



SALZBURGER HOLZBAU 2020+

"holzAUFbau"

Innovationsnetzwerkprojekt zur ökologischen und energetischen Weiterentwicklung marktgängiger Massivholzbauweisen für zukunftsfähige und ressourcenschonende Bauweisen im Niedrigenergie- und Plusenergiestandard



SALZBURGER HOLZBAU 2020+

„**holzAUFbau**“ Innovationsnetzwerkprojekt zur ökologischen und energetischen Weiterentwicklung marktgängiger Massivholzbaulösungen für zukunftsfähige, ressourcenschonende Bauweisen im Niedrigstenergie- und Plusenergiestandard

Ein Kindergarten, eine Schule, ein Internat, ein Seniorenwohnheim, ein Rehabilitationszentrum, eine Straßenmeisterei, eine Kirche und natürlich zahlreiche Einfamilienhäuser, Hotel- und Bürogebäude, Zu- und Umbauten, Aufstockungen und vieles mehr - alles in Holz geplant und gebaut. All dies zeigt, dass Holz in allen Bereichen eingesetzt und wertgeschätzt wird. Aber damit ist noch lange nicht Schluss: Mit dem Forschungs- und Innovationsnetzwerkprojekt „**holzAUFbau**“ geht man in Salzburg in die nächste Runde der ungebremsten Holzbau-Entwicklung.

Holz verkörpert eine nachhaltige Wirtschaft und steht für den verantwortlichen Umgang mit Ressourcen. Wie innovativ die Holzbranche ist, wenn es darum geht, den Werkstoff Holz optimal zu nutzen und Chancen zu ergreifen, zeigt die erfreuliche positive Entwicklung des Holzbaus im Bundesland Salzburg. Beim Bauen mit Holz sind die Salzburger Zimmerer und Holzbau-Meister für höchste Qualität bekannt. Moderne Fertigungstechnologien und neue Verfahren haben Holz in den letzten Jahren zu einem nachhaltigen, hochwertigen und modernen Baustoff gemacht. Leider ist das tatsächliche Leistungsvermögen von Holz in den geltenden Gesetzen, Normen und Richtlinien dies-

bezüglich nicht immer richtig dargestellt. Diese Tatsache erschwert und verteuert wirtschaftliche Holzbaulösungen sowie ökologische Baukonzepte unnötig. Maßnahmen sind daher möglichst rasch umzusetzen, damit Gebäude in Holz mehr als bisher mit praxistauglichen Parametern und tatsächlich erprobten Werten beurteilt werden können.

Forschungs- und Innovationsnetzwerkprojekt Salzburger Holzbau 2020+

Bei diesem Schlüssel-Forschungsprojekt „**holzAUFbau**“ handelt es sich um ein Innovationsnetzwerkprojekt zur ökologischen und energetischen Weiterentwicklung marktgängiger Holzbaulösungen für zukunftsfähige, ressourcenschonende Bauweisen im Niedrigstenergie- und Plusenergiestandard. Ziel des Forschungsprojektes ist, für marktgängige und von der Salzburger Holzbauwirtschaft generierte Holzbausysteme durch gezielte Forschungsaktivitäten neue Erkenntnisse und wissenschaftlich abgesicherte Ergebnisse in Bereichen Werkstoffkunde sowie thermische und ökologische Eigenschaften von Holzkonstruktionen abzuleiten.

INHALT

- 1 Ausgangslage
- 2 Zielsetzung
- 3 Forschungsergebnisse
 - 3.1 Bauartabhängige Definition
Wärmeleitfähigkeit Massivholz
 - 3.2 Ökologischer
Vergleichsfaktor Wärmeschutz
- 4 Fazit und Ausblick

Forschungsdetails SALZBURGER HOLZBAU 2020+

Forschungsteam und Förderrichtlinien

AUFTRAGGEBER

Verein zur Förderung des Salzburger Zimmererhandwerkes

FORSCHUNGSPROJEKT

20102-719/162/2013 RWF-Kooperationsprojekt „Salzburger Holzbau 2020+“

INHALT

Kurzzusammenfassung der Abschlussberichte zu den Teilprojekten Innovationsnetzwerkprojekt zur ökologischen und energetischen Weiterentwicklung marktgängiger Holzbaulösungen für zukunftsfähige, ressourcenschonende Bauweisen im Niedrigst- und Plusenergiestandard

- Teilprojekt 1: Bauartabhängige Definition Wärmeleitfähigkeit Massivholz -
Wissenschaftliche Untersuchungen für eine neuartige, bauartabhängige
Definition der Wärmeleitfähigkeit von Massivholzbauteilen
- Teilprojekt 2: Ökologischer Vergleichsfaktor Wärmeschutz -
Verfahren für einen ökologischen Vergleichsfaktor in öffentlich-rechtlichen
Nachweisen zum Wärmeschutz von Gebäuden

VERFASSER

- Holzcluster Salzburg, DI IFHI Lisa Maria Griesebner
- Dipl.-Ing. Josef Egle, Egle Engineering

FORSCHUNG

- Universität für Bodenkultur Wien University of Natural Resources and Life
Sciences, Vienna; Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe
- Egle Engineering, Deutschland

QUELLEN

- Binderholz GmbH
- DMH DAS MASSIVHOLZHAUS Handels GmbH
- Egle Engineering
- Holzcluster Salzburg
- ISOCELL GMBH
- KLH Massivholz GmbH
- Landesbeirat Holz NRW e.V.
- Mayr-Melnhof Holz Holding AG
- MHM Massiv- Holzbau GmbH
- PAVATEX GmbH
- proHolz Salzburg
- Stora Enso WP Bad St. Leonhard GmbH
- Universität für Bodenkultur Wien University of
Natural Resources and Life Sciences, Vienna;
Institut für Holztechnologie und
Nachwachsende Rohstoffe
- weinberger-holz gmbh
- Weiss GmbH



Dieses Projekt wird aus dem von der EUROPÄISCHEN UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie
dem Land Salzburg aus dem RWF-Programm kofinanziert.



AUSGANGSLAGE

Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz zählen zu den wichtigsten Herausforderungen modernen Bauens. Inmitten dieser Entwicklungen werden die technischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften des genialen Werkstoffes Holz gerade neu entdeckt.

Die Forschungsergebnisse sind Hinweis und Aufforderung zugleich für veränderte, dabei sachlich richtige und wissenschaftlich belegte neuen Betrachtungsweisen bezüglich der Eigenschaften von Holz.

Holz ist einer der ältesten und einer der modernsten Baustoffe zugleich. Auf dem Weg über frühe steinzeitliche Pfahlbauten und erste Behausungen in der Bronzezeit bis hin zum modernen Holzbau wurden die Methoden und Werkzeuge der Forst- und Holzwirtschaft stetig weiterentwickelt. Was geblieben ist, ist das Basismaterial - unser Holz.

Ob kommunale und gewerbliche Bauten oder das Einfamilienhaus - die Kombination aus geringem Gewicht, hoher Festigkeit, einzigartigen Bearbeitungsmöglichkeiten, Behaglichkeit, Wohngesundheit und Klimaschutzwirkung fasziniert eine zunehmende Zahl von Bauherrn und Investoren.

Zudem ruht die Erfolgsgeschichte des Holzbauens auch auf einigen „Meilensteinen“, die für moderne und zeitgemäße Bauwerke ebenso selbstverständlich wie unverzichtbar geworden sind. Zusätzlich zur technischen Trocknung sind hier etwa Methoden zu nennen, mit denen sich einzelne Bretter, Bohlen oder Kanthölzer in der Länge, Dicke und Breite dauerhaft verbinden lassen. Mit diesen Entwicklungen konnten nicht nur vollkommen neue Anwendungsbereiche für den Holzbau erschlossen werden. Auch wurden Ressourceneffizienz und Qualitätssicherung hiermit auf eine neue Stufe gehoben.

Ein Blick in die sich immer weiter verzweigende Landschaft aus Normen, Verordnungen und Richtlinien zeigt, dass zahlreiche physikalische und chemische Vorzüge des Werkstoffes Holz hier nur unzureichend Einzug gefunden haben. Die vorliegenden Ergebnisse des Forschungs- und Innovationsnetzwerkprojekts Salzburger Holzbau 2020+ sind daher als Mosaiksteinchen und als Initialzündung zu verstehen.



ZIELSETZUNG

Anerkennung tatsächlicher Werte -

Was ist, muss sein und muss auch rechtlich anerkannt werden!

Mit dem Forschungs- und Innovationsnetzwerkprojekt „holzAUFbau“ geht man in Salzburg in die nächste Runde der ungebremsten Holzbau-Entwicklung.

Mit dem Inkrafttreten der europäischen Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) ist die weitere Entwicklung des baulichen Wärmeschutzes in Europa bis zum Jahr 2020 vorgezeichnet. Die Anforderungen an die thermische Qualität von Außenhüllen werden weiter ansteigen, zugleich besteht eine immer stärkere Verpflichtung zu nachhaltigem Bauen.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungs- und Innovationsnetzwerkprojekts Salzburger Holzbau 2020+ waren die tatsächlichen Eigenschaften von Massivholz in Bezug auf winterlichen Wärmeschutz und Klimaschutzwirkung zu untersuchen. Insbesondere wurde darauf geachtet, dass in alle wissenschaftlichen Berechnungen, Messungen und Prüfungen die Baupraxis und damit zusammenhängend die tatsächlichen Verhältnisse und Werkstoffeigenschaften von Holz einbezogen werden.

Die bauphysikalischen und ökologischen Vorzüge des High-Tech-Werkstoffes Holz können mit Hilfe neuester Ergebnisse und Erkenntnisse eindrucksvoll belegt werden. Für ökologische und nachhaltige Baukonzepte können hiermit vollkommen neue Wege beschritten werden.



FORSCHUNGSERGEBNISSE

3.1

Teilprojekt 1: Bauartabhängige Definition Wärmeleitfähigkeit Massivholz - Wissenschaftliche Untersuchungen für eine neuartige, bauartabhängige Definition der Wärmeleitfähigkeit von Massivholzteilen

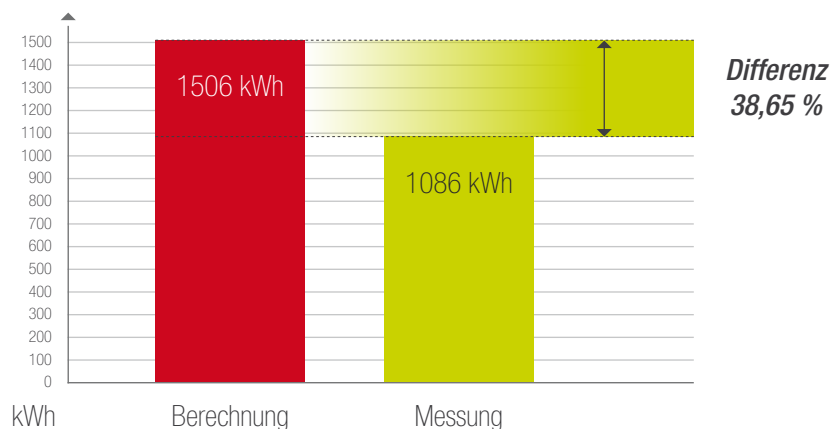
Für energetische Nachweise darf die gesamte wärmeabgebende Hüllfläche vom Gesetzgeber definierte Maximalwerte nicht überschreiten. Zugleich sind Grenzwerte des zulässigen Wärmedurchgangs einzelner Bauteile innerhalb der Gebäudehülle (U-Werte in W/m^2K) zu beachten. Der Wärmewiderstand einer Bauteilschicht hängt von seiner Dicke und einer Materialkonstante ab, die als Wärmeleitfähigkeit λ bezeichnet wird mit der Dimension W/mK . Der λ -Wert eines Baustoffes dient als Basis für die Ermittlung des U-Wertes und bestimmt somit die thermischen Eigenschaften von Bauteilen maßgeblich. Je niedriger die Wärmeleitfähigkeit, umso geringer der Wärmedurchgang, umso besser das Dämmverhalten.

Aufgrund der organischen Struktur hängt die Wärmeleitfähigkeit von Holz linear mit dem Feuchtegehalt zusammen. Zahlreiche normierte λ -Werte beziehen sich auf eine Materialfeuchte, die sich bei einem Klima $23^\circ C$ und 80% rel. Luftfeuchte einstellt. Für die Nadelholzarten Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche ergibt sich unter diesen Bedingungen ein Feuchtegehalt von 16%.

In dem zurückliegenden Forschungsprojekt „Netzwerk Massivblock 20+“ der ARGE Blockhausbau, Salzburg, wurde bei bestehenden Wohngebäuden und einem Testgebäude ein tatsächlicher Heizenergieverbrauch ermittelt, der 35 - 40% niedriger lag als dies nach den Berechnungen gemäß OIB-Richtlinien zu erwarten gewesen wäre.

Gegenüberstellung des Heizenergiebedarfes in den Testgebäuden - Blockbau

Messzeitraum: 19.11.2010, 11:30 Uhr bis 01.02.2011, 15:00 Uhr; Berechnung: Luftdichtheit (n_{50} Wert): $1,10h^{-1}$



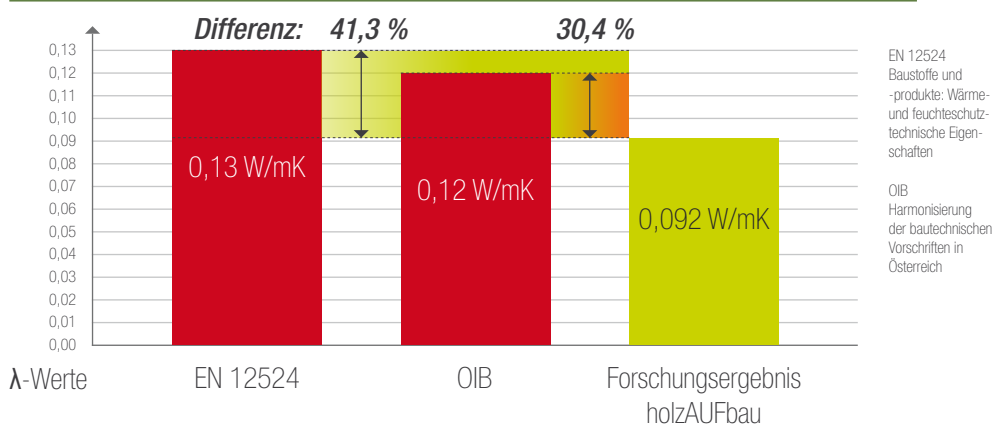
Konstruktive Baustoffe wie Stein, Beton oder Stahl dienen vorrangig der Standsicherheit und haben vergleichsweise hohe λ -Werte (Stahlbeton z.B. ca. $2,1 W/mK$). Umgekehrt gibt es spezialisierte Werkstoffe, die keinerlei Standsicherheitsaufgaben erfüllen und primär dem Wärmeschutz dienen (div. Dämmstoffgattungen, Bereich ca. $\lambda = 0,03 - 0,06 W/mK$). Wenn ein Bauteil aus mehreren Einzelschichten besteht, werden die Wärmewiderstände aller Schichten addiert.

Massivholz nimmt unter allen konstruktiven Werkstoffen eine Sonderstellung ein. Dank der hohen Festigkeitswerte kann Holz für tragende Zwecke verwendet werden. In Bezug auf das Wärmedämmver-

Die Wärmeverluste durch Wärmeleitung sind bei Massivholz unter baupraktischen Bedingungen um 25 - 30% geringer als nach derzeit geltenden Normen und Richtlinien.

halten befindet sich Holz hingegen in unmittelbarer Nähe von Dämmstoffgattungen (Bemessungswert $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$ für Nadelholz nach ÖNorm EN 12524). Nach ÖNorm EN 12524 ist der Bemessungswerte λ für Konstruktionshölzer (Nadelholz) mit $0,13 \text{ W/mK}$ zu rechnen, nach nationalen Normen mit $0,12 \text{ W/mK}$ (OIB). Diesen vor Jahrzehnten ermittelten Werten liegt ein Holzfeuchtegehalt von 16 - 18% zugrunde.

Lamda-Wert für Massivholz



Zur weiteren Erforschung dieser erheblichen Abweichungen wurden im vorliegenden Projekt Langzeitmessungen an Außenwänden von 15 Objekten im Bundesland Salzburg in den Winterperioden 2012/2013 und 2013/2014 durchgeführt. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

	Holzfeuchte [%] Minimum	Holzfeuchte [%] Mittelwert	Holzfeuchte [%] Maximum
Winter 2012/13	5,5	8,1	14,1
Winter 2013/14	5,0	7,1	10,5
Gesamtergebnis	-	7,6	-

Im Anschluss hieran wurde das Wärmeleitverhalten von 2 Chargen mit je Brettsperrholz-Probekörpern (3-lagig, Dicke ca. 100 mm) in einem Prüflabor des Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe der Universität für Bodenkultur Wien mit Hilfe des Einplatten-Messverfahrens nach EN 1946-2 / EN 12667 untersucht. Alle Probekörper wurden auf einen Holzfeuchtegehalt von ca. 7,5% vorkonditioniert. Es ergaben sich folgende Messergebnisse:

	λ -Wert [W/mK] Minimum	λ -Wert [W/mK] Mittelwert	λ -Wert [W/mK] Maximum
Charge 1 Proben 1-6	0,0856	0,0916	0,0964
Charge 2 Proben 7-12	0,0886	0,0933	0,0979
Gesamtergebnis	-	0,0924	-

FORSCHUNGSERGEBNISSE

3.2

Teilprojekt 2: Ökologischer Vergleichsfaktor Wärmeschutz - Verfahren für einen ökologischen Vergleichsfaktor in öffentlich-rechtlichen Nachweisen zum Wärmeschutz von Gebäuden

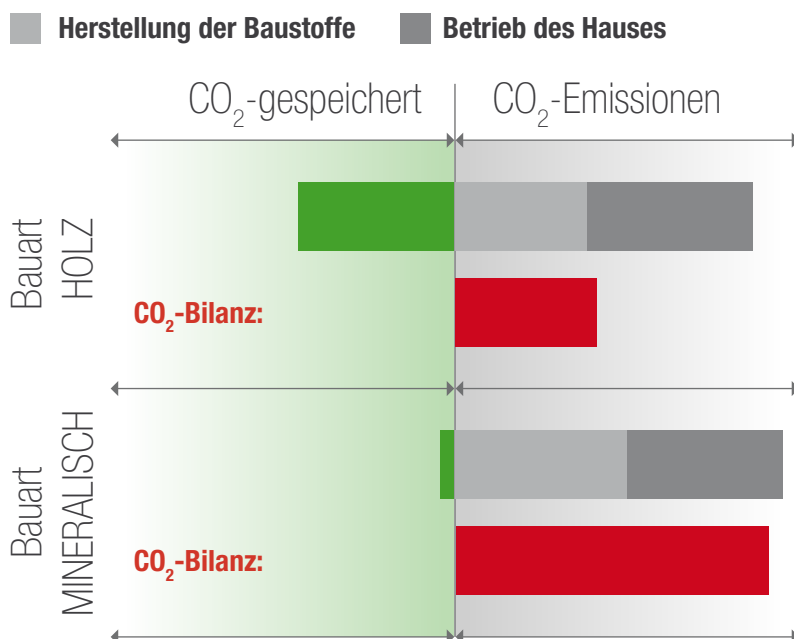
Mit Holz ist es möglich, nicht nur CO₂-neutrale Gebäude, sondern sogar solche mit CO₂-Senkenleistung herzustellen. Bauen mit Holz dient somit dem Klimaschutz in mehrfacher Weise.

Weltklima-Rat, carbon footprint, CO₂-Bank - nur drei Synonyme dafür, welche Bedeutung dem Treibhausgas CO₂ für Erderwärmung und Klimaschutz mittlerweile beigemessen wird. Mehr als 1/3 der Treibhausgase innerhalb der EU entstehen bei der Errichtung und Nutzung von Gebäuden. Ob Beton, Stahl, Ziegel oder Kunststoffe - für die Herstellung dieser Baustoffe werden der Erde Rohstoffe entnommen, die durch Erhitzen, Brennen oder Schmelzen umgeformt werden. Kurzum - bei der Gewinnung und Aufbereitung dieser Baustoffe entsteht das Treibhausgas CO₂.

Holz bewirkt exakt das Gegenteil: Beim Wachstum von Bäumen wird der Luft CO₂ entzogen. Der Kohlenstoffanteil hieraus wird mit Hilfe von Sonnenlicht und Wasser in Biomasse umgewandelt („Assimilation“). In einem nachhaltig bewirtschafteten Wald werden ältere Bäume entnommen und junge Pflanzen gesetzt. Auf diese Weise bleiben unsere Wälder erhalten, gleichzeitig steht Holz als wertvolles Baumaterial zur Verfügung.

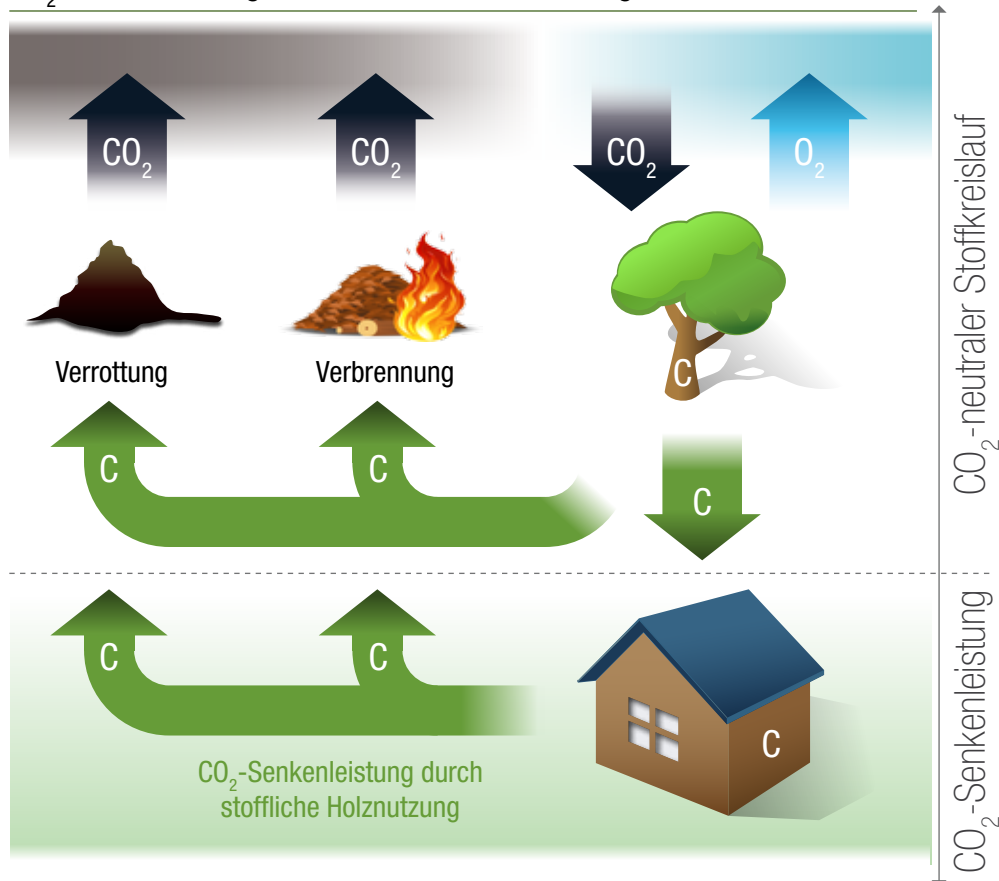
Dabei fällt bei der Weiterverarbeitung von Holz deutlich weniger CO₂ an als im Werkstoff selbst gespeichert ist. Durch die bauliche Nutzung von Holz bleibt das gespeicherte CO₂ für Jahrzehnte, manchmal sogar Jahrhunderte, eingelagert.

CO₂-Emissionen und CO₂-Bilanzen



Die ausschließliche Betrachtung der Nutzungsphase von Gebäuden ist nur die halbe Wahrheit in Bezug auf Ökologie und Klimaschutz!

CO₂ Senkenleistung durch stoffliche Holznutzung



Seit den Ölkrisen der 70er und 80er Jahre wurden die Anforderungen an die thermische Qualität von Gebäuden stetig verschärft. Die Anlagentechnik hat bei Energieverbrauch und Energieeffizienz ebenso Weiterentwicklungen erfahren. Zusätzlich steigt der Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix. Dies hat in der Summe zur Folge, dass der CO₂-Ausstoß von Gebäuden während der Nutzungsphase stetig abnimmt. Die CO₂-Emissionen für die Materialgewinnung Baustoffherstellung bleiben hingegen nahezu konstant. Dennoch wird in allen öffentlich-rechtlichen Nachweisen zum Wärmeschutz derzeit ausschließlich die Nutzungsphase betrachtet. Für eine objektive Beurteilung der tatsächlichen ökologischen Qualität über den gesamten Lebenszyklus wäre es hingegen erforderlich, auch die Herstellungsphase einzubeziehen.

Die CO₂-Emissionen, die durch stoffliche Nutzung von Holz über viele Jahrzehnte eingespart werden können, lassen sich analog zur chemischen Zusammensetzung von Holz exakt berechnen. Diese Einsparungen sind mit dem CO₂-Ausstoß, der in der Nutzungsphase durch Heizung entsteht, zu verrechnen. Im Ergebnis entsteht ein CO₂-gewichteter ΔU_{co_2} -Wert. Für rechnerische Nachweise zur Erfüllung öffentlich-rechtlicher Anforderungen an die Gebäudehülle ist dieser ΔU_{co_2} -Wert vom bisherigen U-Wert des Bauteils abzuziehen. Es entsteht ein neuer, modifizierter $U_{\text{mod,co}_2}$ -Wert.

FORSCHUNGSERGEBNISSE

3.2

Teilprojekt 2: Ökologischer Vergleichsfaktor Wärmeschutz - Verfahren für einen ökologischen Vergleichsfaktor in öffentlich-rechtlichen Nachweisen zum Wärmeschutz von Gebäuden

Die Zusammenhänge sind in dem nachstehenden Berechnungsbeispiel dargestellt:

$$\Delta U_{\text{co}_2} = \frac{0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1,83 \text{ kg CO}_2/\text{kg} \times 420 \text{ kg}/\text{m}^3}{100 \text{ a} / (78 \text{ kWh}/\text{a} \times 0,163 \text{ kg CO}_2/\text{kWh})} = 0,06 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{mod,co}_2} &= U - \Delta U_{\text{co}_2} \\ &= 0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K} - 0,06 \text{ W}/\text{m}^2\text{K} \\ &= 0,14 \text{ W}/\text{m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Lebensdauer Gebäude	100 Jahre
Senkenleistung Holz (darrtrocken, Kohlenstoffanteil 50%)	1,83 kg CO ₂ / kg Holz
Außenwände mit Brettsperrholz Fichte	Dicke 100 mm Darrgewicht 420 kg / m ³
CO ₂ -Ausstoß Heizung (Energimix Erdöl, Gas, Wärmepumpe, Biomasse)	163 g CO ₂ / kWh
Gradtagszahlfaktor (Gradtagszahl 4.500 k*d Raum Salzburg)	78 kWh / a
U-Wert Außenwand (inkl. aller Bauteilschichten)	0,20 W/m ² K



Ergebnis 1:

Der U-Wert eines Außenbauteils ist unter Berücksichtigung der CO₂-Senkenleistung um 0,006 W/m²K je 1 cm Schichtdicke Holz zu reduzieren.



Ergebnis 2:

Eine Außenwand mit 100 mm Brettsperrholz und U-Wert 0,20 W/m²K ist unter Einbeziehung der CO₂-Senkenwirkung auf einen modifizierten U_{mod,co2}-Wert 0,14 W/m²K zu reduzieren.

FAZIT & AUSBLICK

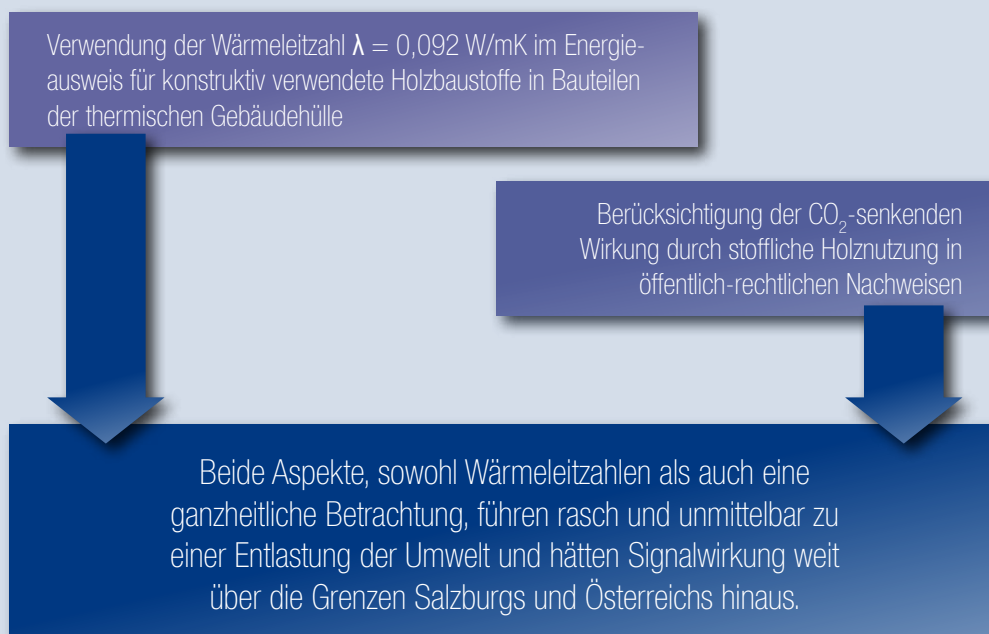
4

Im vorliegenden Projekt wurde ein Berechnungsansatz erarbeitet, mit dessen Hilfe die Klimaschutzwirkung des CO₂-speichernden Werkstoffes Holz nicht nur in Förderprogrammen, sondern auch in öffentlich-rechtlichen Nachweisen Einzug finden kann.

Verschärfungen der Wärmeschutzanforderungen waren in den zurückliegenden Jahrzehnten insbesondere der Energieeinsparung geschuldet. Dabei wurde der Wärmedämmstandard von Gebäuden stetig verbessert. Weiterentwicklungen in der Gebäude- und Anlagentechnik führen außerdem zu höheren Wirkungsgraden. Nicht zuletzt steigt im Energiemix der Anteil erneuerbarer Energien an. Mit diesen Entwicklungen konnte der Ausstoß des Treibhausgases CO₂ während der Nutzungsphase wirksam reduziert werden. Im Gegensatz hierzu sind die Herstellungsprozesse einschließlich der Materialeigenschaften in Bezug auf CO₂-Emissionen weitgehend unverändert geblieben.

Bei der Fortschreibung eines modernen, zeitgemäßen Wärmeschutzes müssen Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz in einem integralen, gesamtheitlichen Ansatz einbezogen werden. Die Fokussierung ausschließlich auf die Nutzungsphase, wie derzeit praktiziert, bildet nur die halbe Wahrheit ab. Je höher der Wärmedämmstand, umso geringer sind die Auswirkungen der Nutzungsphase auf den gesamten Lebenszyklus.

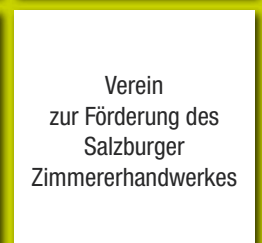
Unabhängig von den klimaschonenden Eigenschaften des Werkstoffes Holz werden im modernen Holzbau Bausysteme und Konstruktionen verwendet, deren Wärmeschutzwirkung erheblich über normierten Werten liegt. Dies hängt mit technischer Trocknung, aber auch mit zwischenzeitlich hoch veredelten Holzsortimenten zusammen. Messungen unter baupraktischen Bedingungen und zugehörige Labormessungen zeigen völlig neue Wärmeleitahlen für Holz. Für eine praxisorientierte Heizungsdimensionierung, aber auch zur korrekten Berechnung und Beurteilung der tatsächlichen thermischen Eigenschaften von Holzbausystemen sollten diese neuen Erkenntnisse raschestens in die Praxis umgesetzt werden.





Salzburger Holzbau 2020+

Innovationsnetzwerkprojekt zur ökologischen und energetischen Weiterentwicklung marktgängiger Massivholzbau­lösungen für zukunftsfähige, ressourcenschonende Bauweisen im Niedrig­energie- und Plusenergiestandard



Holzcluster Salzburg

Markt 136, A-5431 Kuchl

Tel. +43 6244 / 30328 0 FAX +43 6244 / 30328 25

post@holzcluster.at, www.holzcluster.at

