

Nach Abschluss meiner Ausbauarbeit wollte ich dann mal wissen, was ich wo falsch gemacht habe bzgl. Heizung und Wärmedämmung, und ob es aufwandsmäßig und preislich noch realistische Verbesserungen gibt. Das Fahrzeug ist zwar vorrangig für Urlaub im Sommer vorgesehen, aber auch mal als „mitgebrachte Schlafstatt“ bei Besuchen, unabhängig von der Temperatur und eigentlich nur in Ausnahmefällen für Wintersport-Ausflüge. Meine Wärmedämmung: Armaflex selbstklebend an Dach, Wänden und größeren Flächen mit 19 mm, an den übrigen Flächen und über alle Holme hinweg 10 mm. Die Hohlräume in den Holmen blieben leer.

Hier möchte ich meine kurze, nicht wissenschaftliche Untersuchung bzgl. Wärmedämmung an meinem WoMo vorstellen. Mir geht es bei diesem Versuch nicht darum, die Leistungsfähigkeit eines bestimmten Heizsystems oder -Modells zu demonstrieren, sondern nur um an Hand der nachfolgenden Thermografieaufnahmen Wirkung der Dämmung zu sehen. Um manche Wärmebilder besser zu verstehen, empfehle ich, sie mit entsprechenden Innen-Aufnahmen in meinem Ausbautagebuch zu vergleichen.

Die Messungen habe ich mit einer geliehenen Wärmebildkamera TP8S bei geeigneter Witterung auf dem Parkplatz vor der Tür gemacht. Um die Schwachstellen aufzuzeigen reichen stabile Außentemperaturen um den Gefrierpunkt bei Windstille. Die Innentemperatur ist „wohnlich“ orientiert mit ca. 20 °C und wird per Thermostat (+19 °C) recht gut geregelt.

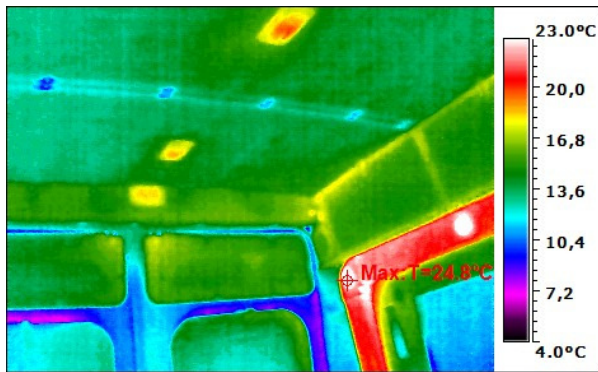
Die Interpretation von Thermografie-Aufnahmen setzt Fachkenntnis voraus sowie das Wissen, was kurz vorher war und wie die Umgebung aussieht. Mancher vermeintliche Warmbereich ist nur eine Reflexion warmer Stellen der Umgebung, oder ein „Warmfleck“ nur der eigene Handabdruck vor ein paar Minuten.

Im IR-Bereich reflektieren z.B. sogar matte Fliesen oder Schranktüren aus Holz. Die angezeigten Thermografien sollen auch nicht „1/10 Grad genaue Werte“, sondern vielmehr nur die unterschiedlichen Bereiche der Dämmung (Fenster, Holme, Türen und Strukturen) zeigen.

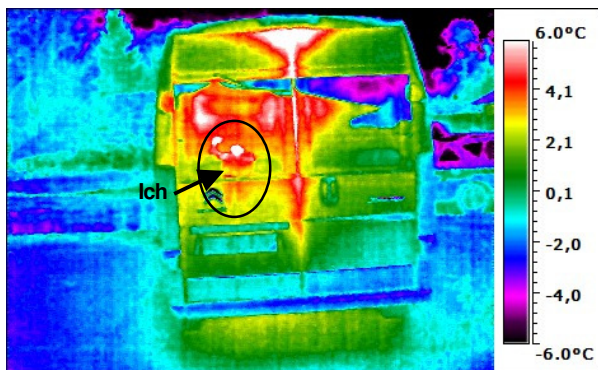
Das Fahrzeug wurde mit der Diesel-Standheizung „ThermoTop C“ am frühen Abend einige Stunden aufgeheizt, bis auch im Inneren stabile Temperaturverhältnisse vorlagen. Die Außentemperatur betrug ca. minus 4 °C. Die Temperatur im WoMo lag vor Messbeginn durch Restwärme des Tages bei ca. +2 °C, nach 40 Minuten bei ca. +14 °C (mit Heizpausen?) und die Endtemperatur nach 60 Minuten bei +19 °C. Die Dachhaube war geschlossen, die integrierte Zwangsbelüftung darin offen. Mir war es zu ungemütlich, diese Aufheizphase „live“ zu erleben. Die Messungen begannen dann ca. 4 Std. nach Heizbeginn. Zum Vergleich der Temperaturen bei den verschiedenen Bildern bitte stets die Temperaturskala rechts im Bild beachten.



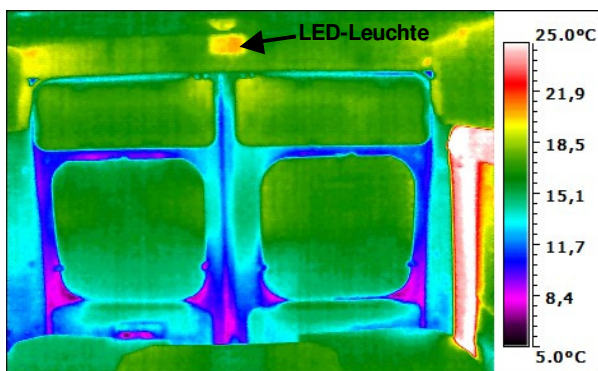
Für Befestigungen am / im Bereich der Holme habe ich 10 mm Fichtenholzleisten als wärmeisolierendes Zwischenteil verwendet (z.B. für die Dachverkleidungen). Knotendübel von Tox und Schrauben halten die Holzklötzchen sicher am Holm und daran mit zwischengelegten Schraubrosetten erfolgt die Befestigung der Deckenplatten. Bei direkter Schraub-/Nietbefestigung im Blech hingen bei meinem ersten WoMo an diesen Stellen nämlich im Winter immer Wassertropfen.



Der Bereich über dem Dachholm (Bild oben) wurde noch mit 10mm Armaflex gedämmt. Die 5 Holzklötze und der Holm sind in der Dach-Thermografie ebenfalls zu sehen, allerdings mit der Hand nicht zu spüren. Auch hier gilt, dass nicht alles ungenügend ist was nicht optimal ist. Am Dach außerdem sichtbar die 3 nur mäßig warmen LED-Lampen.

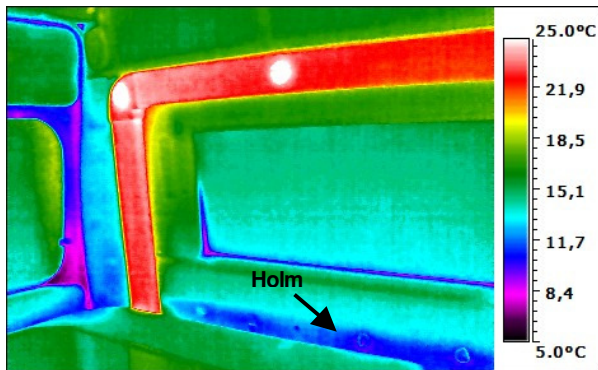


Die Heckansicht des Fahrzeugs zeigt als Beispiel schön die allgemeine Problematik einer Thermografie. Das linke Heckfenster ist innen genau so wie das rechte mit einer eingelegten Styroporplatte isoliert. Die Tür ist ober- und unterhalb des Fensters nur direkt auf der Innenverkleidung mit 10 mm isoliert. Der scheinbar warme Bereich links ist die Spiegelung des hinter mir stehenden Hauses (später bei Frontansicht sichtbar). Mein (absichtliches) Spiegelbild (mit Gesicht und erhobener Hand) ist ebenfalls zu sehen. Dagegen ist der kalte Bereich oben rechts am Fenster die teilweise Spiegelung des kalten Nachhimmels. Echt dagegen ist der Wärmeverlauf entlang des mittleren Türspalts nach oben. Ab Höhe des Türgriffs steigt innen die wärmere Luft im Türspalt entlang des Türrahmens nach oben und verteilt sich innen im oberen Türbereich. Innentemperatur im oberen Bereich (Bild oben) ca. 15°C.



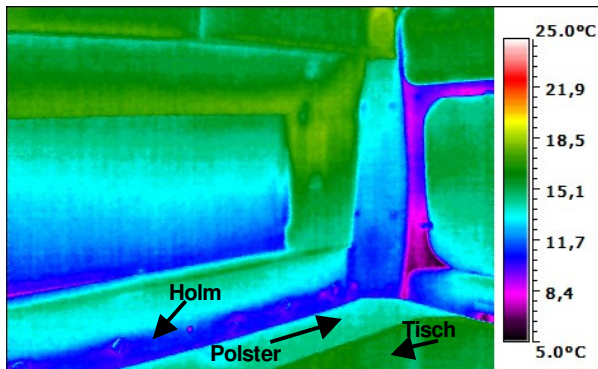
Bei der Heckansicht innen ist kein Unterschied zwischen den eingelegten Styroporplatten 20 mm vorm Fenster und der aufgeklebten 10 mm Armaflex-Isolierung hinter der Plastikverkleidung oberhalb der Fenster zu erkennen. Deutlich sind auch die ungedämmten, nur lackierten Fensterrahmen und rechts der Heizkanal zu sehen. Die Fensterrahmen waren bisher auch bei frostigen Temperaturen ohne

Beschlag, aber kalte Zugluft beim Schlafen läßt es sinnvoll erscheinen, sie zumindest mit Teppich zu bekleben.

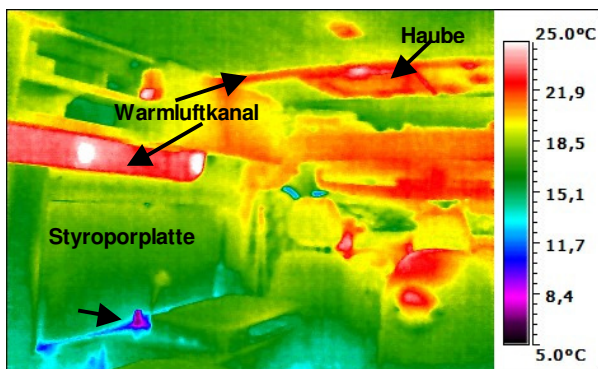


Deutlich ist der filzverkleidete Heizkanal zu sehen mit den warmen Luftdüsen über dem linken Seitenfenster hinten. Vor dem Fenster ist eine 20 mm Styroporplatte eingelegt. Unter dem Fenster ist deutlich ein Längsholm zu sehen mit 10 mm Armaflex isoliert. Die Ausführung des Warmluftkanals hinten hat sich als problematisch erwiesen. Der Wärmetauscher und das

Gebläse sind unten im Staukasten eingebaut. Der im Bild deutlich sichtbare Kanal links nach oben vom Wärmetauscher im Heck kommend war ursprünglich als Plastik-Abluftkanal ausgeführt. Für den Standheizungsbetrieb war das ausreichend, aber während der Fahrt mit Heizung hinten wurde das Plastik zu warm und weich. Zusammengesteckte Verbindungen wurden undicht und schnurrten zusammen. Abhilfe war durch zwei miteinander vernieteten Blechkanälen aus dem Trockenbau möglich. Optik und Berührschutz wurde dann mit aufgeklebtem Nadelfilz verbessert.



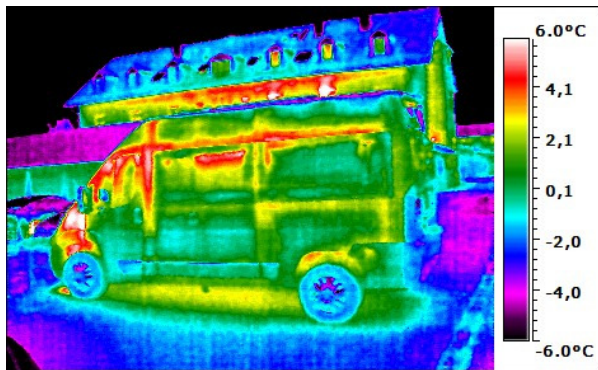
Beim Seitenfenster hinten rechts ist statt der Styroporplatte nur das Wärmeschutzrollo heruntergezogen. Durch die stärkere Luftzirkulation dahinter ist der untere Bereich deutlich kälter als links. Der schräge Eckholm ist auch nur mit 10 mm isoliert. Das Polster ist etwas kühler als auf der linken Seite, da es im „Wind-schatten“ des nicht abgesenkten Tisches und weiter entfernt liegt.



Hier ist der Bereich links über dem Küchenblock, die Dachhaube und der Dachbereich über dem Fahrer zu sehen. Der Warmluftkanal ist durch den Oberschrank hinter die Dachverkleidung geführt. Um die Dachhaube herum ist die Erwärmung durch die abziehende Warmluft durch die Zwangsbelüftung deutlich zu erkennen. Der Dachhimmel über dem Fahrer ist durch den Luftstrom der Front-

düsen erwärmt. Aus dem Griffloch der Styroporplatte vor dem „Küchenfenster“ strömt Kaltluft. Die ständig offene Zwangsbelüftung in der Dachhaube hat sicherlich ihren Anteil an der Trockenheit im Bus. Der offene, inzwischen 2 ½ Jahre alte Würfelzucker und das Salz im Streuer sind nach 10–12 Urlauben im Küchenschrank immer noch trocken. Die beim Übernachten erzeugte Feuchtigkeit wird weitgehend über die Zwangsbelüftung in der Dachhaube und neben den hinteren Seitenfenstern abgeführt. Durch die Frischluftansaugung des Heizgebläses oberhalb der Motorhaube und über die Frontdüsen entsteht ein schwacher Überdruck im Inneren und die erwärmte Luft kann Feuchtigkeit abführen. Und lieber Feuchtigkeit an kalten Fenster sehen und abwischen, als unbemerkt „verschwinden“ und Schaden anrichten. Eigentlich sind feuchte Scheiben nur ein „Komfortproblem“.

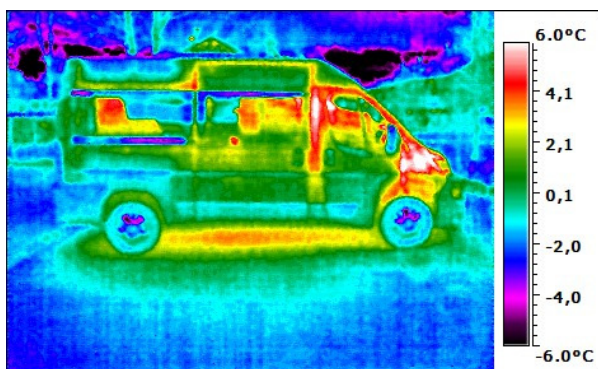




wie oben an der Styroporplatte am mittleren Seitenfenster. Der „Warmbereich“ im Radkasten hinten ist die Folge der serienmäßig dicht darüber verlegten Klima- und Heizleitungen.

Auf diesem Bild sind deutlich die nur dünn isolierten Längsholme (vor allem im Dachbereich) zu sehen. Zusätzlich läuft entlang des Dachholms der Warmluftkanal. Die A- und B-Säule sind nur serienmäßig verkleidet. Die Scheiben im Fahrerhaus sind innen mit Thermo-

matten versehen. Durch die Trennstellen im Bereich A-Säule und Dach gelangt Warmluft hinter die Isolierung, ebenso

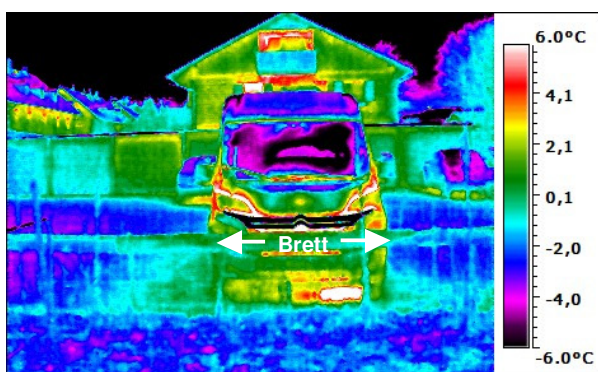


sondern nur der kalte Schiebetürbeschlag. Der warme Rand oben an der Schiebetür ist durch den schmalen Türspalt der nicht eingerasteten Tür bedingt, der obere Türbereich ist normal gedämmt. Der scheinbar wärmere Bereich unter dem Auto ist die Wärmespiegelung des Wagenbodens auf dem Asphalt und mit ca. minus 4°C etwa so kalt wie die Umgebung.

In den Seitenfenstern sind wieder Reflexionen aus dem Hintergrund zu sehen. Der Längsholm über dem Fenster ist weniger warm, da hier kein Warmluftkanal dahinter ist. Außerdem ist der Dachbereich hinten kühler, da der eingebaute Oberschrank innen zusätzlich dämmt. Die B-Säule ist nur serienmäßig verkleidet. Der Längsholm unter dem Fenster ist nicht sichtbar,

sondern nur der kalte Schiebetürbeschlag.

Der warme Rand oben an der Schiebetür ist durch den schmalen Türspalt der nicht eingerasteten Tür bedingt, der obere Türbereich ist normal gedämmt. Der scheinbar wärmere Bereich unter dem Auto ist die Wärmespiegelung des Wagenbodens auf dem Asphalt und mit ca. minus 4°C etwa so kalt wie die Umgebung.



leider durch das waagrechte Brett des Zaunes verdeckt. Die Motorhaube ist innen serienmäßig mit Filz gedämmt, deshalb ist die austretende Wärme vor allem im Bereich von Spalten der Motorhaube und Scheinwerfer zu sehen. Die externe Ansaugung der Heizluft erfolgt durch die Lüftungsgitter unter der Frontscheibe. Im Hintergrund das Haus und die wärmeren Garagen (in denen gerade warme Autos abgestellt wurden), die auch die Wärmereflexion bei der „Heckansicht“ verursachen.

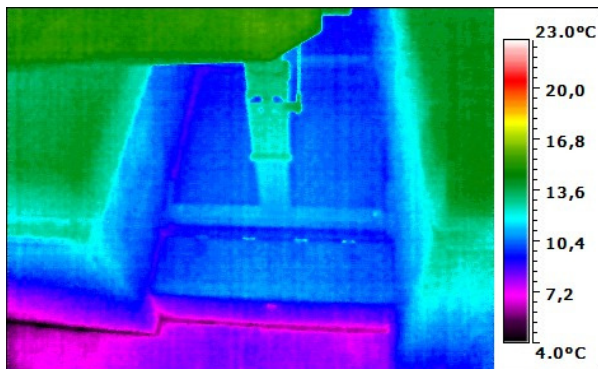
Vorne ist von außen die Wärme unter der Motorhaube zu erkennen. Die Erwärmung des Motorraumes erfolgt primär durch aufsteigende Abwärme (nicht Abgase) rund um die Standheizung. Die Erwärmung des Motors hält sich in Grenzen, da das Heizungswasser nur die Heizungstauscher und nicht den gesamten Motor durchströmen.

Der nicht sehr warme Kühlerbereich ist



Im oberen Bereich des Kotflügels staut sich die Abwärme der Standheizung. Am Boden unter der Heizung ist der Austritt der heißen Abgase deutlich zu sehen. Durch die schnelle Wärmeableitung der Asphaltdecke in den gefrorenen Untergrund beträgt die Temperatur am Boden „nur“ knapp 40°C. Die Abgastemperatur beträgt allerdings (gemessen) bis 250°C und erreicht damit die Temperatur der

Selbstentzündung von trockenem Gras. Im Gegensatz zur (kurzzeitigen) Strahlungshitze eines abgestellten Autos mit heißem Katalysators hält diese Temperatur viel länger an. **Deshalb sollte man solche Stellplätze mit trockenem Gras in Verbindung mit Standheizung meiden, zumindest erscheint eine untergelegte Metallplatte zur Wärmeverteilung sinnvoll.**



Diese Aufnahme zeigt die Bodentemperatur unter dem Tisch. Im Vordergrund liegt die Temperatur vor dem Tisch auf der konstruktiv nicht dämmbaren Alustruktur für die hintere Sitzreihe bei ca. 7°C, auf dem doppelten Boden unter dem Tisch bei ca. 10°C. Dass der Aluboden nicht kuschelig warm wird war mir im Vorfeld bereits klar. Aber von dem doppelten Boden unter dem Tisch hatte

ich mir mehr versprochen. Dabei ist primär gar nicht die schlechte Isolation des Bodens für die Kälte verantwortlich, sondern die ruhende Luft darüber. Jeder kennt dieses Phänomen: Die (früher) offenen Kühltruhen hatten ca. -20°C und darüber war die sommerliche Wärme. Die (heutigen) Abdeckungen sind keine Wärmeisolation, sondern verhindern nur einen Wärme- und Feuchteintrag in die Kühltruhe von oben in Folge der natürlichen Verwirbelungen (durch Kundenbewegungen daneben). Diese Verwirbelungen führten dann auch zu deutlicher Vereisung der Truhen. Ich hatte für den Bereich unter dem Tisch konstruktiv wg. der Stauräume keinen Heizungsauslass vorgesehen. Vielleicht wird das noch nachgebessert, (mit einem Ventilator?) wenn das damit verbundene Zugluftproblem gelöst ist.

Vorerst im Winter also „warme Puschen“ anziehen.

Der Polster- und Tischbereich liegt weiter oben bei ca. 15°C.

Der Fußbereich der Fondpassagiere hat eigene Warmluftöffnungen von vorn und wird ausreichend erwärmt.

Da ich als Bastelfreak auch seit Jahren meine heimische Ölheizung selber warte, habe ich auch einen alten Brigon-Messkoffer dazu. Meine bisherigen Messwerte damit bzgl. CO<sub>2</sub> und Temperatur decken sich gut mit den Werten des Kaminkehrers. So wollte ich in diesem Zusammenhang auch mal aus Neugier den Wirkungsgrad der Standheizung feststellen und war angenehm überrascht von den „nur“ 11%-12% Abgasverlusten bei einer so kompakten Heizung.

- Bei allem sollte man vielleicht auch nicht vergessen, dass die Wärmedämmung primär wahrscheinlich aus Komfortgründen erfolgt. Fraglich ist, ob man das Fahrzeug z.B. überhaupt warm genug bekommt, um darin zu übernachten. „Thermoschocks“ durch Anlehnen an der kalten Wand, Probleme wie kalte Zugluft und feuchte Polster wären sonst die Folge.
- Der zweite, eigentlich wichtigere, Grund ist die Vermeidung von Kondenswasser, das irgendwo am kalten Blech hinabläuft und im Verborgenen große Korrosionsschäden hervorrufen kann. Zusätzlich gibt es dann irgendwo feuchte Ecken und Muff. Der Zutritt feuchtwarmer Luft zu kalten Stellen muss daher möglichst verhindert werden.
- Der Grund der Energieeinsparung ist bei genauer Betrachtung der unwichtigste. Ob man mit einem zwar überall, aber nicht optimal gedämmten Fahrzeug 1 Ltr. Diesel pro Nacht verheizt oder bei einem topf gedämmten 0,3 – 0,5 Ltr. spielt sicher keine entscheidende Rolle im Vergleich zum Fahrzeugverbrauch. Zudem ist die Verweildauer im Bus mit Heizung nicht mit der im heimischen Wohnzimmer vergleichbar.