

# **Forum Energieeffizienz**

## **Dienstag, 29. Januar 2019**

### **WS1 Infrastruktur**

**Direkteinspeisung erneuerbarer Energie  
in die Fahrleitung und Energiespeicher**

Marcel Reinhard  
SBB, Projektleiter

Julius Bosch  
SBB, rENewable

Markus Enzler  
RBS, Leiter el. Anlagen

Andreas Werren  
RBS, Elektroplaner

## Programmablauf

Begrüßung / Vorstellung / „Kaltstart“-Brainstorming zum Einstieg

Präsentation Projekte im Plenum

WS1

- FL Einspeisung ab PV DC (RBS;ENZler / Werren)
- Statische Energiespeicher (RBS;ENZler)
- FL Einspeisung ab PV AC (SBB;Reinhard / Bosch)

Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3 Kleingruppen)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - „Technisches“       | ENZler   |
| - „Marketing“         | Bosch    |
| - „Rahmenbedingungen“ | Reinhard |

Zusammenfassung / Abschluss      Postenverantwortliche

## Brainstoming

**Was gibt es für alternative Möglichkeiten, Energie in ein Fahrleitungsnetz einzuspeisen?**

## Brainstoming

**Speichermöglichkeiten im Bereich der  
Bahnstromversorgung?**

## Brainstoming

**Wo gibt es Potential zur Steigerung der Energieeffizienz im Bereich der Bahnstromversorgung?**

## Programmablauf

Begrüßung / Vorstellung / „Kaltstart“-Brainstorming zum Einstieg

Präsentation Projekte im Plenum

WS1

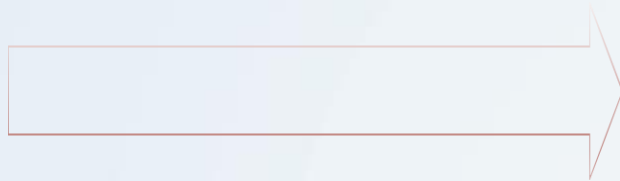
- FL Einspeisung ab PV DC (RBS; Enzler / Werren)
- Statische Energiespeicher (RBS; Enzler)
- FL Einspeisung ab PV AC (SBB; Reinhard / Bosch)

Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3 Kleingruppen)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - „Technisches“       | Enzler   |
| - „Marketing“         | Bosch    |
| - „Rahmenbedingungen“ | Reinhard |

Zusammenfassung / Abschluss      Postenverantwortliche

# FL Einspeisung ab PV (AC)



 **SBB CFF FFS**

# FL Einspeisung ab PV (DC)

Markus Enzler  
RBS, Leiter el. Anlagen

Andreas Werren  
RBS, Elektroplaner

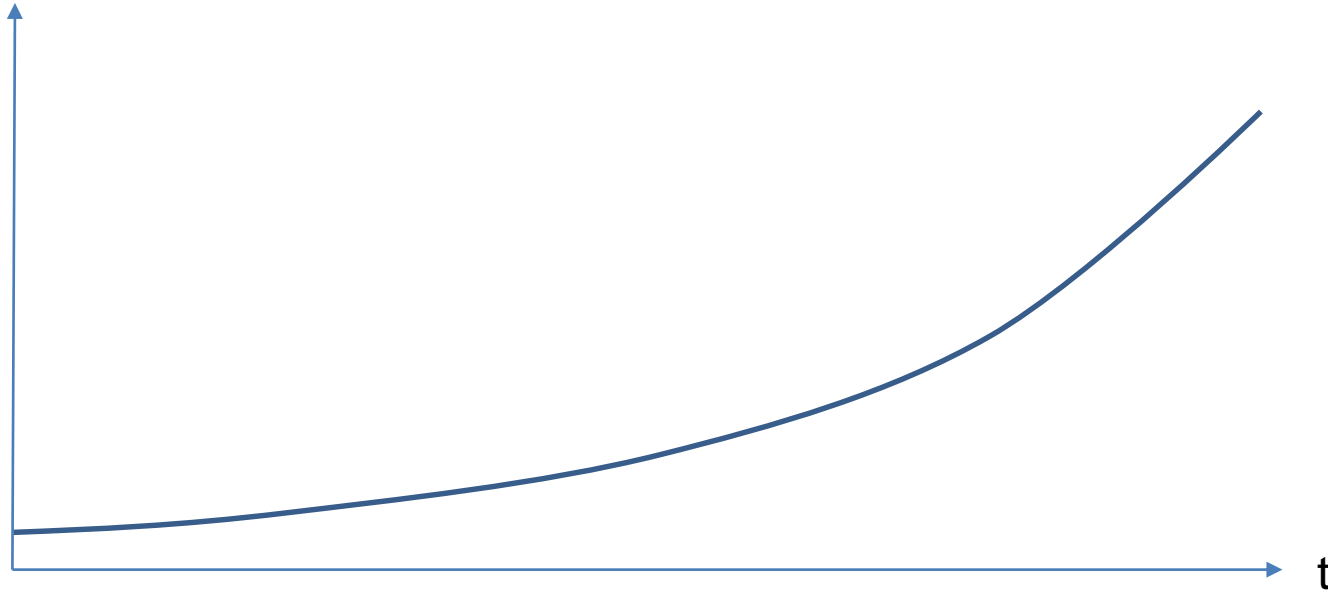


## Potential

**Bahn hat als Infrastrukturbetreiberin viele Flächen, welche potenziell als Flächen für PV-Anlagen genutzt werden könnten.**

- Dächer von Gebäuden wie Depotanlagen oder Werkstätten**
- Perrondächer / Bahnhofgebäude**
- Lärmschutzwände**
- Böschungen / Stützmauern**

Angebot / Energieverbrauch



Angebot Bahn steigt (dichter Takt, längere Züge, Ausweitung Betrieb)

zusätzlich schwerere Fahrzeuge (Crashnormen, Einrichtungen)

zusätzlich höhere Ansprüche der Kunden (Klimaanlagen, Infotainment)

## Studie RBS:

**Nicht jeder Standort oder jede Fläche ist aber gleich gut geeignet für die Installation einer PV-Anlage...**

- Lage / Standort
- Verschmutzung
- Schnee
- Zugänglichkeit etc.



## Machbarkeitsstudie

### Einspeisung Energie ins DC-Bahnstromnetz ab Photovoltaikanlage beim RBS Bahnhof Zollikofen



## Machbarkeitsstudie

**Einspeisung Energie ins DC-Bahnstromnetz ab  
Photovoltaikanlage beim RBS Bahnhof Zollikofen**

**Standort wird baulich als geeignet betrachtet:**

- grosse ungenutzte und unbeschattete Fläche**
- auf Grund der Höhe des Baus geringe Schmutzeinwirkung**
- Keine Fahrleitungen in unmittelbarer Nähe**

## Machbarkeitsstudie

### Einspeisung Energie ins DC-Bahnstromnetz ab Photovoltaikanlage beim RBS Bahnhof Zollikofen

Standort wird baulich als geeignet betrachtet:

- grosse ungenutzte und unbeschattete Fläche
- auf Grund der Höhe des Baus geringe Schmutzeinwirkung
- keine Fahrleitungen in unmittelbarer Nähe

## Machbarkeitsstudie

### Vorgehen:

Evaluation möglicher Standort (baulich)

-> (Prüfung für vorliegende Studie noch nicht abgeschlossen)

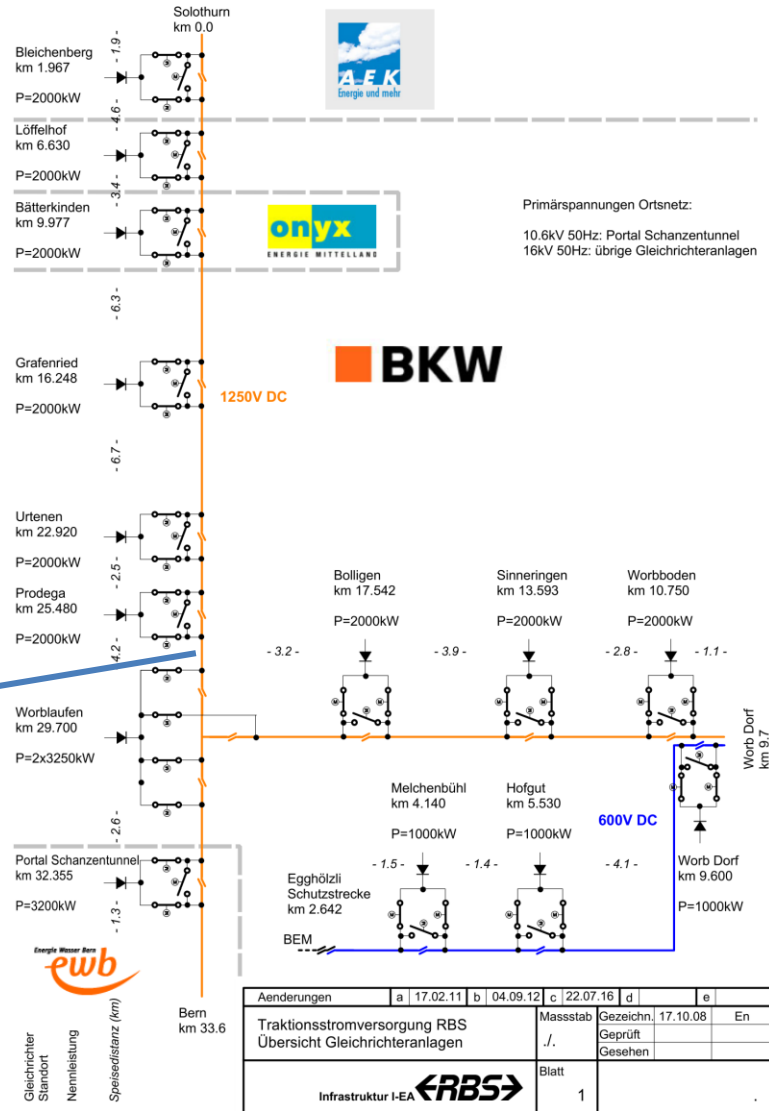
Netzanalyse Fahrleitungsnetz (in Abhängigkeit  
bahnbetriebliche Situation und Gleichrichterstandorte)

Analyse Netzaufbau (geografisch / elektrotechnisch)

## Machbarkeitsstudie

## Netztopologie RBS

Standort Zollikofen





## Machbarkeitsstudie

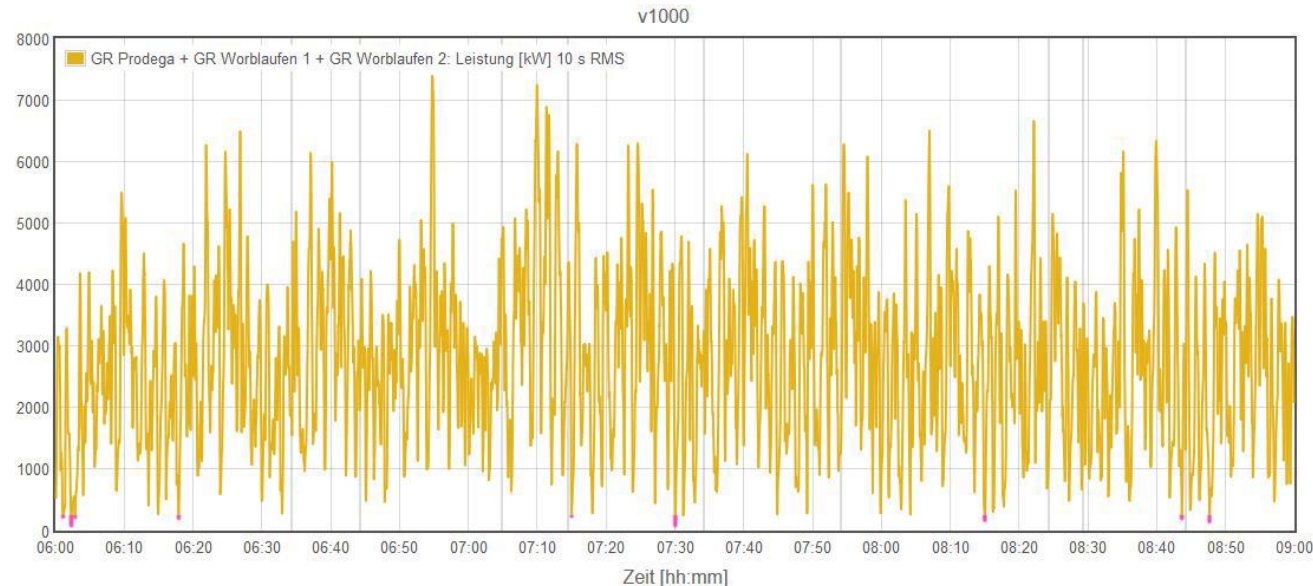
### Ermittlung Grenzwerte Fahrleitungsspannung

Grenzwerte	Spannung
Niedrigste Dauerspannung ( $U_{\min 1}$ ) <sup>1</sup>	840 V
Nennspannung ( $U_N$ )	1250 V
Höchste Dauerspannung ( $U_{\max 1}$ )	1500 V
Höchste nicht permanente Spannung ( $U_{\max 2}$ )	1670 V

Tabelle 3-2: Spannungsgrenzwerte für Nennspannung 1250 V DC basierend auf der Norm EN 50163

## Machbarkeitsstudie

### Ermittlung benötigte Leistung bei den benachbarten Gleichrichterstationen über die Zeit



10-s-Mittelwert der aufsummierten Leistung in [kW] der GR Worblafen und Prodega.

Daraus abgeleitet wird die Aufnahmefähigkeit des Netzes im Raum Zollikofen ermittelt.

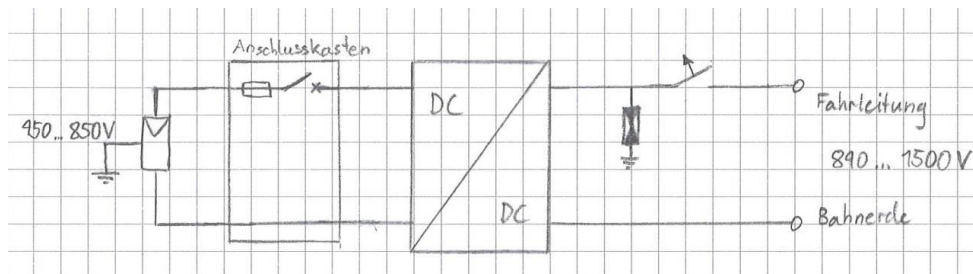
## Machbarkeitsstudie

## Rahmenbedingungen PV-Anlage

Dimension der Anlage: ca. 250kWp

Erwarteter Energieertrag: 250000kWh/Jahr

Mögliches Konzept für die (Direkt-)Einspeisung:



## Machbarkeitsstudie

### Offene Fragen / Finanzierung etc.

Technische Lösung DC/DC-Wandler noch nicht geklärt (Gespräche mit Industrie geplant)

Erwartete Investitionskosten: ca. CHF 700'000.-

Erwarteter Energieertrag: 250'000kWh/Jahr

Weitere geprüfte Variante: Einspeisung über einen Zwischenkreis zur benachbarten Gleichrichterstation.

Nachteile: lange Leitungen, Verluste

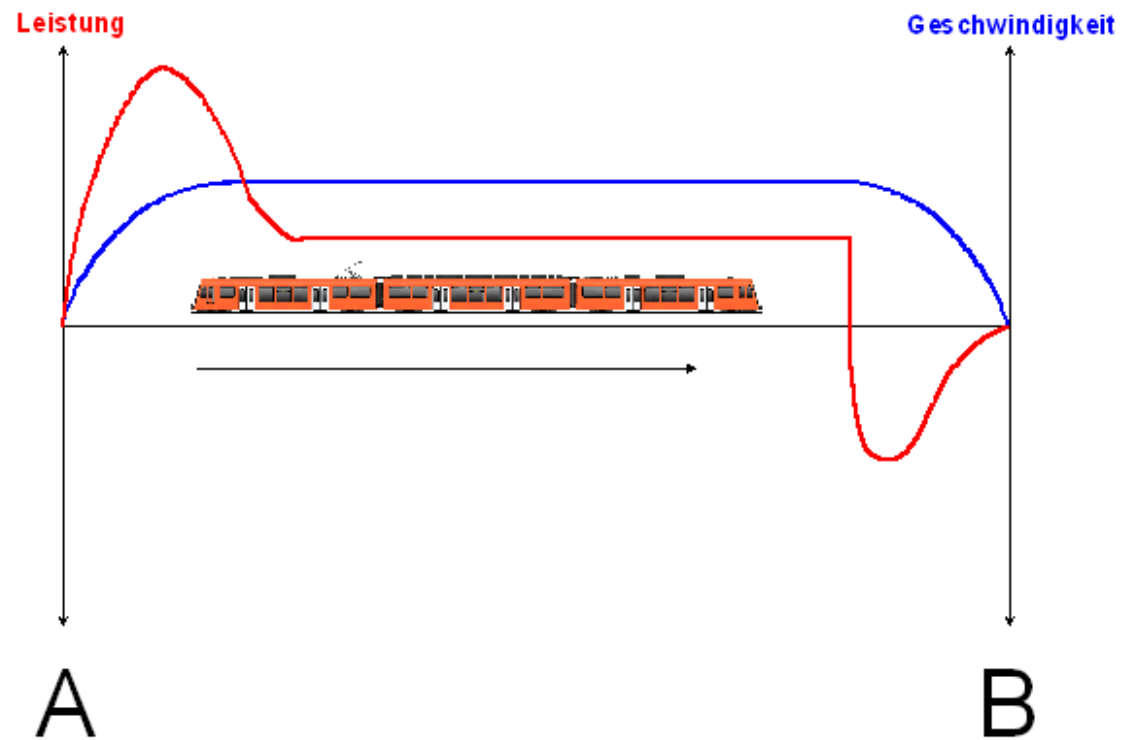
# Energiespeicher

MarkusENZler  
RBS, Leiter el. Anlagen

# Energieverbrauch beim Bahnbetrieb

Masse von A nach B bewegen benötigt Energie!

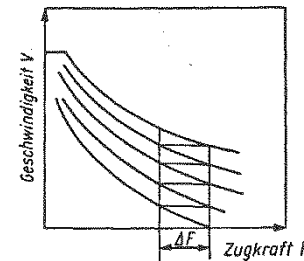
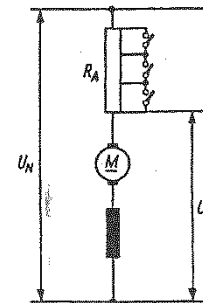
Diagramm (Prinzip)



# Energieverbrauch beim Bahnbetrieb

Zug von A nach B bewegen benötigt Energie!

Rückblende: 30er Jahre



Steuerung des Fahrzeuges über das einfache Zu- und Wegschalten von Widerständen im Motorstromkreis.

- Im Fahrbetrieb hohe Verluste!

# Energieverbrauch beim Bahnbetrieb

Zug von A nach B bewegen benötigt Energie!

Rückblende: 70er Jahre

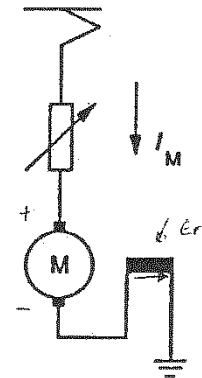
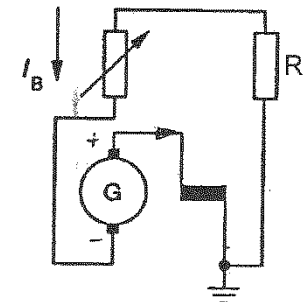


bild31.tif

Fahrbetrieb



Bremsbetrieb

Steuerung des Fahrzeuges mittels geeigneter Verschaltung der Widerstände und der Fahrmotoren optimiert.

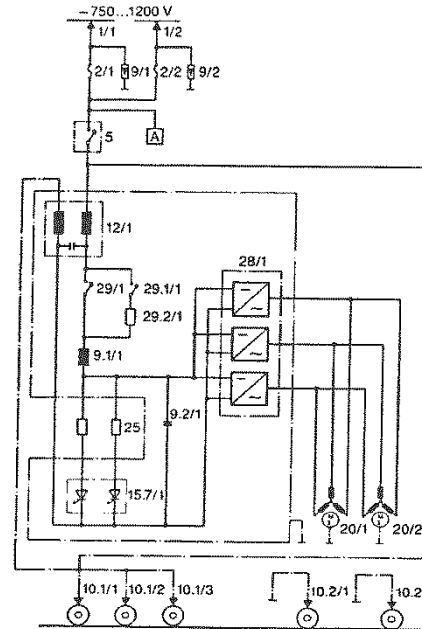
- Verluste im Fahrbetrieb etwas reduziert.



# Energieverbrauch beim Bahnbetrieb

Zug von A nach B bewegen benötigt Energie!

Rückblende: 90er Jahre



Einsatz von Leistungselektronik und Drehstromantrieben ermöglicht Rekuperation im Bremsbetrieb.

- Rekuperation (Rückspeisung in das Fahrleitungsnetz).

# Energieverbrauch beim Bahnbetrieb

Zug von A nach B bewegen benötigt Energie!

Aktuell



Einsatz von Leistungselektronik optimiert und weiterentwickelt.  
Rekuperation verbessert.

- Energieeffizienz verbessert!

# Energieverbrauch beim Bahnbetrieb

Alle Probleme gelöst!

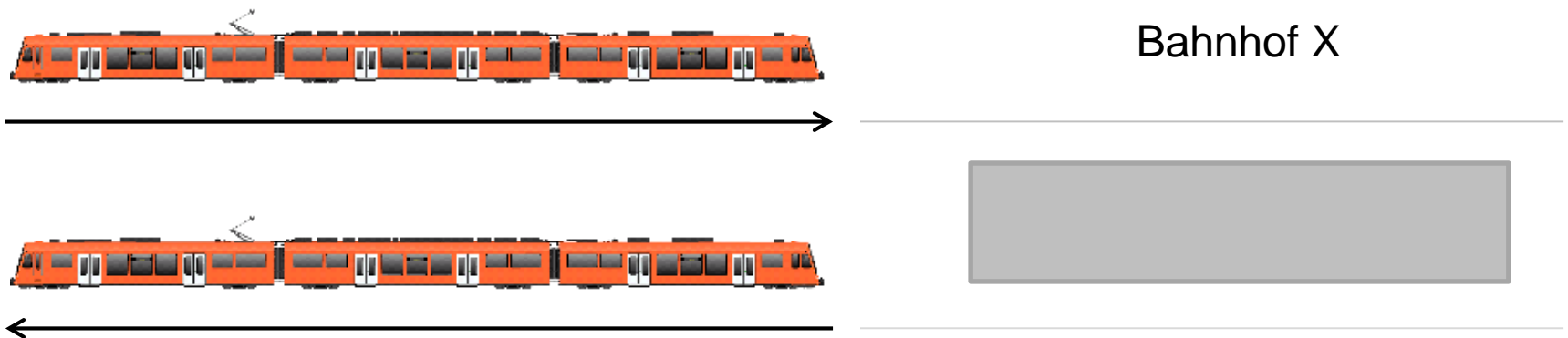
???

**nein!!**

# Energiespeicher

Problem I:

Fahrzeug kann nur Energie in das Netz zurückspeisen, wenn gleichzeitig ein Abnehmer in der Nähe ist!

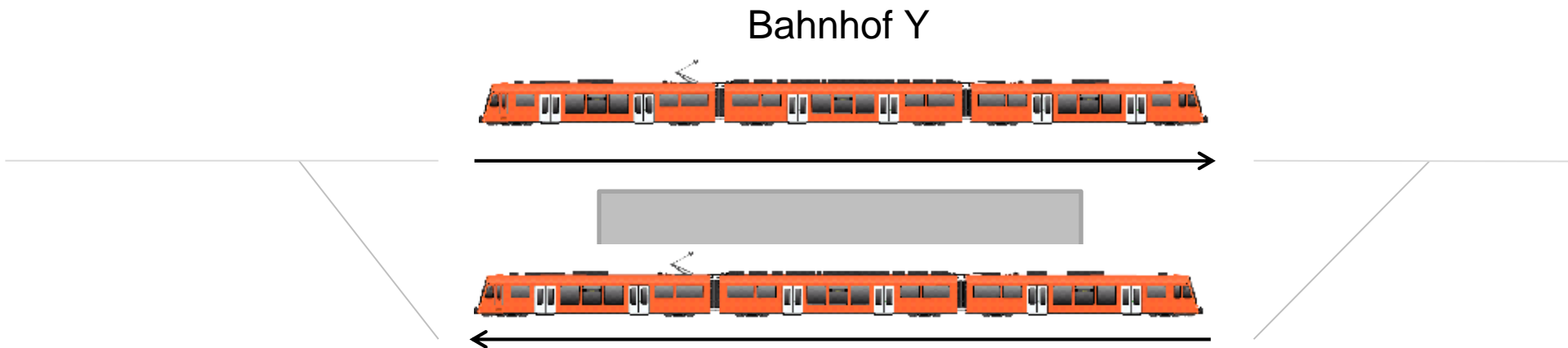


Zug 1 ist am Bremsen, Zug 2 ist am Beschleunigen.

# Energiespeicher

## Problem II:

Auf Einspurstrecken oder wenn kein Gegenzug in der Nähe ist, funktioniert die Rekuperation nur in geringem Mass oder gar nicht!



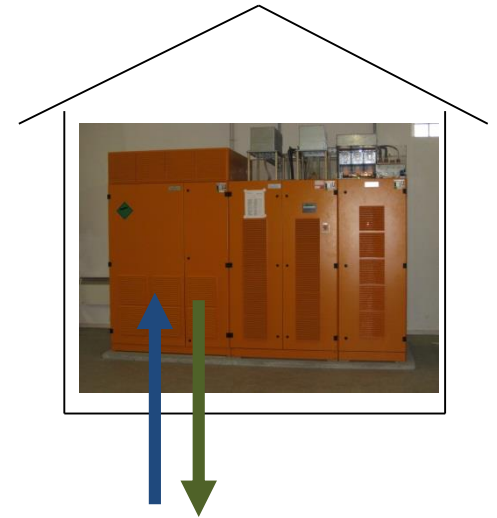
Die Züge bremsen gleichzeitig und beschleunigen anschl. gleichzeitig

# Energiespeicher

Lösung:

Einsatz von Energiespeicher!

Bahnhof Z

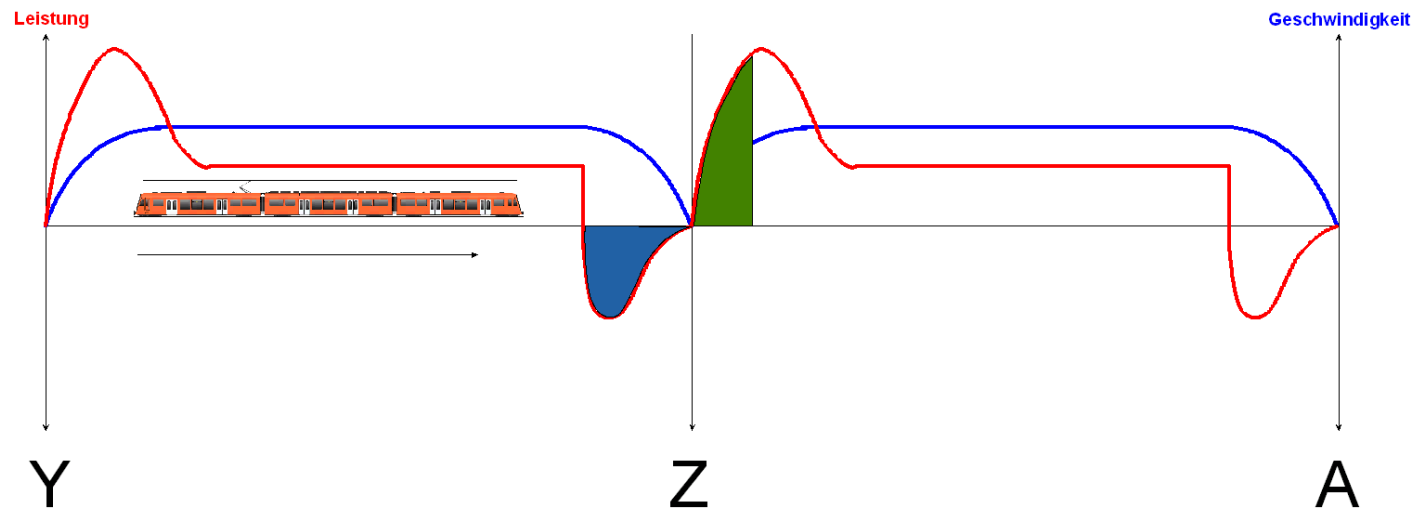
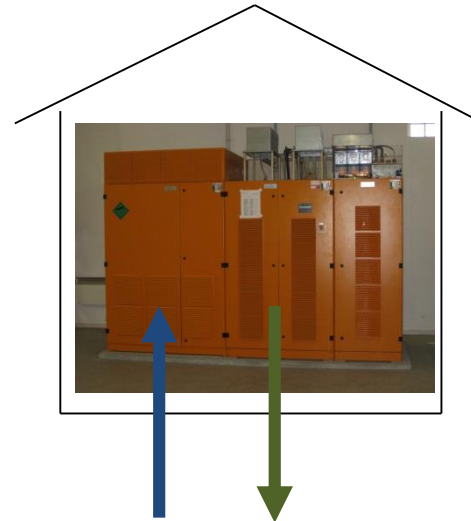




- ↑ Zug bremst und speist Energie über die Fahrleitung in den Energiespeicher.
- ↓ Zug beschleunigt und bezieht Energie über die Fahrleitung vom Energiespeicher.

# Energiespeicher

Lösung:

Einsatz von Energiespeicher!



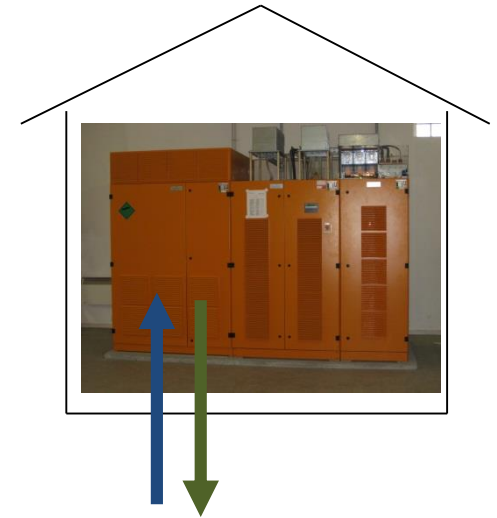
-  Zug bremst und speist Energie über die Fahrleitung in den Energiespeicher.
-  Zug beschleunigt und bezieht Energie über die Fahrleitung vom Energiespeicher.

# Energiespeicher

Projekt / Studie RBS:

Einsatz eines Energiespeichers in der Nähe  
des Bahnhofs Lohn-Lüterkofen.

Mit dem Bau eines neuen Gleichrichters wurden  
die Voraussetzungen geschaffen für die Erstellung  
und den Betrieb eines Energiespeichers.



Lohn-Lüterkofen



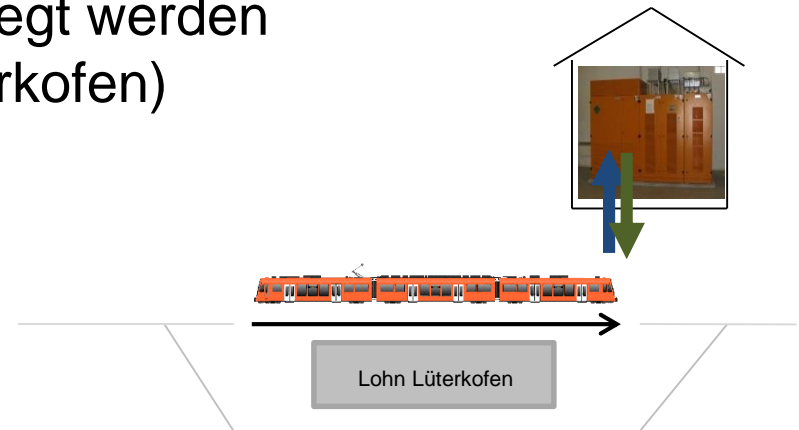
# Energiespeicher

Zahlen:

Simulation / Netzanalyse wurde erstellt

-> Ergebnis lieferte das Energiesparpotenzial

-> Geeigneter Standort konnte festgelegt werden  
(Löffelhof, Nähe Bahnhof Lohn-Lüterkofen)

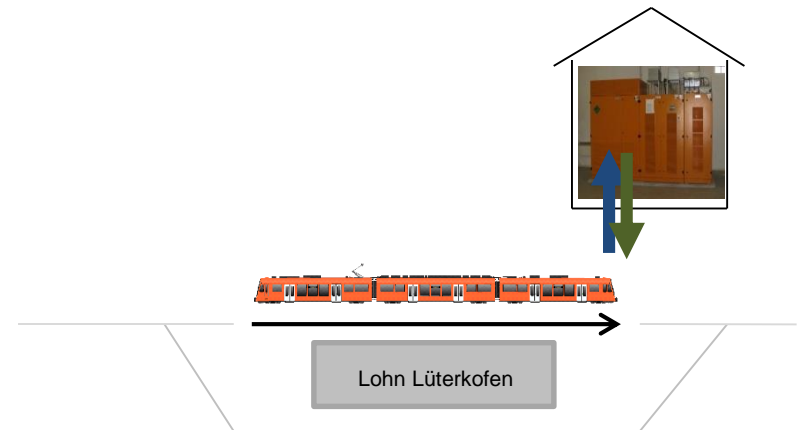


# Energiespeicher

Zahlen / Lösungsvarianten:

Verschiedene Lösungsansätze wurden geprüft

- Kondensatoren
- rotierende Energiespeicher (Schwungmasse)
- Supercabs



# Energiespeicher

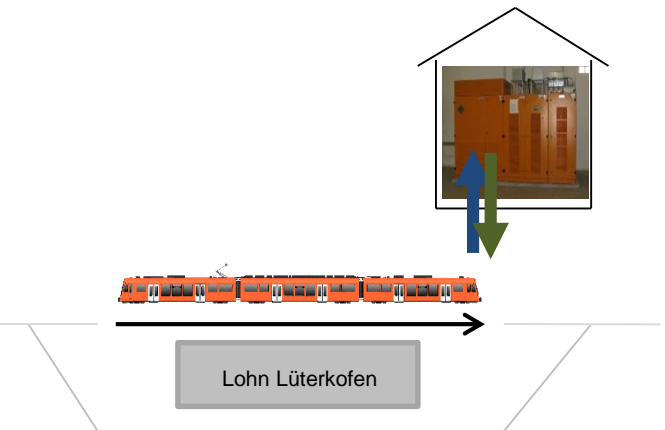
Zahlen:

Wirtschaftlichkeit wurde nachgewiesen mit relativ defensiven Annahmen (Risiken bei Investitionskosten, eingesparte Energie, Energiekosten).

Investitionskosten: abhängig von gewähltem System ca. CHF 500'000.-

Energieersparnis / Jahr: ca. 250'000kWh

Je nach getroffenen Annahmen sollte **nach 12 bis 16 Jahren Nutzungsdauer** frankenmässig eine **Rendite** erwirtschaftet werden können.

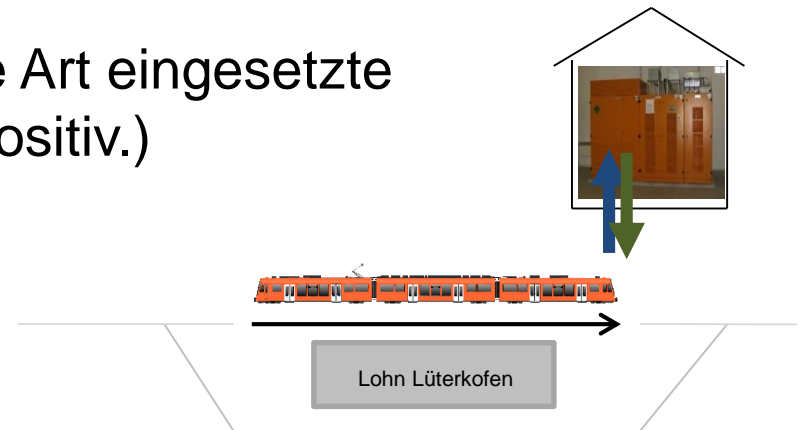


# Energiespeicher

## Herausforderungen:

- Hersteller haben bislang meist nur Anlagen für Spannungen  $<1000V$  erstellt. Je nach Systemwahl heute keine Anlagen am Markt verfügbar
- Genaues Energiesparvolumen kann erst nach dem Betrieb ermittelt werden. Berechnungen beruhen auf Annahmen und Simulationen.

(Erfahrungen von bisher auf gleiche Art eingesetzte Energiespeicher waren allerdings positiv.)



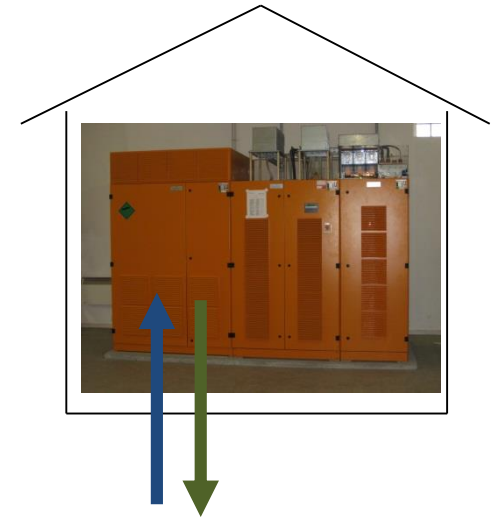
# Energiespeicher

## FAZIT

Der RBS bleibt dran!

Durch den Einsatz des Energiespeichers kann die Energieeffizienz des Bahnbetriebs weiter gesteigert werden.

mögliche Inbetriebnahme der Anlage: 2020



Lohn-Lüterkofen





Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3  
Kleingruppen)

„Technisches“

„Marketing“

„Rahmenbedingungen“

Reinhard

Enzler  
Bosch

**Danke für die Aufmerksamkeit &  
gute Fahrt!**

## Programmablauf

Begrüßung / Vorstellung / „Kaltstart“-Brainstorming zum Einstieg

Präsentation Projekte im Plenum

WS1

- FL Einspeisung ab PV DC (RBS; Enzler / Werren)
- Statische Energiespeicher (RBS; Enzler)
- FL Einspeisung ab PV AC (SBB; Reinhard / Bosch)

Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3 Kleingruppen)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - „Technisches“       | Enzler   |
| - „Marketing“         | Bosch    |
| - „Rahmenbedingungen“ | Reinhard |

Zusammenfassung / Abschluss

Postenverantwortliche



## Programmablauf

Begrüssung / Vorstellung / „Kaltstart“-Brainstorming zum Einstieg

Präsentation Projekte im Plenum

WS1

- FL Einspeisung ab PV DC (RBS; Enzler / Werren)
- Statische Energiespeicher (RBS; Enzler)
- FL Einspeisung ab PV AC (SBB; Reinhard / Bosch)

Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3 Kleingruppen)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - „Technisches“       | Enzler   |
| - „Marketing“         | Bosch    |
| - „Rahmenbedingungen“ | Reinhard |

Zusammenfassung / Abschluss

Postenverantwortliche



## Programmablauf

Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3 Kleingruppen)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - „Technisches“       | Enzler   |
| - „Marketing“         | Bosch    |
| - „Rahmenbedingungen“ | Reinhard |

Zusammenfassung / Abschluss	Postenverantwortliche
-----------------------------	-----------------------

## Programmablauf

Posten (3 à je ca. 15min, rotierend in 3 Kleingruppen)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| - „Technisches“       | Enzler   |
| - „Marketing“         | Bosch    |
| - „Rahmenbedingungen“ | Reinhard |

Zusammenfassung / Abschluss	Postenverantwortliche
-----------------------------	-----------------------