

Entwicklung leichter flächiger Sandwichelemente mit hohem Wärmedurchgangswiderstand aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen

Development of lightweight laminar sandwich elements of high thermal permeability resistance from mainly renewable resources

Projektleiter:
Project leader:
Rodger Scheffler

Projektbearbeiter:
In-charge:
Jens Wiedemann,
Stefan Feuersenger

Projektpartner:
Project partners:
EURONORM GmbH

Fördermittelgeber:
Co-funded by:
BMWK

Förderprogramm:
Funding programme:
INNO-KOM

Förderkennzeichen:
Funding code:
49MF210096

Laufzeit:
Term:
01.11.2021 – 30.04.2024

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Anhaltende Urbanisierung und steigende Grundstückspreise führen dazu, dass sich sowohl unbebaute Flächen als auch verfügbarer Wohnraum verknappen und daher effizienter genutzt werden müssen. Darüber hinaus zeigen aktuelle Trends wie Social Cocooning, dass der Lebensmittelpunkt immer mehr in die eigenen vier Wände rückt und Freizeitaktivitäten wie bspw. Fitness und Wellness inklusive Sauna zunehmend in die Wohnung oder auf das eigene Grundstück verlagert werden. Auch Gartenhäuser oder Pavillons werden zunehmend derartig genutzt und erfordern neben einem entsprechenden Innenausbau thermisch isolierende Wand- und Deckenelemente zur ganzjährigen Nutzbarkeit. Bisher sind derartige Bauten überwiegend in massiver Blockbohlen- sowie mehrschaliger Holzprofil- oder Holzständerbauweise ausgeführt und nicht veränderbar. Wandaufbauten für die o.g. Anwendungen sind meist plattenförmig, so dass Einschränkungen hinsichtlich der Designfreiheit gegeben sind. Elemente mit einfachen Krümmungsradien entsprechen dem Zeitgeist der Planer und Architekten, können jedoch derzeit nur mit aufwendigen und somit kostenintensiven Konstruktionen umgesetzt werden. Für einen multifunktionalen Außeneinsatz, z. B. im Winter als Wellness- oder Hobbyraum sowie im Sommer nach Entfernen von Wandelementen als über-

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

Continued urbanisation and rising property prices are leading to a shortage of both undeveloped land and available living space, which means that they must be used more efficiently. In addition, current trends such as social cocooning show that the centre of life is increasingly moving within one's own four walls and leisure activities, such as fitness and wellness, including saunas, are more and more being relocated to the home or one's own property. Garden houses and pavilions are also increasingly being used in this way and, in addition to an appropriate interior finishing, require thermally insulating wall and ceiling elements for year-round usability. Until now, such buildings have been constructed mainly in solid log, multi-layered timber profile or timber frame construction and cannot be modified. Wall structures for the above-mentioned applications are usually panel-shaped, which means that there are restrictions in terms of design freedom. Elements with simple radii of curvature correspond to the zeitgeist of planners and architects, but can currently only be implemented with complex and thus cost-intensive constructions. For multifunctional outdoor use, e.g., as a wellness or leisure room in winter and as a covered seating area or pavilion in summer after removing wall elements, lightweight mobile components of high thermal resistance are required that can withstand

dachte Sitzmöglichkeit oder Pavillon, sind leichte mobile Bauteile mit hohem Wärmedurchgangswiderstand notwendig, die den besonderen Beanspruchungen während der Nutzung widerstehen.

Ziel des Vorhabens war daher die Entwicklung von flächigen sowie monoaxial gekrümmten Wand- und Deckenbauteilen für den Außenbereich, die sich neben einer guten wärmetechnischen Performance sowie Formstabilität und Dauerhaltbarkeit, vor allem durch eine hohe Witterungsbeständigkeit sowie ein einfaches Handling auszeichnen und vorzugsweise aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen. Sie sind dadurch zum Auf- und Ausbau von klimatisch besonders beanspruchten Räumen wie z. B. Außensaunen und Kleinsthäusern, aber auch für andere Anwendungen wie z. B. Kühlräume bzw. Fahrzeuge oder als Außenhaut von Reisemobilen geeignet und durch die erhöhte Designfreiheit auch in architektonisch anspruchsvollen Objekten einsetzbar.

VORGEHENSWEISE

Als Lösungsansatz für den angestrebten Sandwichaufbau wurde eine Lagenkonstruktion mit ausgefachtem Rahmenwerk definiert. Für die einzelnen Schichten wurden verschiedene in Frage kommende Materialien recherchiert und deren Eignung für die jeweiligen Lagen (Decklagen, Rahmenmaterial, Dämmmaterial für Ausfachung) mithilfe einer Excel-basierten Materialdatenbank anhand der verfügbaren Kennwerte bewertet. Neben HPL, Sperrholz, Aluminiumfolie (Dampfbremse) und Holzfaserdämmplatten kamen dabei sowohl erdöl- als auch biobasierte Schaum- und Klebstoffe zum Einsatz. Zur Untersuchung der mechanischen und klimatischen Belastbarkeit sowie des Temperaturverhaltens der Sandwichaufbauten wurden kleinformative Prüfkörper hergestellt und verschiedenen Prüfungen (z. B. 4-Punkt-Biegung, Differenzklimaprüfung, einseitig thermische Belastung) unterzogen.

the particular stresses during use.

The objective of the project was therefore to develop planar and monoaxially curved wall and ceiling components for outdoor use that are characterised not only by good thermal performance, dimensional stability and durability, but above all by high weather resistance, easy handling and preferably consist of renewable raw materials. They are therefore suitable for the construction and expansion of rooms that are particularly exposed to the elements, such as outdoor saunas and tiny houses, but also for other applications, such as cold rooms or vehicles or as the outer skin of motorhomes, and thanks to the increased design freedom, can also be used in architecturally demanding projects.

APPROACH

The approach taken to achieve the sandwich structure was a layered construction with a framework infill. Various eligible materials were identified and their suitability for the respective layers (top layers, frame material, insulation material for infill) was evaluated using a spreadsheet material database based on the available characteristic values. In addition to HPL, plywood, aluminium foil (vapour barrier) and wood fibre insulation boards, both petroleum- and bio-based foams and adhesives were used. Small-format test specimens were produced and subjected to various tests (e.g. four-point bending, differential climate testing, thermal load on one side) to examine the mechanical and climatic resilience as well as the temperature behaviour of the sandwich structures. At the same time, numerical simulations were carried out to assess the thermal performance of various wall structures and to evaluate the influence of IR-reflecting coatings. As the most challenging usage scenario, a model sauna structure including a heater and an idealised user was created to simulate the heating behaviour of an outdoor sauna, taking into account all the heat transfer mechanisms involved (convec-

Parallel dazu erfolgten numerische Simulationen zur Beurteilung der thermischen Performance verschiedener Wandaufbauten sowie zur Beurteilung des Einflusses IR-reflektierender Beschichtungen. Als herausforderndstes Nutzungsszenario wurde hierzu ein modellhafter Saunaaufbau inklusive Ofen und idealisiertem Nutzer erzeugt, um unter Berücksichtigung aller beteiligten Wärmetransportmechanismen (Konvektion, Strahlung und Wärmeleitung) das Aufheizverhalten einer Außensauna zu simulieren. Für die Herstellung gekrümmter Bauteile wurde aus CNC-gefrästen Sperrholzplatten ein zweiseitiges Presswerkzeug hergestellt. Um eine höhere Flexibilität und Verformbarkeit zu erreichen sowie spätere Materialspannungen zu verringern und damit eine bessere Formstabilität der gekrümmten Bauteile zu erzielen, wurden verschiedene Versuche durchgeführt. Im Rahmen derer wurde sowohl das Sperrholz als auch die verwendeten PUR-Hartschaumplatten gemäß verschiedener Schnittmuster durch ein- bzw. zweiseitiges Einschlitzeln modifiziert.

ERGEBNISSE

Im Rahmen des Projekts wurden ein Wandaufbau konstruiert und dafür geeignete Materialien ausgewählt sowie verschiedene Prüfkörper hergestellt und untersucht. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass kein einheitlicher Aufbau für alle Anwendungsfelder wie Außensauna, Kleinsthäuser und Kühlräume geeignet ist. Verschiedene Dämmstoffe sind aufgrund mangelnder Temperaturstabilität nicht für Außensaunen, jedoch für Kleinsthäuser oder Kühlräume geeignet. Bauteile in einfach gekrümmter Bauweise unterscheiden sich in Aufbau und Herstellung von planer

tion, radiation and heat conduction). A two-part pressing tool was made from CNC-milled plywood panels for the production of curved components. Various tests were carried out to achieve greater flexibility and formability, as well as to reduce subsequent material stresses and thus achieve better dimensional stability of the curved components. As part of these, both the plywood and the PUR rigid foam plates used were modified according to various cutting patterns by slitting on one or two sides.

RESULTS

The project involved designing a wall structure, selecting suitable materials for it, and producing and examining various test specimens. The results show that no single structure is suitable for all fields of application. Various insulation materials are not appropriate for outdoor saunas due to a lack of temperature stability, but they are suitable for micro-houses or cold rooms. Components in single-curvature design differ in structure and production from those in a planar design, as certain materials of the individual layers cannot be subsequently moulded and must be pre-treated before the moulding process (e.g., by slitting parallel to the curvature axis). At higher temperatures, a higher modulus of elasticity was observed due to a lower equilibrium moisture content in the birch plywood outer layers. No permanent deformation occurred in the differential climate. Furthermore, the use of an IR coating was tested. This could be successfully applied and an increase in reflectance was demonstrated. The coatings also showed good adhesive strength after exposure to an alternating climate. Curved components

Bauweise, da bestimmte Materialien der einzelnen Lagen nicht nachträglich formbar sind und vor dem Formgebungsprozess bearbeitet werden müssen (z. B. durch Schlitzen parallel zur Krümmungsachse). Bei höheren Temperaturen wurde ein höherer E-Modul durch eine niedrigere Ausgleichsfeuchte in den Birken-sperrholzaußenlagen festgestellt. Eine dauerhafte Verformung im Differenzklima trat nicht auf. Weiterhin wurde der Einsatz einer IR-Beschichtung geprüft. Diese konnte erfolgreich aufgebracht und eine Erhöhung des Reflexionsgrades nachgewiesen werden. Die Beschichtungen zeigten auch nach einer Wechselklimabelastung eine gute Haftfestigkeit. Unter Verwendung des zweiteiligen Presswerkzeugs konnten erfolgreich gekrümmte Bauteile gefertigt werden. Mittels 3D-Scan wurde eine gute Formstabilität nachgewiesen. Zur Veranschaulichung und zum Test der erarbeiteten Bauteile wurde ein Saunaaufbau als Demonstrations- und Versuchsobjekt konstruiert und gebaut (Abb. 1). Abgesehen von den biobasierten Dämmstoffen, entsprechen die verwendeten Materialien weitgehend den kommerziell verfügbaren nachwachsenden Rohstoffen, sodass die entwickelten Sandwich-elemente wirtschaftlich konkurrenzfähig sind.

could be successfully produced using the two-part pressing tool. Good dimensional stability was demonstrated by means of 3D scanning. To illustrate and test the developed components, a sauna construction was designed and built as a demonstration and test object (Fig. 1). Apart from the bio-based insulation materials, the materials used are largely the same as the commercially available renewable raw materials, so that the sandwich elements developed are economically competitive.



Abb. 1: Links: Entwurf des Sauna-Demonstrators, Rechts: Demonstrator im Aufbau

Fig. 1: Left: Design of the sauna demonstrator. Right: Demonstrator under construction