



Zusammenfassungen (D, E, E) aus dem Schlussbericht des Projekts P-001

Zusammenfassung

In dieser Studie werden relevante Aspekte der Fahrzeug-Hüllen untersucht: darunter sind neuartige Dämmmaterialien, Sonnenschutz durch Verglasung, optisch-thermische Eigenschaften der Dachfläche und Seitenwände, sowie neue Beschichtungen für Mikrowellen. Die optisch-thermischen Eigenschaften von sowohl opaken wie auch transparenten Hülle-Elementen werden genau bestimmt. Vorschläge für Verbesserungen der Fahrzeug-Hüllen werden erarbeitet, unter Berücksichtigung des Zugangs zu Materialien und des gesamten Lebenszyklus von Modulen.

Die Fenster des NINA-Zugs und des Panorama Wagens des Glacier Express GEX wurden durch quantitative Messungen charakterisiert. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Fenster des GEX, im Gegensatz zu denen des NINA-Zugs, mit Sonnenschutz / Low-e-Beschichtungen ausgestattet sind. Die Messdaten können verwendet werden um theoretische thermische Modelle zu validieren. Unter anderem werden Computersimulationen in diesem Bereich zeigen, ob und in wie weit derzeit verwendete Fenster noch verbessert werden können.

Falls Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs mit Sonnenschutz nachgerüstet werden, sind spezielle Polymerfolien eine gute Wahl. Potentiell geeignete Produkte wurden für diesen Zweck untersucht. Die gewonnenen optischen Daten und Computer-Modelle werde eine richtige Wahl ermöglichen.

Die modernen Verglasungen und Polymerfilme mit Low-e-Beschichtungen oder einem Sonnenschutz für eine verbesserte Wärmeisolierung sind für die Mikrowellen der mobilen Kommunikation undurchlässig, weil die Beschichtung Metallschichten enthalten. Solche Verglasungen werden in vielen modernen Zügen verwendet, dies bedeutet aber, dass spezielle Repeater für die mobile Kommunikation (Telefon und Wi-Fi) installiert werden müssen. Da sich die Technologie sehr schnell entwickelt, ist es schwierig mit dem Austausch der entsprechenden Geräte mitzuhalten.

In Regionalzügen werden solche Repeater nicht verwendet, weshalb die Bahnunternehmen zögern, ihre Züge mit modernen Low-e-beschichteten Verglasungen auszustatten. Die finanzielle Unterstützung durch das Bundesamt für Verkehr (BAV) hat uns erlaubt, eine Alternative zur lästigen Repeater-Technologie zu untersuchen. Wir schlagen vor, die Low-e-Schichten so zu modifizieren, dass sie für Mikrowellen durchlässig werden. Mit Laser-Ritzen könnte die elektrische Leitfähigkeit von Metall-enthaltenden Beschichtungen in regelmäßigen Abständen unterbrochen werden, beispielsweise mit gekreuzten Linien. Wenn das Linienmuster korrekt dimensioniert ist, kann eine ausreichende Mikrowellen-Transparenz erreicht werden, ohne den niedrigen thermischen Emissionsgrad stark negativ zu beeinflussen. Dies wurde in einem Experiment demonstriert. Das Einritzen könnte nach der Beschichtung und wahrscheinlich sogar nach dem Bau der Doppel 4 Verglasung durchgeführt werden, was die Logistik der Produktion stark vereinfachen würde. Diese Technik wurde industriell angepasst. Ein NINA-Zug wird als Konzept-Beweis bald damit ausgestattet und gemessen werden.

Die optischen Eigenschaften von opaken Hüllen-Elemente (Dach und Wände) haben ebenfalls einen Einfluss auf das thermische Verhalten des Fahrzeugs. Äußere Beschichtungen mit wellenlängen-selektiven Eigenschaften können dazu beitragen, eine Überhitzung im Sommer zu verhindern. Ein hohes Emissionsvermögen ist in diesem Zusammenhang von Vorteil. Dies könnte besonders für Fahrzeugdächer interessant sein (hoher Sonnenstand im Sommer). Wellenlängen-selektive Beschichtungen die wenig Wärme reflektieren sind auch denkbar, um im Winter Heizenergieverluste zu reduzieren. Ein geringer thermischer Strahlungsgrad ist in diesem Fall vorteilhaft und eignet sich insbesondere für die Seitenwände (niedriger Sonnenstand im Winter). Im Betracht dieser Eigenschaften werden unterschiedliche selektive Lacke der BASF Schweiz vorgestellt.

Darüber hinaus wird das Isolationsmaterial (Schaum) analysiert. Die Wärmeleitfähigkeit λ von verschiedenen Schaum-Arten wird ausgewertet, wobei auch in die Feuchtigkeit in offenen Poren berücksichtigt wird. Mit dem Zweck die Auswirkungen der Feuchtigkeit zu verringern, wurde außerdem ein neuer Typ von Isolierschaum entwickelt, indem dem Schaum eine hydrophobe Eigenschaft hinzugefügt wurde.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Verkehr BAV

Programm Energiestrategie 2050 im öffentlichen
Verkehr (ESöV 2050)

Ein wichtiger Teil der Fahrzeug-Hülle sind Türen, die unter Umständen in Regionalzügen und Bussen sehr häufig geöffnet und geschlossen werden. Es ist es wert zu hinterfragen, ob sich der Aufwand lohnt, die Hüllen und HLK-Systeme solcher Fahrzeuge zu verbessern. Erste Messungen an den Stadtbussen der Lausanner Verkehrsbetriebe TL zeigen, dass der Effekt der häufigen Türöffnung kleiner ist als gedacht, und weniger bedeutend ist als die Verluste durch Lüftung und schlechte Isolation. Grosse Energieverluste gibt es wahrscheinlich auch durch externe Wasserheizungen mit Außenkocher und schlecht isolierten Rohrleitungen. Zwischen Dezember 2013 und Februar 2014 belief sich der Anteil der Heizenergie am Gesamtenergiebedarf (einschließlich Traktion) auf 27%. Wenn man berücksichtigt, dass der Winter in diesem Jahr besonders mild war, scheint das Energiesparpotenzial beträchtlich zu sein.



Résumé

Dans cette étude, l'enveloppe des véhicules est étudiée selon différents aspects, comme par exemple des matériaux d'isolation novateurs, la protection solaire à travers les vitrages, les caractéristiques optico-thermiques de la surface du toit et des parois latérales ainsi qu'un nouveau revêtement pour les ondes électromagnétiques. Les caractéristiques optico-thermiques des enveloppes opaques et transparentes sont déterminées avec précision. Des propositions d'amélioration sont esquissées concernant l'enveloppe des véhicules en tenant compte de l'accès aux matériaux et du cycle de vie complet des unités.

Les fenêtres d'un train NINA et du wagon panoramique Glacier Express GEX ont été caractérisées par des mesures quantitatives. Les fenêtres du GEX sont équipées de revêtements de protection solaire et à basse émissivité, contrairement à celles du train NINA. Les données mesurées permettent de valider des modèles thermiques théoriques. Entre autres, des simulations numériques montreront si, et à quel degré, les vitrages utilisés à présent peuvent être améliorés.

Si des véhicules de transport public doivent être réaménagés en pour obtenir une protection solaire, des films polymères spéciaux peuvent être une solution valable. De potentiels produits ont été testés à cette fin. Les données optiques obtenues et les modèles numériques permettront un choix judicieux.

Les vitrages et les films polymériques modernes équipés de revêtements de protection solaire et à basses émissions, permettant d'améliorer l'isolation thermique, sont imperméables aux ondes électromagnétiques de la communication mobile. Et cela est dû aux couches métalliques incluses dans le revêtement. De tels vitrages sont utilisés dans de nombreux trains modernes, mais implique l'installation d'amplificateurs de signaux pour la communication mobile (téléphone/wifi). Dû à l'évolution rapide des technologies (longueurs d'ondes, largeur de bande etc), il n'est pas aisé de suivre leurs évolutions, et ce qui nécessite le remplacement de ces appareils régulièrement.

Dans les trains régionaux, de tels amplificateurs ne sont pas installés, raison pour laquelle les entreprises de transport publique hésitent à les équiper de vitrages modernes à basse émission. Un projet complémentaire financé par l'Office Fédéral des Transports (OFT) a permis d'étudier une alternative à la technologie des amplificateurs. Nous proposons de modifier les revêtements à basse émission de manière à les rendre perméables aux ondes électromagnétiques.

La gravure laser permet d'interrompre la conductivité électrique des revêtements contenant du métal à des intervalles réguliers, avec des lignes croisées par exemple. Si le motif gravé est dimensionné correctement, une transparence suffisante aux ondes électromagnétiques peut être obtenue sans augmentation notable de l'émissivité thermique. Ceci a été démontré expérimentalement. La gravure laser pourrait être effectuée après application du revêtement et très probablement même après la construction d'un double vitrage, ce qui simplifierait considérablement la logistique de production. Cette technique a été adaptée industriellement et un train NINA a été équipé et mesuré pour valider le concept.

Les caractéristiques optiques des éléments de l'enveloppe opaques (toit et parois latérales) ont également un impact sur le comportement thermique du véhicule. Des revêtements extérieurs sélectifs aux longueurs d'onde, peuvent contribuer à réduire l'effet de surchauffe en été. Une haute émissivité est un avantage dans ce contexte. Ceci pourrait être particulièrement intéressant pour les toits des véhicules (position haute du soleil en été). Des revêtements sélectifs aux longueurs d'ondes, réfléchissant peu de chaleur sont également concevables pour réduire les pertes d'énergie dû au chauffage en hiver. Une basse émissivité thermique est avantageuse dans ce cas et appropriée tout particulièrement pour les parois latérales (position basse du soleil en hiver). Pour répondre aux caractéristiques recherchées dans ce contexte, différentes peintures sélectives de BASF Suisse sont présentées.

Par ailleurs, le matériau d'isolation (mousse) est analysé. La conductivité thermique λ de différentes mousses est évaluée en tenant compte de l'influence de l'humidité. Par ailleurs, un nouveau type de mousse isolante a été développé visant à réduire l'impact de l'humidité grâce à l'ajout d'une couche à caractéristique hydrophobe.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Verkehr BAV

Programm Energiestrategie 2050 im öffentlichen
Verkehr (ESöV 2050)

Une partie importante de l'enveloppe des véhicules sont les portes, qui peuvent être amenées à s'ouvrir et à se fermer fréquemment dans les trains et bus régionaux. Il est valable de se poser la question s'il est justifié d'améliorer l'enveloppe et les systèmes HVAC dans de tels véhicules. Des mesures préliminaires dans des bus de ville de l'entreprise de transports lausannois TL montrent que l'effet d'ouvertures fréquentes est moins important qu'attendu et de moindre importance comparée aux pertes dues à la ventilation et à une isolation basse. Des pertes d'énergie importantes pourraient aussi provenir du chauffage d'eau extérieur comportant un chauffe-eau extérieur ainsi que des conduites mal isolées. Entre décembre 2013 et février 2014, la part d'énergie de chauffage de la consommation énergétique totale (y compris la traction) s'élevait à 27%. Tenant compte du fait que l'hiver était particulièrement doux pendant la période de mesures, le potentiel d'économies en énergie dans ce secteur paraît considérable.



Summary

In this study, relevant aspects of vehicle envelopes are studied, including novel insulating materials, solar protection through glazing, optical-thermal characteristics of the roof surface and sidewalls as well as new coatings for microwaves. The optical-thermal properties of both opaque and transparent envelope elements are determined precisely. Proposals for improvements of vehicle envelopes are drafted under consideration of access to materials and the entire life cycle of modules.

Windows of the NINA train and the panorama wagon of Glacier Express GEX have been characterised through quantitative measurements. The results have shown that the windows of GEX are equipped with solar protection/low-e coatings, unlike the one of the NINA train. The measured data can be used to validate theoretical thermal models. Among others, computer simulations in this framework will show if and in how far, currently used windows can yet be improved.

If vehicles of public transport are to be retrofitted with solar protection, special polymer films are a valid choice. Potentially suitable products have been tested for this purpose. The gained optical data and computer models will enable a correct choice.

Modern glazing and polymeric films with low-e coatings/sun protection for improved thermal insulation are impermeable to the microwaves of mobile communication, because of the metallic layers included in the coating. Such glazings are used in many modern trains, but this means that special repeaters have to be installed for mobile communication (phone and wifi). As technology evolves very quickly, it is difficult to keep up by replacing the corresponding devices.

In regional trains, such repeaters are not used, which is why train companies hesitate to fit them with modern low-e coated glazing. A complementary activity financed by the Swiss Federal Office of Transport (FOT) allowed us to study an alternative to the burdensome repeater technology. We propose to modify low-e layers so as to make them permeable to microwaves. Laser-Scribing could be used to interrupt the electrical conductivity of metal containing coatings at regular intervals, for example with crossed lines. If the line pattern is correctly dimensioned, sufficient microwave transparency can be achieved without significant damage to the low thermal emissivity. This has been demonstrated in an experiment. Laser-Scribing could be carried out after coating and likely even after construction of the double 4 glazing, which would considerably simplify the logistics of production. This technique has been industrially adapted and a NINA train will soon be equipped and measured as a proof of concept.

The optical properties of opaque envelope elements (roof and walls) have also an impact on the thermal behaviour of the vehicle. Outer coatings with wavelength selective properties can contribute to prevent overheating in summer. High emissivity is of advantage in this context. This could be particularly interesting for vehicle roofs (high solar position in summer). Wavelength selective coatings that reflect little heat are also conceivable, to reduce heating energy losses in winter. A low thermal emissivity is advantageous in this case and suitable in particular for sidewalls (low solar position in winter). Regarding these properties different selective paints from BASF Switzerland are presented.

Moreover, the insulation material (foam) is analysed. The thermal conductivity λ of different foams is evaluated also considering the influence of the humidity in the open pores. Moreover, a novel type of insulating foam has been developed in purpose to reduce the impact of the humidity by adding a hydrophobic property to the foam.

An important part of vehicle envelopes are doors, which can open and close very often in regional trains and busses, depending on circumstances. It is valid to ask if an effort to improve vehicle envelopes and HVAC systems is worth it in such vehicles. First measurements on city busses of the Lausanne public transport company TL show that the effect of frequent door opening is smaller than might be thought and of less importance than losses through ventilation and low insulation. Major energy losses are probably also due to externally fitted water heating with external boiler and badly insulated piping. Between December 2013 and February 2014, the heating energy part of the total energy demand (including traction) amounted to 27%. Taking into account that winter was particularly mild that year, the energy saving potential seems considerable.