

Möbelsauna – Entwicklung flächiger Bauelemente, die sich durch einen hohen Wärmedurchgangswiderstand auszeichnen

Furniture Sauna – Laminar Structural Elements Being Distinctive for Their High Thermal Resistance

Projektleiter
Project Leader:
Lars Blüthgen

Projektbearbeiter
In-charge:
Lars Blüthgen,
Matthias Weinert

Förderinstitution
Funding Institution:
BMW/INNO-KOM-Ost

ZIELSETZUNG DES VORHABENS

Ziel des Projektes war die Entwicklung von flächigen Bauteilen, die sich durch einen hohen Wärmedurchgangswiderstand und eine geringe Dicke auszeichnen, eine hohe Formstabilität und Dauerhaltbarkeit bei hoher thermischer sowie hygri-scher Belastung aufweisen und vorzugsweise aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen. Sie sind dadurch zum Aufbau von klimatisch extrem beanspruchten Kabinen (bspw. Hochtemperaturbereich bei Saunen oder Tieftemperaturbereich bei Kältekabinen) besonders geeignet. Favorisiert wurde eine Sandwich-Konstruktion aus unterschiedlichen Funktionslagen (Materialien). Diese Schichten wurden so kombiniert, dass mit minimaler Wanddicke ein Maximum an Leistungsfähigkeit erreicht wurde.

VORGEHENSWEISE UND ERGEBNISSE

Als Lösungsansatz wurde eine Lagenkonstruktion mit ausgefachtem Rahmenwerk definiert. Unter Variation der einzusetzenden Materialien wurden verschiedene Konstruktionsprinzipien untersucht. So wurden bspw. Vakuumpaneele (VIP), die nur sehr gering mechanisch belastbar sind, als Füllungen genutzt, wobei eine „schwimmende Lagerung“ in einem Rahmenfachwerk realisiert wurde. In einer weiteren Versuchsreihe wurden als preiswerte Alternative zu VIP Hartschäume auf ihre Verwendbarkeit untersucht. Auf Grund der definierten thermischen Randbedingungen (bis 120 °C, kurzzeitig (<5 min) bis 140 °C) kam nur eine kleine Anzahl von

OBJECTIVE OF THE PROJECT

The project aimed at the development of laminar structural elements that distinguished themselves by high thermal resistance and low thickness, high dimensional stability and durability under high thermal and hygric load and preferably consisted of renewable raw materials. Therefore, they are especially suited for building climatically extremely stressed cabins (e.g., in the high-temperature range in saunas or in the low-temperature range in cooling cabins). A sandwich design of various functional layers (materials) was favoured. These layers were combined in such a way that a maximum of performance was achieved at minimal wall thickness.

APPROACH AND RESULTS

A layer design of a filled-in frame was defined to be the approach. By varying the materials to be applied, several design principles were investigated. Vacuum panels (VIP) that withstand only very little mechanical stress, for example, were chosen to be fillings, whereas they were installed in the frame sections in a “floating manner”. In another test series, rigid foams were investigated for their suitability as a more inexpensive alternative to VIP. Due to the defined thermal marginal conditions (up to 120 °C, short-time (< 5 min.) up to 140 °C), only a small number of foams could be taken into account. Not many foams can be used above 80 °C (e.g., polystyrene XPS, Neopor, Phonotherm and others). With foams of low volumetric weight (VW < 30 kg/m³),

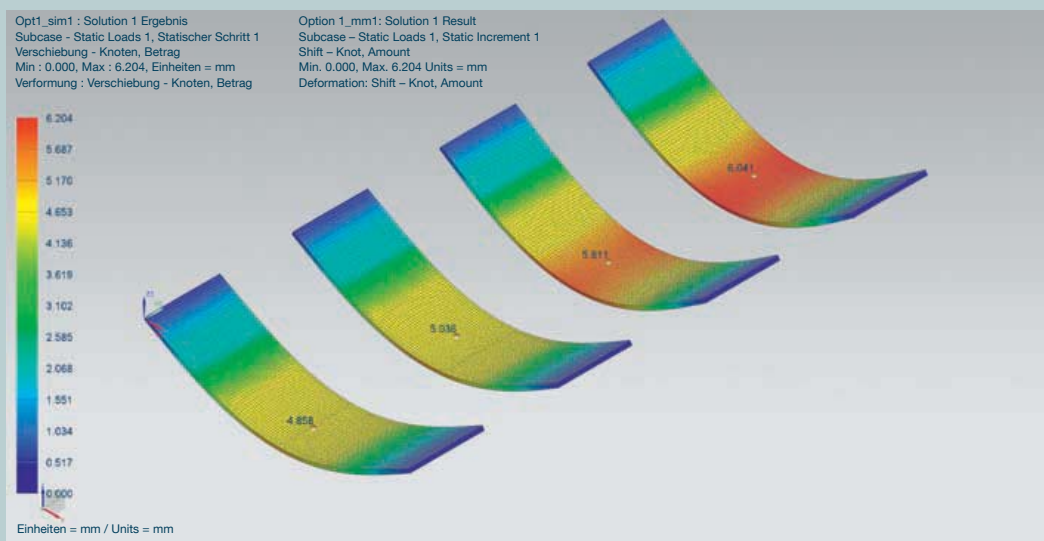


Abb. 1: Simulation – Verformung eines Deckenpaneels

Fig. 1: Simulation – deformation of a ceiling panel

Schaumstoffen in Betracht. Viele Schaumstoffe sind oberhalb von 80°C nicht einsetzbar (z. B. Polystyrol XPS, Neopor, Phonotherm u. a.). Bei Schäumen mit niedrigem Raumgewicht ($RG < 30 \text{ kg/m}^3$) wurden aufgrund der flächigen Verklebung der Decklagen mit dem gefüllten Fachwerk nach der thermischen Belastung der Wandelemente Risse festgestellt. Bei Produkten mit $RG \geq 50 \text{ kg/m}^3$ trat diese Rissbildung dagegen nicht auf, sodass der Dämmstoff puren RG 50 trotz der geringfügig höheren Wärmeleitfähigkeit als Rahmenfüllungsmaterial verwendet wurde.

Weiterhin wurde unter Nutzung des CAD- und FEM-Programmpaketes Siemens NX eine Vielzahl von Belastungsvarianten bzw. Materialkombinationen simuliert, um Folgeabschätzungen zu erleichtern und zu unterstützen. Abb. 1 zeigt ein Beispiel für die Verformung eines Deckenpaneels unter Eigenlast.

cracks were identified due to the laminar gluing of the top layers with the filled-in framework after thermally stressing the wall elements. With products of $VW \geq 50 \text{ kg/m}^3$, however, such cracking did not appear, so that, despite its slightly higher heat conductivity, the insulation material puren VW 50, was used as a filler material in the frame.

Furthermore, a multitude of stress variants and material combinations were simulated using the Siemens NX, a CAD and FEM programme package, in order to ease and support follow-up estimates. Fig. 1 shows an example for the deformation of a ceiling panel due to its own load.

Three essentials need to be considered in the design of the elements: the gluability of veneers on aluminium-coated HPL (with a vapour barrier on the wall element, as far outside as possible), the gluing of the plank-

Für die Konstruktion der Elemente waren drei Schwerpunkte zu beachten: die Verklebbarkeit von Furnieren auf Alu-beschichtetem HPL (Dampfsperre auf dem Wandelement, soweit außen wie möglich), die Verklebung der Beplankungen mit dem Rahmenwerk und den Füllungen sowie die Stabilität und Festigkeit des Rahmenmaterials bezüglich Verformung und Haltevermögen von mechanischen Verbindungsmitteln.

Aluminiumfolie wurde als Dampfsperre eingesetzt, um den Aufbau gegen eindringende Feuchte zu schützen. Mit der Maßgabe ein „Sauna-Erlebnis“ zu gewährleisten, wurde die Innenseite der Sauna-Wandpaneele mit Furnier versehen und untersucht, ob entsprechend den thermischen Belastungen eine dauerhafte Verklebung von Furnier auf Aluminium möglich ist.

Zur Fertigung des Rahmenwerks wurden im Projekt als mögliche Materialien purenit, ein hochverdichteter Funktionswerkstoff auf PUR/PIR-Hartschaumbasis, und Kerto-Furnierschichtholz untersucht. Bei der Betrachtung von purenit lag der Fokus auf einer hohen Wärmedämmung und konstruktiver Tauglichkeit (Lastaufnahmevermögen), bei Kerto neben der konstruktiven Tauglichkeit auf den niedrigeren Kosten. Es wurden 1:1 Prüfelemente (Wandpaneele) gefertigt, um die bei thermischer Belastung auftretenden Verformungen erfassen zu können. Diese wurden ebenso ohne Wärmebelastung unter Eigenlast (Deckenpaneel) gemessen. Die thermische Belastung erfolgte in einer Differenzklimakammer. Der Wärmeeintrag wurde über Strahler realisiert, die Wärmedurchgangsmessung erfolgte durch entsprechend über den Querschnitt des Wandpaneels angeordnete Thermo-Sensoren. Zur gleichmäßigeren Verteilung der Wärmestrahlung über die Fläche wurde zwischen Strahler und Wandelement ein Stahlblech positioniert, das als „Flächenstrahler“ wirksam wurde.

ing to the framework and the filling elements and the stability and strength of the framework material regarding deformation and holding capacity of mechanical fasteners.

Aluminium foil was used as a vapour barrier for protecting the structure from intruding moisture. By observing the requirement of guaranteeing a “sauna experience”, the inside of the sauna wall panels was provided with veneer and investigated as to whether durable gluing of veneer to aluminium was possible under the respective thermal load.

For making the framework, purenit, a highly densified functional material based on PUR/PIR rigid foam, and Kerto laminated veneer were investigated for the project as potential materials. When considering purenit, the focus was on high heat insulation and structural fitness (load-bearing capacity), whereas with Kerto, apart from its structural fitness, it was on low costs. Test elements (wall panels) were made at a scale of 1:1 for being able to register deformations emerging under thermal load. They were also measured without exposing them to any thermal load, but under their own weight (ceiling panel). They were exposed to thermal load in a differential climate chamber. The heat was applied by radiators; the heat distribution was measured by thermosensors arranged across the cross-section of the wall panels. For even distribution of the heat radiation across the surface a metal sheet was positioned between radiator and wall element, which acted as a “laminar radiator”.

For testing close-to-real conditions, frames were inserted into the side-wall structures of a standard sauna cabin (Figs. 2 and 3), which were able to accommodate the newly developed wall structures.

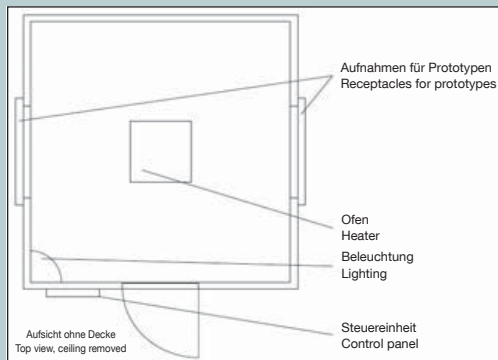


Abb. 2 (links): Prinzip der Prüfsauna

Fig. 2 (left): Principle of the test sauna

Abb. 3 (rechts): Ansicht der Prüfsauna mit Einbaubereich Prüfelement

Fig. 3 (right): View of the test sauna where the test element was inserted

Zur praxisnahen Prüfung wurden in die Seitenwandaufbauten einer Standard-Saunakabine Rahmen (Abb. 2 und 3) eingesetzt, die die entwickelten Wandaufbauten aufnehmen konnten.

FAZIT

Die Untersuchungen zeigten, dass es mit den derzeit am Markt verfügbaren Hochleistungsdämmstoffen möglich ist, ca. 30 mm dicke Bauelemente/Wandaufbauten zu realisieren, die in ihrem wärmetechnischen Verhalten den gegenwärtigen Standard-Wandaufbauten von Saunen mit einer Dicke von ca. 70 mm entsprechen. Als problematischer erwies sich die Formstabilität (Verformung unter Last/Eigenlast) der konzipierten Wandaufbauten. Erste Simulationsrechnungen zeigten aber auch hier Möglichkeiten, durch Erhöhung der Steifigkeit der Decklagen zu entsprechenden Lösungen zu gelangen. Die Ergebnisse der Berechnungen konnten in Laborversuchen verifiziert werden.

Die Projektergebnisse wurden Interessenten zur Verfügung gestellt und flossen unter anderem als ein Baustein in die Entwicklung eines neuen Saunatyps ein.

CONCLUSION

The investigations showed that, by applying high-performance insulation materials now available on the market, it is possible to make structural elements/wall structures of approx. 30 mm in thickness, that correspond, in their thermal behaviour, to current standard wall structures in saunas of a wall thickness of approx. 70 mm. The newly designed wall structures appeared to be more problematic regarding their dimensional stability (deformation under load/own weight). But first simulation calculations also showed possibilities in that respect to come to respective solutions by increasing the stiffness of the top layers. Laboratory tests were able to verify the results.

The project results were made available to interested parties and also became a part in the development of a new type of sauna.