

Kurzbericht zum Forschungsprojekt:

Dynamisch thermisch-hygrisches Verhalten von Massivbaukonstruktionen: Entwicklung eines Wärmespeicherfähigkeitsindex für Gebäude aus Mauerwerk und thermisch aktivierbare Massivholzelemente

Titel

Dynamisch thermisch-hygrisches Verhalten von Massivbaukonstruktionen: Entwicklung eines Wärmespeicherfähigkeitsindex für Gebäude aus Mauerwerk und thermisch aktivierbare Massivholzelemente

Anlass / Ausgangslage

Die thermische Speicherfähigkeit von Baukonstruktionen kann erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch und die thermische Behaglichkeit von Gebäuden haben. Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an die Energieeffizienz und den Nutzungskomfort von Gebäuden müssen neben der Weiterentwicklung von Dämmsystemen und den Systemen zur Energiebereitstellung insbesondere die intrinsischen Eigenschaften von Gebäuden aufgrund ihrer Konstruktionsweise stärker berücksichtigt werden. Im Zuge immer genauerer Berechnungs- und Bilanzierungsverfahren ist es notwendig, auch den Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes auf den Energiebedarf zu berücksichtigen. Hier setzt das vorliegende Forschungsprojekt mit einer Untersuchung und Bewertung der Auswirkungen der Wärmespeicherfähigkeit auf das thermische Verhalten von Gebäuden an. Außerdem wird eine Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit auch für moderne Holzkonstruktionen immer wichtiger. Die Einführung von massiven Brettsperrholzbausystemen kombiniert die Möglichkeit des schnellen Bauens mit den Effekten der thermischen Speichermasse auf den Energiebedarf und die thermische Behaglichkeit. Deshalb wird in diesem Projekt für Massivholzgebäude, mit Sichteisenoberflächen, die Umsetzbarkeit eines bauteilintegrierten Flächenheiz- und Kühlsystems untersucht.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Ziel des Forschungsprojektes war zum einen die Entwicklung eines Wärmespeicherfähigkeitsindex für Gebäude, welcher es ermöglicht, ohne aufwendige Simulationsrechnungen Aussagen bezüglich des Einflusses der Wärmespeicherfähigkeit auf den Nutzenergiebedarf für Heizen, das sommerliche Überhitzungspotential und die thermische Behaglichkeit treffen zu können. Zu diesem Zweck wurden Versuchskubeln aus verschiedenen Außenwandkonstruktionen errichtet und unter Anwendung unterschiedlich gesteuerter Heizungs- und Lüftungsprogramme über ein Jahr messtechnisch untersucht. Parallel wurden

zu den realen Kuben Simulationsmodelle erstellt. Zur Validierung der Modelle wurden die Simulationsergebnisse mit den zugehörigen Messdaten abgeglichen. Darauffolgend wurden thermische Simulationen für ein repräsentatives Mehrfamilienhaus erstellt. Im Rahmen einer Variantenuntersuchung wurden unterschiedliche praxistaugliche Konstruktionen der opaken Bauteile und verschiedene Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz angesetzt. Für ausgewählte Räume des Wohngebäudes wurden Simulationsergebnisse ausgewertet und Schlussfolgerungen daraus abgeleitet. Auf Basis der Ergebnisse wurden Wärmespeicherfähigkeitsindices entwickelt.

Zum anderen wurde in diesem Projekt für Massivholzgebäude, mit Sichtholzoberflächen, die Umsetzbarkeit eines bauteilintegrierten Flächenheiz- und Kühlsystems untersucht. Zunächst wurden Materialdaten für die Entwicklung eines numerischen Bauteilmodells der thermisch aktivierten Massivholzelemente zusammengetragen. Fehlende Daten wurden im Rahmen von Vorversuchen erhoben und gingen in die weitere Entwicklung ein. Nach einer Diskussion möglicher Systemaufbauten und eines möglichen Herstellungsprozesses wurden zwei Prototypen thermisch aktivierter Massivholzelemente produziert. Mit diesen Prototypen wurden umfangreiche Laborversuche unternommen. Dadurch wurde eine Untersuchung zur realen Umsetzbarkeit ermöglicht. Außerdem dienten die gewonnenen Messdaten zur Validierung eines entwickelten numerischen Auslegungsmodells.

Fazit

Die Forschungsarbeit hat zu der Erkenntnis geführt, dass der Nutzenergiebedarf für Heizen umso niedriger ist, je höher die wirksame Wärmespeicherfähigkeit eines Gebäudes ist. Für Gebäude mit extrem schwerer im Vergleich zu extrem leichter Bauweise wurde ein um bis zu 9 % geringerer jährlicher Heiz-Nutzenergiebedarf ermittelt. Es ist zu überlegen, ob dieser Effekt normativ oder im Rahmen der Energieeinsparverordnung EnEV eine Berücksichtigung finden sollte. Außerdem hat sich gezeigt, dass bei Nichtvorhandensein von baulichen Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz umso weniger sommerliche Überhitzung zu erwarten ist, desto höher die thermische Speicherfähigkeit der verbauten Konstruktionen ist. Weiterhin ist beim Verzicht des Einsatzes von außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen insbesondere während der Sommerperiode eine verbesserte thermische Behaglichkeit zu erwarten beim Einbau von Bauteilen mit einer hohen wirksamen Wärmespeicherfähigkeit. Bei Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz entsprechend DIN 4108-2 konnte kein maßgeblicher Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden auf das sommerliche Überhitzungspotential und die thermische Behaglichkeit nachgewiesen werden. Die Untersuchungen haben darüber hinaus gezeigt, dass noch weiterer Forschungsbedarf gegeben ist. Insbesondere sind weitere Untersuchungen sinnvoll, um den Gültigkeitsbereich und die Genauigkeit der entwickelten Wärmespeicherfähigkeitsindices zu erweitern. Zu diesem Zweck sind auf der einen Seite weitere Simulationsuntersuchungen außerhalb der Projektlaufzeit vorgesehen. Auf der anderen Seite ist in Abstimmung mit den Projektpartnern geplant, die Forschung an den Versuchskuben fortzuführen.

Weiterhin wurde im Rahmen des Forschungsprojektes die Umsetzbarkeit von luftgeführten thermisch aktivierten Massivholzelementen als Flächenheizungs- und Kühlungssystem nachgewiesen. Bei der Herstellung der Elemente kann weitgehend auf vorhandene Produktionsanlagen zurückgegriffen werden. Verfahrenstechnischer Optimierungsbedarf besteht beim Aufbringen des Klebers sowie beim Fräsen der integrierten Kanäle. Durch die Wahl von leistungsfähigeren Zerspanungswerkzeugen würde der Fräsvorgang stark beschleunigt werden. Für die Produktion sollten in allen Schichten schmalseitenverleimte Brettlagen verwendet werden.

Für den Einsatz als Wandelement eignet sich ein doppelharfenförmiges Kanalarrangement. Diese Aufteilung bietet den Vorteil, dass die Erschließung der Elemente im Fußbodenaufbau erfolgen kann. Für hohe Leistungen und kurze thermische Ansprechzeiten sollten die Kanäle in geringer Tiefe unter der Holzoberfläche liegen. Eine notwendige Mindeststärke stellt die Luftdichtheit sicher und sollte mindestens eine schmalseitenverleimte ungestörte Brettlamellenlage betragen.

Die maximal erreichbare Heiz- und Kühlleistung des getesteten Prototyps B ist abhängig von der Vorlauftemperatur und wird begrenzt von der sich einstellenden Holzfeuchte. Versuche und Simulationen haben gezeigt, dass eine Heizleistung von 47 Watt je m² Elementfläche bei Raumlufttemperaturen von 20 °C und 50 % relativer Luftfeuchte ohne Beeinträchtigung der Brettsperrholzelemente dauerhaft möglich ist. Dafür werden Vorlauftemperaturen der Systemluft von maximal 45 °C benötigt. Bei extrem trockenem Umgebungsklima von unter 30 % relativer Luftfeuchte sollte die dauerhaft zulässige Heizleistung reduziert werden, um Schwindrisse an der Elementoberfläche zu vermeiden.

Im Kühlbetrieb sollte eine dauerhafte Systemleistung von 24 Watt je m² Elementfläche nicht überschritten werden, um Holzfeuchten über 20 Masse-Prozent zu vermeiden.

Das entwickelte numerische Simulationsmodell wurde durch einen Abgleich mit den Labormessdaten validiert und steht für die weitere Optimierung des Systems und die Auslegung der thermisch aktivierten Massivholzelemente für konkrete Einsatzszenarien zur Verfügung.

Weiterer Forschungsbedarf besteht hier insbesondere in der strömungstechnischen Optimierung des Kanalsystems und der darauf abgestimmten Entwicklung einer standardisierten Luftkonditionierungseinheit für die Systemluft.

Eckdaten

Kurztitel: Wärmespeicherfähigkeit

Forscher / Projektleitung:

Prof. Dr. rer. nat. Oliver Kornadt (Verantwortlicher)	Technische Universität Kaiserslautern
Dipl.-Ing. (BA) Tim Schöndube, M.Sc. (Projektleiter)	Technische Universität Kaiserslautern
Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Svenja Carrigan	Technische Universität Kaiserslautern
Saif Rashid, M.Sc.	Technische Universität Kaiserslautern
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter (Verantwortlicher)	Technische Universität München
Klaus Mindrup, M.Sc.	Technische Universität München

Praxispartner:

Dipl.-Ing. Torsten Schoch	Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH
Dipl.-Ing. Franz Loderer	Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH
Dipl.-Ing. (FH) André Staniszewski, M.BP.	Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V.
Dipl.-Ing. Juliane Nisse	Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V.
Dipl.-Ing. Hans R. Peters	Mein Ziegelhaus GmbH & Co. KG
Dipl.-Forstw. Christof Richter	Binderholz GmbH

Gesamtkosten: 355.336,90 €

Anteil Bundeszuschuss: 244.978,00 €

Projektlaufzeit: 33 Monate