



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

### P-034 WindowWAVE: Zugfenster mit kleinem U-Wert und hoher Mikrowellentransmission

<b>Arbeitsfeld / Projektart</b>	Fahrzeuge Forschungsprojekt	<b>Projektstatus / Dauer</b>	laufend 2015-2016
<b>Auftragnehmer / Projektleitung</b>	EPFL LESO-PB Dr. Andreas Schüler andreas.schueler@epfl.ch	<b>Budget total / Anteil BAV</b>	CHF 371'200.- CHF 220'500.-

#### Ziele

- die thermischen Isolierungseigenschaften der Zugfenster sollen deutlich verbessert werden: der U-Wert einer zugtauglichen Doppelverglasung soll von etwa 3 W/(m<sup>2</sup>K) auf unter 1.5 W/(m<sup>2</sup>K) herabgesetzt werden
- die neuen low-e Schichten sollen eine möglichst geringe Mikrowellendämpfung aufweisen
- die neuen Fenster sollen in Zügen eingesetzt werden können, die nicht mit Repeater ausgerüstet sind
- das Funktionsprinzip soll nicht an spezielle heutige Technologieplattformen gebunden sein, sondern offen sein für eine Weiterentwicklung der Kommunikationstechnologie

#### Vorgehen / Module

1. Optimierung des Herstellungsprozesses der neuen Beschichtungen,
2. Aufbau einer Anlage zur Herstellung von Prototypfenstern
3. Charakterisierung der neuen Beschichtungen
4. Herstellung von Prototypfenster in Originalgrösse
5. Einbau der Prototypfenster in Zügen und Test im Einsatz

#### Erwartete Resultate

Gängige Beschichtungen für Zugfenster weisen dank der niedrigen thermischen Emissivität einen U-Wert von ungefähr 1 W/(m<sup>2</sup>K) auf, sind allerdings nicht transparent für die Mikrowellen der Mobilkommunikation (Handys & Internet). Da auch die Wände und das Zugdach die Mikrowellen abschirmen ('Faradayscher Käfig'), müssen zurzeit in modernen Zügen, die mit low-e Beschichtungen ausgerüstet sind, aktive elektronische Geräte, sogenannte Repeater, eingebaut werden. Mit Weiterentwicklung der Technologie (Wellenlängen, Bandbreiten, etc.) müssen diese Geräte von Zeit zu Zeit ersetzt werden. Dies bringt einen bedeutenden Mehraufwand mit sich.

Die neuartigen Beschichtungen erlauben es, die Eigenschaften der niedrigen thermischen Emissivität und der Mikrowellentransparenz zu verbinden. Der Einsatz von Repeatern ist hierbei nicht mehr notwendig.





---

### Résumé français

Grâce à leur basse émissivité thermique, les vitrages de trains courants présentent une valeur U d'environ 1 W/(m<sup>2</sup>K) procurant une excellente isolation thermique. Cependant, ces derniers ne laissent pas passer les ondes électromagnétiques de la communication mobile (portables & internet), qui sont également bloquées par les parois et les toits des trains, convertissant ainsi les wagons en « cages de Faraday ». Il est par conséquent nécessaire de placer des amplificateurs de signaux dans tous les trains équipés de vitrages à revêtements à basse émissivité. Dû à l'évolution rapide des technologies (longueurs d'ondes, largeur de bande etc), ces appareils doivent par ailleurs être remplacés régulièrement, ce qui génère des coûts conséquents.

Les couches novatrices développées dans le cadre de ce projet permettent de conjuguer basse émissivité thermique et transparence aux ondes électromagnétiques, l'installation d'amplificateurs de signaux devenant ainsi caduque.

---

### English summary

Thanks to their low thermal emissivity, currently used train windows present a U value of approximately 1 W/(m<sup>2</sup>K) ensuring excellent thermal insulation. However, they are impermeable to the electromagnetic waves used in communication (mobile phones, internet). With the walls and roofs of the train, which also block out electromagnetic waves, they hence form a Faraday cage, which makes it necessary for train operators to place repeaters in all trains equipped with low-e windows. Due to the rapid evolution of communication technologies (wave length, bandwidth, etc), these devices have to be replaced regularly, which generates major costs.

The novel films developed in the framework of this project allow combining low thermal emissivity with permeability to electromagnetic waves, which eliminates the necessity of installing repeaters.