



## Projekte ESöV 2050: Kurzbeschreibung (D), Résumé (F), Summary (E)

### P-001 Energieeffizienz von Heizung, Lüftung und Kühlung im Öffentlichen Verkehr

<b>Arbeitsfeld / Projektart</b>	Fahrzeuge Forschungsprojekt	<b>Projektstatus / Dauer</b>	abgeschlossen 2012 - 2015
<b>Auftragnehmer / Projektleitung</b>	Universität Basel – Departement Physik Prof. Dr. Peter Oelhafen (em.), peter.oelhafen@unibas.ch	<b>Budget total / Anteil BAV</b>	CHF 875'920 / CHF 369'520

#### Ziele

- Gewinnung eines vollständigen Überblicks der aufgeschlüsselten HLK-Verbrauchsdaten in Relation zum Traktions- und Gesamtenergieverbrauch.
- Erstellen eines möglichst präzisen HLK-Simulationsmodells, um genaue Aussagen zum Einsparpotenzial verschiedener Massnahmen machen zu können.
- Vorschläge für energetische Optimierungsmassnahmen inkl. Potenzialabschätzung.

#### Vorgehen / Module

1. Erfassung des HLK-Energieverbrauchs an ausgewählten Fahrzeugen im täglichen Einsatz über mindestens ein Jahr, in Abhängigkeit von Aussen- und Innenklimadaten sowie betrieblichen Gegebenheiten.
2. Simulation des HLK-Energieverbrauchs aller interessierenden Fahrzeuge in Computermodellen.
3. Identifikation der Bereiche mit den grössten Einsparpotenzialen und Ausarbeitung entsprechender Verbesserungsvorschläge.
4. Bearbeiten der energierelevanten Aspekte der Fahrzeughülle, wie Fragen neuer oder verbesserter Wärmedämmstoffe, Sonnenschutz der Fahrzeugverglasung und die optisch-thermischen Eigenschaften der Dachoberfläche und der Seitenwände.

#### Erwartete Resultate

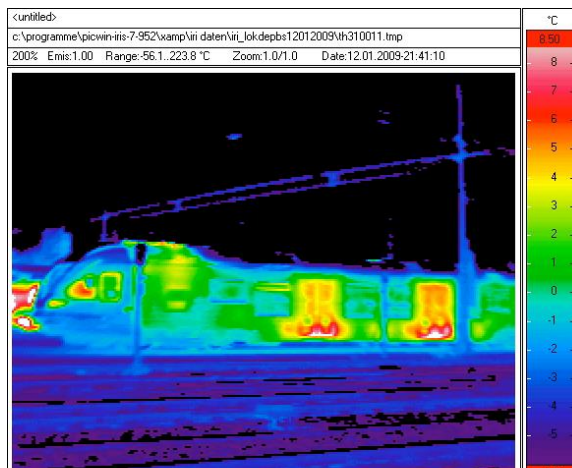
Vorschläge für Energieeffizienzverbesserungen werden in den folgenden Bereichen erwartet:

*Optimierung der Regelung der HLK-Systeme:* Angepasste Raumsollwerte nach Einsatzart der Fahrzeuge; Lüftungssteuerung in Abhängigkeit der Fahrgastzahlen und Luftqualität (CO<sub>2</sub>- und Mischgaskonzentration); Heizungs- / Kühlungs-Regelstrategien abhängig von den betrachteten Systemtypen; Energieeffiziente Innenklima-steuerung abgestellter Fahrzeuge. Allenfalls Advanced Control-Strategien (predictive) unter Einbezug von Belegungsprognosen.

*Lüftung:* alternative Luftführungskonzepte zur Vermeidung zu grosser Verluste bei häufigen Türöffnungen, Luftaufbereitung mit Wärmerückgewinnung.

*Heizung:* Wärmeabgabe (z.B. Einsatz und Nutzen von flinken Infrarotstrahlungsheizungen), Wärmeerzeugung z.B. mit (Abluft-)Wärmepumpe, Bodenheizung, Abwärme-nutzung.

*Kühlung:* Kälteabgabe (z.B. Einsatz von Strahlungskühlung), Free cooling, effiziente Kälteerzeugung, ev. Abwärmennutzung.



Thermografieaufnahme eines Flirt RABe 521 015-8  
(Bild einer früheren Untersuchung: P. Oelhafen)



---

### Résumé français (du rapport final)

L'objectif principal de l'étude est d'améliorer l'efficacité énergétique des systèmes CVC installés dans le matériel roulant existant, ainsi que de faciliter l'élaboration des mesures qui devront être appliquées à la prochaine génération de véhicules.

L'amélioration de l'efficacité énergétique sous-entend des connaissances détaillées sur l'ensemble des valeurs de consommation, rapportées précisément à chaque élément CVC. C'est la raison pour laquelle nous avons commencé en 2010 à enregistrer des mesures de consommation sur différents types de véhicules (wagons ou RER type automotrices) utilisés pour le service régulier. L'interprétation des données collectées se fait en se basant sur des grandeurs complémentaires, mesurées à l'extérieur et l'intérieur du train, comme par exemple l'humidité relative, la température et le rayonnement solaire. Toute une série de données GPS est également retenue, le taux de CO<sub>2</sub> ainsi que les concentrations en composés organiques volatils, relevées au niveau des compartiments.

Les mesures effectuées sur du matériel roulant plus ancien (par exemple des trains RER type automotrices datant de la fin de années 90) ont révélé une consommation énergétique de chauffage très élevée. Les relevés ont démontré que la consommation peut être réduite de manière significative, de 30% sur l'année, en utilisant un mode de veille, c.-à-d. en réduisant la température intérieure à 9°C durant la nuit. La quantification de l'énergie ainsi économisée (en kWh et francs suisses) a encouragé la compagnie de transport à équiper près de 60 RER du mode de veille.

La portée de mesures d'économie d'énergie qui seraient appliquées à des véhicules encore plus anciens est limitée par des considérations d'ordre économique.

La nouvelle génération de trains devrait permettre d'utiliser ces nouvelles technologies issues de l'innovation et qui ont fait leurs preuves (par exemple des fenêtres avec protection solaire, des éléments d'enveloppe avec une émissivité haute, des portes spéciales).

---

### English summary (from the final report)

The main goal of the study was primarily the improvement of the HVAC energy efficiency of existing railway vehicle fleets and the elaboration of energy related measures for future generations of vehicles.

Improvement of energy efficiency starts with the detailed knowledge of all relevant consumption figures broken down to the individual relevant HVAC components. Therefore, we started in 2010 to record energy consumption data in various railroad vehicles (coaches or city train multiple units) during regular passenger service. The interpretation of the HVAC energy consumption data is based on additional data on both indoor and outside climatic parameters such as temperature, relative humidity, solar radiation and additionally in the passenger compartments the levels of CO<sub>2</sub> and VOC (volatile organic compounds) as well as a set of GPS parameters.

The measurements on *older vehicles* (e.g. city train multiple units fabricated in the late 1990) revealed a very high heating energy consumption that could be reduced significantly (as demonstrated by our measurements) implementing a sleeping mode i.e. reducing the indoor temperature during nighttime heating periods down to some 9°C which resulted in a heating energy of 30% over a year. The quantification of the energy saving (in kWh and Swiss francs) prompted the transport company to implement the sleeping mode in some 60 city trains. The range of energetic measures at older vehicles is limited by economic considerations.

Future train generations open the possibility to implement new technologies (e.g. solar protected windows, envelope elements with high emissivity, special doors), provided that the innovations have been tested and proved to be practicable solutions.