



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

P122_Berechnung der Kondensation in Zugwänden

Arbeitsfeld / Projektart	Fahrzeuge Forschungsprojekt	Voraussichtliche Projektdauer	8.2018 - 8.2019
Auftragnehmer / Projektleitung	Hochschule Luzern, Technik & Architektur Marc Achermann, marc.achermann@hslu.ch	Budget total / Anteil BAV	Fr. 48'600.- Fr. 48'600.-

Ziele

- Entwicklung und Implementierung eines physikalischen Modells zur Berechnung des Feuchte- und Wärmetransports in Zugwänden
- Numerische Berechnungen der Kondensation in mehreren homogenen Zugwänden unter zeitlich veränderlichen Grössen wie Innen- und Aussentemperatur, Innenraumfeuchte, solare Einstrahlung, etc.
- Dokumentation für ein allgemeines Publikum erstellen, in welcher das physikalische Modell und die Ergebnisse erklärt werden
- Numerisches Modell flexibel gestalten, so dass es für Folgeprojekte einsetzbar ist und ohne grossen Zeitaufwand angepasst werden kann

Zusammenfassung

Mithilfe numerischer Simulationen wurde der zeitliche Verlauf des Wärme- und Feuchte-transport in Zugwänden mit Einbezug von Kondensationsprozessen berechnet. Als Grundlage dienten Messdaten der relevanten physikalischen Grössen (Temperatur, Feuchtigkeit, Sonneneinstrahlung, usw.) eines Flirt Zugs der Südostbahn von einem ganzen Jahr. Die Berechnungen wurden 1-dimensional (senkrecht zur Wand) mit zwei charakteristischen Wandaufbauten durchgeführt. In einem Wandaufbau findet ein ungehinderter Feuchte-austausch zwischen Innenraum und Wärmedämmung statt, im anderen ist dieser Austausch reduziert. Die Berechnungen ergaben folgende Hauptschlussfolgerungen, welche sich auf flächige Wände und klimatische Bedingungen im Mittelland beziehen. Kältebrücken sind in diesen Schlussfolgerungen nicht berücksichtigt.

- Auf der kalten Seite der Wanddämmung (z.B. Melaminharzschäum) kann der Wassergehalt je nach Temperaturgefälle und Innenraumfeuchte ansteigen. Der Wassergehalt ist jedoch immer deutlich unter dem Grenzwert, bei dem Wasserabfluss zu erwarten ist.
- Es gibt keine langanhaltende Ansammlung von Wasser in der Dämmung.
- Der Feuchtegehalt in der Dämmung kann tief gehalten werden, wenn der Feuchtestrom reduziert ist. Dies kann erreicht werden z.B. mit kaschierten Dämmungen, oder mit feuchtedichten Innenraumverkleidungen (wenig Unterbrüche).
- Der Feuchtegehalt in der Dämmung kann in der kalten Jahreszeit durch das Einstellen des Zugs in eine warme Halle reduziert werden.
- Der Schlummerbetrieb mit gesenkter Innentemperatur erhöht die Feuchtigkeit in der Dämmung nicht.
- Wenn der Feuchtestrom stark unterdrückt ist, ist der Feuchtegehalt in der Dämmung durch die Anfangsfeuchte beim Einbau der Dämmung festgesetzt. Wenn sich die Umgebungstemperaturen ändern, findet eine Verschiebung des Wassergehalts innerhalb der Dämmung statt. In diesem Fall ist es empfehlenswert, die Dämmung bei geringer relativen Feuchte einzubauen, um die Wärmeleitfähigkeit zu reduzieren.
- Der Wärmestrom durch die Zugwand wird in den meisten untersuchten Situationen primär durch die Dicke der Dämmung und eventuelle Luftkammern bestimmt. Der Wassergehalt in der Dämmung führt nur in wenigen Situationen zu einem signifikant höheren Wärmestrom.
- Tiefe Wärmeströme (Energieaspekt) und angenehme Wandtemperaturen im Innenraum (Behaglichkeitsaspekt) können erreicht werden mit dicken Dämmungen. Wenn die Dämmungsdicke limitiert ist, reduzieren einfache, passive Massnahmen den Feuchtestrom, beispielsweise eine Kaschierung der Dämmung.



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

Résumé en français

A l'aide des simulations numériques, on a calculé l'évolution temporelle du transport de chaleur et d'humidité dans les parois des trains, y compris les processus de condensation. Les mesures des paramètres physiques pertinents (température, humidité, rayonnement solaire, etc.) d'un train Flirt de la Südostbahn pendant une année entière ont servi de base. Les calculs ont été réalisés en 1 dimension (perpendiculaire au paroi) avec deux structures caractéristiques des parois. Dans une structure, l'échange d'humidité entre l'intérieure du véhicule et l'isolation thermique s'effectue sans entrave, dans l'autre, cet échange est réduit. Les calculs résultent aux conclusions suivantes, qui se réfèrent aux parois plats et aux conditions climatiques du Mittelland en Suisse. Les ponts thermiques ne sont pas pris en compte dans ces conclusions.

- Sur le côté froid de l'isolation des parois (par ex. mousse de résine mélamine), la teneur en eau peut augmenter selon le gradient de température et de l'humidité intérieure. Toutefois, la teneur en eau est toujours bien inférieure à la limite à laquelle on s'attend à un écoulement d'eau.
- Il n'y a pas d'accumulation prolongée d'eau dans l'isolant.
- La teneur en humidité dans l'isolation peut être réduite si le flux d'humidité est réduit. Ceci peut être réalisé, par exemple, avec une isolation laminée ou avec des revêtements intérieurs résistants à l'humidité (peu d'interruptions).
- La teneur en humidité dans l'isolation peut être réduit pendant la saison froide en garant le véhicule dans un garage chaud.
- Le mode veille avec une température intérieure réduite n'augmente pas l'humidité dans l'isolation.
- Si le flux d'humidité est fortement supprimé, la teneur en humidité dans l'isolation est déterminée par la teneur en humidité initial lorsque l'isolation est installée. Si la température ambiante change, il y a un décalage de la teneur en eau à l'intérieur de l'isolant. Dans ce cas, il est recommandé d'installer l'isolant à faible humidité relative afin de réduire la conductivité thermique.
- Dans la plupart des cas, le flux de chaleur à travers la paroi est principalement déterminé par l'épaisseur de l'isolant et des chambres à air. La teneur en eau dans l'isolant n'entraîne un flux thermique nettement plus élevé que dans quelques situations.
- Des flux de chaleur réduits (aspect énergétique) et des températures de paroi agréables à l'intérieur (aspect confort) peuvent être obtenus avec une isolation épaisse. Si l'épaisseur de l'isolant est limitée, des mesures simples et passives réduisent le flux d'humidité, comme le laminage de l'isolant.



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

English summary

Using numerical simulation tools we calculated the temporal evolution of heat and moisture transport in train walls. The underlying model is one-dimensional (perpendicular to the wall) and takes into account condensation processes. The calculations were performed for two wall structures using measured data of the relevant physical properties (temperature, moisture, solar irradiance, etc.) that were recorded with a Flirt train from the Südostbahn over a year. In one wall structure unhindered moisture exchange between the interior of the train car and the thermal insulation takes place, whereas in the other one this exchange is reduced. The results led to the following main conclusions, which refer to planar walls and climatic conditions found in the Swiss Mittelland. Cold bridges are not considered in these conclusions.

- On the cold side of the wall insulation (e.g. melamine resin foam) the water content can increase depending on the temperature gradient and interior humidity. However, the water content is always distinctly below the threshold value at which water outflow from the insulation is to be expected.
- There is no prolonged accumulation of water in the insulation.
- The moisture content in the insulation can be kept low if the moisture flow is reduced. This can be achieved, for example, with laminated insulation, or with moisture-proof interior siding (few interruptions).
- The moisture content in the insulation can be reduced in the cold season by parking the train in a warm building.
- The sleep mode with lower interior temperature does not increase the humidity in the insulation.
- If moisture flow is strongly suppressed, the moisture content in the insulation is determined by the initial moisture content during the installation of the insulation. Ambient temperature changes only cause a displacement of the water content within the insulation. In this case it is recommended to install the insulation at low relative humidity in order to reduce the water content and, thereby, the thermal conductivity.
- In most situations, the heat flow through the train wall is primarily determined by the thickness of the insulation and possible air chambers. Only in a few situations the water content in the insulation leads to a significantly higher heat flow.
- Low heat flows (energy aspect) and pleasant wall temperatures in the interior (comfort aspect) can be achieved with thick insulation. If the insulation thickness is limited, simple, passive measures can reduce the moisture flow, such as laminating the insulation.