



Fachtagung Freizeitverkehr: Adhäsion Bergtriebzug

Markus Weber

Interlaken, 30.04.2024

Adhäsion Bergtriebzug

Fachtagung Freizeitverkehr: Adhäsion Bergtriebzug

Inhalt

Herausforderungen

Ausgangslage

Engere Zusammenarbeit mit anderen Bahnen

Ziel des Adhäsion Bergtriebzuges

Roadmap

Machbarkeitsstudie

Bremskonzept

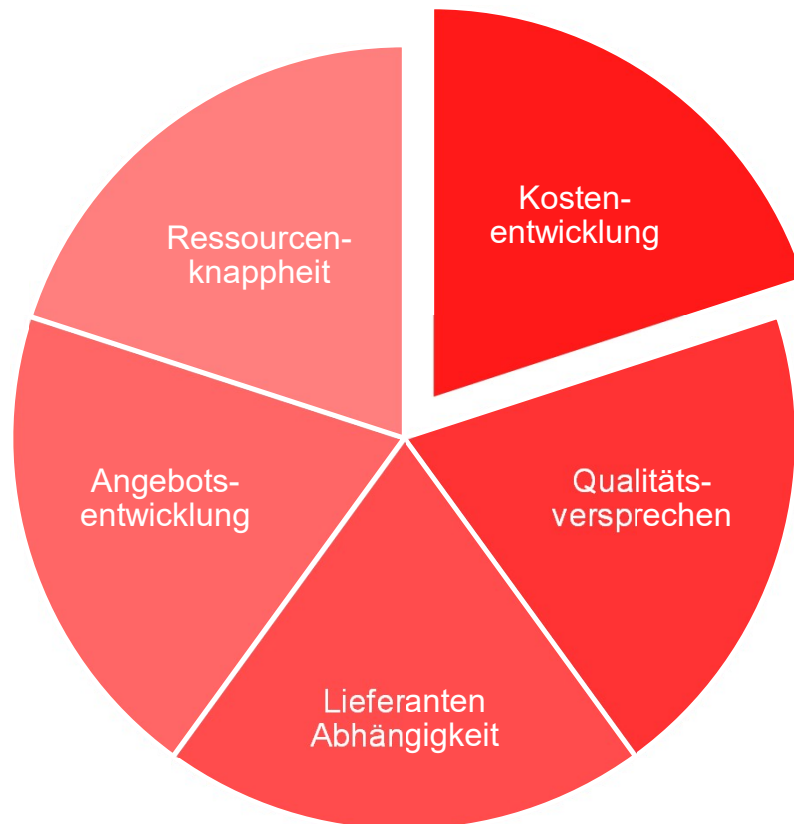
Der Versuchsträger für Phase 5 und 6

Weiteres Vorgehen

Fragen

Herausforderungen der Zentralbahn.

Die Zentralbahn stellt sich den Herausforderungen.

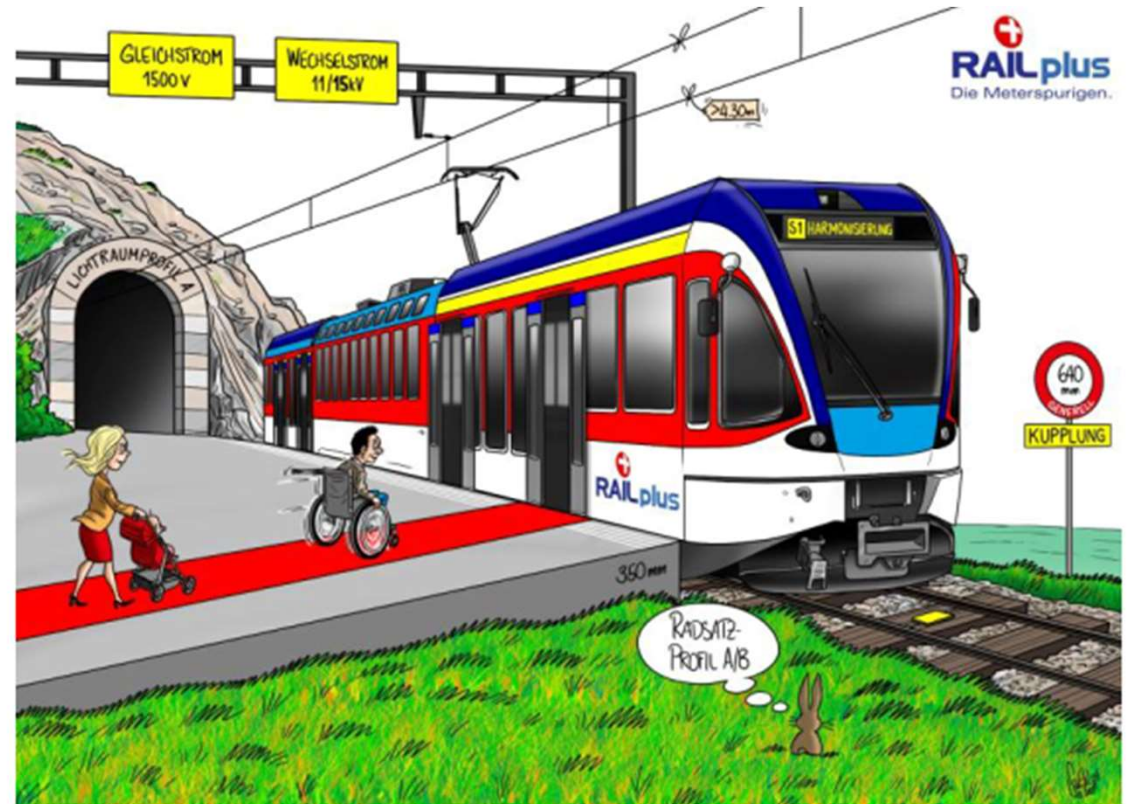


- **Steigende Kosten**
- **Qualitätsversprechen einhalten**
- **Die Ressourcen werden knapper**
- **Angebotsentwicklung sicher stellen**
- **Steigende Lieferantenabhängigkeit**

Ausgangslage.

RAILplus Harmonisierung Fahrzeug/Infrastruktur.

Grösster Hebel bei gleichen Fahrzeugen.



Engere Zusammenarbeit mit anderen Bahnen.

Technische Hindernisse langfristig überwinden.

Langfristige Rollmaterialentwicklung-v1-1.docx

RAILplus
Die Meterspigen.

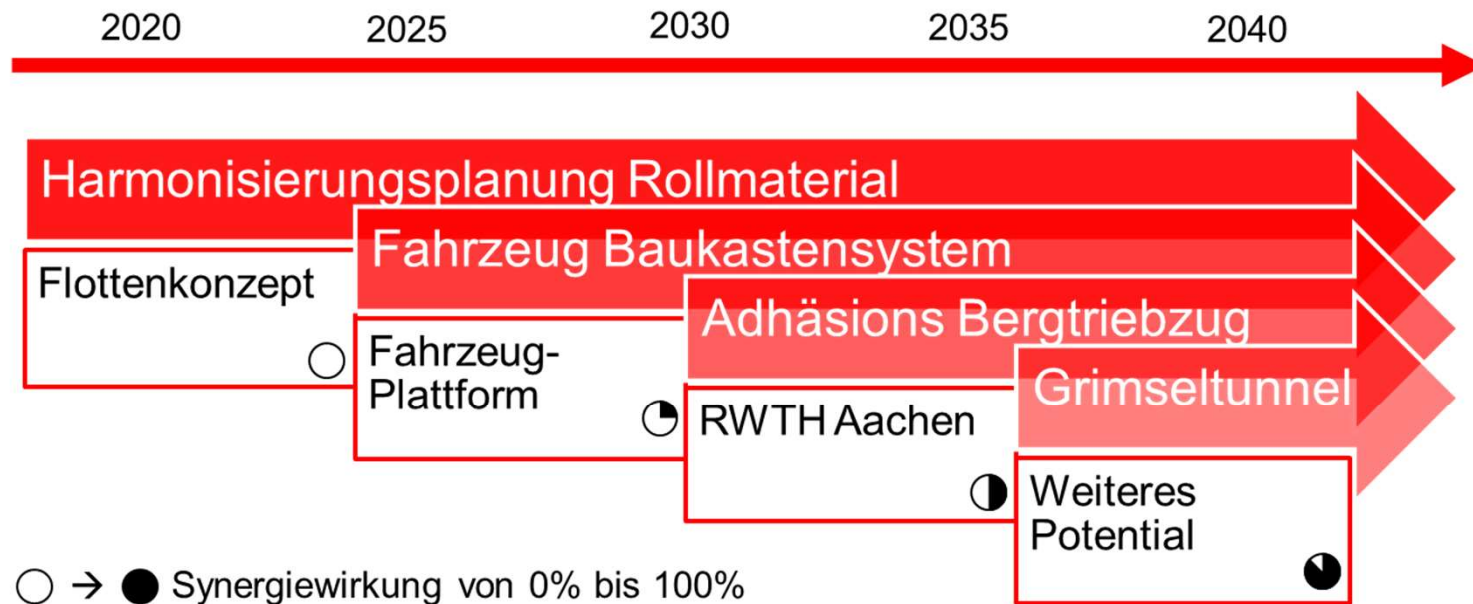
Langfristige Rollmaterialentwicklung MGB/RhB/zb

Dokumentenfreigabe

Fernando Lehner
MGB CEO

Dr. Renato Fasciati
RhB Direktor

Michael Schürch
zb Geschäftsführer



125 Promille Steigung/Gefälle ohne Zahnrad → **Wieso nicht?**

Ziel des Adhäsion Bergtriebzuges.

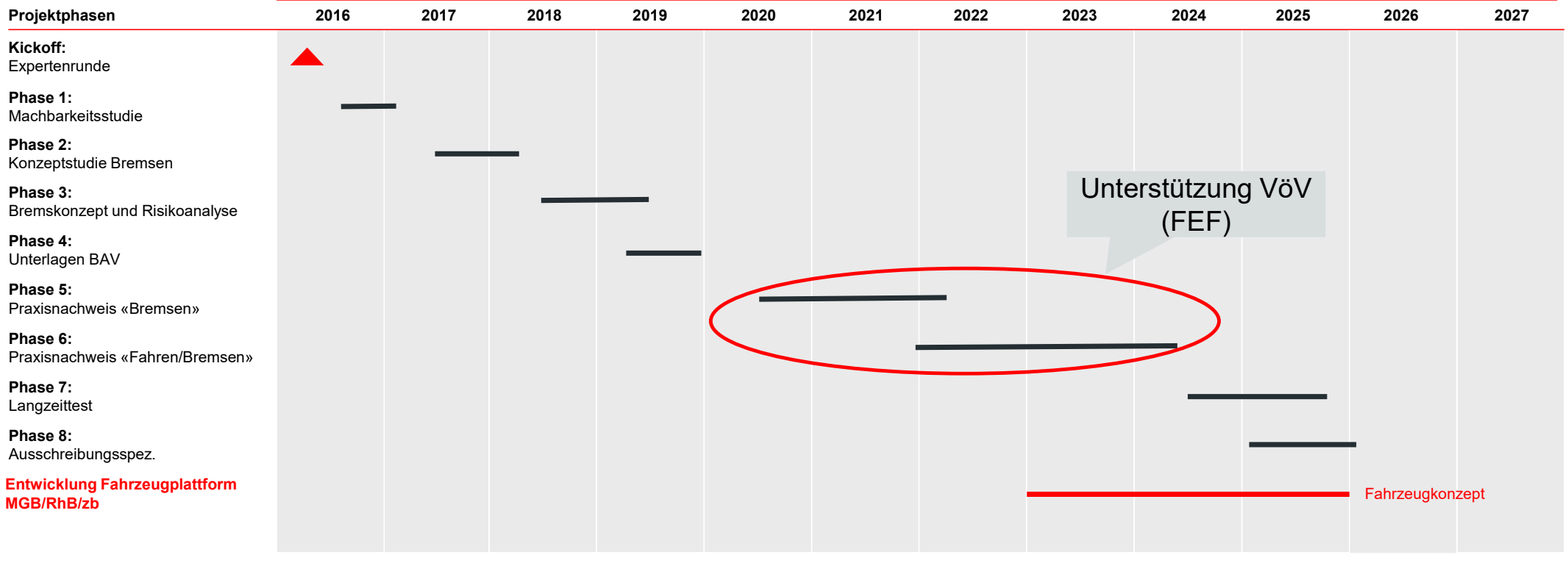
Mit Visionen den Markt beleben.

- Einstiegsschranken für neue Lieferanten reduzieren.
 - Mehr Innovationen
 - Günstigere Preise
- Technische Vielfalt bei den Bahnen reduzieren
 - Harmonisierung der Fahrzeuge
 - Grössere Stückzahlen
 - Günstigere Preise



Roadmap.

Von der Studie bis zum Prototyp.



Machbarkeitsstudie.

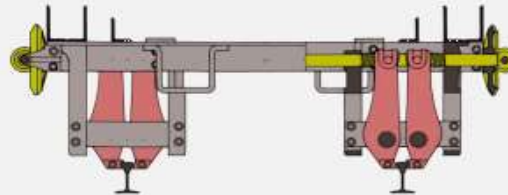
Extrembeispiele aus der Praxis

Tram Lissabon 135‰



- Kein Winterbetrieb
- Kein Laub
- Magnetschienенbremse notwendig um Bremssicherheit herzustellen

Pöstlingbergbahn 116‰



- Geringere Steigung als auf der Zentralbahn
- Zangenbremsen notwendig um Bremssicherheit herzustellen



Beide nicht vergleichbar

Untersuchung.

Rahmenbedingungen und Annahmen

Allgemein

- Adäsionsunabhängige Zusatzbremse
- Sandungsanlage an allen Radsätzen
- Bogenfreundliche Laufwerke (Kurze Radsatzabstände, weiche Radsatzanbindung)
- Abrollbedingungen in allen Bögen erfüllt
- 100% Adhäsion

Beispiel Konfiguration

- 7-Teilig
- 30t pro Wagen
- Standarddrehgestehl
- $Z > 735 \text{ kN}$
- $P > 5,6 \text{ MW}$



Bergfahrt-
betrachtung



Untersuchung.

Szenarien

Heute: Max. Fahrgeschwindigkeiten 40km/h

Ertüchtigt: Max Querbesehleunigung in den Bögen 1 m/s²

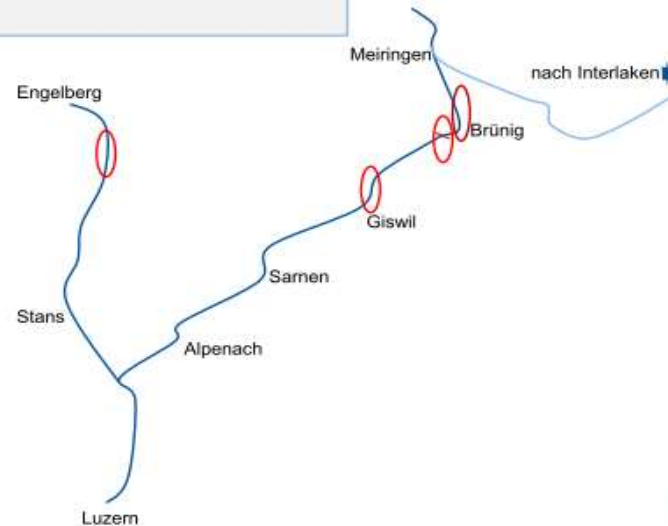
Ausbau: Mit max. Bogenüberhöhung, 2 m/s² Querbesehleunigungen



$$a = \frac{v^2}{r} \quad \leftrightarrow \quad v = \sqrt{ra}$$

- Betrachtung in 4 Abschnitte eingeteilt

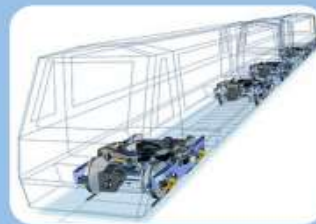
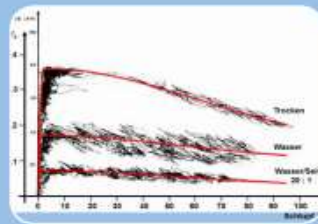
- Anfahren wird gesondert betrachtet



Erstes Fazit nach einer ersten Betrachtung mit der Hochschule RWTH Aachen

Ein Adhäsions-Bergtriebzug ist möglich.

Adhäsionsbetrieb auf der Zentralbahn an der Grenze des physikalisch möglichen

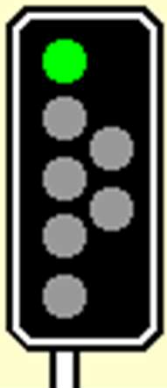


Einschränkungen:
Winterdienst mit Adhäsionsfahrzeugen nicht möglich

Kraftschluss:
Tatsächlicher Kraftschluss unbekannt

Zugkonzept:
Zug muss optimal ausgelegt sein. Bogengängig, Abrollbedingungen, Leistung, Moment!

- Strecke Luzern – Engelberg ohne Zahnradfahrzeuge ist gut denkbar.
- Strecke Luzern – Interlaken ohne Zahnradfahrzeuge ist kritisch jedoch nicht undenkbar.
- Eine einfache Zahnstange ist für Dienstzüge und für die Schneeschleuder noch notwendig.
- Die Weiterführung des Projektes bieten Chancen die Antriebstechnik weiter zu optimieren.



Empfohlenes Bremskonzept.

Erkenntnisse Phase 2

Es kann die Empfehlung gegeben werden, die Zahnradbremse zu ersetzen durch eine

- Kombination aus einer Allachs-Adhäsionsbremse als automatische Bremse, einer
- ergänzenden Antriebsbremse als zusätzliche Bremse kombiniert mit einer Feststellbremse und
- der Magnetschienenbremse als Sicherheitsbremse, s. Abb.17.

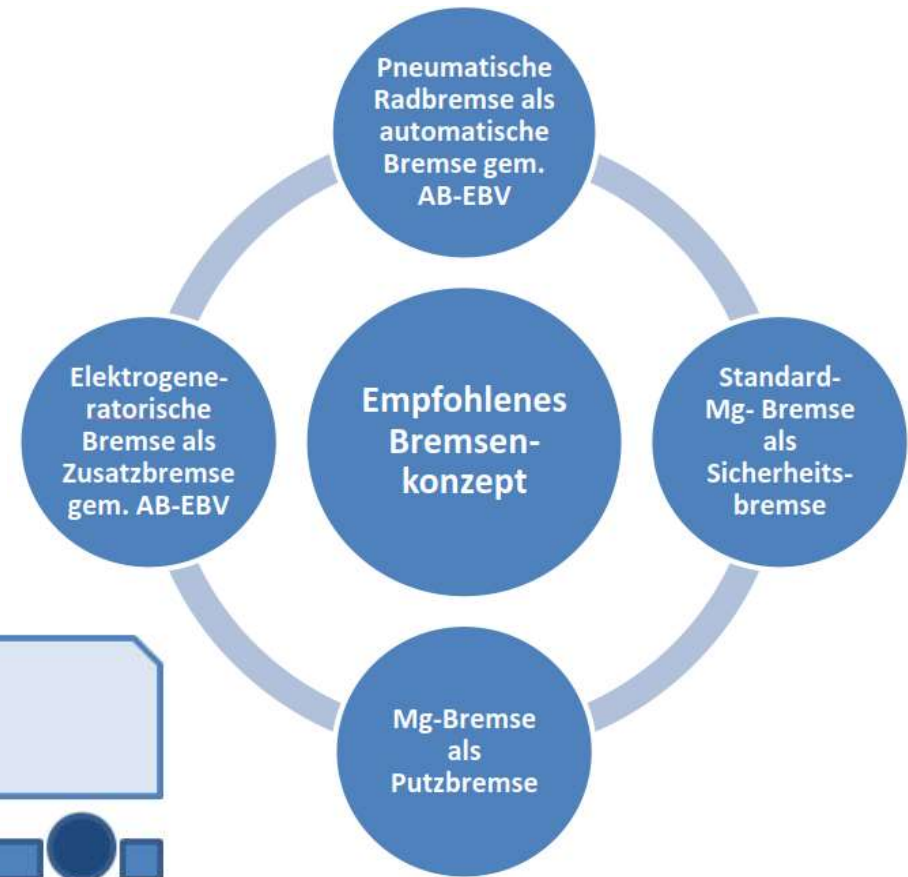
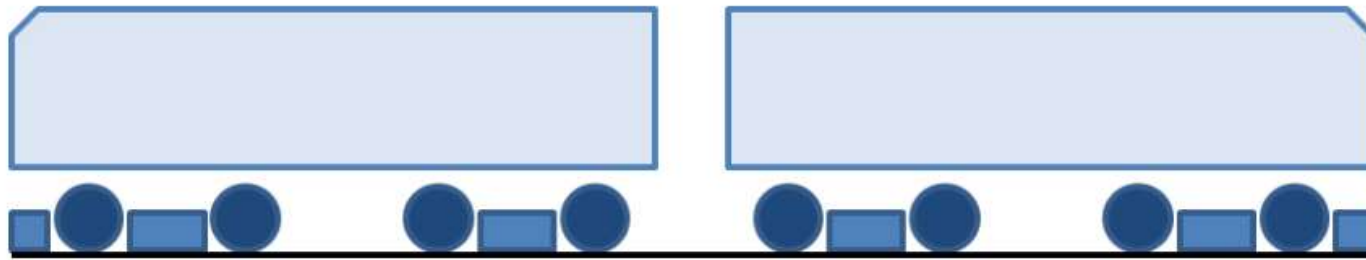


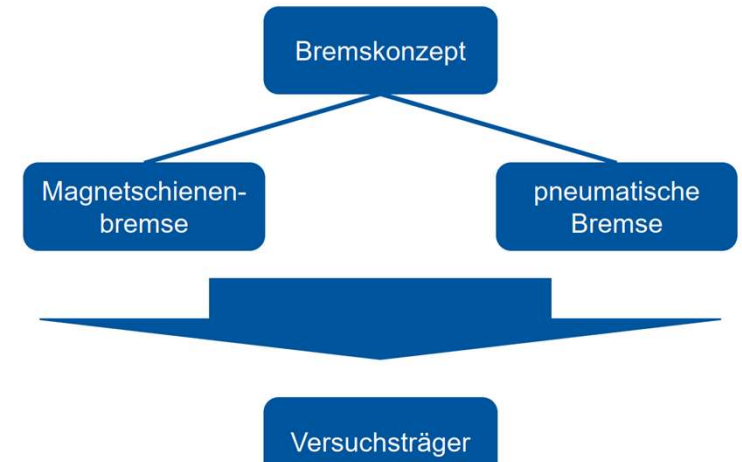
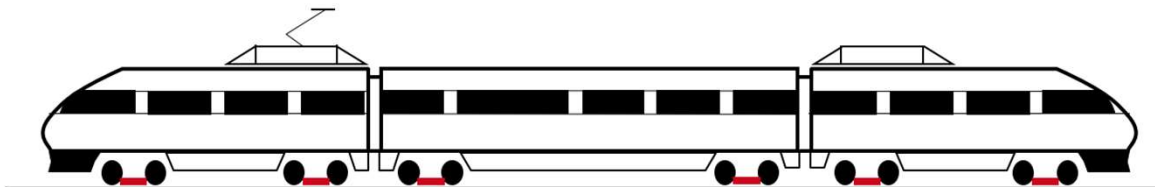
Abb. 17: Schaubild Empfehlung für ein Bremskonzept

Konzept Adhäsion Bergtriebzug.

Alle Optionen werden in Phase 3 geprüft.

Anforderungen an den Versuchsträger

Art der Bremsen	Pneumatische Klotzbremse, Magnetschienensbremse, Elektrische Bremse (Zahnradbremse ausschaltbar)
Bremstellung der pn. Bremse	Direkt
Art der pn. Bremse	Klotzbremse
Anzahl der Magnetschienensbremse	min. ein Drehgestell mit zwei MG-Bremsen
Sonstiges	-Sandungsanlage -Zugang zu den Daten der Gleitschutzsteuerung



Sensor	Messgröße / Zweck
Wegsensor	Radlast → Kraftschlussbeiwert
Drucksensor	Anpresskraft → Bremskraft → Kraftschlussbeiwert
Druck Atmos	Vergleichswert → Bremskraft
Geschwindigkeit Trans.	Schlupf, Referenzgeschwindigkeit
Drehzahlgeber	Schlupf
Drehmoment	Antriebskraft, Bremskraft, Fahrzustand (Ant./Br.)
Kraftmessdosen	Mg-Bremskraft
Beschleunigungssensoren	Radlast, Gesamtbremskraft, Steigung

Zusammenfassung nach der Phase 4.

Auflagen erfüllt

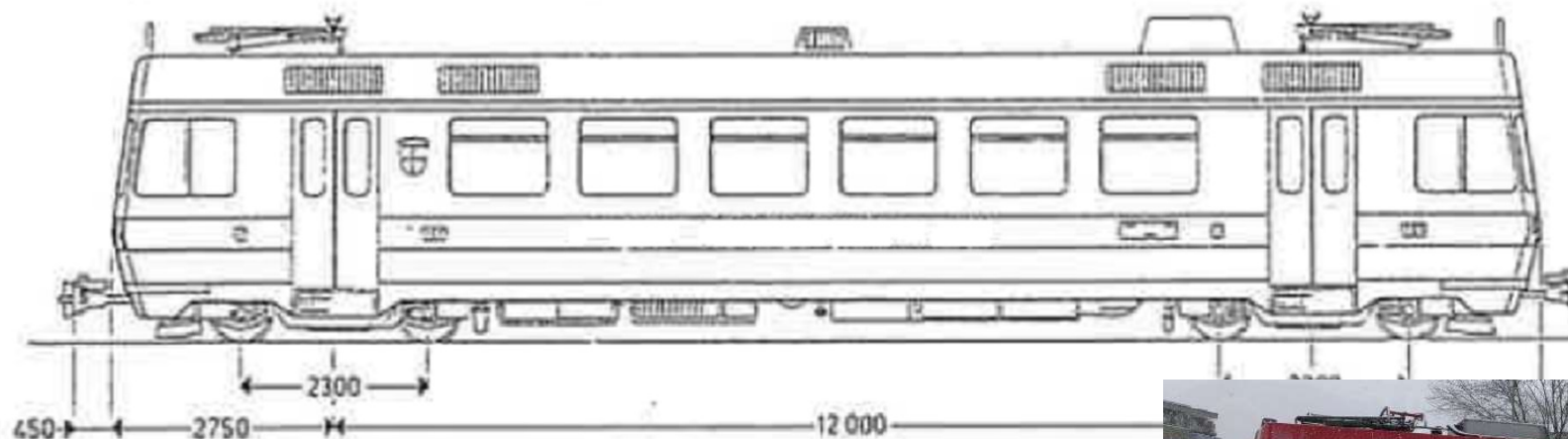
Das beschriebene Konzept erfüllt die von der AB-EBV gestellten Anforderungen und stellt sicher, dass keine inakzeptablen Risiken entstehen und verhältnismäßige risikoreduzierenden Maßnahmen ergriffen werden.



Der Versuchsträger für Phase 5 und 6.

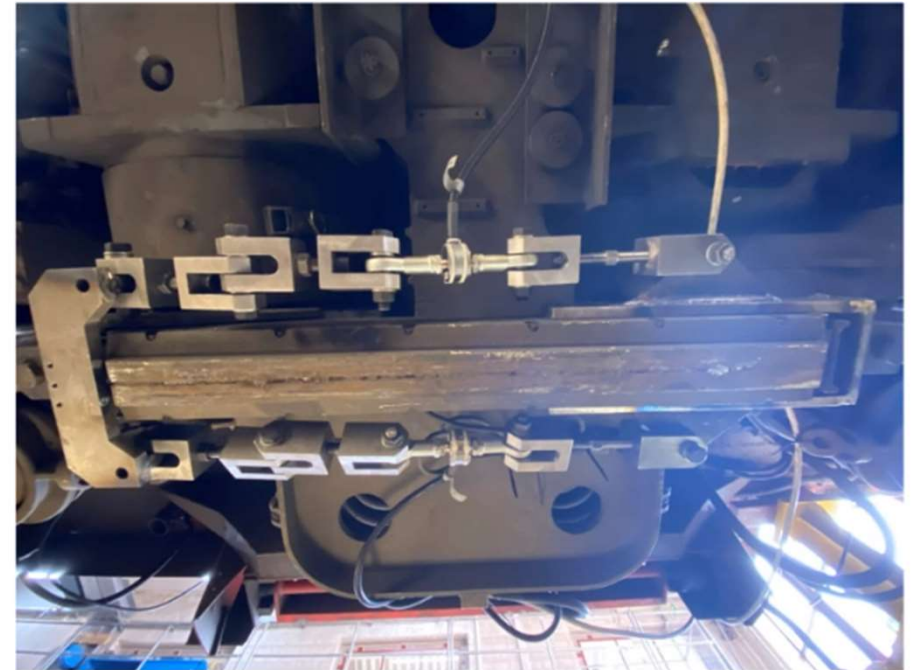
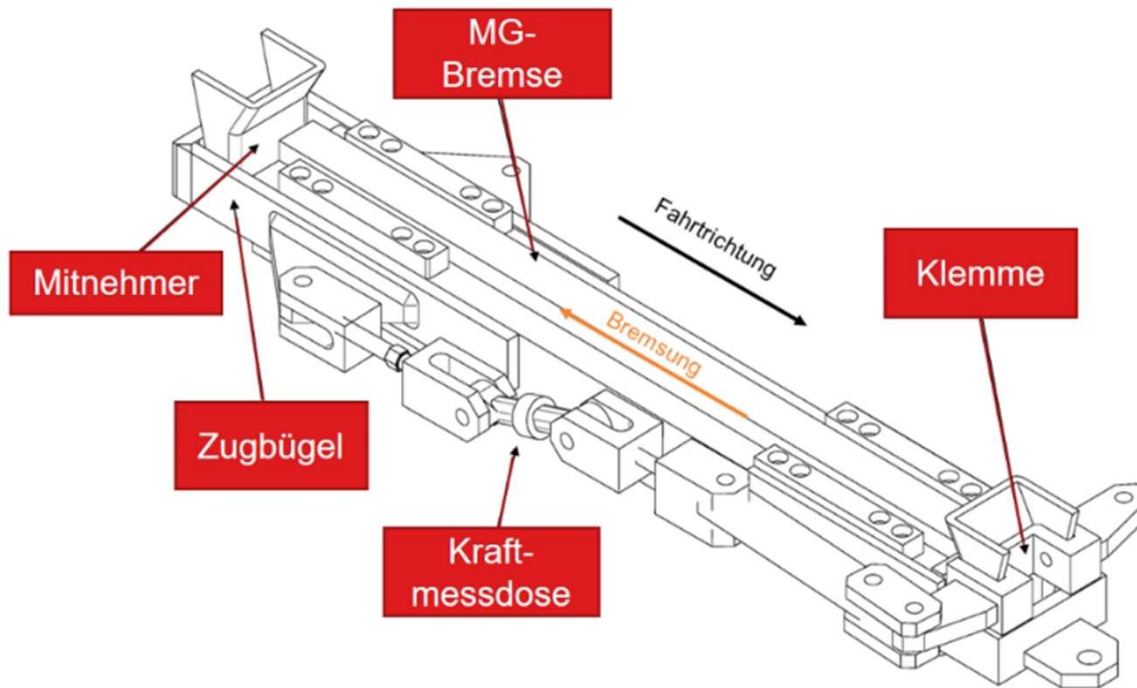
Mit minimalen Kosten das Optimum erreichen.

- Das Fahrzeug wurde für die Frauenfeld-Will Bahn gebaut
- Als Reservefahrzeug bei der ASm im Einsatz
- Versuchsträger bei der zb für das Konzept Adhäsion Bergtriebzug



Einrichtung des Fahrzeuges mit Messeinrichtungen.

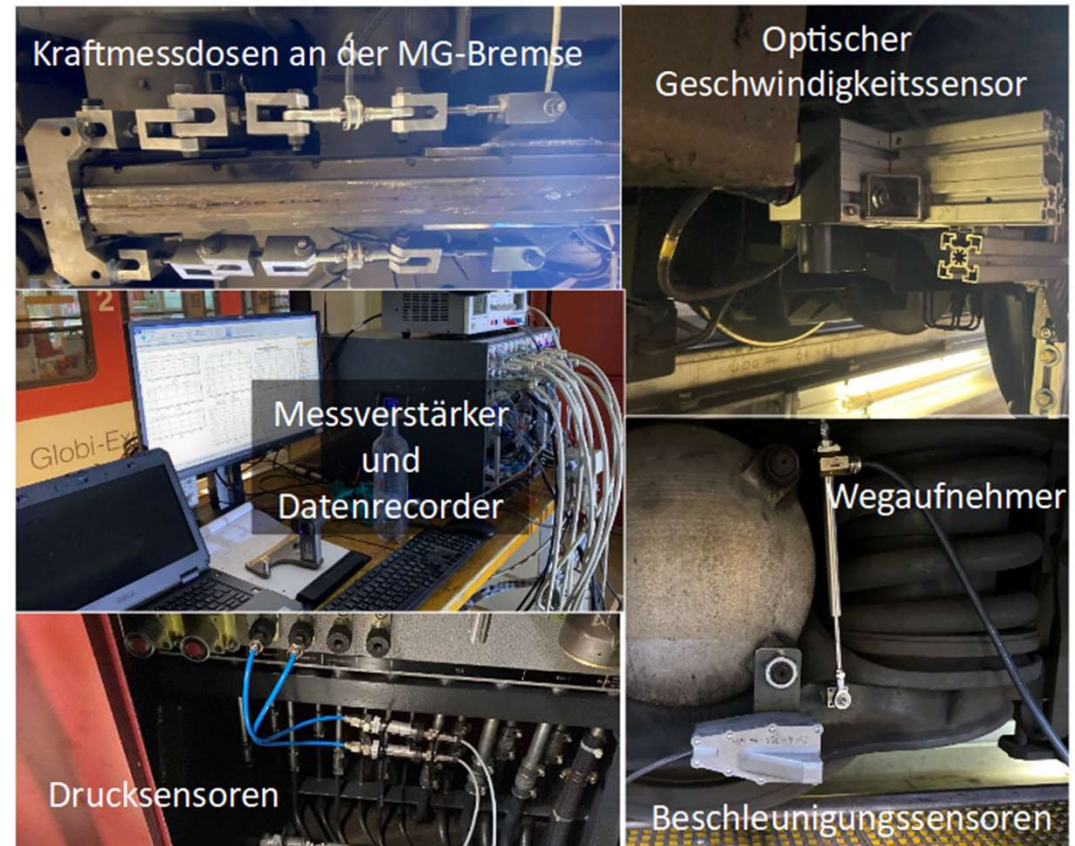
Magnetschienenbremse.



Einbau zahlreicher Sensoren.

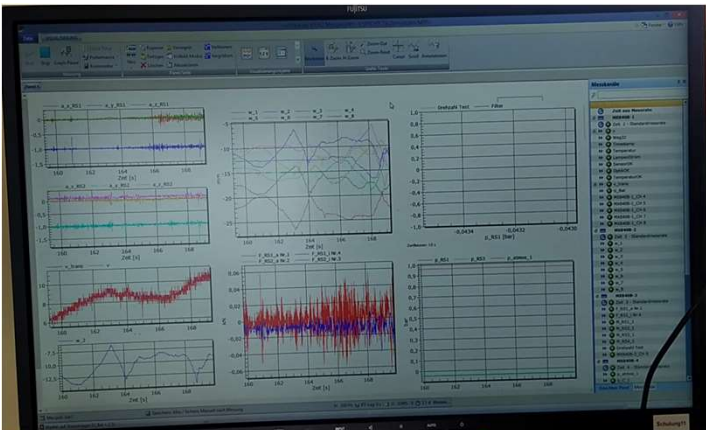
Vielseitige Messungen.

Messgröße	Sensor	Messstelle	Anzahl	Zweck
Drehzahl	Drehzahlgeber	Radsatz / Fzg-Steuerung	4	Berechnung Schlupf
Transl. Geschwindigkeit	Kistler optischer Sensor	Gleis	1	Berechnung Schlupf
Federweg	TWK induktiver Wegaufnehmer	2 x Drehgestell	2x4	Berechnung Beschleunigung
Druck Bremsleitung + Atmosphäre	KELLER Drucktransmitter	Bremszylinder 1 pro Drehgestell +1 Atmosphäre	2+1	Berechnung pp. Bremskraft
Motordrehmoment	Wird von der Steuerung abgegriffen	Fzg-Steuerung	Max. 4	Referenz für Beginn / Ende Bremsvorgang
Beschleunigung	PCB Piezoetronics DC Response Accelerometer	Drehgestell R/L X.Y.Z	6	Berechnung Bremskraft
Bremskraft Mg-Bremse	HBM U9C Kraftmessdose bis 50 kN	Mg-Bremse	4	Berechnung Bremskraft Mg-Bremse



Tests im Tunnel Engelberg bei 105 Promille Gefälle.

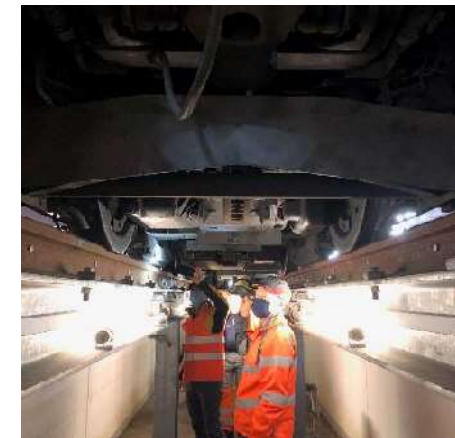
Pragmatischer Weg mit Kompromissen.



Zweite Testfahrten.

Funktionstests auf der Strecke 474 Mr-Inn.

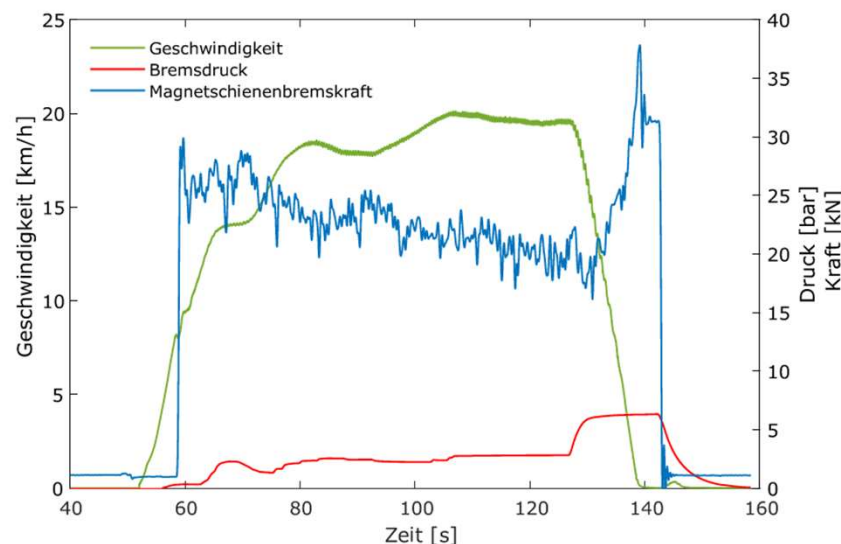
- Programm für die Funktionstests durch die RWTH Aachen erstellt.
- Überfuhr auf der Strasse von Stansstad nach Interlaken, danach auf der Schiene bis Meiringen.
- Umbauten Magnetschienenbremse durch Schwarzer GmbH
- Einbau der Hardware, Sensoren, Wässerungsanlage und Schienenbürsten durch RWTH Aachen in der Werkstatt Meiringen.
- Funktionstests in mehreren Nachtschichten durch RWTH Aachen und zb durchgeführt.
- Fahrten bei verschiedenen Geschwindigkeiten ab 5 km/h schrittweise angehoben.
- Diverse Schienenkonditionierungen bei jedem Tempo simuliert:
trocken, nass mit und ohne Schmierseife, mit Sand, mit Schienenbürste.
- Auswertungen der Daten durch RWTH Aachen noch ausstehend.



Ergebnisse der ersten Praxistest.

Grünes Licht für die Phase 6.

Das vom IFS entwickelte Konzept zeigt in den Voruntersuchungen, dass ein Einsatz von reinen Adhäsionstriebzügen auf den Trassen der zb Zentralbahn AG mit akzeptabler Sicherheit prinzipiell möglich ist. Im nächsten Schritt soll ein derzeit in Planung befindlicher Versuchsträger diese Ergebnisse durch weitere Testfahrten mit Fokus auf schlechteren Witterungsbedingungen und Schienenverunreinigung untermauern. Neben den Versuchen zur Bremswirkung soll durch erste Praxistests die Möglichkeit des Fahrens auf weitere Zahnstangestrecken mit dem Versuchsträger im Jahre 2024 nachgewiesen werden.



Phase 6: Testfahrten auf dem Netz der zb

Be 125 014 auf Brünig Südrampe 125 ‰ (oder nochmals im Tunnel Engelberg 105 ‰)

- Möglicher Termin wäre KW 20 bis KW 22 im Mai 2024
- Sämtliche Installationen am Be 125 014 (Magnetschienenbremse, Hardware, Sensoren, Wässerungsanlage, Schienenbürsten und Kupplungsadapter) sind bereits getätigt und erfolgreich getestet worden.



Testfahrten auf dem Netz der zb

Variante 1: Brünig Südrampe Bremsversuche autonom.

- Bergfahrt: gestossen von HGm 104 00X
- Talfahrt: autonom
- Generator: mit 400 V 4.5 kW stellt uns zb Historic zur Verfügung
 - ✓ 220 Volt: Strom Versorgung für Computer
 - ✓ 380 Volt: für den Transformer auf 36 V von der IH BI Stansstad
 - ✓ 36 Volt: mit Transformer für die Fz Bedienung und MG-Bremse
- Kompressor: mit 2.2 kW, RWTH Aachen wird einen mitbringen
 - ✓ Druckluft: min. 10 bar für die Speisung der 2 Lufttanks mit je 150 Liter



Testfahrten auf dem Netz der zb

Variante 2: Brünig Südrampe nur Bremsversuche gekuppelt.

- Bergfahrt: gestossen von HGm 104 00X der Infra
- Talfahrt: gekuppelt
- Energiequellen: ab dem Traktor HGm 104 00X
 - ✓ Druckluft: für die Betriebsbremsen
 - ✓ 36 V Strom: für die Fz Bedienung und MG-Bremse
 - ✓ 220 V Strom: Notstrom-Aggregat der zb für Computer
- Zusatzgewicht: kann durch zusätzliche neue Sensoren der RWTH zwischen Kupplung und Fahrzeug mit wenig Mehraufwand errechnet werden.



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung

