

Grundlegende Untersuchungen zu Wärme-transportvorgängen in Sitzaufbauten mit dem Ziel, Aufheiz- und Abkühlverhalten zu verbessern

Principle Investigations on the Heat-transfer Processes in Seating Superstructures Aiming at Improving the Behaviour of Heating-up and Cooling-down

Projektleiter
Project Leader:
Andreas Gelhard

Projektbearbeiter
In-charge:
Andreas Gelhard

Fördermittelgeber
Funding organisation:
BMW i (IGF)

Projektpartner
Project Partner:
FILK – Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen gGmbH,
HIT – Hohenstein Institut für Textilinnovationen gGmbH

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Der automobiler Innenraum ist extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Um angenehme Innenraumbedingungen sowie ein komfortables Sitzempfinden zu realisieren, werden vorrangig aktive und somit Energie verbrauchende Lösungen, z. B. Sitzheizung und -kühlung, eingesetzt. Zur Optimierung des Energiebedarfs (insbesondere bei Elektromobilität) unter Beibehaltung des Komforts sind passive Sitzkonstruktionen von Interesse, die allein durch gezielte Konstruktion und Materialauswahl günstige Sitzbedingungen realisieren.

Das Aufheiz- und Abkühlverhalten von Sitzaufbauten ist sowohl von den Einzelmaterialien als auch von der Art und Weise der Kombination der Materialien untereinander abhängig. Da die Einflussfaktoren der Materialkombinationen nicht bekannt waren, konnten positive und negative Synergieeffekte bislang nicht beachtet und mögliche Energieressourcen nicht genutzt werden.

Darüber hinaus wurden Bezugsmaterialien bislang hinsichtlich ihres Wärmesorptions- bzw. -reflektionsverhaltens optimiert. Der Einfluss des Menschen beim Sitzen und der Wärmetransport innerhalb des Polsteraufbaus wurden dabei nicht berücksichtigt. Die aktuellen Untersuchungen dienen dem Ziel, ein vertieftes Verständnis dieser Wärmetransportvorgänge in komplexen Polsterungen mit und ohne Einwirkung des sitzenden Menschen zu erhalten und darauf aufbauend das Aufheiz-

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

The interior of an automotive vehicle is exposed to extreme temperature fluctuations. For the purpose of implementing comfortable conditions in the interior as well as pleasant seating, active and thus energy-consuming solutions, such as seat heating and cooling, are preferably applied. For optimising the energy need (especially considering electromobility), maintaining the level of comfort at the same time, passive seat designs are of interest, which, by just focusing on the design and choice of material, allow to implement favourable seating conditions.

Heating-up and cooling-down behaviour of seating superstructures is dependent on both the individual materials and on the way of combining the materials with each other. As the influential factors of the material combinations had not been known, positive and negative synergy effects have not been able to be considered so far, preventing possible energy resources from being made use of.

Furthermore, the cover materials have not been subjected to optimisation regarding their heat sorption or heat reflection behaviour so far. The impact by the human while seated and the heat transfer inside the upholstery superstructure were thereby not taken into account. The current investigations served the goal to obtain an in-depth understanding of these heat transfer processes inside complex upholstery with and without an impact of seating superstructures by a seated person, and derived from that, to optimise

und Abkühlverhalten von Sitzaufbauten durch geeignete passive Systeme zu optimieren.

the heating-up and cooling-down behaviour by suitable passive systems.

ERGEBNISSE

Das Vorgehen basierte auf den drei Teilprojekten

- experimentelle Untersuchungen an Materialien, Mehrschichtaufbauten und Sitzaufbauten zum Aufheiz- und Abkühlverhalten,
- FEM-Simulationen des Wärmetransportes und
- Probandenversuche.

Basis aller Untersuchungen bildete die Festlegung charakteristischer Nutzungsszenarien (Tab. 1).

RESULTS

The approach was based on three partial projects:

- experimental investigations of materials, multi-layered superstructures and seating superstructures regarding heating-up and cooling-down,
- FEM simulations of the heat transfer, and
- tests with probands.

All the investigations were based on stipulated characteristic scenarios of use (Tab. 1).

Tab. 1: Szenarien mit charakteristischen Parametern / Scenarios and characteristic parameters

Szenarium Scenario	Start-Temperatur Start temperature [°C]	End-Temperatur End temperature [°C]	Bemerkung Remark
1 Sommer 1 summer	30	70	Sitz ohne Belastung seat unloaded
2a Winter 2a winter	30	-10	Sitz ohne Belastung seat unloaded
2b Air Condition 2b air conditioned	70	23	Sitz ohne Belastung seat unloaded
3a kalter Sitz 3a cold seat	-10	30	Sitz mit Belastung seat loaded
3b warmer Sitz 3b warm seat	70	30	Sitz mit Belastung seat loaded

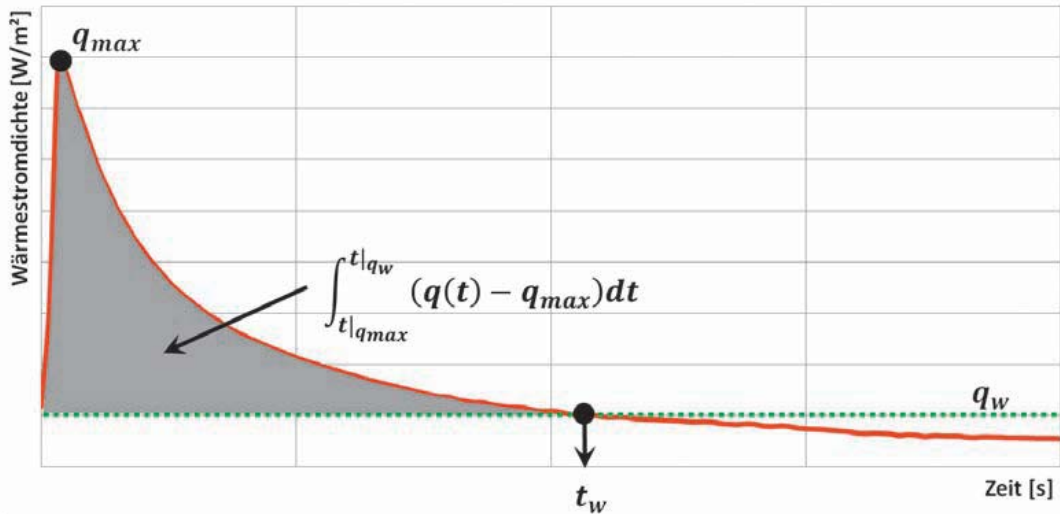


Abb. 1: Typischer Zeitverlauf des Wärmestromes zwischen dem temperierten Prüfgesäß und dem untersuchten Polsteraufbau sowie dessen wesentliche Kenngrößen

Fig. 1: Typical course of time of the heat flow between the temperature-conditioned test buttocks and the investigated upholstery superstructure and its principal parameters

Die experimentellen Untersuchungen an Standard- und funktionalisierten Materialien dienen der grundlegenden Charakterisierung (u. a. Dicke, Initialwärmeempfinden, Wasserdampfdurchlässigkeit) sowie der Aufklärung des Wärmetransportes vom Einzelmaterial bis hin zum kompletten Sitzaufbau. Mit Hilfe der gewonnenen Parameter konnten die Wärmetransportprozesse mittels Finite-Elemente-Methode simuliert und durch die Probandenversuche validiert werden.

Neben den Charakterisierungen u. a. mittels HIT-Hautmodell (u. a. Wärmeleitfähigkeit) und FILK-HapTemp (subjektive Materialtemperatur) wurden am IHD umfangreiche Wärmestrommessungen an ausgewählten Materialzusammenstellungen durchgeführt.

Abb. 1 verdeutlicht beispielhaft einen typischen Zeitverlauf des Wärmestromes zwischen dem temperierten Prüfgesäß und dem untersuchten Polsteraufbau sowie dessen wesentliche Kenngrößen. Die maximale Wärmestromdichte q_{max} sowie die Zeit t_w bis zur Unterschreitung der Wärmestrom-Wahrneh-

The experimental investigations of standard and functionalised materials served the principal characterisation (including thickness, initial sensation of heat, water-vapour permeability) and the clarification of the heat transfer from the single material up to the entire seating superstructure. With the help of the parameters obtained, the heat transfer process could be simulated by way of the Finite Element Method and validated by tests with probands.

Apart from the characterisations, e.g., by the HIT skin model (e.g., heat conductivity) and the FILK HapTemp (subjective material temperature), extensive heat flow measurements were conducted at the IHD on selected material compositions.

Figure 1 demonstrates by example a typical course in time of the heat flow between the temperature-conditioned test-buttocks and the investigated upholstery superstructure and its substantial parameters. The maximum heat flow density q_{max} and the time t_w up to falling short of the heat flow perception

mungsschwelle q_w ermöglichten den direkten Vergleich verschiedener Materialkombinationen untereinander. Darüber hinaus wurde ein Verfahren für ein variables Ranking entwickelt, das die Bewertung der untersuchten Materialkombinationen unter gewichteter Beachtung der Szenarien sowie der Bedeutung einer Kenngröße für das Gesamtempfinden ermöglicht.

Aus den umfangreichen Datenmengen können u. a. folgende Ergebnisse abgeleitet werden: Sowohl für das Szenarium „1 Sommer“ als auch „2a Winter“ ($\Delta T = 40$ K, ohne Belastung) haben sich Oberschichtmaterialien mit geringer Dichte und niedrigem solaren Absorptionskoeffizienten als günstig erwiesen.

In den Sitzszenarien 3 ($\Delta T = 40$ K, Belastung durch Nutzer) konnte der wesentliche Einfluss der Oberschichtmaterialien auf thermisches Empfinden nachgewiesen werden. Die günstigsten Bedingungen lieferten dabei textile Bezugsmaterialien, gefolgt von Leder- und Kunstlederausführungen. Dabei sollten die Zwischenschichtmaterialien eine möglichst niedrige Dichte aufweisen.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen wird es möglich, Einflussfaktoren und Grenzen des Wärmemanagements von Materialkombinationen aufzuzeigen und diese optimal zu gestalten bzw. das Leistungspotential funktionalisierter Materialien abzurufen. Dabei bieten die erarbeiteten Simulationsmodelle die Möglichkeit, mit den Parametersätzen gezielt entwickelter Materialien den Wärmetransport an den gegebenen Bedingungen (Szenarien) weiter auszurichten.

Die gewonnenen Erkenntnisse über wirkungsvolle Konstruktions- und Materialzusammenstellungen können prinzipiell auf alle Sitz- und Liegepolsterungen übertragen werden, die extremen klimatischen Schwankungen ausgesetzt sind und dabei ein Grundniveau an thermischem Sitzkomfort realisieren müssen.

threshold q_w enabled the direct comparison of several material combinations with each other. Furthermore, a method for a variable ranking has been developed, which allowed an evaluation of the investigated material combinations under weighted consideration of the scenarios and the importance of single parameters for the overall sensation.

The following results, for example, can be derived from the extensive amounts of data:

For both scenarios “1 summer” and “2 winter” ($\Delta T = 40$ K, without load), top layer materials of low density and low solar absorption coefficient have suggested themselves to be reasonable.

In seating scenarios 3 ($\Delta T = 40$ K, loaded by user), the principal impact of the top layer materials on the thermal sensation could be detected. Thereby the textile cover materials supplied the most favourable conditions, followed by leather and artificial leather versions. The materials in the intermediate layers were to be of lowest possible density.

With the knowledge obtained, it becomes possible to show influential factors and limits of the heat management of material combinations and design them optimally or to call down the performance potential of functionalised materials. Thereby, the elaborated simulation models provide for the possibility to further align the heat transport with the given conditions (scenarios) by way of the materials purposefully developed with the help of the sets of parameters.

The knowledge obtained regarding effective design and material compositions can basically be transferred to all seating and lying upholstery that is exposed to extreme climatic fluctuations, but needs to provide a basic level of thermal seating comfort.