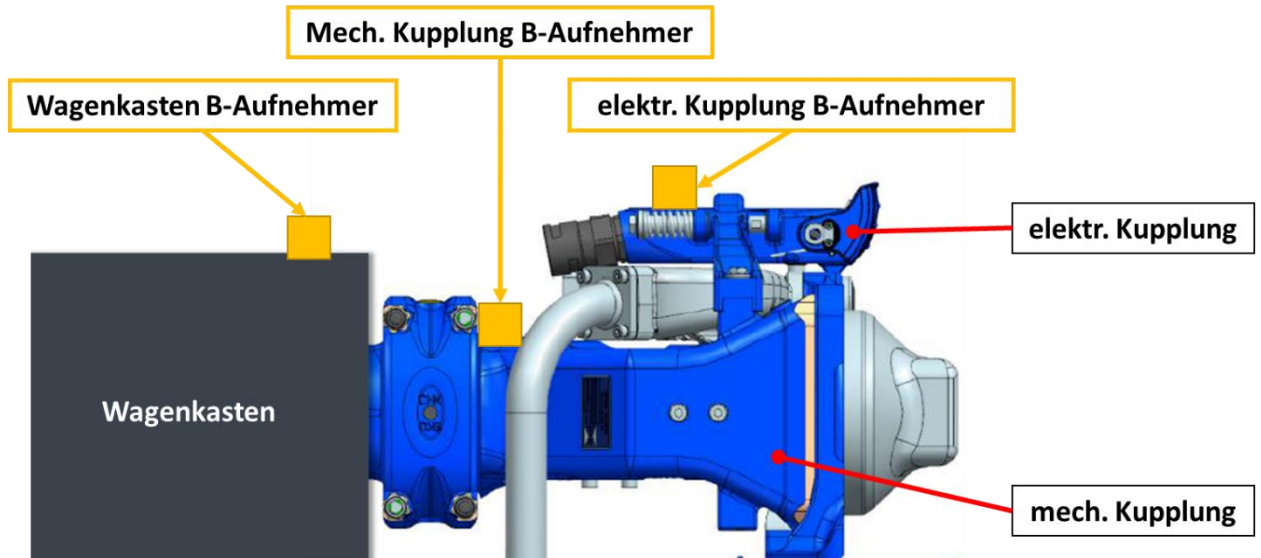


Abbildung 20: Position Beschleunigungsaufnehmer schematische Darstellung

3.3.3 Wegaufnehmer

Die Wegaufnehmer in Form eines Seilzugaufnehmers wurden eingesetzt, um die zurückgelegten Wege der Kupplung in die x-Richtung relativ zum Wagenkasten aufzunehmen. In Abbildung 21 ist der schematische Montageaufbau zu sehen. Der Seilzugaufnehmer ist fest am Wagenkasten befestigt, dabei wurde beachtet, dass der Seilzugaufnehmer möglichst orthogonal zum Wagenkasten ausgerichtet ist. Der Seilzug wurde fest an eine Komponente der mechanischen Kupplung der jeweiligen DAK befestigt, beispielsweise am Bügel, welcher auch die Elektrokupplung mit dem mechanischen Kupplungsteil verbindet.

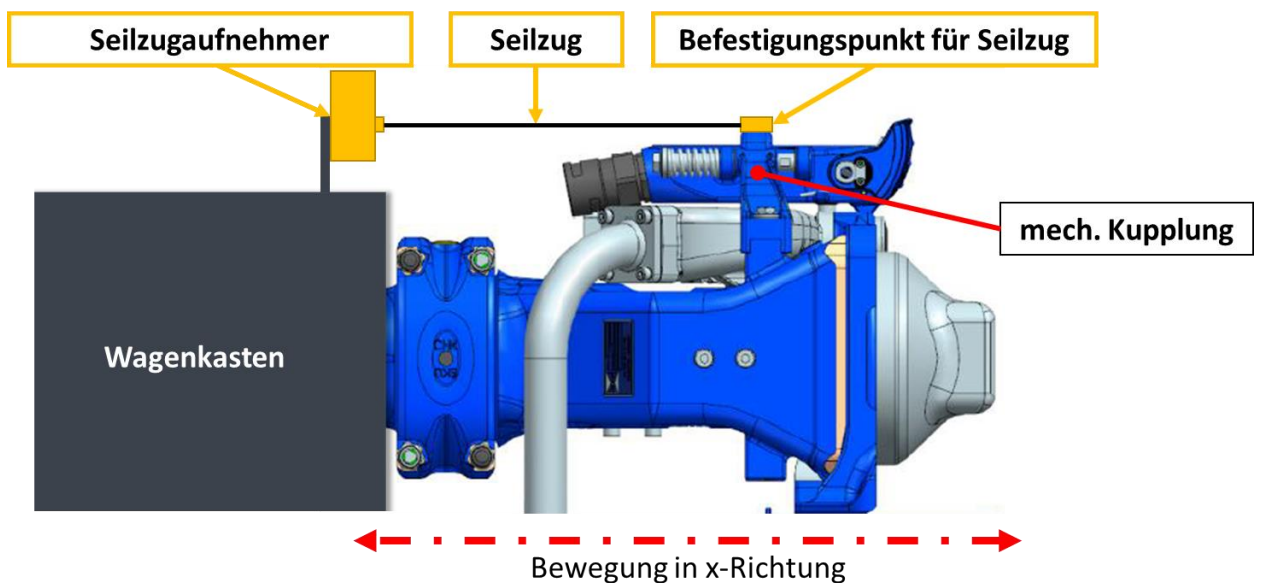


Abbildung 21: Schematischer Aufbau eines Seilzugaufnehmers zur Aufnahme der Längsbewegungen der DAK

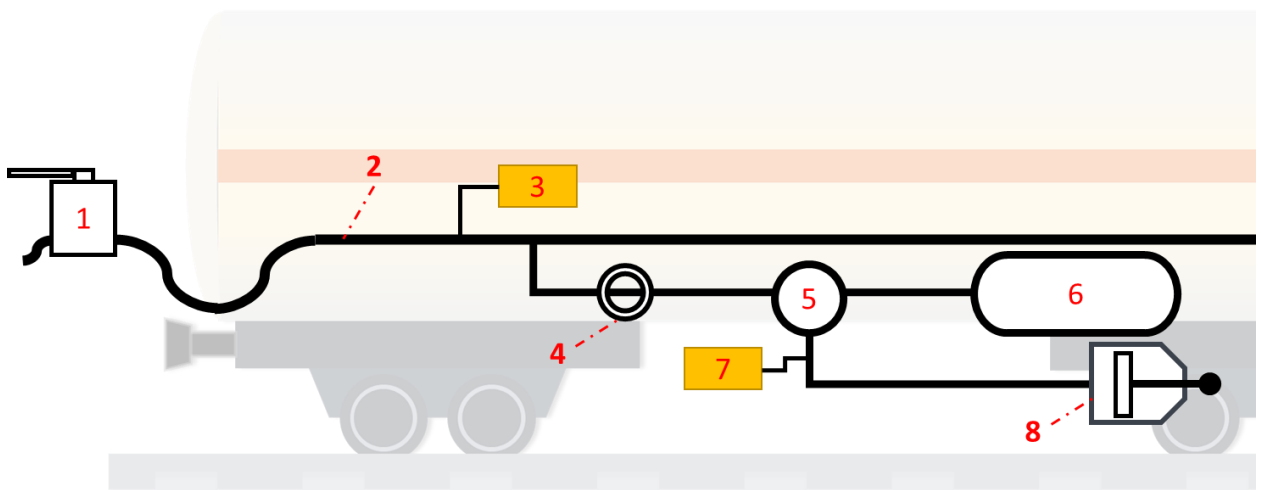
Es gab einen weiteren Anwendungsfall, bei dem weitere Seilzugaufnehmer verwendet wurden, um die Stellung des Führerbremsventils aufzuzeichnen.

In der Anlage Tabelle 7 sind die Messstellen der jeweiligen Seilzugaufnehmer mit der jeweiligen Montageposition aufgelistet. Des Weiteren sind dort Bilder der verschiedenen Seilzugaufnehmer, die auch an den DAKen von Voith und Dellner montiert sind, aufgelistet.

3.3.4 Druckaufnehmer

Für die Feststellung des Druckausgleiches, der nach dem Zusammenkuppeln zweier Wagen entsteht, sowie die Ermittlung von Druckverlusten, die während der Fahrversuche entstehen, ist die Luftdruckmessung der Hauptluftleitung (HL) erforderlich gewesen. Zudem wurde aus sicherheitsrelevanten Gründen der Bremszylinderdruck (C-Druck) überwacht, damit die Funktionsfähigkeit der Bremse nach einer erhöhten Anzahl von Auflaufversuchen sichergestellt werden konnte. Die Positionen der Druckaufnehmer sind schematisch in der Abb. 22 dargestellt.

In der Anlage Tabelle 8 sind alle Druck-Messstellen aufgelistet, zudem befinden sich unter Anlage A7 Bilder der verwendeten Sensoren.



- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1 Führerbremsventil | 4 Absperrhahn | 7 Druckaufnehmer pC |
| 2 Hauptluftleitung | 5 Steuerventil | 8 Bremszylinder |
| 3 Druckaufnehmer pHL | 6 Hilfsluftbehälter | |

Abbildung 22: Vereinfachtes Schema zur Montageposition der Druckaufnehmer

3.3.5 Geschwindigkeitsaufnehmer

Bei den verwendeten Geschwindigkeitsaufnehmern ist zwischen GPS und Inkrementalgebern zu unterscheiden. Als Inkrementalgeber wurden Drehimpulsgeber verwendet. Diese wurden auf der Stirnseite der Achse des jeweiligen Wagens positioniert (s. Abb.23).

Die Umrechnung des Signals der Drehimpulsgeber erfolgt über die Raddurchmesser an den jeweiligen Radsätzen. Aufgeführt sind diese mit dem dazugehörigen Messstellenplan und Bildern in der Anlage 10. Angegeben wird die gemessene Geschwindigkeit in der Einheit Stundenkilometer. Der Anlage Tabelle 9 ist zu entnehmen, an welchem Wagen der jeweilige Inkrementalgeber montiert ist.

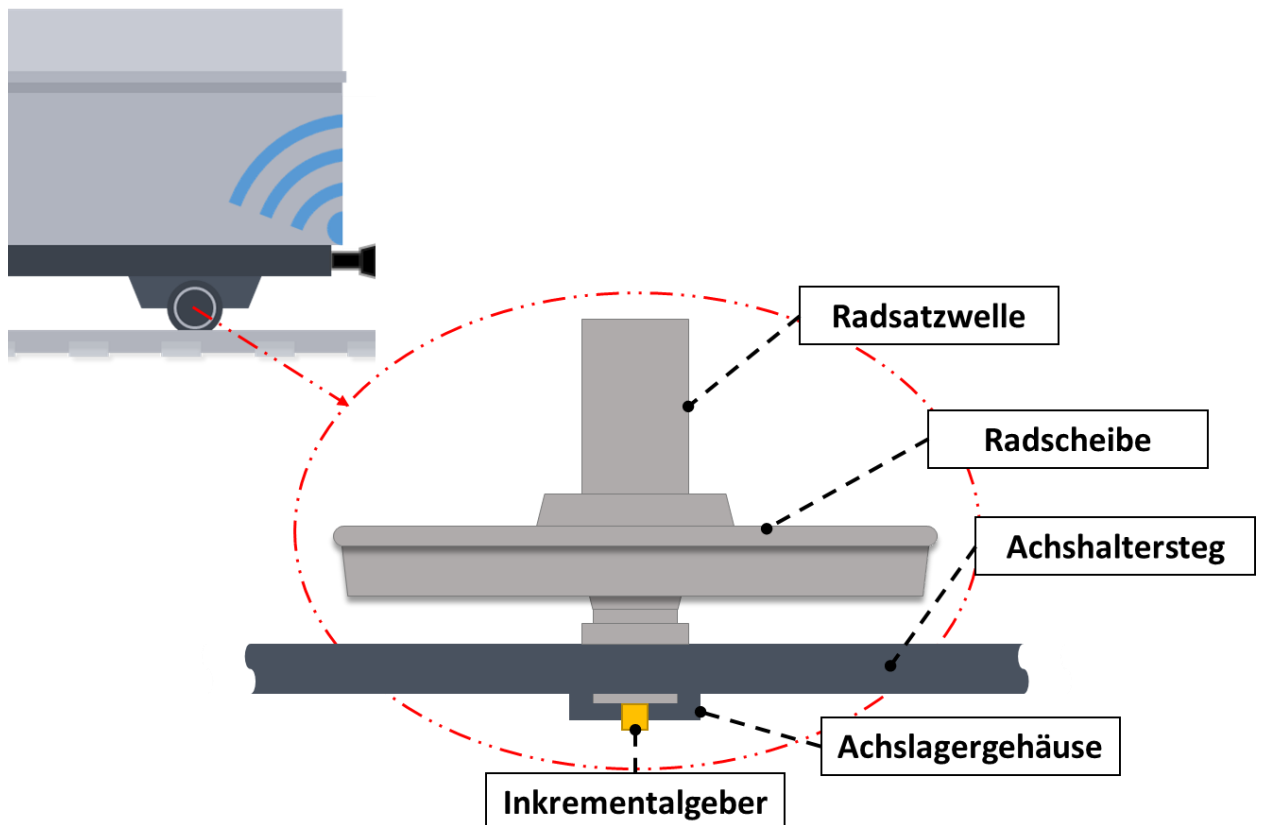


Abbildung 23: Schematische Draufsicht auf Radsatz und Achshalter - Befestigungsposition der Inkrementalgeber

Des Weiteren wurden GPS-Empfänger zur Lokalisierung der jeweiligen Wagen verwendet. Der Anlage Tabelle 10 ist zu entnehmen, an welchem Wagen der jeweilige GPS-Empfänger montiert ist. Zudem ist dort bildlich die sogenannte „GPS-Maus“ dargestellt. Diese wird mit dem jeweiligen Recorder des Wagens verbunden. In der schematischen Abb. 24 ist zu erkennen, an welcher Position die GPS-Maus montiert ist. Die Position wurde dabei bewusst außerhalb der Wagen gewählt, um die Genauigkeit der Positionssignale zu maximieren.

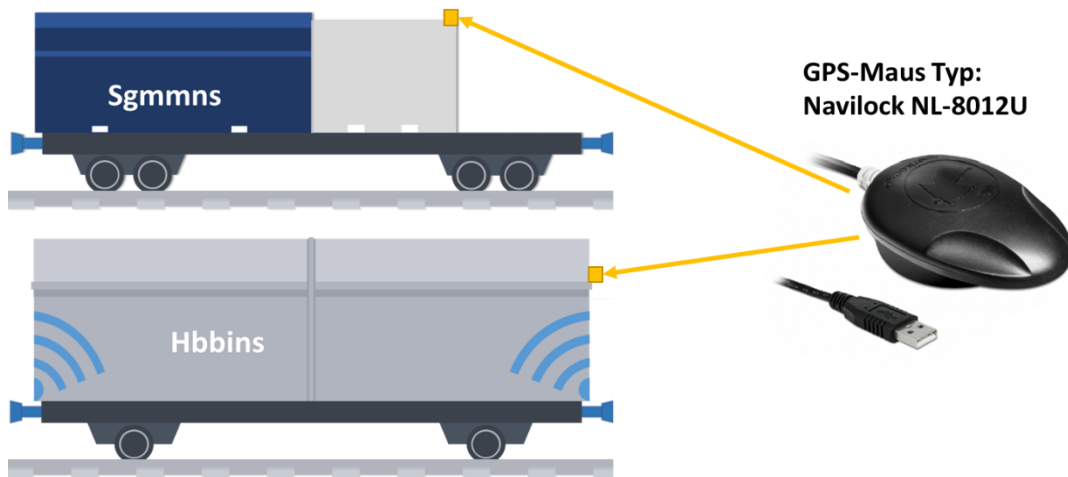


Abbildung 24: Schematische Darstellung - Montageposition der GPS-Maus

3.4 Elektrischer Teil

Im Erprobungsprojekt zur Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) für Güterwagen wurde die DB Systemtechnik GmbH beauftragt, elektrische Messungen zur Charakterisierung verschiedener Elektrokupplungen durchzuführen.

Dieser Berichtsabschnitt beinhaltet eine Beschreibung der in Phase II eingesetzten Messtechnik bei den elektrischen Prüfungen.

3.4.1 E11: Messung der Übergangswiderstände

Um den Übergangswiderstand der Kupplungskontakte zu bestimmen, wurden zwei Ansätze in Betracht gezogen. Beide haben gemein, einen Prüfstrom über den Kupplungskontakt fließen zu lassen und den sich einstellenden Spannungsabfall zu messen. Es wurde entschieden, den Spannungsabfall an den Kupplungsanschlussboxen zu messen.

In Phase I kamen für diese Messungen ein eigenes Labornetzteil, ein Messwiderstand und ein Messverstärker samt Datenloggerfunktion zum Einsatz. Neben dem aufwendigen Kabelhandling kam hinzu, dass einige Geräte mit 230 VAC versorgt werden mussten, was den Einsatz der Messtechnik im Gleis erheblich erschwerte.

Daher wurde in Phase II ein Messgerät in Form eines Multimeters eingesetzt. Verwendet wurde ein Gossen Metrawatt IM XTRA (M273D, SN FK330970035). Dieses Messgerät unterstützt eine 4-Leiter-Widerstandsmessung (s. Abbildung 25).

Jeder Kupplungskontakt einer jeden Kupplungsseite wurde vermessen, indem in den dazugehörigen Kupplungsanschlusskästen die betreffenden Leitungen von den Anschlussklemmen abgenommen und auf die Prüfklemmen aufgelegt wurden. Danach erfolgte die Messung im Messmodus „4-Leiter-Widerstandsmessung“ mit einem vom Gerät fest vorgegebenem Prüfstrom von 200 mA. Die sich ergebenden Messwerte wurden notiert und nach dem Ende der Arbeiten vor Ort in eine Excel-Tabelle übertragen. Abschließend wurden die Leitungen wieder in den Kupplungsanschlussboxen angeschlossen. Die Kupplungen befanden sich während der Messungen im gekuppelten Zustand.

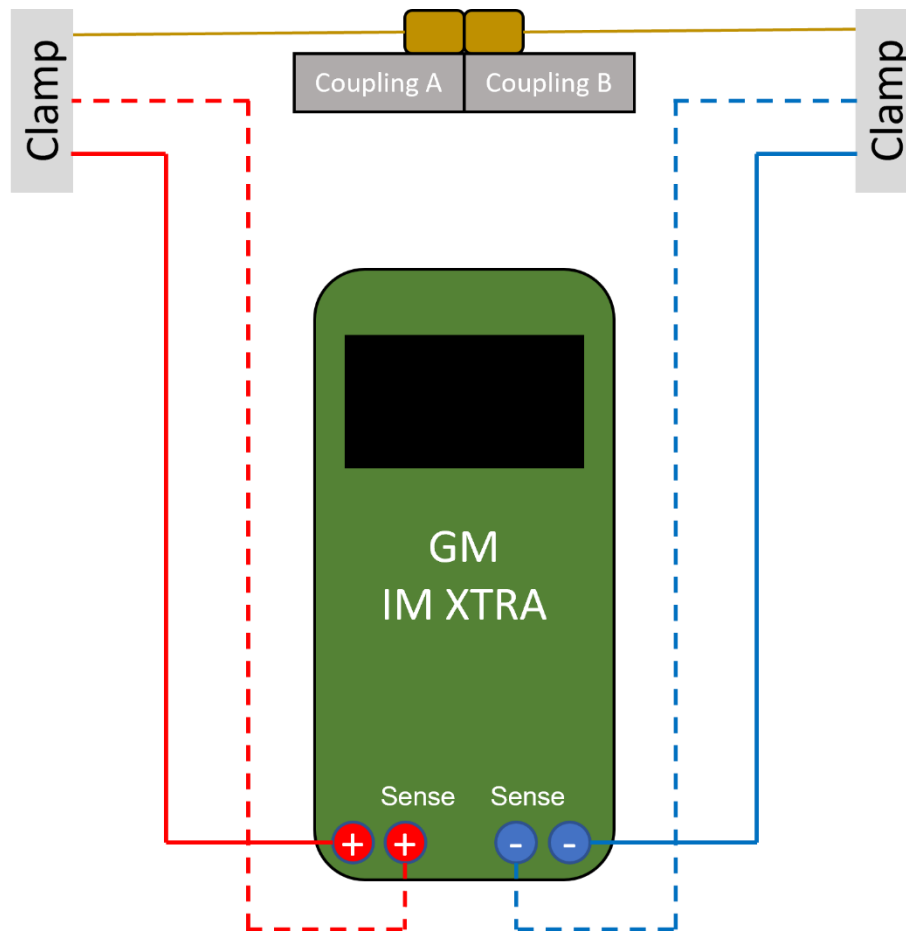


Abbildung 25: Messkonfiguration E11 in Phase II

3.4.2 E12: Isolationsmessungen

Zur Messung des Isolationswiderstandes kam ebenso das Gossen Metrawatt IM XTRA (M273D, SN FK330970035) zum Einsatz. Wie in Phase I wurde auch bei den Messungen während Phase II eine Prüfspannung von 500 VDC gewählt, wobei die Einstellung „Prüfspannung als Rechtecksignal auf den Prüfling“ verwendet wurde. Das obere Messbereichsende dieses Messgerätes beträgt 3 GΩ.

Im Gegensatz zur Phase I wurden die Wagen nicht mehr getrennt, sondern im gekuppelten Zustand getestet. Es wurden alle 110 V führenden Leitungen und die Ansteuerleitungen für die EP-Bremse der Reihe nach von den Wagenstromkreisen getrennt und der Isolationswiderstand ermittelt. Hierzu wurde vorab der Widerstand zwischen den Erdungsleitungen der beiden Kupplungen auf Niederohmigkeit kontrolliert. Die Isolationsmessung erfolgte zwischen Erdungsleitung und zu vermessender Leitung (110V+, 110V-, EP+, EP-). Da es zu Kontaktproblemen zwischen Pins der beiden Kupplungen kommen kann, wurden der Vollständigkeit halber die Leitungen von beiden im Eingriff befindlichen Kupplungen gemessen und dokumentiert. Damit ist sichergestellt, dass bei einem Isolationsfehler an einer Kupplungsseite und zeitgleich auftretendem Kontaktproblem der Pins der Isolationsfehler gefunden werden kann.

3.4.3 Überwachung der Kupplungskontakte während der Messfahrten auf dem Streckennetz

Tabelle 1: Messgrößen und verwendete Messtechnik für die Überwachung auf Messfahrten

Messkanal	Sensortyp	Messmittelnr.	Beschreibung
D_E_Iv [A]	LEM TFS LA55P (0 - 50[A])	EWTJ070	In den Schaltschrank fließender Strom (Abgriff Plusleitung)
D_E_Uv [V]	DAQP-DMM	„39“	Spannung 110V im Schaltschrank
D_E_Uep [V]	DAQP-DMM	„41“	Spannung „EP“ im Schaltschrank
D_Z_Iv [A]	LEM TFS LA55P (0 - 50[A])	EWTJ066	In den Schaltschrank fließender Strom (Abgriff Plusleitung)
D_Z_Uv [V]	DAQP-DMM	„38“	Spannung 110V im Schaltschrank
D_Z_Uep	DAQP-DMM	„36“	Spannung „EP“ im Schaltschrank
V2_E_Iv [A]	LEM TFS LA55P (0 - 50[A])	EWTJ074	In den Schaltschrank fließender Strom (Abgriff Plusleitung)
V2_E_Uv [V]	DAQP-DMM	„35“	Spannung 110V im Schaltschrank
V2_E_Uep [V]	DAQP-DMM	„40“	Spannung „EP“ im Schaltschrank
V45_E_Iv [A]	LEM TFS LA55P (0 - 50[A])	EWTJ072	In den Schaltschrank fließender Strom (Abgriff Plusleitung)
V45_E_Uv [V]	DAQP-DMM	„32“	Spannung 110V im Schaltschrank
V45_E_Uep [V]	DAQP-DMM	„43“	Spannung „EP“ im Schaltschrank
V45_Z_Iv [A]	LEM TFS LA55P (0 - 50[A])	EWTJ068	In den Schaltschrank fließender Strom (Abgriff Plusleitung)
V45_Z_Uv [V]	DAQP-DMM	„33“	Spannung 110V im Schaltschrank
V45_Z_Uep [V]	DAQP-DMM	„34“	Spannung „EP“ im Schaltschrank

Um die Kupplungskontakte während der Streckenfahrten überwachen zu können, wurden auf mehreren Wagen Spannungs- und Stromsensoren angebracht. Diese lieferten Signale, welche per Messleitung an den Messverstärker vom Typ HBM Somat MX840 angeschlossen wurden. Die verwendete Sensorik ist in Tabelle 1 aufgelistet. In Abbildung 26 sind der Einbau der Sensoren und die ausgeführten Abgriffe der Messwerte zu sehen.

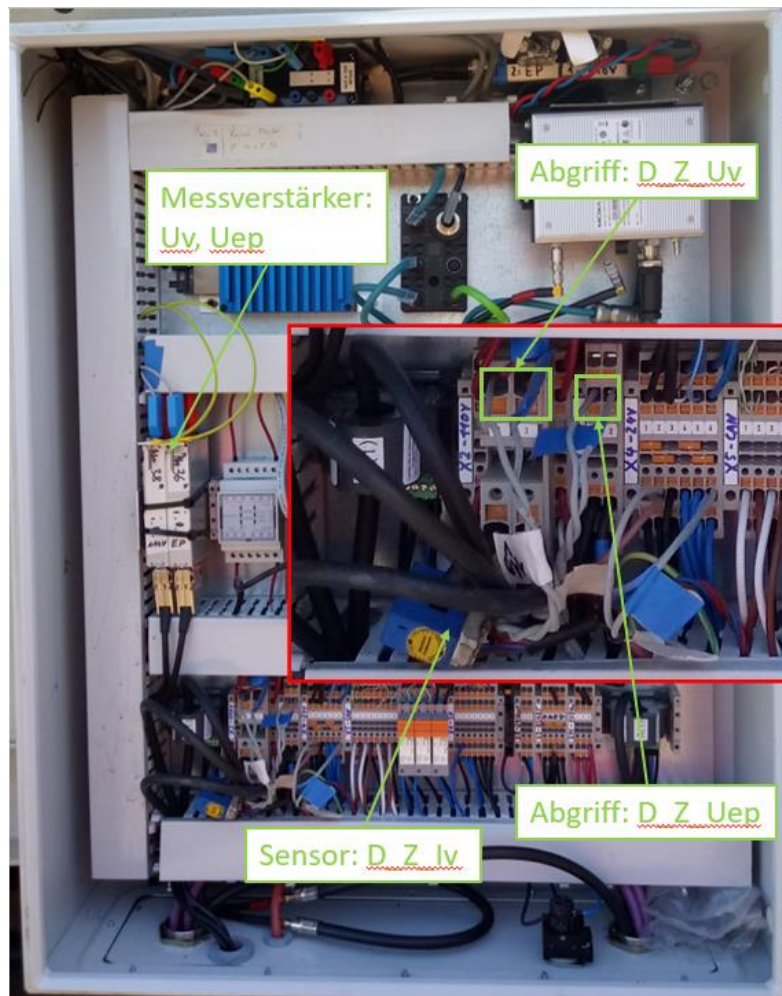


Abbildung 26: Sensorik und Abgriffe im Schaltschrank eines Zags-Wagens.

Der Spannungsmesswandler DAQP-DMM war auf einen Messbereich von 200 V mit einer Erfassungsrate von 20 kHz eingestellt. Für die Erfassung weiterer Messdaten waren die im Einsatz befindlichen Somat Messverstärker auf eine Erfassungsrate von 1,2 kHz parametrieren worden.

4 Unterschriften

fachlich geprüft:

erstellt:

TT.TVP23
Hr. Dr. Fritz Felix Trimpe

TT.TVP232
Hr. Tilo Kruse

--- Ende des Berichts ---

Es folgen acht Anlagen mit insgesamt 18 Seiten.

5 Anlagen

A1 Messverstärker

Anlage Tabelle 1: Messverstärkerbelegung

Wagen	Geräte-name	Inventarnr.	Kanal	Kanalbezeichnung	Beschreibung	Abtastung [Hz]
Messwagen	M_MX840	933420066025	1	M_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	M_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
			3	M_Fbv1/2	stellung Führerbremventil	1200
			4	Leer	-	1200
			5	Leer	-	1200
			6	Leer	-	1200
			7	Leer	-	1200
			8	Leer	-	1200
377-1	V45_Z_MX840	9312000960094	1	V45_Z_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	V45_Z_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
			3	V45_Z_Uv	Versorgungsspannung	1200
			4	V45_Z_Iv	Versorgungsstrom	1200
			5	V45_Z_Uep	Spannung EP-Bremse	1200
			6	Leer	-	1200
			7	Leer	-	1200
			8	Leer	-	1200
281-8	V45_S_MX840/1	9312000960100	1	V45_S_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			2	V45_S_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			3	V45_S_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			4	V45_S_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			5	V45_S_1_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200
			6	V45_S_1_v	Inkrementalgeber Fahrzeuggeschwindigkeit	1200
			7	V45_S_2_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200
			8	V45_S_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
	V45_S_MX840/2	9312000960098	1	V45_S_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	V45_S_1_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			3	V45_S_1_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200

			4	V45_S_1_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			5	Leer	-	1200	
			6	V45_S_2_Eay	Beschleunigung x-Richtung E- Kupplung	1200	
			7	V45_S_2_Eaz	Beschleunigung y-Richtung E- Kupplung	1200	
			8	V45_S_2_Eax	Beschleunigung z-Richtung E- Kupplung	1200	
940-6	V45_Z2_MX840	9312000960085	1	V45_Z2_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200	
			2	V45_Z2_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200	
			3	V45_Z2_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200	
			4	V45_Z2_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200	
			5	V45_Z2_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			6	V45_Z2_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			7	V45_Z2_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			8	Leer	-	1200	
520-2	V45_H_MX840/1	933420066048	1	V45_H_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200	
			2	V45_H_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200	
			3	V45_H_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200	
			4	V45_H_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200	
			5	V45_H_1_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungs- stange	1200	
			6	V45_H_v	Inkrementalgeber Fahrzeugge- schwindigkeit	1200	
			7	V45_H_2_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungs- stange	1200	
			8	V45_H_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200	
		V45_H_MX840/2	9312000960093	1	V45_H_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftlei- tungsdruck	1200
	2			V45_H_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	3			V45_H_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	4			V45_H_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	5			V45_H_2_Eax	Beschleunigung x-Richtung E- Kupplung	1200	

			6	V45_H_2_Eay	Beschleunigung y-Richtung E-Kupplung	1200
			7	V45_H_2_Eaz	Beschleunigung z-Richtung E-Kupplung	1200
			8	Leer	-	1200
306-3	V45_E_MX840	931200960080	1	V45_E_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	V45_E_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
			3	V45_E_Uv	Versorgungsspannung	1200
			4	V45_E_Iv	Versorgungsstrom	1200
			5	V45_E_Uep	Spannung EP-Bremse	1200
			6	Leer	-	1200
			7	Leer	-	1200
			8	Leer	-	1200
570-7	V2_H_MX840/1	9312000960102	1	V2_H_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			2	V2_H_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			3	V2_H_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			4	V2_H_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			5	V2_H_1_Fx_leer	Dummy_Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200
			6	V2_H_v	Inkrementalgeber Fahrzeuggeschwindigkeit	1200
			7	V2_H_2_Fx_leer	Dummy_Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200
			8	V2_H_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
	V2_H_MX840/2	9312000960092	1	V2_H_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	V2_H_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			3	V2_H_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			4	V2_H_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			5	Leer	-	1200
			6	Leer	-	1200
			7	Leer	-	1200
			8	Leer	-	1200
376-3	V2_Z_MX840	9312000960103	1	V2_Z_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			2	V2_Z_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			3	V2_Z_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200

			4	V2_Z_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200	
			5	V2_Z_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			6	V2_Z_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			7	V2_Z_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			8	Leer		1200	
787-7	V2_H2_MX840/1	9312000960104	1	V2_H2_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200	
			2	V2_H2_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200	
			3	V2_S_1_FX_neu	Zug-/Druckkraft Kupplungs- stange	1200	
			4	V2_H2_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200	
			5	V2_H2_1_Fx - leer	Dummy_Zug-/Druckkraft Kupp- lungsstange	1200	
			6	V2_H2_v	Inkrementalgeber Fahrzeugge- schwindigkeit	1200	
			7	V2_H2_2_Fx - leer	Dummy_Zug-/Druckkraft Kupp- lungsstange	1200	
			8	V2_H2_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200	
		V2_H2_MX840/2	9312000960096	1	V2_H2_pHL	Druckaufnehmer Hauptluft- leitungsdruck	1200
	2			V2_H2_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	3			V2_H2_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	4			V2_H2_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	5			V2_S_2_FX_neu	Zug-/Druckkraft Kupplungs- stange	1200	
	6			Leer	-	1200	
	7			Leer	-	1200	
	8			Leer	-	1200	
261-0	V2_E_MX840	9312000960099	1	V2_E_pHL	Druckaufnehmer Hauptluft- leitungsdruck	1200	
			2	V2_E_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200	
			3	V2_E_Uv	Versorgungsspannung	1200	
			4	V2_E_Iv	Versorgungsstrom	1200	
			5	V2_E_Uep	Spannung EP-Bremse	1200	
			6	V2_U_1_Fx_neu	Zug-/Druckkraft Kupplungs- stange	1200	
			7	V2_U_2_FX_neu	Zug-/Druckkraft Kupplungs- stange	1200	
			8	Leer	-	1200	

375-5	D_Z_MX840	933420066016	1	D_Z_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	D_Z_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
			3	D_Z_Uv	Versorgungsspannung	1200
			4	D_Z_Iv	Versorgungsstrom	1200
			5	D_Z_Uep	Spannung EP-Bremse	1200
			6	Leer	-	1200
			7	Leer	-	1200
			8	Leer	-	1200
277-6	D_S_MX840/1	933420066042	1	D_S_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			2	D_S_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			3	D_S_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			4	D_S_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			5	D_S_1_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200
			6	D_S_v	Inkrementalgeber Fahrzeuggeschwindigkeit	1200
			7	D_S_2_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200
			8	D_S_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
	D_S_MX840/2	933420066046	1	D_S_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
			2	D_S_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			3	D_S_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			4	D_S_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200
			5	D_S_2_Eax	Beschleunigung x-Richtung E-Kupplung	1200
			6	D_S_2_Eay	Beschleunigung y-Richtung E-Kupplung	1200
			7	D_S_2_Eaz	Beschleunigung z-Richtung E-Kupplung	1200
			8	Leer	-	1200
687-9	D_H_MX840/1	9312000960091	1	D_H_1_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			2	D_H_2_Sx	Wegaufnehmer mech. Kupplung x-Richtung	1200
			3	D_H_1_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200
			4	D_H_2_Max	Beschleunigung x-Richtung Kupplung mech. Teil	1200

131-5	D_H_MX840/2	9312000960095	5	D_H_1_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200	
			6	D_H_1_v	Inkrementalgeber Fahrzeuggeschwindigkeit	1200	
			7	D_H_2_Fx	Zug-/Druckkraft Kupplungsstange	1200	
			8	D_H_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200	
			1	D_H_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200	
			2	D_H_2_Wax	Beschleunigung x-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			3	D_H_2_Way	Beschleunigung y-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
			4	D_H_2_Waz	Beschleunigung z-Richtung Kupplung Wagenkasten	1200	
	5	D_H_2_Eax	Beschleunigung x-Richtung E-Kupplung	1200			
	6	D_H_2_Eay	Beschleunigung y-Richtung E-Kupplung	1200			
	7	D_H_2_Eaz	Beschleunigung z-Richtung E-Kupplung	1200			
	8	Leer	-	1200			
	131-5	D_E_MX840	933420066047	1	D_E_pHL	Druckaufnehmer Hauptluftleitungsdruck	1200
				2	D_E_pC	Druckaufnehmer Bremsdruck	1200
				3	D_E_Uv	Versorgungsspannung	1200
				4	D_E_Iv	Versorgungsstrom	1200
5				D_E_Uep	Spannung EP-Bremse	1200	
6				leer 6	-	1200	
7				leer 7	-	1200	
8				leer 8	-	1200	

A2 Recorder

Anlage Tabelle 2: Messgeräteliste - Recorder

Recorder Voith						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Gerätenummer	Wagennr.	Wagenbauart	Typbez.	Abteilung
1	V45_S_CX22	9410 08 096 0080	281-8	Sgmmns	HBM CX22	TVP23
2	V45_H_CX22	9410 08 096 0070	520-2	Hbbins	HBM CX22	TVP23
3	V2_H_CX22	9410 08 096 0078	570-7	Hbbins	HBM CX22	TVP23
4	V2_H2_CX22	9410 08 096 0069	787-7	Hbbins	HBM CX22	TVP23
Recorder Dellner						
5	D_S_CX22	9410 08 096 0075	277-6	Sgmmns	HBM CX22	TVP23
6	D_H_CX22	9410 08 096 0071	687-9	Hbbins	HBM CX22	TVP23
Recorder Messwagen						
7	M_CX22	9410 08 096 0077		Messwagen	HBM CX22	TVP23

A3 Switch

Anlage Tabelle 3: Messgeräteliste - Switch

Switch Voith					
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Gerätenummer	Wagennr.	Wagenbauart	Abteilung
1	V45_S_EX23	Nummer nicht ersichtlich	281-1	Smmns	TVP23
2	V45_H_EX23	Keine Nummer auf Gerät	520-2	Hbbins	TVP23
3	V2_H_EX23	Keine Nummer auf Gerät	570-7	Hbbins	TVP23
4	V2_H2_EX23	Keine Nummer auf Gerät	787-7	Hbbins	TVP23
Switch Dellner					
5	D_S_EX23	9334 35 066 103	277-6	Sgmmns	TVP21
6	D_H_EX23	9334 35 066 105	687-9	Hbbins	TVP21
Switch Messwagen					
8	M_EX23	9334 35 066 102	-	Messwagen	TVP21

A4 Kraftmessstellen

Anlage Tabelle 4: Auflistung der Kraftmessstellen / Kalibrierschein / Nennkraft

Kraftmessstellen Voith									
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Wagennr.	Wagenbauart	Kalibrierschein / Zug[kN] / Datum			Kalibrierschein / Druck[kN] / Datum		
1	V45_H_1_Fx	520-2	Hbbins	5709	810	15.04.2021	5710	1205	16.04.2021
2	V45_H_2_Fx ¹	520-2	Hbbins	5701	810	18.03.2021	5702	1205	18.03.2021
3	V45_S_1_Fx	281-8	Sgmmns	5782	810	12.08.2021	5783	1205	11.08.2021
4	V45_S_2_Fx	281-8	Sgmmns	5784	810	05.08.2021	5785	1205	09.08.2021
5	V2_S_1_Fx	278-4	Sgmmns	5812	810	07.06.2022	5811	1205	07.06.2022
6	V2_S_2_Fx	278-4	Sgmmns	5808	810	25.05.2022	5807	1205	30.05.2022
7	V2_U_1_Fx	018-6	Uas	5805	810	23.05.2022	5806	1205	24.05.2022
8	V2_U_2_Fx	018-6	Uas	5809	810	02.06.2022	5810	1205	03.06.2022
Kraftmessstellen Dellner									
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Wagennr.	Wagenbauart	Kalibrierschein / Zug[kN] / Datum			Kalibrierschein / Druck[kN] / Datum		
9	D_H_1_Fx	687-9	Hbbins	5770	810	08.09.2021	5771	1205	08.09.2021
10	D_H_2_Fx	687-9	Hbbins	5772	810	10.09.2021	5773	1205	10.09.2021
11	D_S_1_Fx	277-6	Sgmmns	5794	810	03.12.2021	5795	1205	03.12.2021
12	D_S_2_Fx	277-6	Sgmmns	5796	810	06.01.2022	5797	1205	08.01.2022

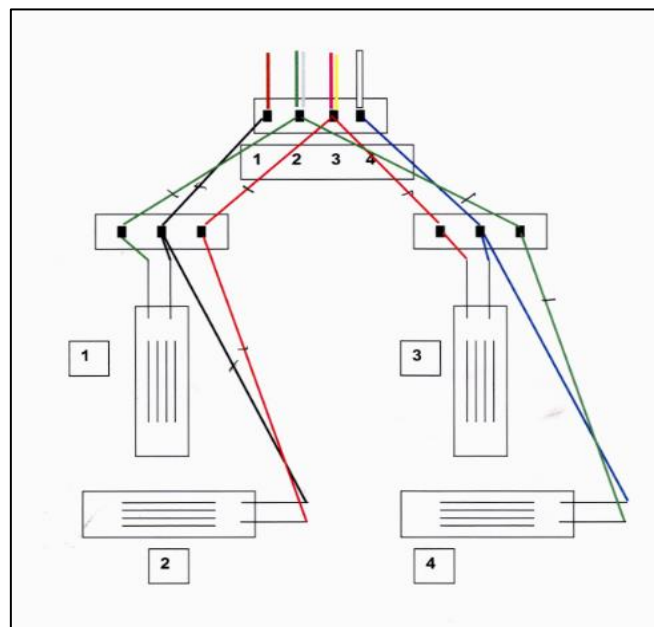


Abbildung A 1: Vollbrücke / DMS-Verschaltung

¹ Die Umrechnung der Brückenverformung der Messstelle V45_H_2_Fx zu der entsprechenden Si-Krafteinheit (kN) wurde im Messprojekt falsch konfiguriert. Die Kraftwerte können mit der Kennlinie aus Abb.X ermittelt werden.

Vollbrücke, DMS

Wird unterstützt von folgenden Modulen: MX840, MX840A, MX440A, MX410, MX1615

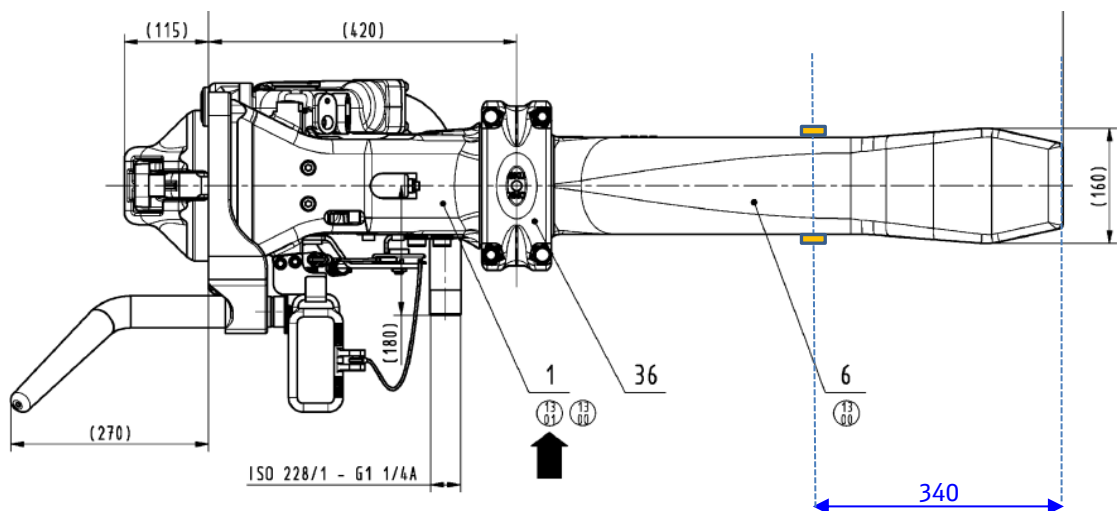
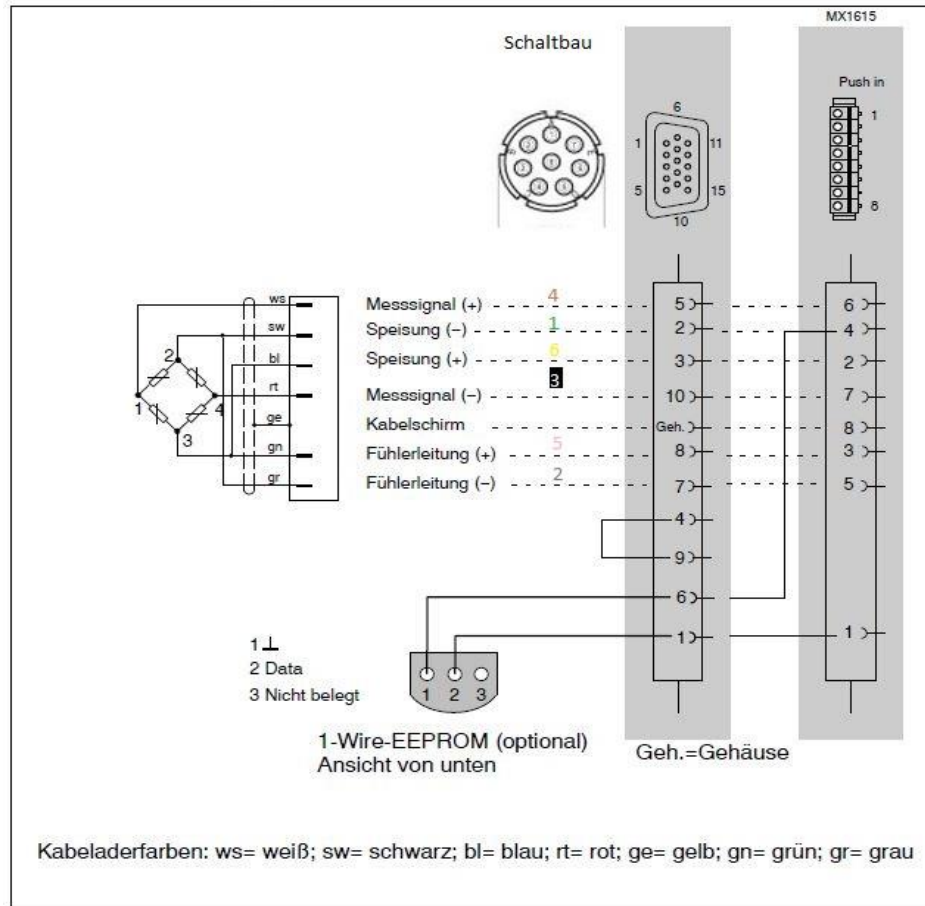


Abbildung A 2: Voith / Kraftmessstelle Messstellenplan

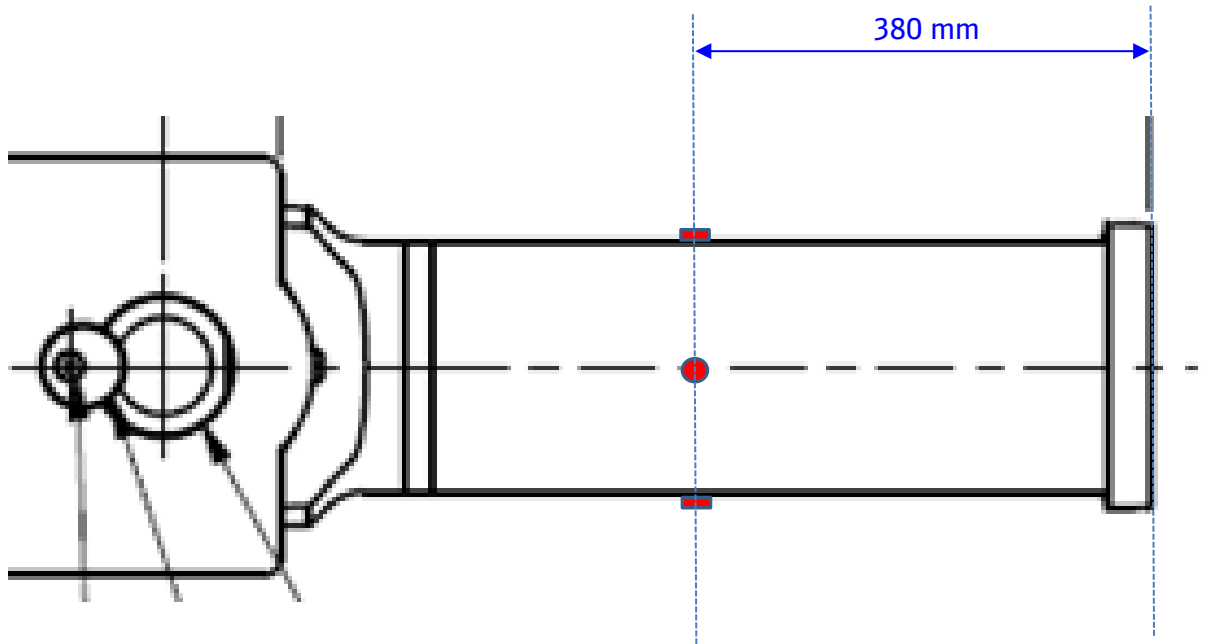


Abbildung A 3: Dellner / Kraftmessstellen Messtellenplan

Anlage Tabelle 5: Angepasste Kennlinie für die Kraftmessstelle V45_H_2_Fx

	mV/V	kN
Druck	-1.018079215	-1205
-	0	0
Zug	0.601865218	810

A5 Beschleunigungsaufnehmer

Anlage Tabelle 6: Sensorliste - Beschleunigungsaufnehmer

Beschleunigungsaufnehmer Voith						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Sensortyp	Position	Aktueller Zustand
1	V45_S_1_Max	9210450960013	281-8	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
2	V45_S_1_Wax/y/z	9210200960092	281-8	3-Achsen	Wagenkasten	Montiert
3	V45_S_2_Max	9210450960014	281-8	1-Achse	mech. Kupplung	Montiert
4	V45_S_2_Eax/y/z	9210370960059 9210370960050 9210370960058	281-8	3 x 1-Achse	elektr. Kupplung	Montiert
5	V45_Z2_1_Max	921055260821	940-6	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
6	V45_Z2_2_Max	921055260822	940-6	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
7	V45_Z2_2_Wax/y/z	9210200960061	940-6	3-Achsen	Wagenkasten	Montiert
8	V45_H_1_Max	9210370960042	520-2	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
9	V45_H_2_Wax/y/z	9210200960068 9210200960067 9210200960069	520-2	3 x 1-Achse	Wagenkasten	Montiert
10	V45_H_2_Eax/y/z	9210370960040	520-2	3-Achsen	elektr. Kupplung	Montiert
11	V45_H_2_Max	9210370960039	520-2	1-Achse	mech. Kupplung	Montiert
12	V45_E_2_Max	9210370960042	306-3	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
13	V45_E_2_Eax/y/z	9210370960050	306-3	3-Achsen	elektr. Kupplung	Ausgebaut
14	V2_H_2_Max	9210370960060	570-7	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
15	V2_H_1_Max	9210370960037	570-7	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
16	V2_H_2_Wax/y/z	9211200960086	570-7	3-Achsen	Wagenkasten	Montiert
17	V2_Z_2_Max	921050260565	376-3	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
18	V2_Z_1_Max	921050260570	376-3	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
19	V2_Z_2_Wax/y/z	9210200960090	376-3	3-Achsen	Wagenkasten	Montiert
20	V2_H2_2_Max	9210370960055	787-7	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
21	V2_H2_1_Max	9210370960034	787-7	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
22	V2_H2_2_Wax/y/z	9210200960089	787-7	3-Achsen	Wagenkasten	Montiert
23	V2_H2_2_Eax/y/z	9210370960047	787-7	3-Achsen	elektr. Kupplung	Ausgebaut
24	V2_E_2_Max	9210370960034	306-3	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
25	V2_E_2_Eax/y/z	9210370960046	306-3	3-Achsen	elektr. Kupplung	Ausgebaut
Beschleunigungsaufnehmer Dellner						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Sensortyp	Position	Aktueller Zustand
26	D_S_1_Max	921050260571	277-6	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
27	D_S_2_Max	921050260193	277-6	1-Achse	mech. Kupplung	Montiert
28	D_S_1_Wax/y/z	9210200960087	277-6	3-Achsen	Wagenkasten	Montiert
29	D_S_2_Eax/y/z	9210370960047	277-6	3-Achsen	elektr. Kupplung	Montiert
30	D_H_1_Max	9210370960056	687-9	1-Achse	mech. Kupplung	Ausgebaut
31	D_H_2_Max	9210370960036	687-9	1-Achse	mech. Kupplung	Montiert
32	D_H_2_Wax/y/z	9210200960070 9210200960071 9210200960074	687-9	3 x 1-Achse	Wagenkasten	Montiert
33	D_H_2_Eax/y/z	9210370960048	687-9	3-Achsen	elektr. Kupplung	Ausgebaut
34	D_H_2_Eax/y/z	9210370960046	687-9	3-Achsen	elektr. Kupplung	Montiert

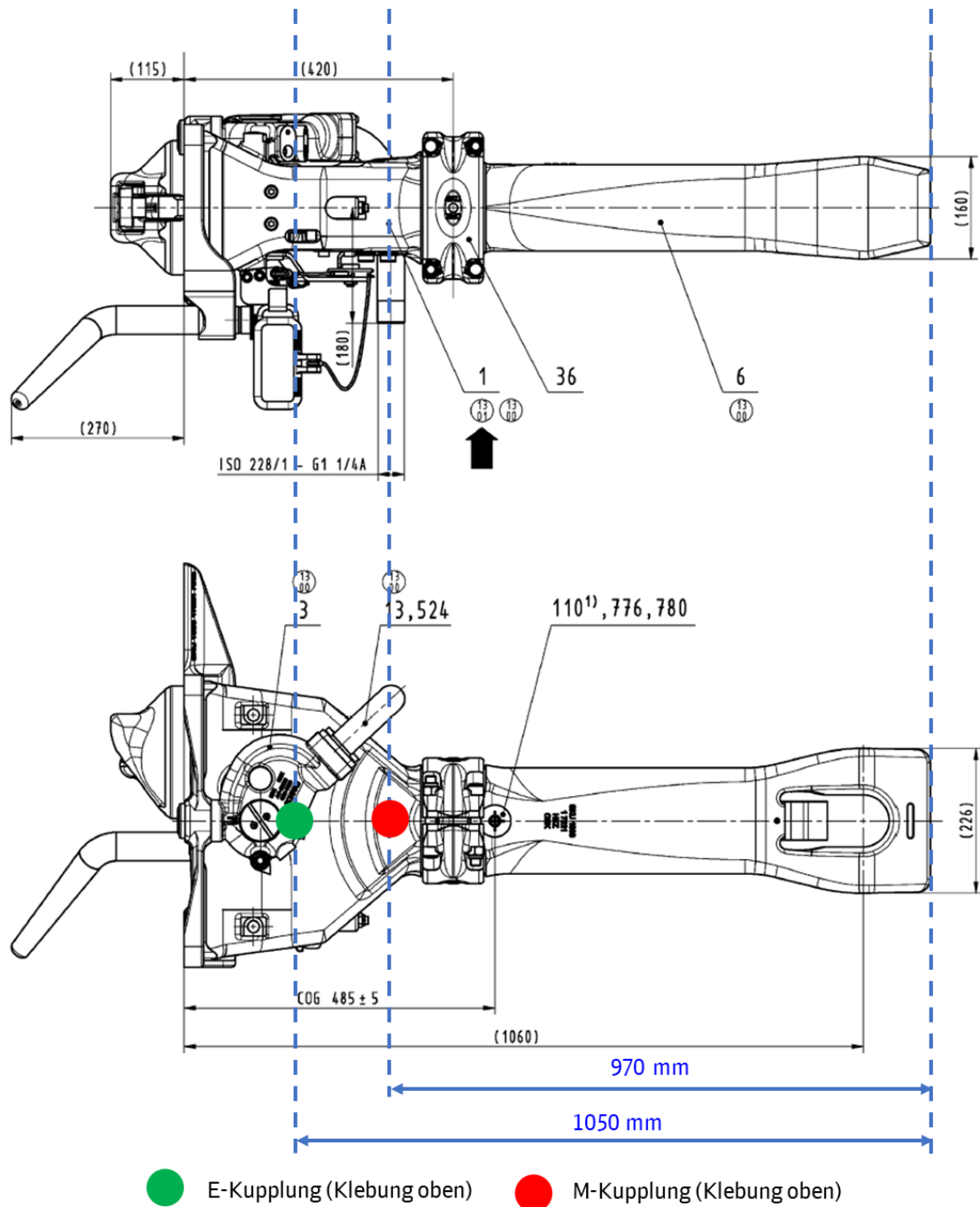


Abbildung A 4: Voith / Beschleunigungsmessstelle Messstellenplan

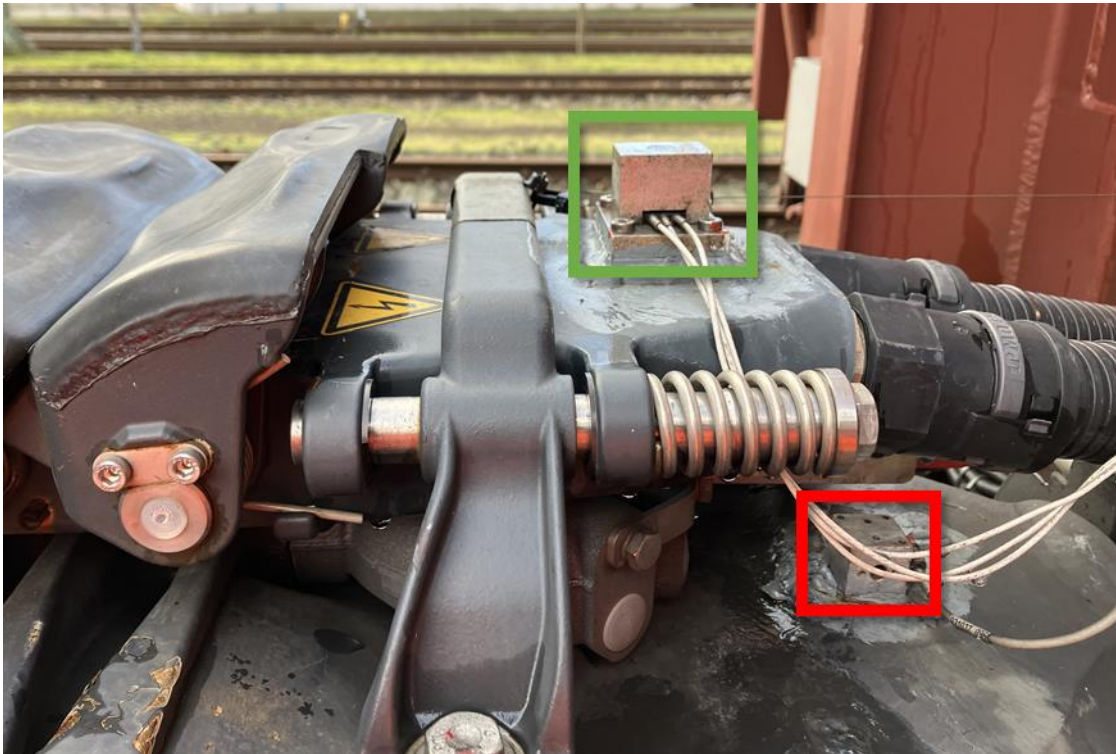


Abbildung A 6: Beschleunigungsaufnehmer am Eanos 306-3; Grün -> elektr. Kupplung B-Aufnehmer, Rot -> mech. Kupplung B-Aufnehmer



Abbildung A 5: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer am Sgmnns 281-8

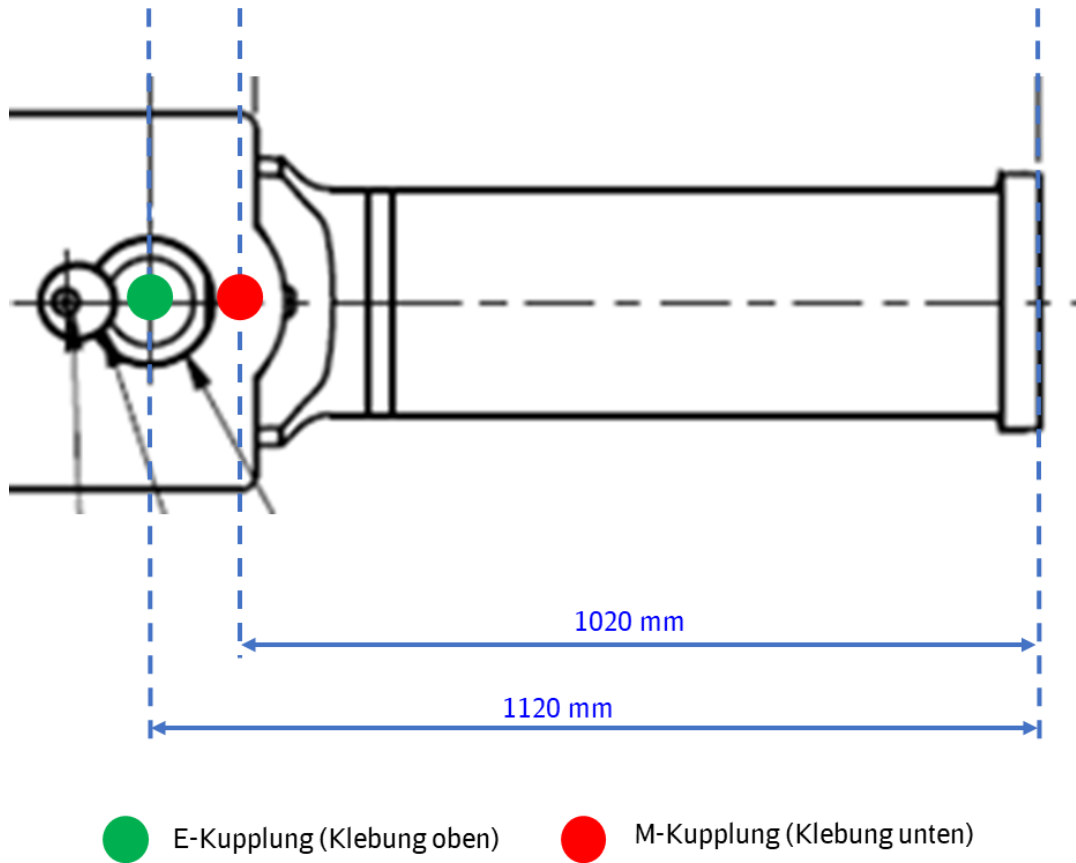


Abbildung A 7: Dellner / Beschleunigungsmessstelle Messstellenplan

A6 Wegaufnehmer

Anlage Tabelle 7 Sensorliste - Wegaufnehmer

Seilzugaufnehmer Voith						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Wagenbauart	Seilzuglänge	Aktueller Zustand
1	V45_S_1_Sx	9261 21 066 0005	281-8	Sgmmns	± 500mm	Montiert
2	V45_S_2_Sx	9261 21 066 0022	281-8	Sgmmns	± 500mm	Montiert
3	V45_Z2_1_Sx	9261 21 066 0026	940-6	Zags	± 500mm	Montiert
4	V45_Z2_2_Sx	9261 21 066 0007	940-6	Zags	± 500mm	Montiert
5	V45_H_1_Sx	9261 21 066 0006	520-2	Hbbins	± 500mm	Montiert
6	V45_H_2_Sx	9261 21 066 0028	520-2	Hbbins	± 500mm	Montiert
7	V2_H2_1_Sx	9261 21 066 0015	520-2	Hbbins	± 500mm	Montiert
8	V2_H2_2_Sx	9261 20 096 0058	520-2	Hbbins	± 250mm	Montiert
9	V2_H_1_Sx	9261 20 096 0061	570-7	Hbbins	± 250mm	Montiert
10	V2_H_2_Sx	9261 20 096 0055	570-7	Hbbins	± 250mm	Montiert
11	V2_Z_1_Sx	9261 21 066 0010	376-3	Zags	± 500mm	Montiert
12	V2_Z_2_Sx	9261 20 096 0050	376-3	Zags	± 250mm	Montiert
Seilzugaufnehmer Dellner						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Wagenbauart	Sensortyp	Aktueller Zustand
13	D_S_1_Sx	9261 21 066 0002	277-6	Sgmmns	± 500mm	Montiert
14	D_S_2_Sx	9261 21 066 0014	277-6	Sgmmns	± 500mm	Montiert
15	D_H_1_Sx	9261 21 066 0017	687-9	Hbbins	± 500mm	Montiert
16	D_Z_2_Sx	9261 21 066 0020	375-5	Zags	± 500mm	Ausgebaut
17	D_H_2_Sx	9261 21 066 0016	687-9	Hbbins	± 500mm	Montiert
Seilzugaufnehmer Führerbremsventil						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Wagenbauart	Seilzuglänge	Aktueller Zustand
18	Fbv1	9261 15 066 0022	-	Messwagen	+ 375mm	Ausgebaut
19	Fbv2	9261 15 066 0088	-	Messwagen	+ 375mm	Ausgebaut

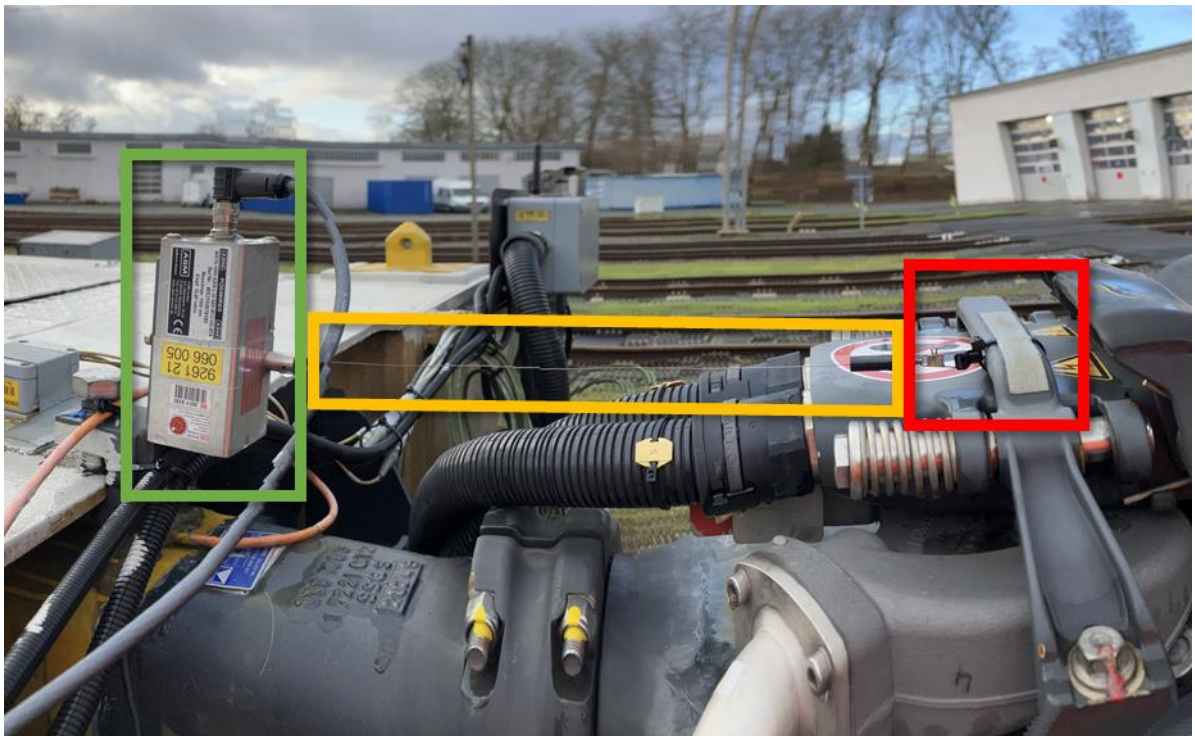


Abbildung A 8: Voith / Seilzugaufnehmer am Sgmms 281-8; Grün -> Seilzugaufnehmer, Gelb -> Seilzug; Rot -> Befestigungen des Seils

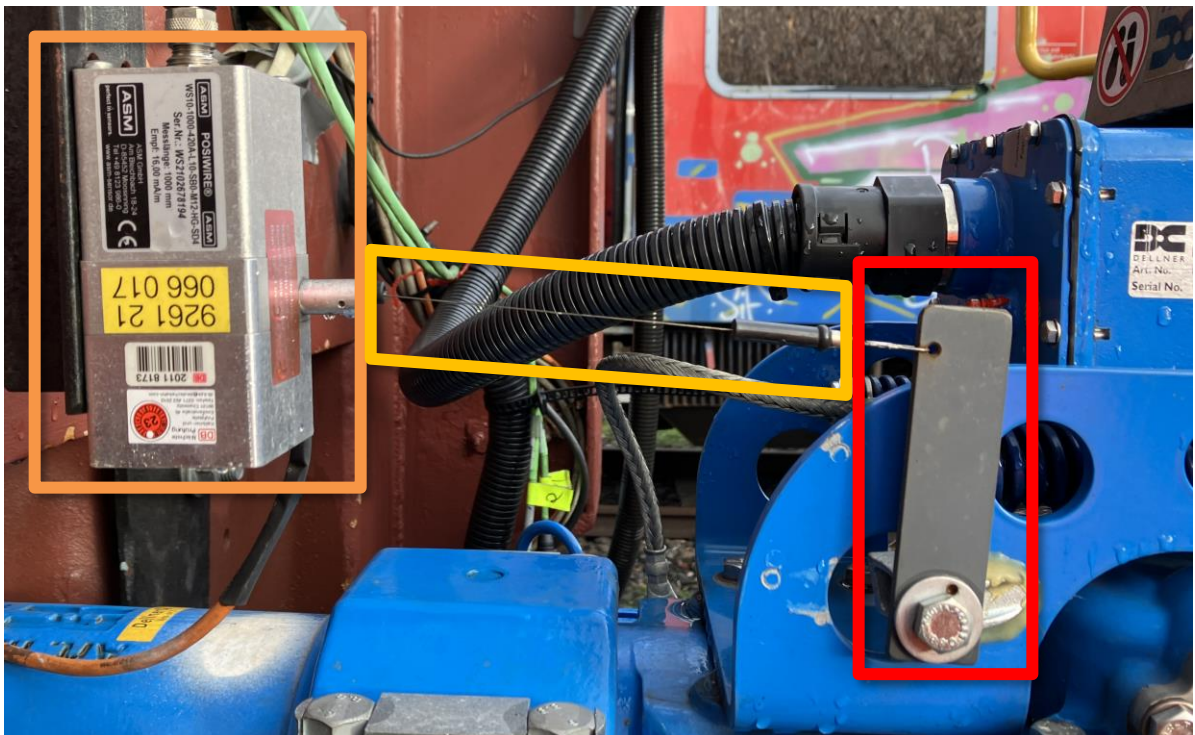


Abbildung A 9: Dellner / Seilzugaufnehmer am Hbbins 687-9; Grün -> Seilzugaufnehmer, Gelb -> Seilzug; Rot -> Befestigung des Seils

A7 Druckaufnehmer

Anlage Tabelle 8: Sensorliste - Druckaufnehmer

Druckaufnehmer Voith						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagen-nr.	Wagenbauart	Position	Aktueller Zu-stand
1	V45_Z_pHL	9221 07 066 0053	377-1	Zags	pHL	Montiert
2	V45_Z_pC	9221 08 066 0102	377-1	Zags	pC	Montiert
3	V45_S_pHL	9221 08 066 0009	281-8	Sgmmns	pHL	Montiert
4	V45_S_pC	9221 08 066 0083	281-8	Sgmmns	pC	Montiert
5	V45_H_pHL	9221 08 066 0082	520-2	Hbbins	pHL	Montiert
6	V45_H_pC	9221 08 066 0059	520-2	Hbbins	pC	Montiert
7	V45_E_pHL	9221 07 066 0465	306-3	Eanos	pHL	Ausgebaut
8	V45_E_pC	9221 07 066 0512	306-3	Eanos	pC	Ausgebaut
9	V2_H2_pHL	9221 08 066 0057	787-7	Hbbins	pHL	Montiert
10	V2_H2_pC	9221 08 066 0004	787-7	Hbbins	pC	Montiert
11	V2_H_pHL	9221 08 066 0007	570-7	Hbbins	pHL	Montiert
12	V2_H_pC	9221 08 066 0013	570-7	Hbbins	pC	Montiert
13	V2_E_pHL	9221 08 066 0045	261-0	Eanos	pHL	Montiert
14	V2_E_pC	9221 08 066 0164	261-0	Eanos	pC	Montiert
15	V2_Z_pHL	9221 08 066 0002	376-3	Zags	pHL	Montiert
16	V2_Z_pC	9221 08 066 0134	376-3	Zags	pC	Montiert
Druckaufnehmer Dellner						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagen-nr.	Wagenbauart	Position	Aktueller Zu-stand
18	D_S_pHL	9221 07 066 0200	277-6	Sgmmns	pHL	Montiert
19	D_S_pC	9221 07 066 0034	277-6	Sgmmns	pC	Montiert
20	D_H_pHL	9221 07 066 0305	687-9	Hbbins	pHL	Montiert
21	D_H_pC	3221 07 066 0359	687-9	Hbbins	pC	Montiert
22	D_Z_pHL	9221 08 066 0119	375-5	Zags	pHL	Montiert
23	D_Z_pC	9221 08 066 0076	375-5	Zags	pC	Montiert
24	D_E_pC	9221 08 066 0109	131-5	Eanos	pHL	Montiert
25	D_E_pHL	9221 08 066 0028	131-5	Eanos	pC	Montiert
Druckaufnehmer Messwagen						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagen-nr.	Wagenbauart	Position	Aktueller Zu-stand
26	M_pC	9221 07 066 0072	-	Messwagen	pC	Ausgebaut
27	M_pHL	9221 07 066 0069	-	Messwagen	pHL	Ausgebaut

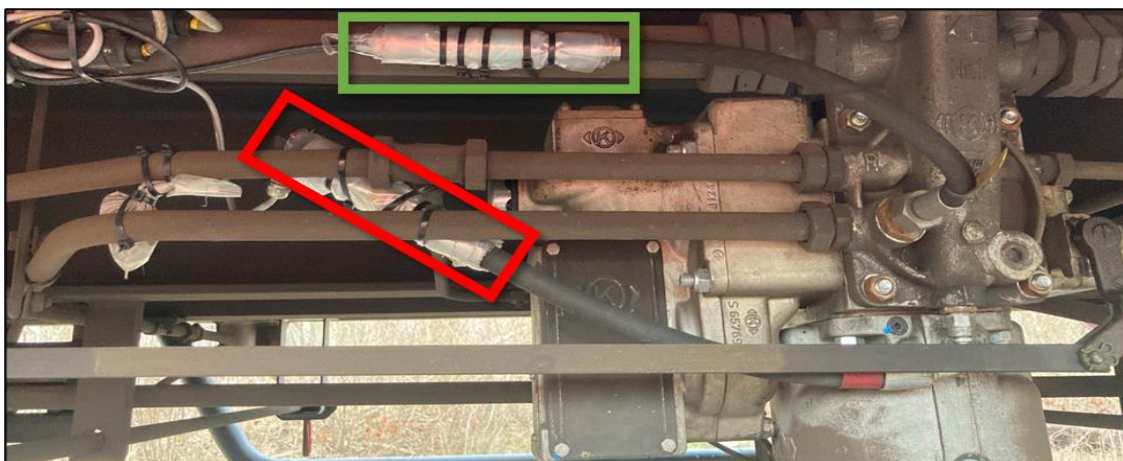


Abbildung A 10: Druckaufnehmer am Eanos 261-0; Rot -> Hauptluftleitung, Grün -> Bremszylinderdruck

A8 Geschwindigkeitsaufnehmer

Anlage Tabelle 9: Sensorliste Inkrementalgeber

Inkrementalgeber Voith						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Wagenbauart	Raddruchmesser [mm]	Aktueller Zustand
1	V45_H_1_v	923305096006	520-2	Hbbins	869,8	Montiert
2	V45_S_1_v	9233050960009	281-8	Sgmmns	904,9	Montiert
3	V2_H2_1_v	9233050960004	787-7	Hbbins	922,0	Montiert
4	V2_H_1_v	9233050960008	570-7	Hbbins	857,3	Montiert
Inkrementalgeber Dellner						
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Wagenbauart	Raddruchmesser [mm]	Aktueller Zustand
5	D_H_1_v	9233050960006	687-9	Hbbins	921,4	Montiert
6	D_S_2_v	9233050960007	277-6	Sgmmns	902,9	Montiert

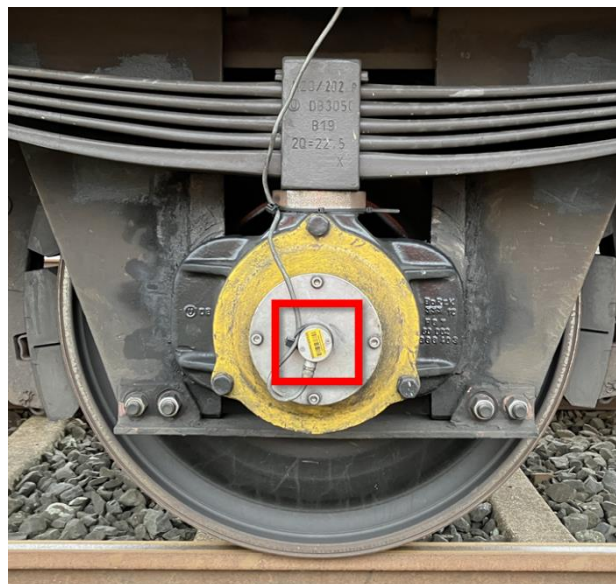


Abbildung A 11: Drehimpulsgeber (Hbbins 570-7)

Anlage Tabelle 10: Sensorliste - GPS-Empfänger

GPS - Empfänger					
Lfd. Nr.	Sensorbez.	Inventarnummer	Wagennr.	Wagenbauart	Aktueller Zustand
1	M	-	-	Messwagen	Ausgebaut
2	V2_H2	9233 01 096 0013	787-7	Hbbins	Montiert
3	V2_H	9233 01 096 0018	570-7	Hbbins	Montiert
4	V45_S	9233 01 096 0022	281-8	Sgmmns	Montiert
5	V45_H	-	520-2	Hbbins	Montiert
6	D_S	9233 01 096 0024	277-6	Sgmmns	Montiert
7	D_H	-	687-9	Hbbins	Montiert