



## Kurzbeschreibung Projekte ESöV 2050 (Résumé en français / English summary)

### P-167 Nutzung von Rekuperationsenergie im BVB-Netz

<b>Arbeitsfeld / Projektart</b>	Massnahmen zur verbesserten Nutzung der Bremsenergie Projekt zur Verbesserung der Kenntnisse	<b>Voraussichtliche Projektdauer</b>	09.2019-06.2020
<b>Auftragnehmer / Projektleitung</b>	Basler Verkehrs-Betriebe (BVB) Yves Flückiger, yves.flueckiger@bvb.ch	<b>Budget total / Anteil BAV</b>	50'000CHF 20'000CHF

#### Ziele

- Eruien von vorteilhaften Massnahmen im Streckennetz bzw. an Trams zur verbesserten Nutzung der rekuperierten Energie

#### Vorgehen / Module

1. Zusammenstellung erforderlicher Daten für das BVB-Netzmodell mit relevanten Belastungen und Bedingungen (Leistung / Zuladung / Hilfsbetriebe der Fahrzeuge, Netztopologie der Infrastruktur (Schiene, Fahrleitung und Netzversorgung), Fahrplan und Betrieb).
2. Simulation von verschiedenen Szenarien und Massnahmen mit dem Tool FABEL (Softwarepaket von Enotrac).
3. Untersuchung der Massnahmen bezüglich Energieeffizienz und Rentabilität

#### Erwartete Resultate

##### Aussagen zu Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit verschiedener Massnahmen

Die neueren Tramgenerationen (Combino, Flexity) der BVB können beim Bremsen Energie ins Netz zurückspeisen. Ist kein Abnehmer (z.B. anderes Tram, Weichenheizung) vorhanden ist, kann die rückgespeisene Energie nicht verwendet werden und wird auf dem Fahrzeug verheizt. Je nach Streckenabschnitt und Betrieb ist die vorhandene Energiemenge verschieden gross, wie in Abbildung 1 ersichtlich.

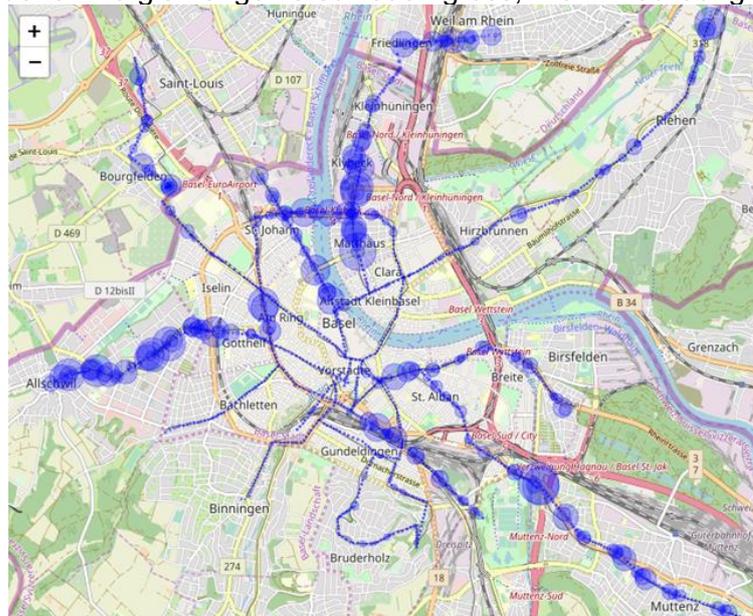


Abbildung 1 Vorhandene rheostatische Bremsenergie im BVB-Netz,  
Legende: Je größer die die Kreise, desto größer die anfallende  
Bremsenergie (Grafiken: ENOTRAC).



## Kurzbeschreibung Projekte ESöV 2050 (Résumé en français / English summary)

Die Studie untersucht folgende Massnahmen hinsichtlich Energieeffizienz und Rentabilität, um die Bremsenergie besser nutzen zu können:

- Erweiterung von Speiseabschnitten  
Vergrößern von Speisebereichen, so dass mehr Verbraucher im gleichen Streckenabschnitt vorhanden sind.
- Erhöhung der Rückspeisespannung von 720 VDC auf 800 VDC  
Damit kann der Nutzbereich von vorhandener Bremsenergie vergrößert werden: es können weiter entfernte Fahrzeuge oder andere Verbraucher die zurückgewonnene Energie nutzen.
- Querschnittserhöhung der Verstärkungsleitung von 107 mm<sup>2</sup> auf 120 mm<sup>2</sup>  
Primär resultieren mit einem größeren Querschnitt weniger Übertragungsverluste.
- Erhöhung der Systemnennspannung von 600 VDC auf 750 VDC  
Mit einer höheren Spannung werden die Ströme bei gleicher Leistung kleiner, weshalb auch die Verluste im Netz abnehmen. Zudem kann durch die höhere Spannung die Bremsenergie im Netz weiter „transportiert“ werden, weshalb tendenziell mehr Abnehmer erreicht werden sollten.
- Energiespeicher auf den Fahrzeugen  
Durch Batteriesysteme auf Fahrzeugen werden Netzverluste reduziert, da sich der Speicher unmittelbar an der „Energiequelle“, respektive dem Verbraucher befindet.
- stationäre Energiespeicher  
Diese speichern die Energie ortsgebunden und geben sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder ab.
- rückspeisefähige Gleichrichter (Wechselrichter)  
Die Wechselrichter-Variante ermöglicht ein Zurückspeisen in das übergeordnete Wechselstromnetz.



## **Kurzbeschrieb Projekte ESöV 2050** (Résumé en français / English summary)

---

### **Résumé en français**

Les nouvelles générations de tramways peuvent réinjecter de l'énergie dans le réseau lors du freinage. Cependant, si aucun consommateur (par exemple, un autre tramway, le chauffage des interrupteurs) n'est disponible, l'énergie renvoyée ne peut pas être utilisée et est gaspillée par les résistances de freinage. L'étude examine les mesures suivantes concernant l'efficacité énergétique et la rentabilité afin de mieux utiliser l'énergie de freinage :

- Extension des sections alimentaires
- Augmentation de la tension de régénération de 720 VDC à 800 VDC
- Augmentation de la section du câble de renforcement de 107 mm<sup>2</sup> à 120 mm<sup>2</sup>
- Augmentation de la tension nominale du système de 600 VDC à 750 VDC
- Le stockage de l'énergie sur les véhicules
- les stockages stationnaires d'énergie
- les redresseurs régénérateurs (onduleurs)

---

### **English summary**

The newer generations of trams can feed energy back into the network during braking. However, if no consumer (e.g. another tram, switch heating) is available, the energy fed back cannot be used and is wasted by the braking resistors. The study examines the following measures regarding energy efficiency and profitability in order to make better use of braking energy:

- Extension of food sections
- Increase of the regenerative voltage from 720 VDC to 800 VDC
- Cross section increase of the reinforcing cable from 107 mm<sup>2</sup> to 120 mm<sup>2</sup>
- Increase of the nominal system voltage from 600 VDC to 750 VDC
- Energy storage on the vehicles
- stationary energy storages
- regenerative rectifiers (inverters)