



Versuchsträger und Fahrwerkskonzepte

29.04.2026 – Aarau

Bruno Meier, Stadler Rail Management AG
Roman Assfalg, Stadler Rail Schweiz AG
Thomas Bucher, RAILplus AG

Versuchsträger und Fahrwerkkonzepte



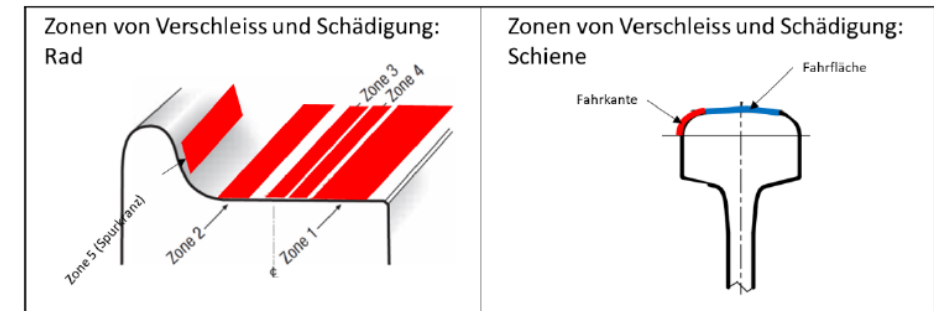
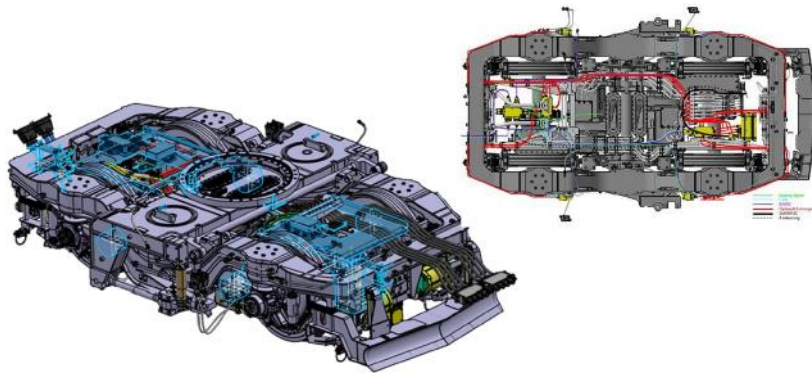
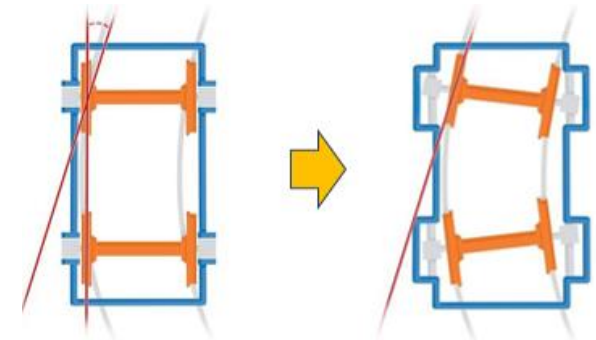
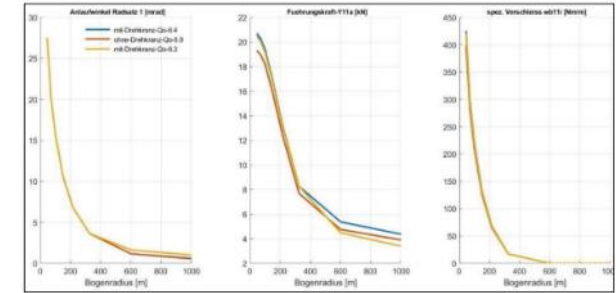
Herzlich Willkommen

1. Begrüssung und Einleitung (Thomas Bucher, RAILplus AG)
2. Fahrwerkskonzepte (Bruno Meier, Stadler Rail Management AG)
3. Versuchsträger (Roman Assfalg, Stadler Rail Schweiz AG)
4. Das Projekt Versuchsträger (Thomas Bucher, RAILplus AG)
5. Fragerunde / Diskussion

Versuchsträger und Fahrwerkskonzepte

Was wurde bis jetzt gemacht?

- 1) FIMO: Technische Beurteilung Lösungsansätze
 - 2) Untersuchung Nachrüstlösungen bestehender DG
 - 3) BSA*: Prognosen von Verschleiss mit FIMO-Modell mit Daten aus Betrieb
 - 4) Beurteilung der Wirtschaftlichkeit mit Business Case
- Heute können wir Lösungsansätze technisch und finanziell beurteilen



*BSA: Bahn-Spezifische-Analyse

2. Fahrwerkskonzepte

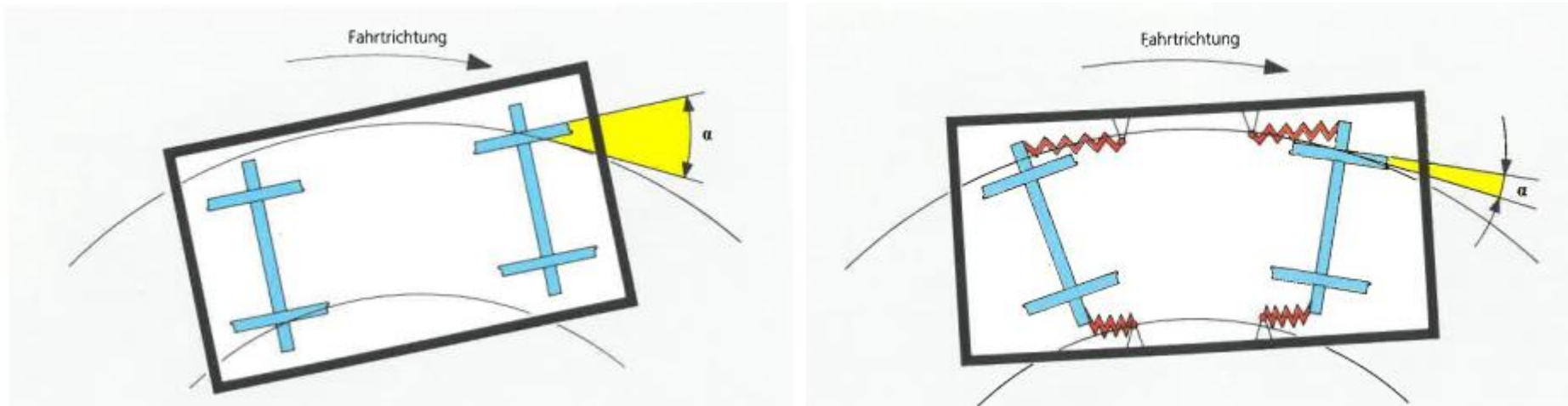
29.04.2026 – Aarau

Bruno Meier, Stadler Rail Management AG



Warum Radialeinstellung? - Radialeinstellungssysteme

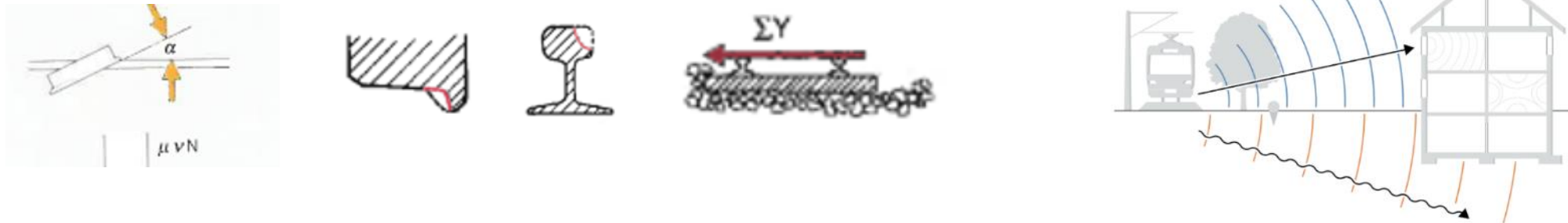
- Im Gegensatz zu Strassenfahrzeugen, bei denen zumindest die Vorderachse lenkbar ist, können die Radsätze in konventionellen Fahrwerken der Schienenfahrzeuge nicht gelenkt werden, da die Radsatzlager über den Achslenker und die Achslenkerlager relativ steif mit dem Drehgestellrahmen verbunden sind.
- Der Begriff Radialeinstellungssystem bezieht sich auf alle technischen Lösungen, die darauf abzielen, den Radsätzen eine gewisse Freiheit zu geben, um den Anlaufwinkel α zwischen Rad und Schiene zu minimieren.



2. Fahrwerkskonzepte

Ziel und Zweck der Radialeinstellung

- Reduktion der Anlaufwinkel und somit Reduktion der Reibarbeit und Verschleiss an Rad und Schiene
- Reduktion der Querkräfte auf den Gleiskörper und Spreizkräfte auf Innen- und Aussenschienen
- Lärmreduktion bei Bogenfahrten



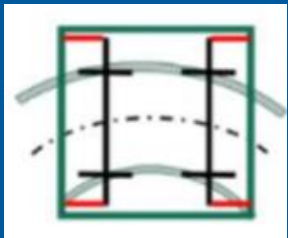
- Vermeiden von Schädigungen an Rad und Schiene, insbesondere Schlupfwellen und Rollkontaktermüdung



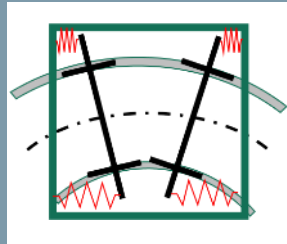
Radialeinstellungssysteme

Man unterscheidet zwischen:

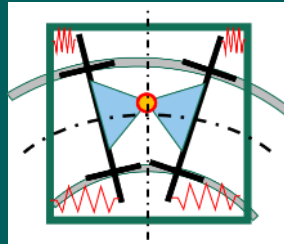
Harte Radsatzführung



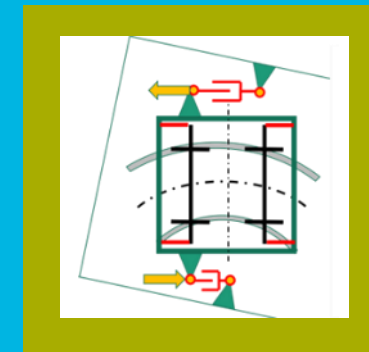
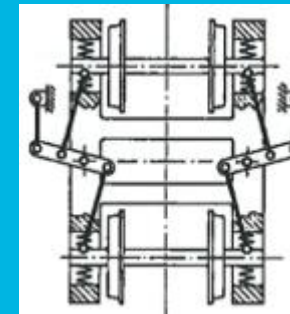
Elastische Radsatzführung



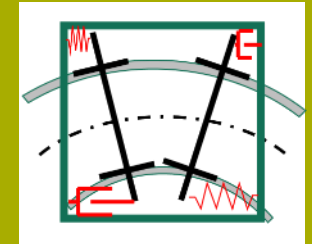
Elastische Radsatzführung mit Radsatzkopplung



Radsatzführung mit kastenseitiger Steuerung



Aktive Radsatzsteuerung



Radialeinstellungssysteme

- Man unterscheidet grundsätzlich zwischen passiven und aktiven Systemen.
- Bei **passiven Systemen** wird die Radialeinstellung des Radsatzes **durch die Rad-Schiene-Kräfte** erreicht. Diese Systeme sind also in hohem Masse abhängig von der Rad-Schiene-Paarung, den Reibwerten in den Berührungspunkten und den Steifigkeiten der Radsatzführung im Drehgestell, welche in der Regel der Einstellung entgegen wirken.
- Im Meterspurbereich können bei geeigneten Rad- und Schienenprofilen Rollradiusdifferenzen aufgebaut werden, welche bis zu Kurvenradien im Bereich von 100 – 150 m ein „freies Rollen“ des Radsatzes durch den Bogen ermöglichen. Diese Voraussetzung ist bis zu einem **Radialstellungsindex $q_E \leq 1$** gegeben.
- Bei **aktiven Systemen**, oder auch bei einer (Zwangs-) Ansteuerung über den Wagenkasten, geschieht die Radialeinstellung unabhängig vom Rad-Schiene Kontakt durch elektrische oder **hydraulische Aktuatoren** oder vom Kasten angesteuerte Hebelsysteme.

Radialeinstellungssysteme

Harte Radsatzführung

Elastische Radsatzführung

Elastische Radsatzführung mit Radsatzkopplung

Radsatzführung mit kastenseitiger Steuerung

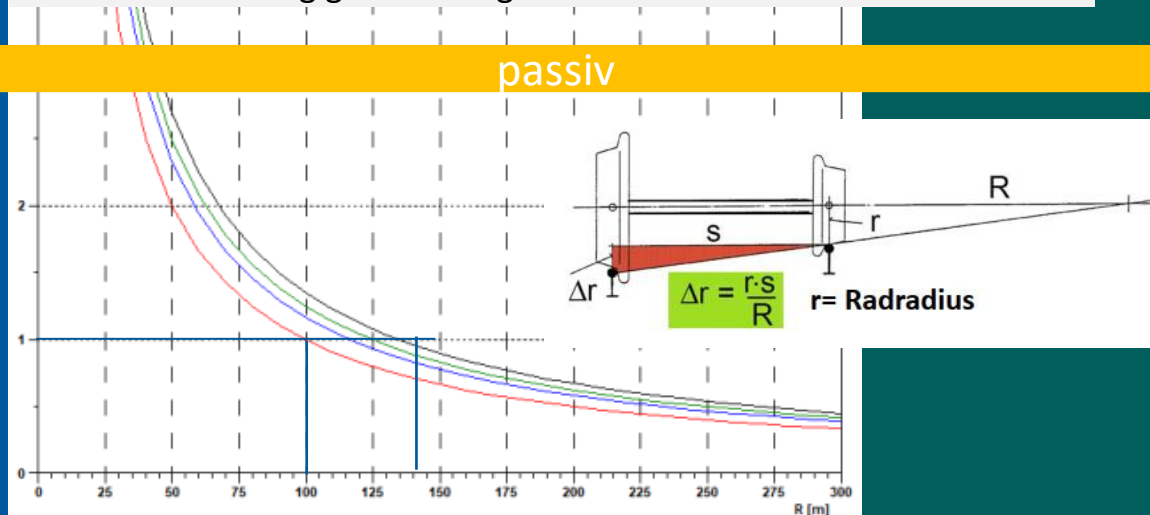
Aktive Radsatzsteuerung

Radialeinstellung durch Rad-Schiene-Kräfte
Abhängig von Profilgeometrie und Reibwerten

Radialeinstellung durch Kastenkoppelungen oder Aktuatoren

passiv

aktiv



Realisierte Fahrwerkskonzepte

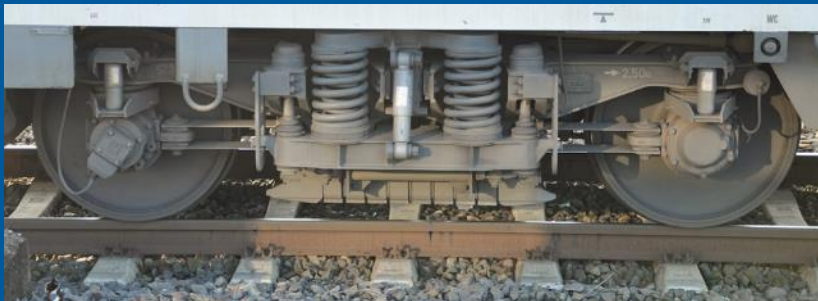
Harte Radsatzführung

Elastische Radsatzführung

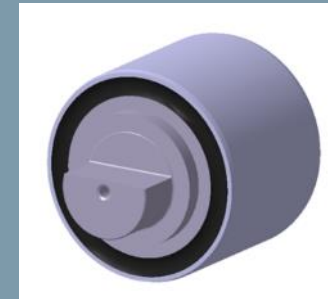
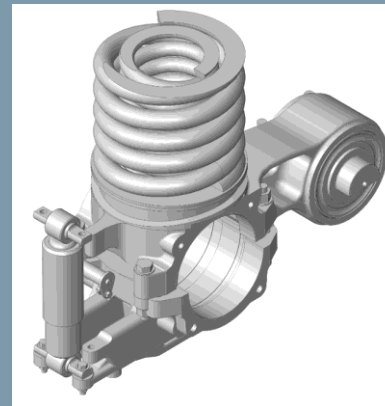
Elastische Radsatzführung mit Radsatzkopplung

Radsatzführung mit kastenseitiger Steuerung

Aktive Radsatzsteuerung



Elastische Radsatzführung



Realisierte Fahrwerkskonzepte

Harte Radsatzführung

Elastische Radsatzführung

Elastische Radsatzführung mit Radsatzkopplung

Radsatzführung mit kastenseitiger Steuerung

Aktive Radsatzsteuerung

Weiche Achslenkerlager Reisezugwagen

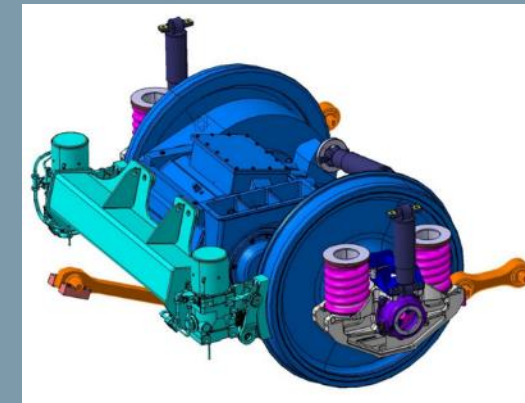
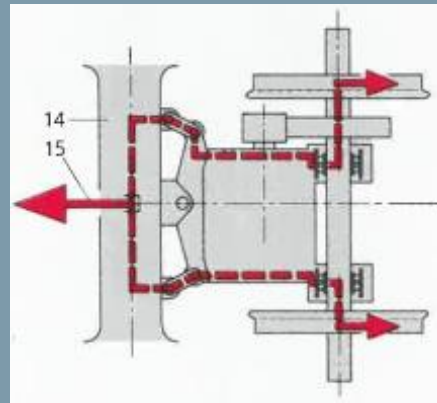
Hydraulische Achslenkerlager Triebzüge

Zugkraftunabhängige Radialeinstellung z.B. mittels Schräglenker oder Längslenker



Triebkopf S-Bahn Zürich

Ee922



2. Fahrwerkskonzepte

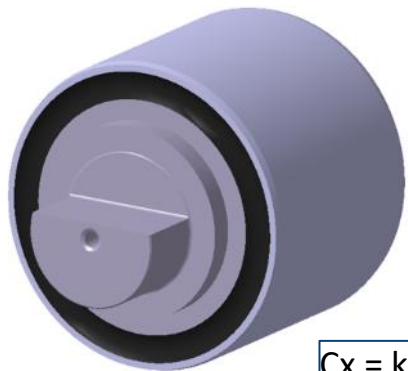
Passive, weiche Radsatzführung

Eine weiche Radsatzführung wird in der Regel mittels weicher Gummilagern in der Radsatzführung realisiert. Das heisst das Achslenkerlager ist so ausgeführt, dass sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung einen gewissen Weg zulässt.

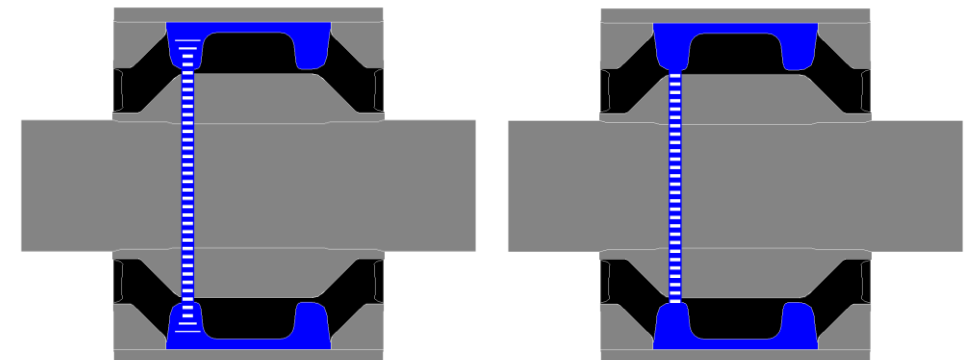
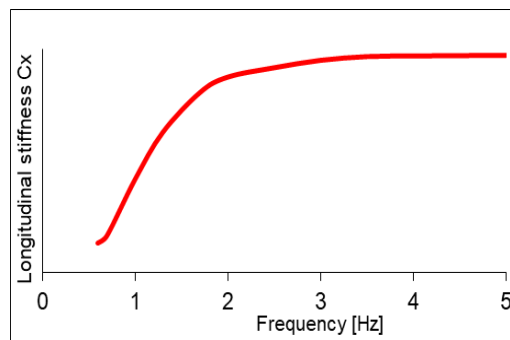
In der Regel sprechen wir hier von Bewegungen bis ca. $\pm 6\text{mm}$.

Mit diesen Bewegungen kommen auch die weiteren Fahrwerkskomponenten wie Primärfederung vertikal, Antrieb und Bremsen klar.

Bei Fahrzeugen, welche für eine höhere Geschwindigkeit ausgelegt werden sollen, kann der Einsatz von hydraulischen Achslenkerlagern sinnvoll sein, welche frequenzabhängig bei schnelleren Bewegungen eine steifere Charakteristik aufweisen.



$C_x = \text{konstant}$
 $2 < C_x < 10 \text{ kN/mm}$



2. Fahrwerkskonzepte

Realisierte Fahrwerkskonzepte

Harte Radsatzführung

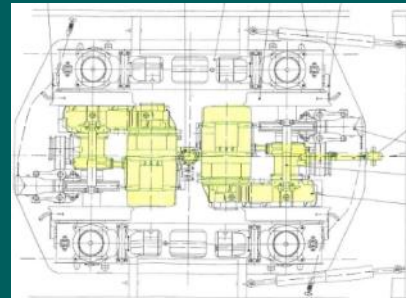
Elastische Radsatzführung

Elastische Radsatzführung mit Radsatzkopplung

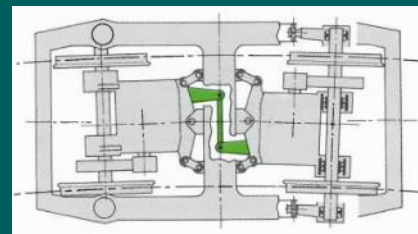
Radsatzführung mit kastenseitiger Steuerung

Aktive Radsatzsteuerung

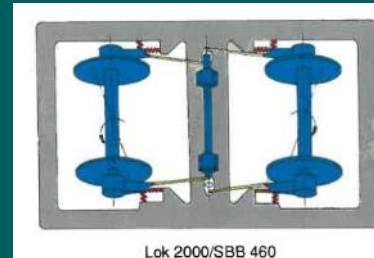
ASM-GTW



RhB Ge4/4 III
MOB Ge 4/4 8000



RhB Panoramawagen, Lok 2000



Weiche Radsatzführung – was bedeutet «zugkraftunabhängig»?

Eine weiche Anbindung der Achslenker am Drehgestellrahmen bedeutet ohne weitere Zusatzmassnahmen, dass unter Zug- oder Bremskräften der Radsatz in Längsrichtung ausweichen kann. Bei entsprechend grossen Längskräften reduziert sich die mögliche Einstellung des Radsatzes, im Extremfall wird sie komplett eingeschränkt.

Bei Vollbahntriebzügen ist dieser Effekt in der Regel vertretbar, da selten über längere Abschnitte hohe oder maximale Zug- oder Bremskräfte auftreten. Zudem reduziert sich das Potential der Radialeinstellung mit zunehmenden Längskräften sowieso, da ein grösserer Anteil der Reibkräfte für deren Übertragung benötigt wird und somit nicht mehr für die Radialeinstellung zur Verfügung steht.

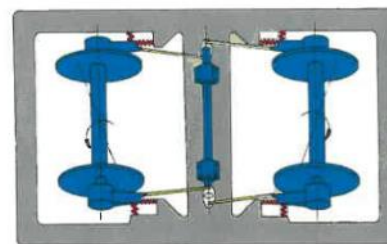
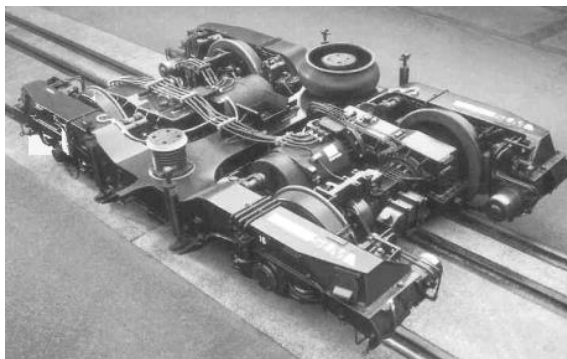
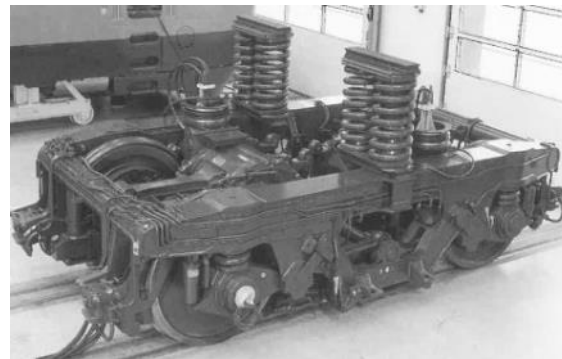
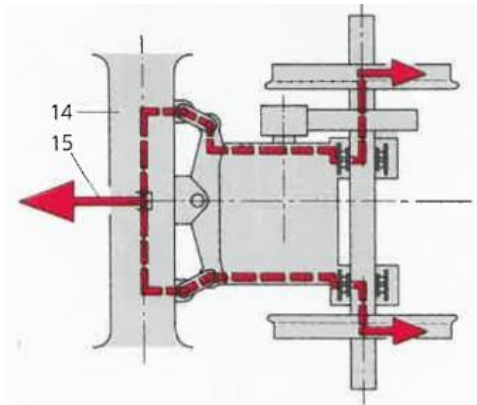
Gelingt es, die Traktions- oder Bremskräfte nicht über die Achslenker zu führen, so kann dieser negative Effekt vermieden werden und es besteht ein wesentlich grösseres Potential für eine sehr weiche Längsführung der Radsätze.

Beispiele: Ge 4/4 III, GTW 1. Generation, SZU Be 4/4, Lok2000, neue MOB/MBC/RhB Loks.

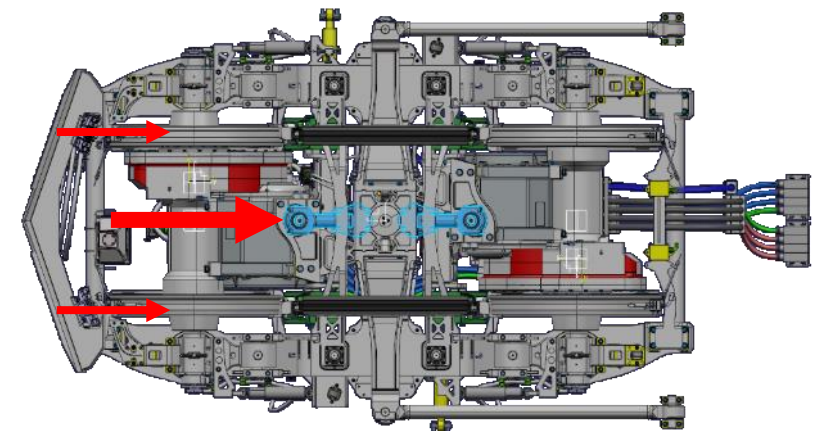
2. Fahrwerkskonzepte

Weiche Radsatzführung – was bedeutet «zugkraftunabhängig»?

Beispiele: Ge 4/4 III, SZU Be 4/4, Lok2000, neue MOB/MBC/RhB Loks.



Lok 2000/SBB 460



Realisierte Fahrwerkskonzepte

Harte Radsatzführung

Elastische Radsatzführung

Elastische Radsatzführung mit Radsatzkopplung

Radsatzführung mit kastenseitiger Steuerung

Aktive Radsatzsteuerung

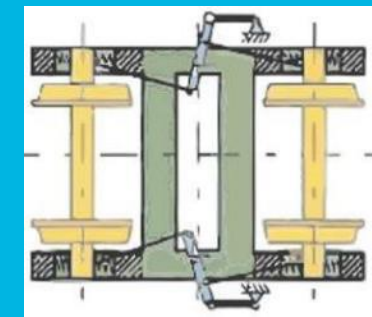
Cobra



Talgo



ICN



Bisher als Prototypen realisiert

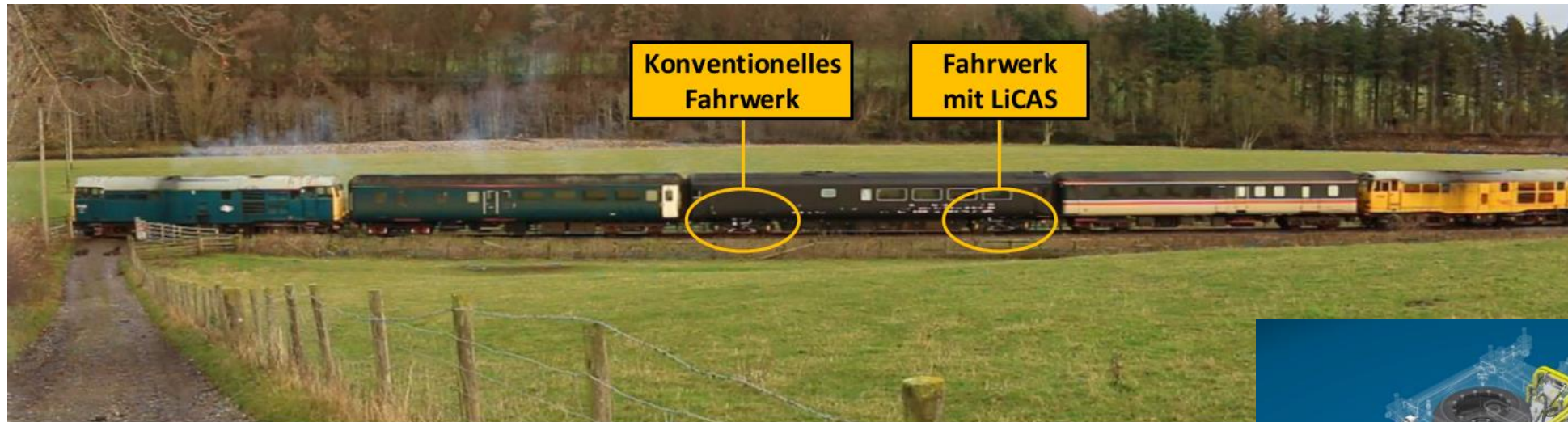
LiCAS



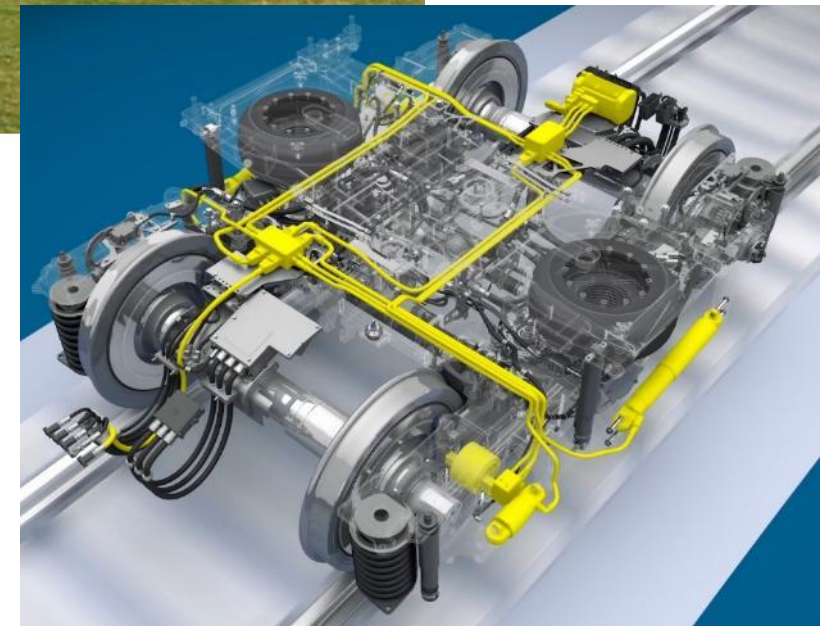
2. Fahrwerkskonzepte

Aktive Radsatzführung, realisiert

Versuche mit einem BT 10 Drehgestell unter einem Mk3 Wagen wurden in UK ab 2018 durchgeführt.



LIEBHERR



3. Versuchsträger

29.04.2026 – Aarau

Roman Assfalg, Stadler Rail Schweiz AG



3. Versuchsträger

Randbedingungen für Versuchsträger

- Kein eigenständiges Versuchsfahrzeug, sondern ein Drehgestell eines bestehenden Fahrzeuges wird durch ein Versuchsträger-Drehgestell ersetzt.
- Versuchsträger soll auf einem Streckennetz mit möglichst vielen Bogenklassen verkehren
 - Versuche in engen Bögen
 - Versuche bei hohen Geschwindigkeiten
 - Möglichst alles auf einem Netz, Vermeidung von Transporten

Zweck des Versuchsträgers:

- Erprobung der Funktionalität und der Einsatztauglichkeit (1-2 Jahre im Fahrgastbetrieb) einer aktiven Radialeinstellung (ARS)
- Vergleich und Messungen von drei Ausführungen:
 - Konventionelle Achslenkerlagerung (harte Radsatzführung)
 - Passive Radialeinstellung (elastische Radsatzführung)
 - Aktive Radialeinstellung mit unterschiedlichen Steuerungsmodi

3. Versuchsträger

Entscheidung für RhB «LDG schwer» als Basis-DG

- Streckennetz der RhB bietet alle Bogenklassen
- Entscheidung gegen MDG:
 - Aktuelle Antriebe nicht für die nötigen Radsatzauslenkungen geeignet
 - Vermeidung der Neuentwicklung eines geeigneten Antriebs
 - Vermeidung Schnittstelle zur Fahrzeugsteuerung, insbesondere bei verschiedenen Antrieben im Fahrzeug
- «LDG schwer» ist ein MDG ohne Antriebe
 - Bauraum für eine Zusatzbremse vorhanden für die Simulation des Schlupfes eines Antriebs
- Drehgestell mit Drehkranz, daher einfachere Messung des Ausdrehwinkels
- «LDG schwer» ist u. A. im Steuerwagen des Capricorn eingesetzt



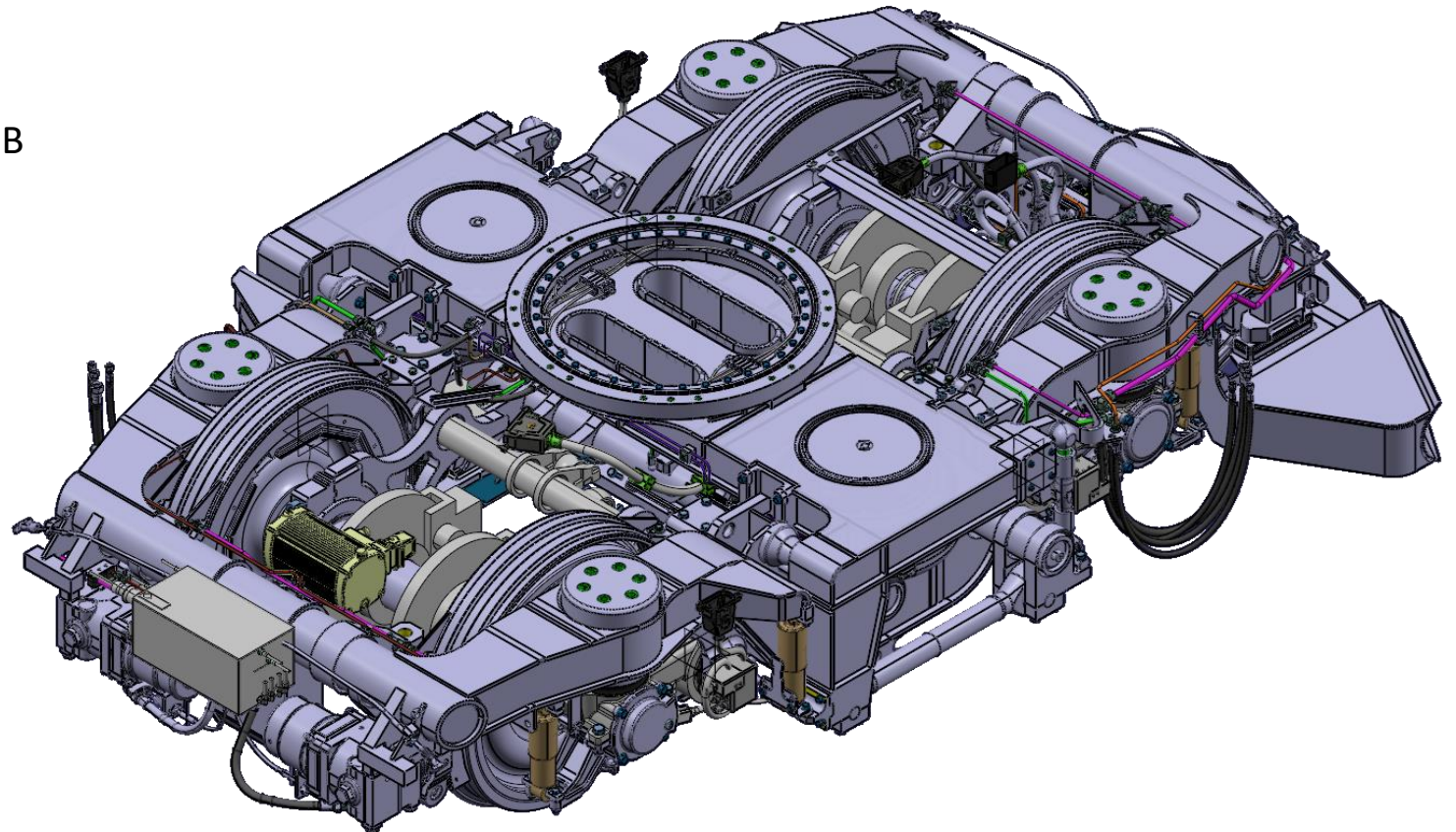
3. Versuchsträger

RAILplus - Versuchsträger

- Basis «LDG schwer» der RhB
- Meterspur

Besonderheiten:

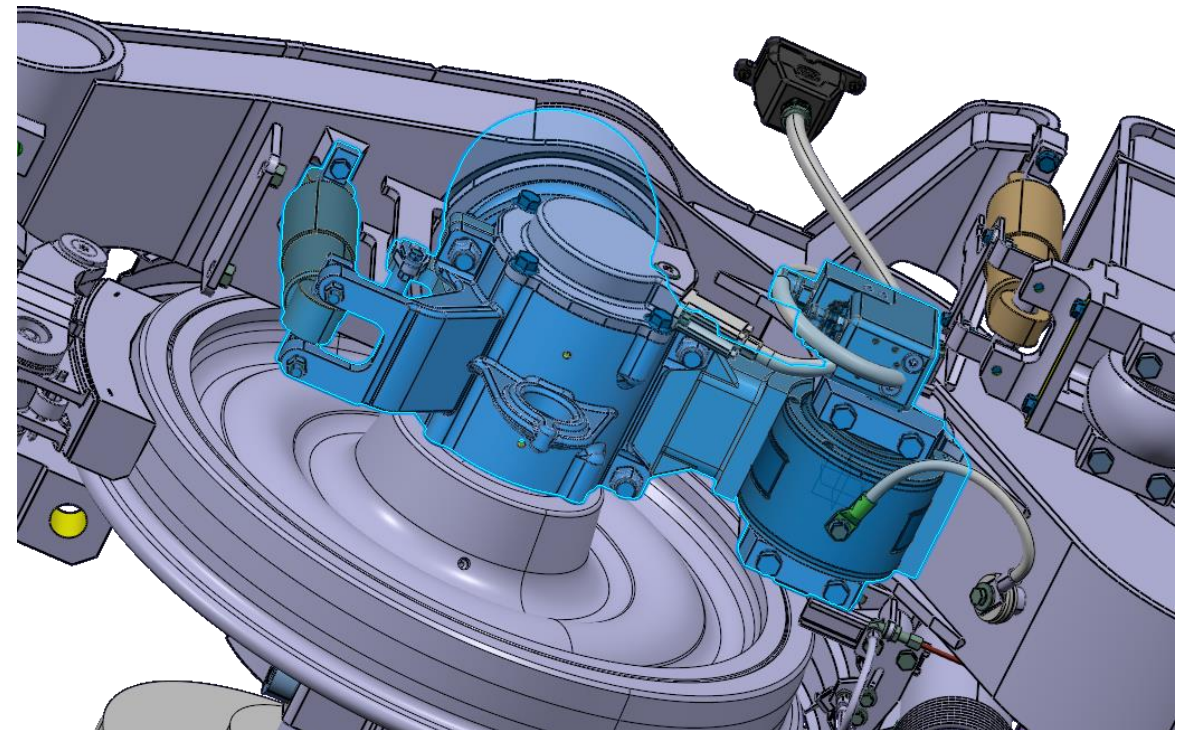
- Einsatz im Capricorn auf dem Streckennetz der RhB
- Erprobung von konventioneller, passiver und aktiver Radialeinstellung
- Versuchsfahrten mit Schlupfsimulation
- Dauerversuch im Fahrgastbetrieb
 - Zulassung erforderlich



3. Versuchsträger

Primärstufe

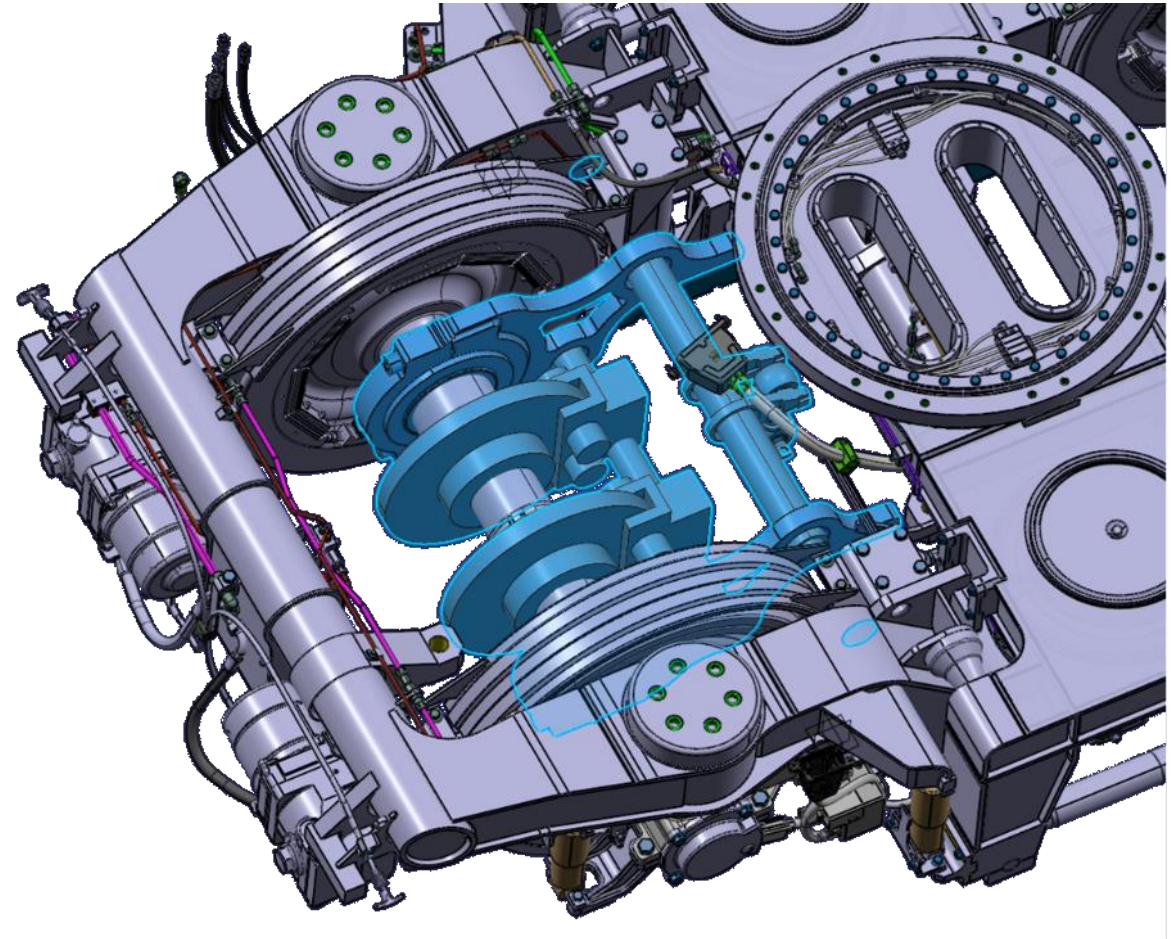
- Primärstufe ausgelegt auf ± 15 mm Längsweg
 - Neuer Federsatz
- Achslenker mit Bohrung $\varnothing 190$ mm
 - für konventionelle Achslenkerlager
 - für hydraulische Achslenkerlager (± 6 mm, passiv)
 - für Aktuatoren (bis ± 15 mm)
- Teilbares Auge für schnellen Tausch der Achslenkerlagerung



3. Versuchsträger

Bremswagen für Simulation des Antriebsschlupfes

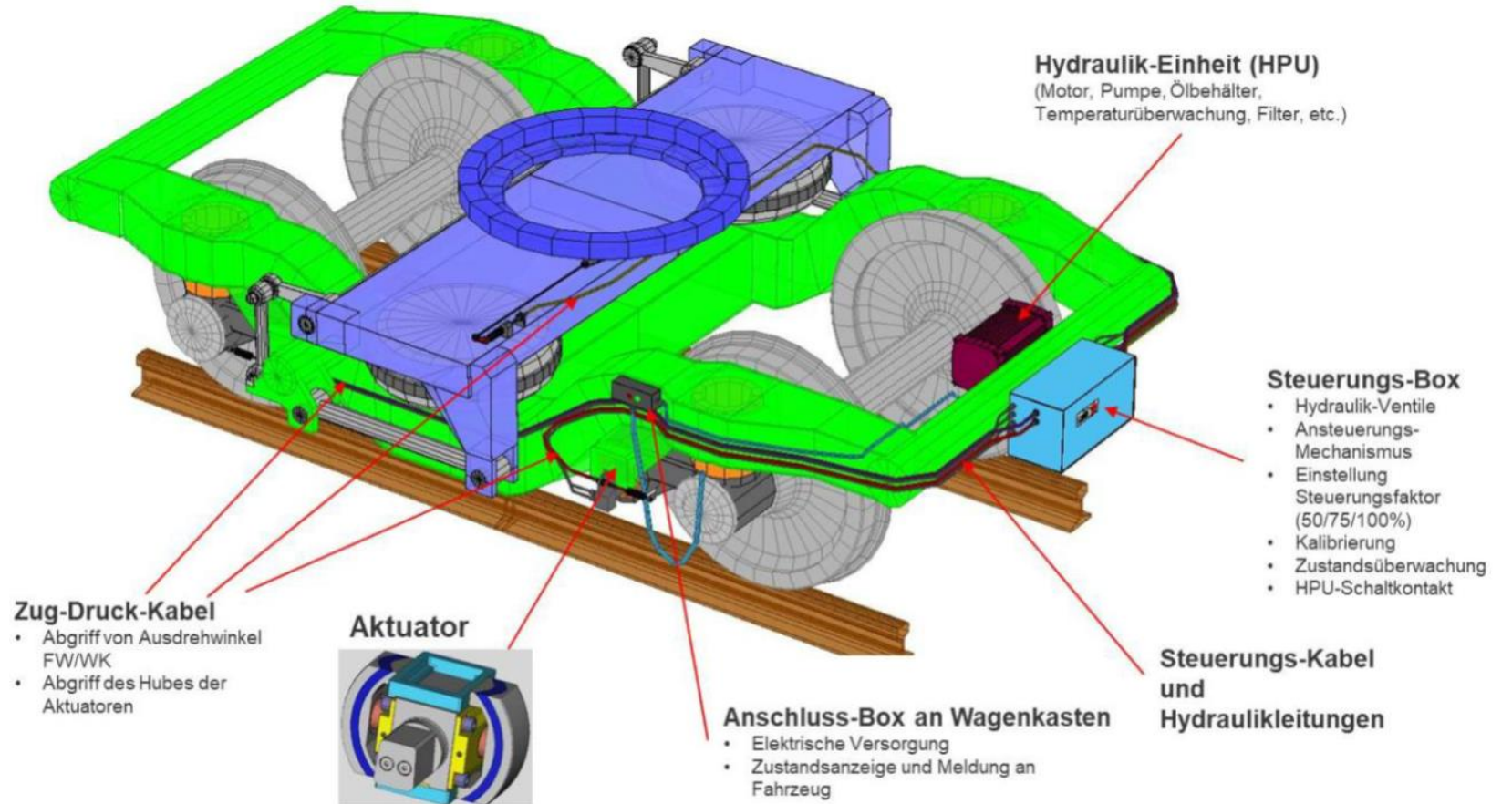
- Zusätzliche, hydraulische Bremseinrichtung
- Erzeugung einer Bremskraft bzw. eines Schlupfwertes zwischen Rad und Schiene für Messfahrten
- Wird für Dauerversuche zusammen mit den Messradsätzen demontiert
- Zusammenarbeit mit RS Engineering AG



3. Versuchsträger

Aktive Steuerung mit «LiCAS-Servo»

- Hydromechanisches System
- Hydraulische Aktuatoren in jedem Achslenker
- Aktive Verstellung bis ± 15 mm
- Elektrische Versorgung aus Fahrzeug (400 V)
- Steuerung über Druck-Zug-Kabel
- Einstellung auf Basis des Ausdrehwinkels am Drehkranz (Kastenseitige Steuerung)
- Entwicklung und Lieferung durch RS Engineering AG

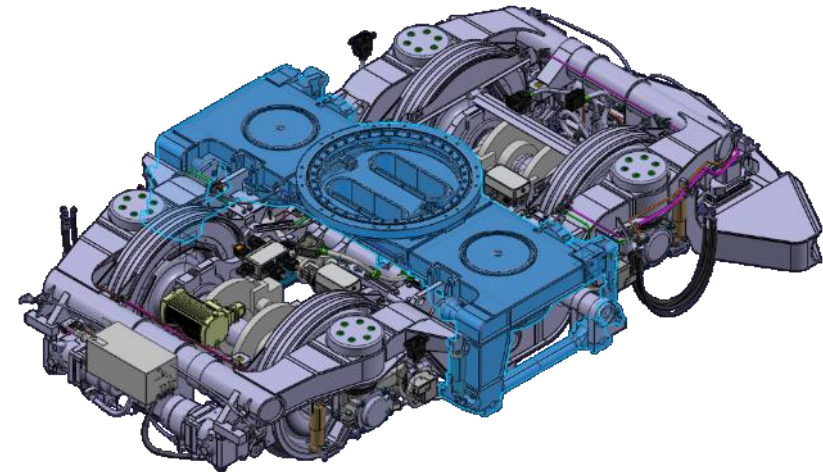
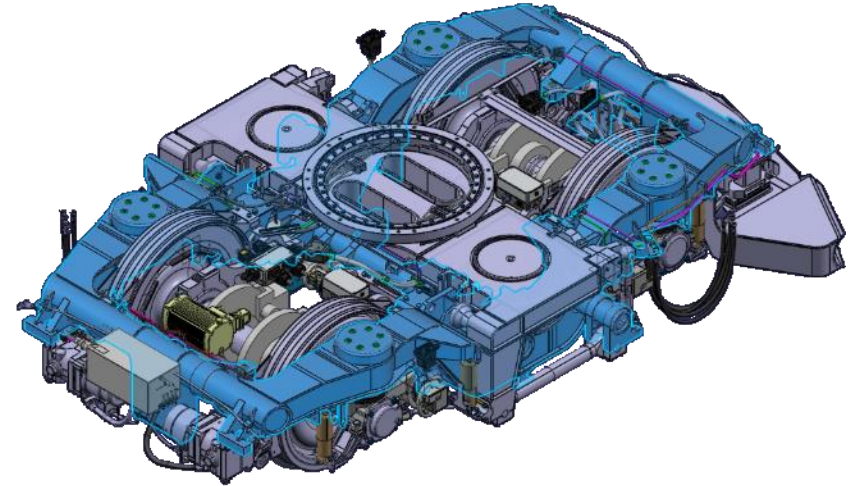


3. Versuchsträger

Drehgestellrahmen und Sekundärstufe

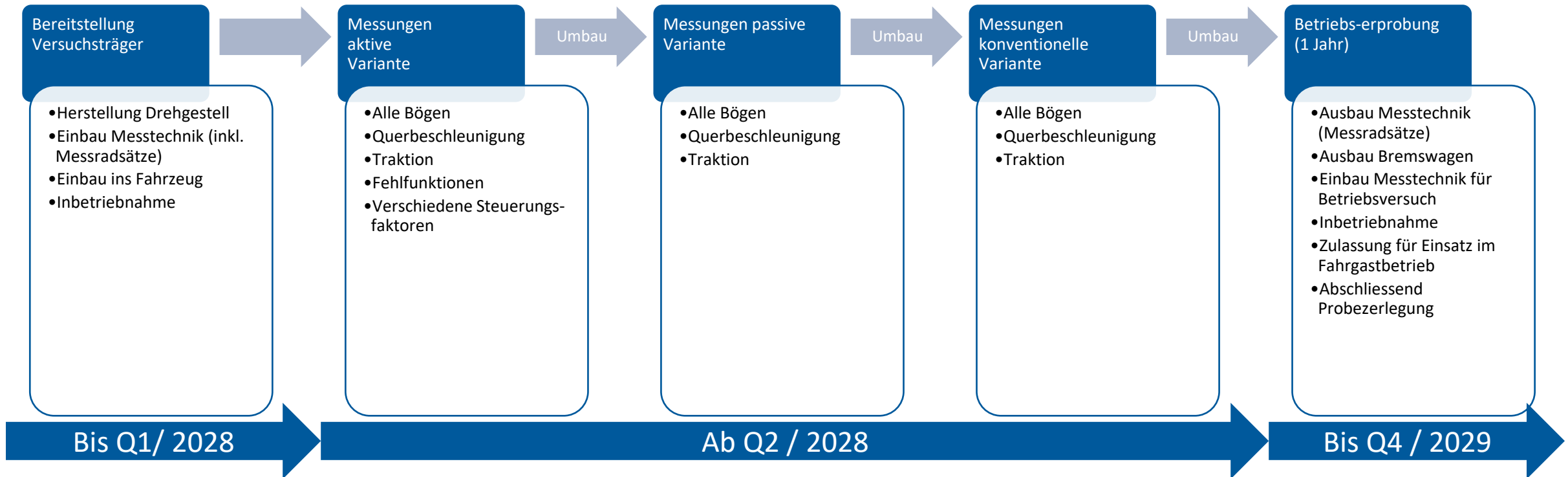
- Neu konstruierter Drehgestellrahmen
 - Entsprechend grosse Freiräume im Federtopf und am Achslenkerlager
 - Schnittstellen für Bremswagen
 - Schnittstellen für sämtliche Ausführungsvarianten

- Sekundärstufe übernommen vom LDG schwer
 - Gleiche mechanische Schnittstelle
 - Ergänzung der LiCAS-Ansteuerung über Ausdrehwinkel



3. Versuchsträger

Ablauf der Versuche



4. Das Projekt Versuchsträger

29.04.2026 – Aarau

Thomas Bucher, RAILplus AG

Das Projekt Versuchsträger

Dez. 2024 - Warum einen Versuchsträger?

Nutzen des Versuchsträgers:

- Der VT dient als Forschungsprojekt für die ganze MS Bahnbranche und klärt das Thema der Radialeinstellungen in den Fahrwerken.
- Mit dem VT wird das wirtschaftlichste Drehgestell für das Meterspursystem gesucht.

Teilziel:

- Ende 2024 entscheiden BAV, RAILplus und SFI das Projekt P5 neu zu orientieren und gibt die Mittel für einen Projektantrag frei.
- Der Projektantrag soll ein mögliches Vorgehen für den Bau eines Prototyps aufzeigen, inkl. Partnerschaften und Finanzierung.

Vorgehen bei der Erstellung des Projektantrages:

- Die Richtungsentscheide wurden im Rahmen Kernteam P5, mit weiteren Projekten der SF, den Bahnen und der Industrie getroffen.
- Sie wurden jeweils im Rahmen eines Soundingboard-VT besprochen und durch das Tech. Board RAILplus validiert.
- Der Projektantrag umfasst ein Grob-, sowie Detailkonzept, vom Groben zum Feinen.

Abschluss der Phase Projektantrag:

- Mit den gewonnenen Erkenntnissen, den Entschlüssen und der Strategie wurde der Projektantrag vom Mgt. Board gutgeheissen.
- Am Mgt. Board Dez. 2025 erhält P5 den Auftrag zur Durchführung des Vorprojektes.
- Das Vorprojekt ist der letzte Meilenstein vor der Phase Realisierung.

Das Projekt Versuchsträger

29.04.2026 – Das Vorprojekt nimmt Form an

Resultate Detailkonzept: Vorbereitung der Realisierungsphase:

- Einreichung Finanzierungsantrag BAV
- Betrachtung der Wirtschaftlichkeit: Business Case zeigt klar positives Potential
- Ausarbeitung der Verträge zwischen den Partnern
- Sicherstellung der Finanzierungszusicherung durch Partner

Eckdaten Projekt:

- Kosten Projekt: 8.5MCHF
- Projektpartner;
 - BAV: Auftraggeber
 - RP: GU, GPL, Vergabe AP
 - STADLER: Entwicklung & Herstellung VT
 - RSE: Entwicklung & Herstellung ARS
 - RhB: Funktionsüberprüfung & Betriebserprobung
 - Liebherr: Lizenzvergabe (Patent-Nutzungsrecht) ARS & Lieferung Aktuator

Ziel: Freigabe Realisierung Juni 2026 nach VR-RAILplus

Der Versuchsträger gibt uns eine einmalige Möglichkeit, die gesammelten Theoretischen Daten und Hypothesen durch eine Funktionsüberprüfung und Betriebserprobung abschliessend zu validieren.

Das Projekt Versuchsträger

Projektziel und Wirkung Versuchsträger

Das Ziel des Versuchsträgers ist die Validierung der Technischen Machbarkeit, der Leistungseigenschaften sowie der Überprüfung der theoretischen Annahmen von ausgewählten Lösungsansätzen. Die Projektziele des Versuchsträgers sind folgendermassen definiert:

- Überprüfung der technischen Machbarkeit der einzelnen Technologien,
- Überprüfung verschiedener Lösungsansätze zur Verschleissreduktion,
- Überprüfung der Fahrdynamischen Eigenschaften inklusive des Einflusses der Traktion,
- Identifikation der Systemgrenzen zwischen aktiver und passiver Radsatzführung (technisch),
- Identifikation der Systemgrenzen zwischen aktiver und passiver Radsatzführung (wirtschaftlich),
- Überprüfung der Annahmen gemäss Theoretischen Analysen (FIMO, BSA, Business Case, etc.),
- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit, Nachweis der Wirtschaftlichkeit der Technologien,
- Nachweis der Erfüllung der Betriebstauglichkeit in einem begleiteten Betrieb,
- Erkennung von potenziellen Problemen im begleiteten kommerziellen Betrieb.

Das Ziel des Projektes Versuchsträgers ist die zukünftige Serienumsetzung für Beschaffungsprojekte der Meterspurbahnen

Das Projekt Versuchsträger

Technische Umsetzung und Versuche

- Der VT wird als Neubau mit harter, elastischer und aktiver Radsatzführung realisiert.
- Das Drehgestell wird als Laufdrehgestell (keine Traktion) als reines Adhäsions-FW (kein Zahnradbetrieb) realisiert.
- Der Einfluss von Längskräften wird mittels einer Messfahrwerk-Bremse (Hydraulische Bremse) simuliert.
- Die Erprobung findet mit dem Radprofil RAILplus_v1A/28.3/25 statt.
- Als Testfahrzeug wird ein RhB Capricorn verwendet.
- Die Hydro-Mechanische Radsatzsteuerung (LiCAS-Servo) wird vorab in einem Dauertest im Labor getestet.
- Die Versuchsdurchführung wird in zwei Phasen aufgeteilt:
 - Funktionsüberprüfung: 14 Wochen
 - Betriebserprobung: 12 Monate
- Ebenfalls werden mit gezielten Messungen an der Infrastruktur die Einflüsse der Fahrwerk-Varianten gemessen:
 - Punktuelle Messung der einbrachten Kräfte
 - Einfluss des Lärms/Geräusche
 - Einfluss der Fahrbahn

Das Projekt Versuchsträger

Versuchsumsetzung

Funktionsüberprüfung

- Dauer ca. 3 Monate
- Messungen mit Messausrüstung, Messräder, Komplette Messtechnik, kein kommerzieller Betrieb
- Messungen in den Konfigurationen **konventionell, elastisch und aktiv**
- Statistische und punktuelle Messungen (aq, Geschwindigkeit, Einfluss Traktion/Bremse)
- Ca. 400 statistische, ca. 300 Punktuelle Messungen geplant
- **Augenmerk: Technische Machbarkeit, Vergleich der Technologien, Wissensgewinnung**

Betriebserprobung

- Dauer ca. 12 Monate
- Kontrolle/Diagnose über Fahrzeugrechner, keine Messausrüstung, kommerzieller Betrieb
- Überprüfung der ARS Technologie
- Bestätigung der Wirkung und Finanziellen Annahmen des Business Case (Wirtschaftlichkeit)
- Langfristige Erkenntnisse für die Partner STA/RhB für zukünftiger Einsatz in Flottenbeschaffungen / Markpotential
- Einsatz auf der Linien der RhB, hauptsächlich Chur – Arosa
- Anschliessend Probezerlegung mit Wissenstransfer
- **Augenmerk: Zuverlässigkeit, Verhalten im Betrieb, Abnutzung**

Das Projekt Versuchsträger

Terminplan und weitere Schritte

➤ Aktueller Terminplan:

Vorprojekt (Q3/2025 – Q2/2026)

Entwicklung / Beschaffungsphase (Q3/2026 – Q1/2028)

Funktionsüberprüfung (Q2/2028 – Q3/2028)

Betriebserprobung (Q4/2028 – Q4/2029)

Auswertungen, Zulassung, Begleitung und Abschluss

➤ Weitere Schritte

- Start der Phase Realisierung
- Ausarbeitung der Versuche, Planungen, etc..
- Start des Engineerings, Konstruktion, Versuche

To be continued....

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

