

Forum Énergie

Mardi 29 janvier 2019

Atelier N° 1 Infrastructure

**Injection directe d'énergie renouvelable
dans la ligne de contact et accumulateurs
d'énergie**

Marcel Reinhard
CFF, resp. projet

Julius Bosch
CFF, rENewable

Markus Enzler
RBS, resp. inst. électr.

Andreas Werren
RBS, planif. électr.

Atelier N° 1 Infrastructure



Plan

Mot de bienvenue, présentation et *brainstorming* «à froid» pour débiter

Présentation des projets en plénum

Atelier N° 1

- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque DC (RBS; Enzler / Werren)
- Accumulateurs d'énergie statiques (RBS; Enzler)
- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque AC (CFF; Reinhard / Bosch)

Postes (3 postes à 15 min environ chacun, rotation en 3 petits groupes)

- | | |
|---------------------|----------|
| - Technique | Enzler |
| - Marketing | Bosch |
| - Conditions-cadres | Reinhard |

Récapitulation et conclusion

Responsables des postes

Brainstorming

Quelles possibilités non conventionnelles existent pour injecter de l'énergie dans un réseau de lignes de contact?

Brainstorming

Quelles possibilités de stockage dans le domaine de l'alimentation en courant de traction?

Atelier N° 1 Infrastructure



Brainstorming

Où y a-t-il du potentiel pour améliorer l'efficacité énergétique de l'alimentation en courant de traction?

Atelier N° 1 Infrastructure



Plan

Mot de bienvenue, présentation et *brainstorming* «à froid» pour débiter

Présentation des projets en plénum

Atelier N° 1

- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque DC (RBS; Enzler / Werren)
- Accumulateurs d'énergie statiques (RBS; Enzler)
- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque AC (CFF; Reinhard / Bosch)

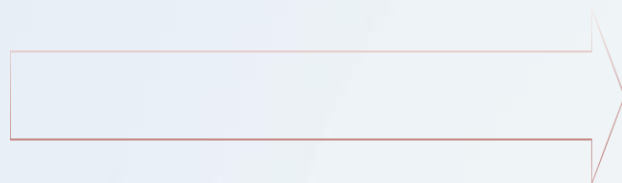
Postes (3 postes à 15 min environ chacun, rotation en 3 petits groupes)

- | | |
|---------------------|----------|
| - Technique | Enzler |
| - Marketing | Bosch |
| - Conditions-cadres | Reinhard |

Récapitulation et conclusion

Responsables des postes

Injection de photovoltaïque (AC) dans la ligne de contact



 **SBB CFF FFS**

The logo for SBB CFF FFS is a red square containing a white stylized 'S' and 'F' symbol. To its right, the text 'SBB CFF FFS' is written in a bold, black, sans-serif font.

Injection de photovoltaïque (DC) dans la ligne de contact

MarkusENZler
RBS, resp. inst. électr.

Andreas Werren
RBS, planif. électr.

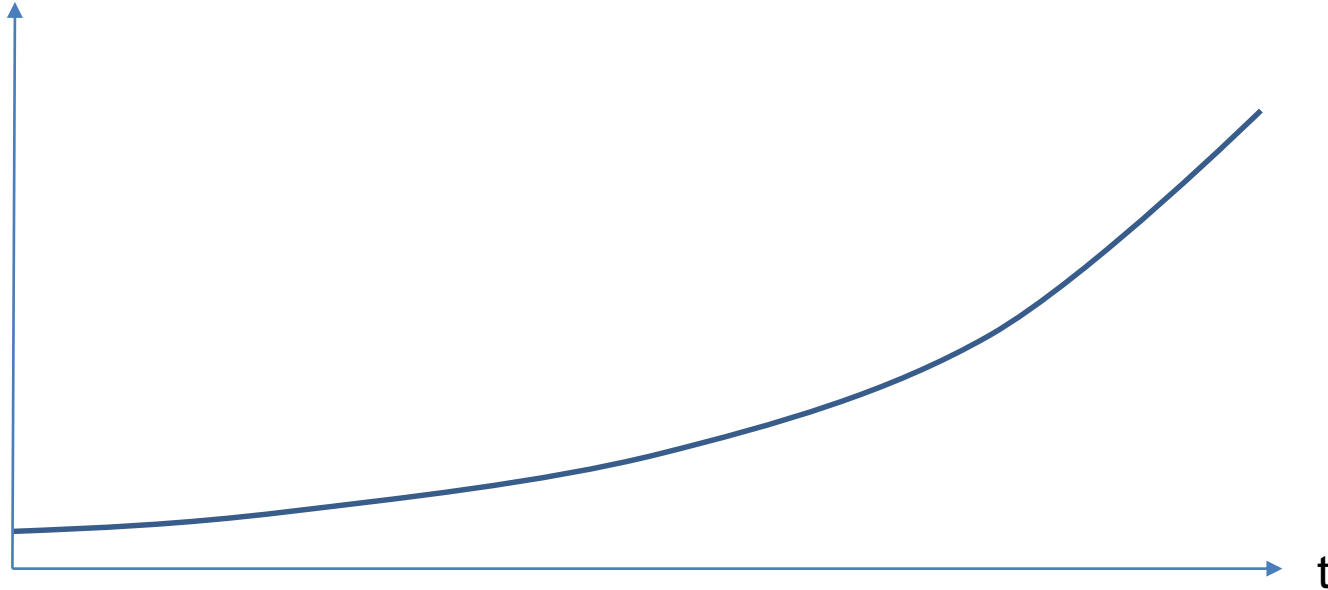
Potentiel

En tant qu'exploitant d'infrastructure, le chemin de fer dispose de nombreuses surfaces susceptibles d'être utilisées pour des installations photovoltaïques.

- Toits de bâtiments (dépôts ou ateliers)**
- Marquises de quais et bâtiments de gares**
- Parois antibruit**
- Talus et murs de soutènement**

Atelier N° 1 Infrastructure

Offre et consommation d'énergie



L'offre ferroviaire augmente (cadences plus denses, trains plus longs, prolongement de l'exploitation).

Les véhicules s'alourdissent (normes de crash, dispositifs).

Les exigences des clients augmentent (climatisation, *infotainment*).

Étude du RBS:

Tous les emplacements et toutes les surfaces ne se prêtent cependant pas idéalement à une installation photovoltaïque...

- situation et emplacement
- salissures
- neige
- accessibilité
- etc.



Atelier N° 1 Infrastructure



Étude de faisabilité

Injection d'énergie dans le réseau de courant de traction DC à partir d'une installation photovoltaïque à la gare RBS de Zollikofen



Étude de faisabilité

Injection d'énergie dans le réseau de courant de traction DC à partir d'une installation photovoltaïque à la gare RBS de Zollikofen

L'emplacement est jugé adéquat sur le plan de la construction:

- grande surface inutilisée et sans ombre**
- faible effet de salissure du fait de la hauteur du bâtiment**
- pas de lignes de contact à proximité immédiate**

Étude de faisabilité

Processus:

Évaluation de l'emplacement possible (construction)

-> (évaluation pas encore terminée pour la présente étude)

Analyse du réseau de lignes de contact (en fonction de la situation d'exploitation ferroviaire et des emplacements des redresseurs)

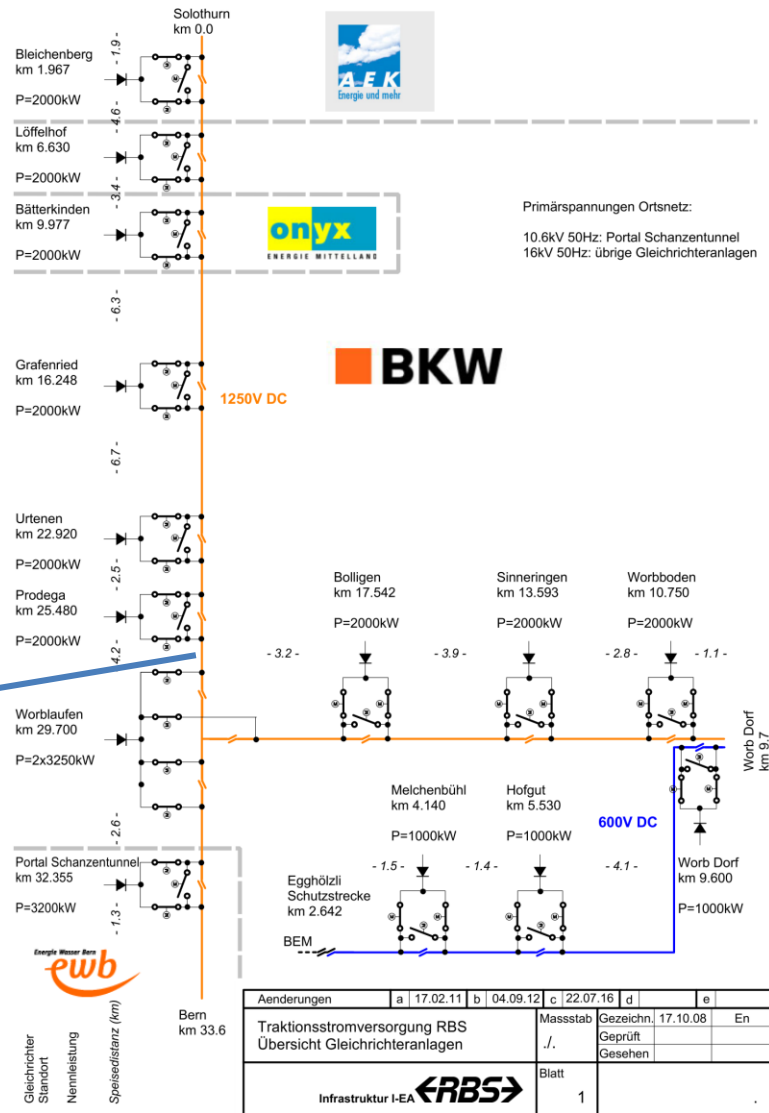
Analyse de la structure du réseau (géographie et électrotechnique)

Atelier N° 1 Infrastructure

Étude de faisabilité

Topologie du réseau du RBS

Emplacement de
Zollikofen



Étude de faisabilité

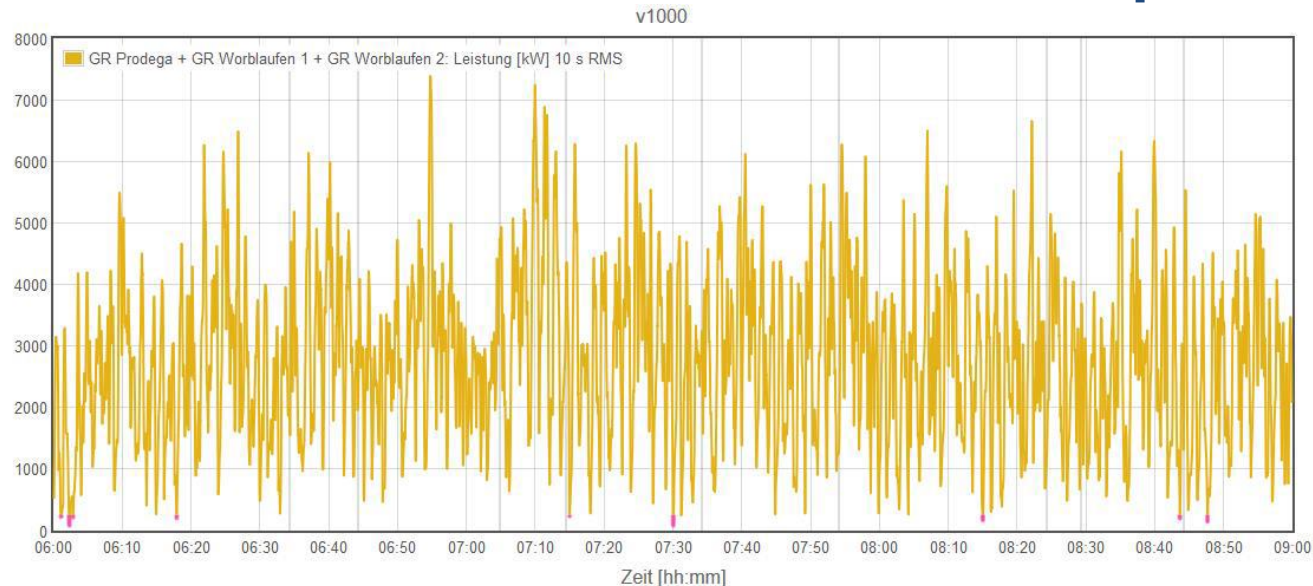
Détermination des valeurs-limites de tension de la ligne de contact

Grenzwerte	Spannung
Niedrigste Dauerspannung ($U_{\min 1}$) ¹	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

Étude de faisabilité

Détermination de la puissance nécessaire dans les stations de redresseurs voisines au cours du temps



Version: 2.21.4.4546df.44c.2018-04-20 | Simulation: r_p162p07m004v01_30_170502_084327

Valeur moyenne sur 10 s de la puissance cumulée en [kW] des redresseurs de Worblafen et Prodega.

La capacité d'absorption du réseau dans la zone de Zollikofen est déduite de ce calcul.

Atelier N° 1 Infrastructure

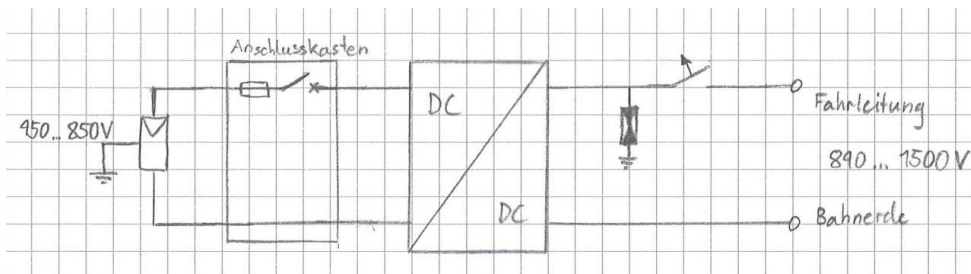
Étude de faisabilité

Conditions-cadres pour l'installation photovoltaïque

Dimension de l'installation: env. 250 kWp

Production énergétique attendue: 250 000 kWh/an

Concept possible pour l'injection (directe) :



Étude de faisabilité

Questions en suspens, financement, etc.

Solution technique pour le convertisseur DC/DC pas encore clarifiée
(discussions avec l'industrie prévues)

Coûts d'investissement attendus: env. 700 000 francs

Production énergétique attendue: 250 000 kWh/an

Autre variante examinée: injection à la station de redresseurs voisine
par un circuit intermédiaire.

Inconvénients: longues lignes, pertes

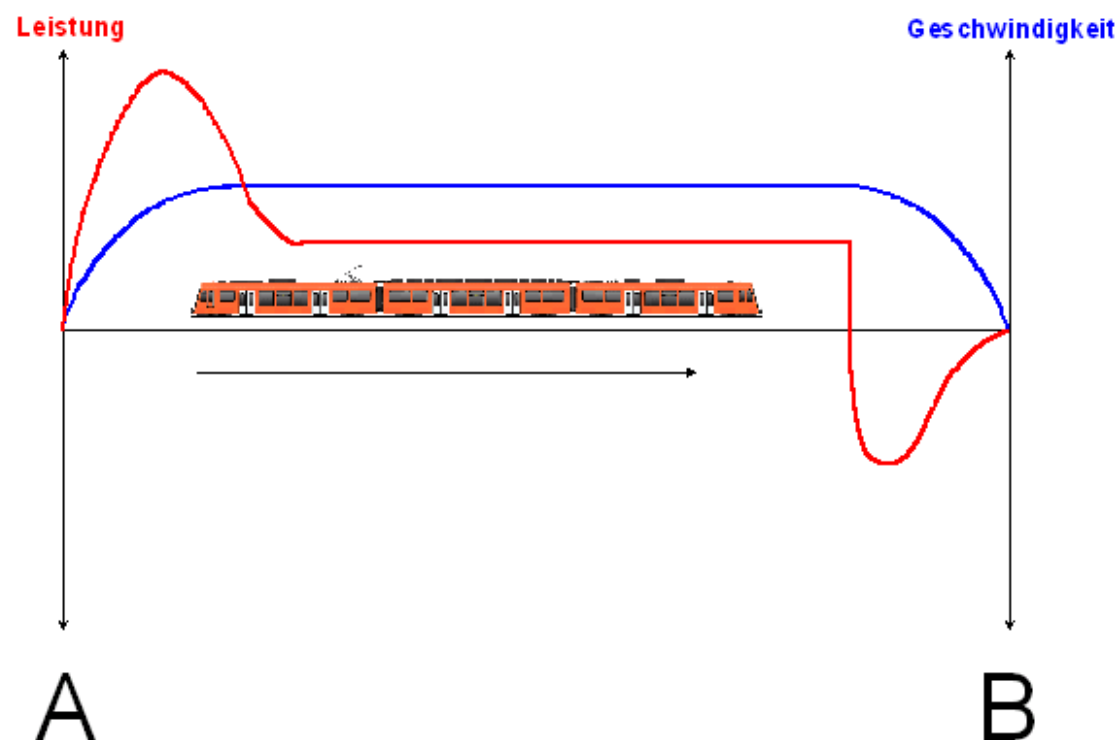
Accumulateurs d'énergie

MarkusENZler
RBS, responsable Installations électriques

Consommation énergétique de l'exploitation ferroviaire

Faire bouger une masse de A à B nécessite de l'énergie!

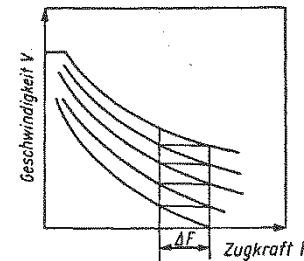
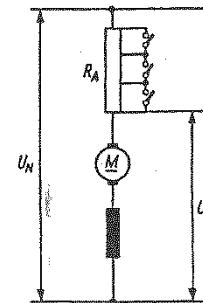
Diagramme (principe)



Consommation énergétique de l'exploitation ferroviaire

Faire bouger un train de A à B nécessite de l'énergie!

Retour en arrière: années 1930



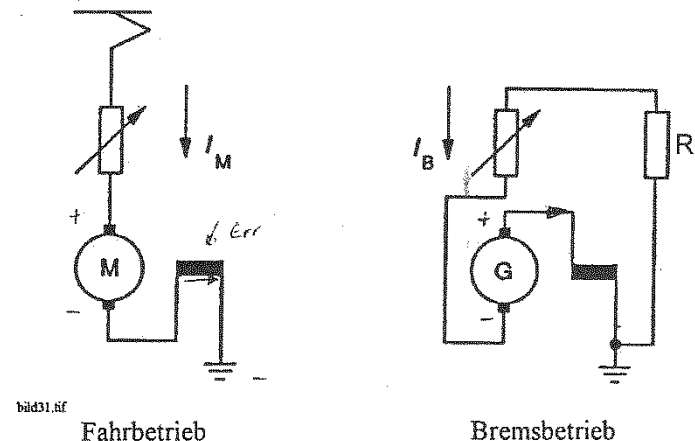
Conduite du véhicule par l'activation et la désactivation simples de résistances dans le circuit du moteur

- Pertes élevées durant la conduite!

Consommation énergétique de l'exploitation ferroviaire

Faire bouger un train de A à B nécessite de l'énergie!

Retour en arrière: années 1970



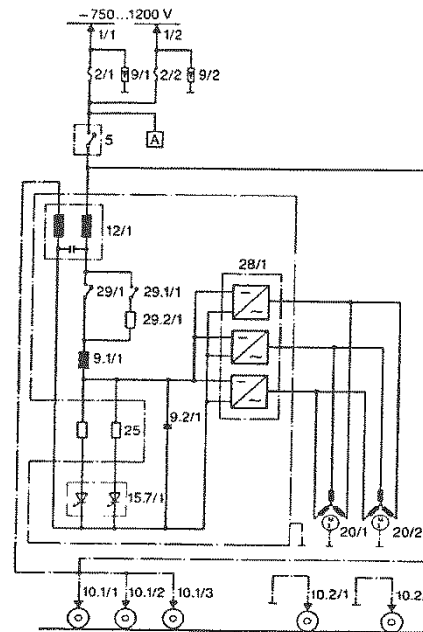
Conduite du véhicule optimisée par une connexion judicieuse des résistances et des moteurs

- Pertes quelque peu réduites durant la conduite

Consommation énergétique de l'exploitation ferroviaire

Faire bouger un train de A à B nécessite de l'énergie!

Retour en arrière: années 1990



Le recours à l'électronique de puissance et aux entraînements triphasés permet la récupération lors du freinage.

- Récupération (réinjection dans le réseau de lignes de contact)

Consommation énergétique de l'exploitation ferroviaire

Faire bouger un train de A à B nécessite de l'énergie!

Aujourd'hui



Optimisation et développement de l'électronique de puissance.
Amélioration de la récupération.

- Amélioration de l'efficacité énergétique!

Consommation énergétique de l'exploitation ferroviaire

Tous les problèmes sont-ils résolus?

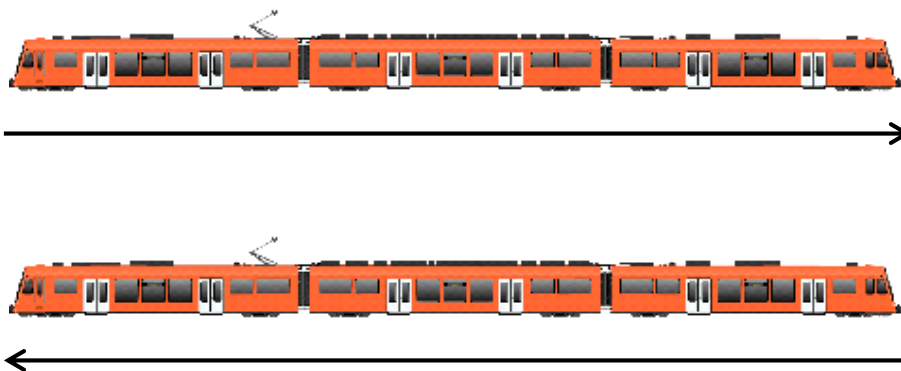


Non!

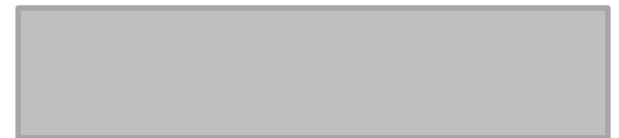
Accumulateurs d'énergie

Problème N° 1:

Le véhicule peut seulement réinjecter de l'énergie dans le réseau si un acquéreur est à proximité au même moment!



Gare X

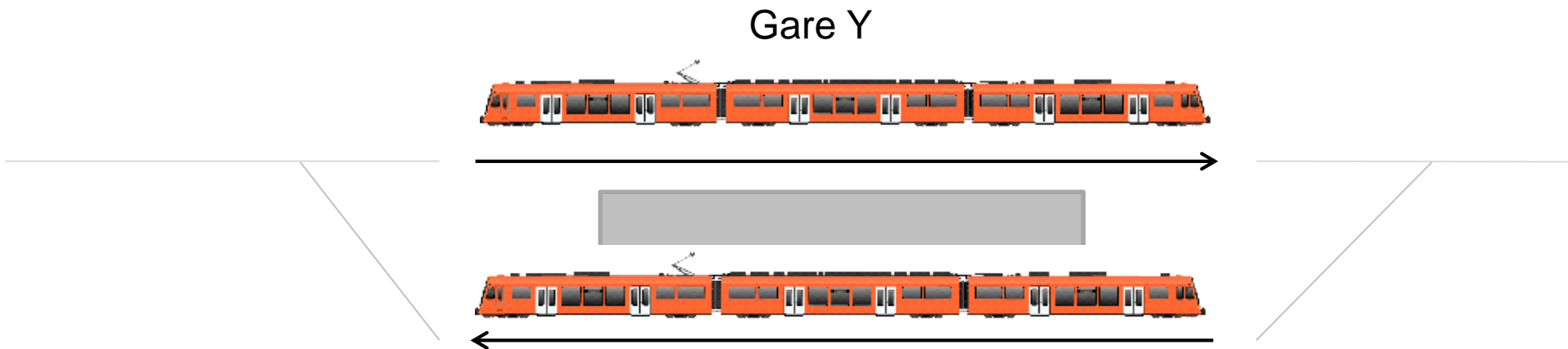


Le train N° 1 freine, le train N° 2 accélère.

Accumulateurs d'énergie

Problème N° II:

Sur les tronçons à voie unique ou lorsqu'aucun train circulant en sens inverse ne se trouve à proximité, la récupération ne fonctionne que de façon limitée, voire pas du tout.



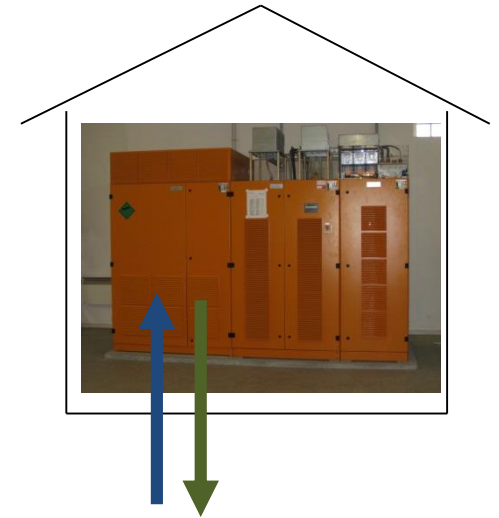
Les trains freinent puis accélèrent simultanément.

Accumulateurs d'énergie

Solution:

Recours à des accumulateurs d'énergie

Gare Z



Le train freine et injecte de l'énergie dans les accumulateurs d'énergie via la ligne de contact.

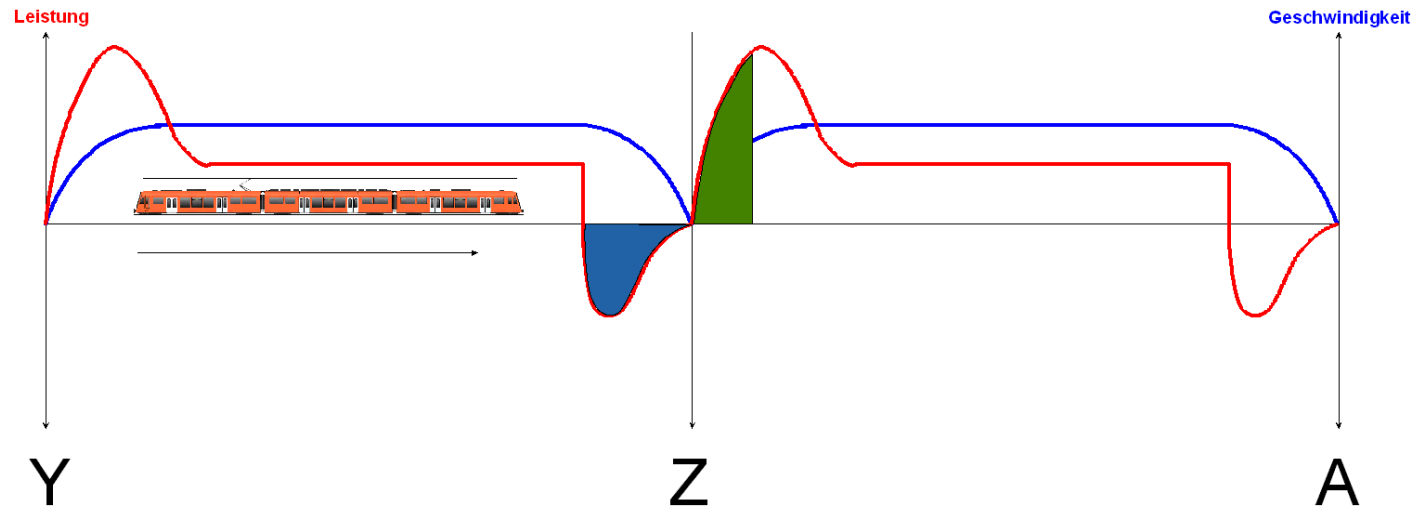
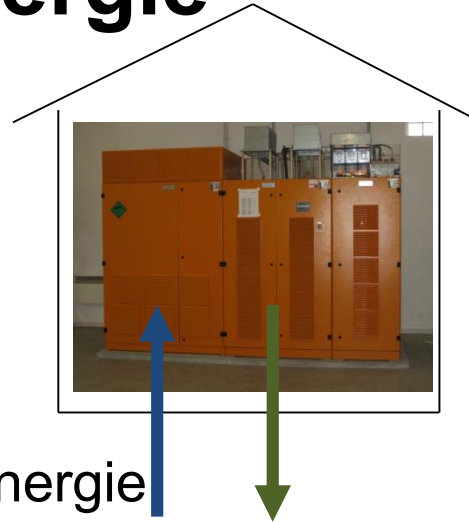


Le train accélère et tire de l'énergie des accumulateurs d'énergie via la ligne de contact.

Accumulateurs d'énergie

Solution:

Recours à des accumulateurs d'énergie



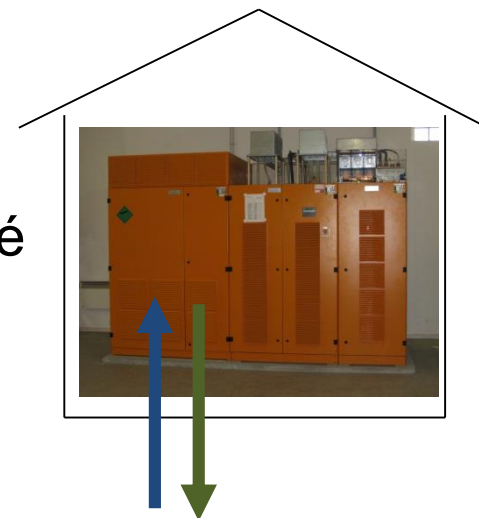
- ↑ Le train freine et injecte de l'énergie dans les accumulateurs d'énergie via la ligne de contact.
- ↓ Le train accélère et tire de l'énergie des accumulateurs d'énergie via la ligne de contact.

Accumulateurs d'énergie

Projet / étude du RBS:

Installation d'un accumulateur d'énergie à proximité de la gare de Lohn-Lüterkofen.

La construction d'un nouveau redresseur a permis de créer et d'exploiter un accumulateur d'énergie.



Lohn-Lüterkofen

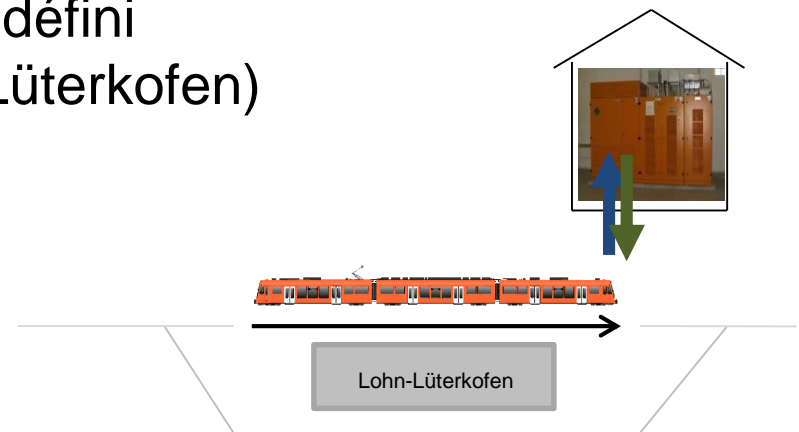
Accumulateurs d'énergie

Chiffres:

Une simulation et une analyse du réseau ont été réalisées

-> Le résultat a permis de déterminer le potentiel d'économie d'énergie

-> Un emplacement adéquat a pu être défini
(Löffelhof, près de la gare de Lohn-Lüterkofen)

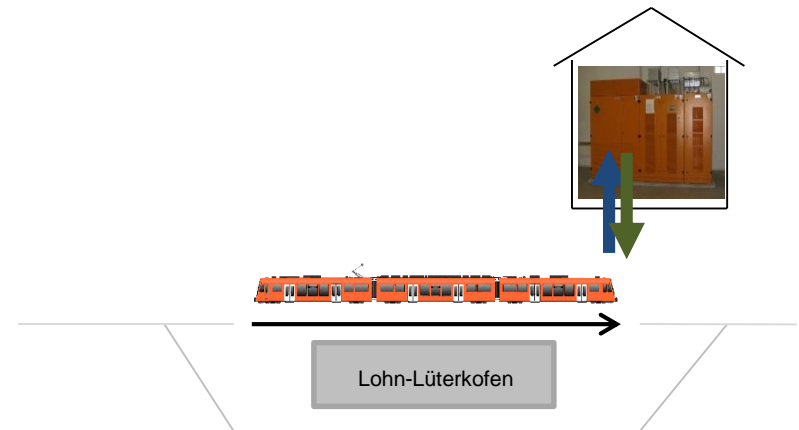


Accumulateurs d'énergie

Chiffres et variantes de solutions:

Différentes approches ont été examinées:

- Condensateurs
- Accumulateurs d'énergie rotatifs (masse oscillante)
- *Supercabs*



Accumulateurs d'énergie

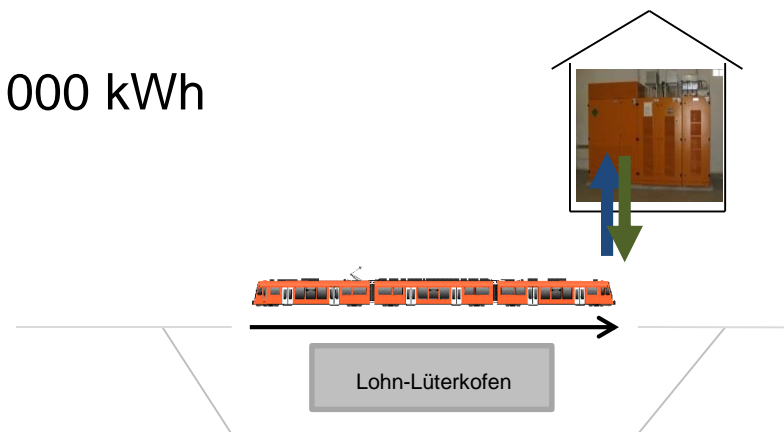
Chiffres:

La rentabilité a été prouvée avec des hypothèses relativement prudentes (risques dans les coûts d'investissement, l'énergie économisée et les coûts de l'énergie).

Coûts d'investissement: environ 500 000 francs, dépendant du système choisi

Économie d'énergie annuelle: environ 250 000 kWh

Selon les hypothèses choisies, un **retour sur investissement** devrait être obtenu **après 12 à 16 ans d'utilisation**.

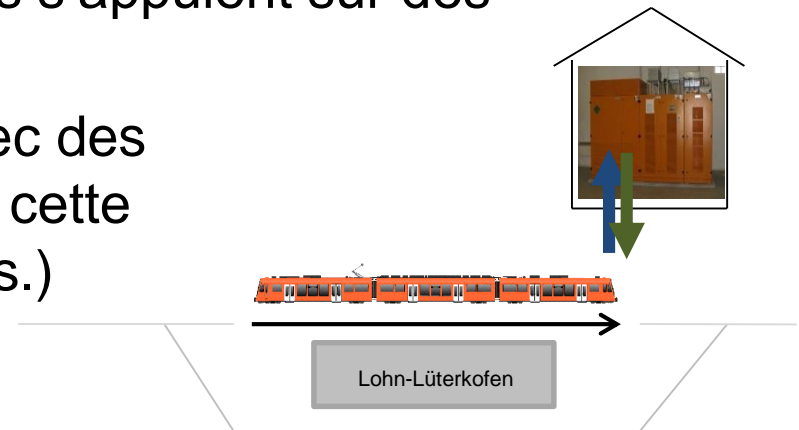


Accumulateurs d'énergie

Défis:

- Les fabricants n'ont jusqu'ici principalement réalisé des installations que pour des tensions inférieures à 1000 V. Selon le système choisi, aucune installation n'est actuellement disponible sur le marché.
- Le volume d'économie d'énergie précis ne peut pas être connu avant le début de l'exploitation. Les calculs s'appuient sur des hypothèses et des simulations.

(Les expériences déjà réalisées avec des accumulateurs d'énergie utilisés de cette manière ont cependant été positives.)



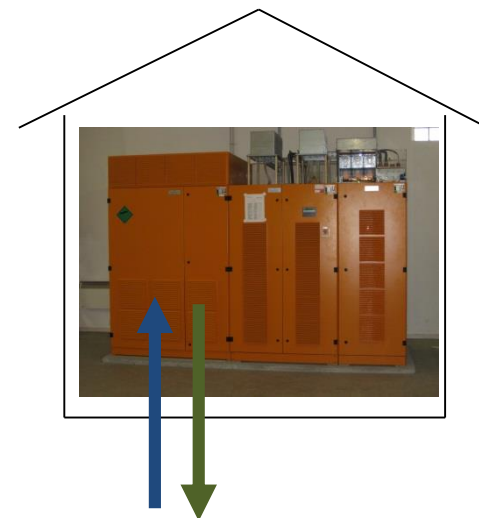
Accumulateurs d'énergie

CONCLUSION

Le RBS ne lâche pas l'affaire!

Le recours à des accumulateurs d'énergie peut permettre d'augmenter encore l'efficacité énergétique de l'exploitation ferroviaire.

Date possible de mise en service de l'installation: 2020



Lohn-Lüterkofen



**Merci pour votre attention
et bon voyage!**

Atelier N° 1 Infrastructure



Plan

Mot de bienvenue, présentation et *brainstorming* «à froid» pour débiter

Présentation des projets en plénum

Atelier N° 1

- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque DC (RBS; Enzler / Werren)
- Accumulateurs d'énergie statiques (RBS; Enzler)
- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque AC (CFF; Reinhard / Bosch)

Postes (3 à 15 min environ chacun, rotation en 3 petits groupes)

- | | |
|---------------------|----------|
| - Technique | Enzler |
| - Marketing | Bosch |
| - Conditions-cadres | Reinhard |

Récapitulation et conclusion

Responsables des postes

Atelier N° 1 Infrastructure



Plan

Mot de bienvenue, présentation et *brainstorming* «à froid» pour débiter

Présentation des projets en plénum

Atelier N° 1

- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque DC (RBS;ENZler / Werren)
- Accumulateurs d'énergie statiques (RBS;ENZler)
- Alim. de la ligne de contact par photovoltaïque AC (CFF;Reinhard / Bosch)

Postes (3 à 15 min environ chacun, rotation en 3 petits groupes)

- | | |
|---------------------|----------|
| - Technique | ENZler |
| - Marketing | Bosch |
| - Conditions-cadres | Reinhard |

Récapitulation et conclusion

Responsables des postes

Atelier N° 1 Infrastructure



Plan

Postes (3 à 15 min environ chacun,
rotation en 3 petits groupes)

- | | |
|---------------------|----------|
| - Technique | Enzler |
| - Marketing | Bosch |
| - Conditions-cadres | Reinhard |

Récapitulation et conclusion

Responsables des postes

Atelier N° 1 Infrastructure



Plan

Postes (3 à 15 min environ chacun,
rotation en 3 petits groupes)

- | | |
|---------------------|----------|
| - Technique | Enzler |
| - Marketing | Bosch |
| - Conditions-cadres | Reinhard |

Récapitulation et conclusion

Responsables des postes