Heat Insulation Performance of Straw Bales and Straw Bale Walls

R. Wimmer, H. Hohensinner, L. Janisch, M. Drack

GrAT - Center for Appropriate Technology / Vienna University of Technology

Aim

Straw bale houses will play an important role in sustainable building all over the world. The fundamental technical basis and the necessary building certificates like thermal conductance tests, provided by this project, will prepare and facilitate the introduction to the market of this highly functional, economical and environmental friendly building material. The insulation parameters thus have to meet the criteria of passive solar houses.

Conductance tests

The specific thermal conductance is described by the material dependent numeric λ-value. More common is the thermal transmittance (U-value) for a building component (wall, roof, etc.).

Recently made thermal insulation tests of upright standing straw bales (as they are used for wooden frame constructions) have shown λ-values of 0,045 W/mK (McCabe,1993).

The above described testing results were done according to US norms and do not correspond with European norms and therefore can not be used in Europe. Hence within the project "Wall Systems made of Renewable Resources" wheat straw bales with a different density were tested. The thermal insulation tests were accomplished by the Municipal Department 39 (Vienna) according to ISO 8301 and ÖNORM B6015 part 1.

The measurement according ISO 8301 showed the following result: λ_{10} = 0,0369 respectively 0,0337 W/mK (at 10 °C and dry material)

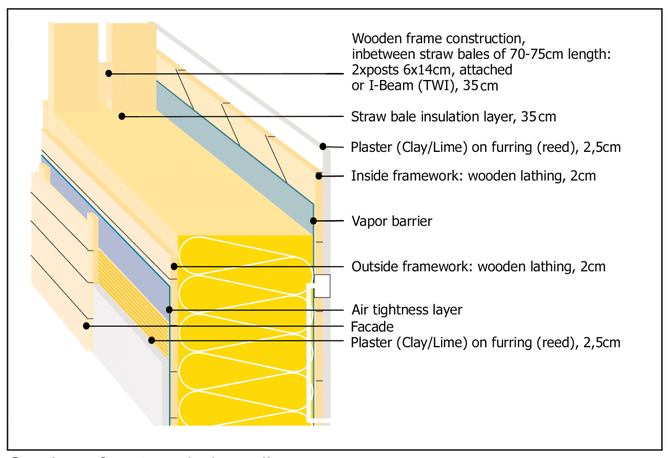
The measurement according ÖNORM B6015 resulted in the following value: λ_{10} = 0,0380 W/mK

According to EU-norm the reference value has to be a calculated λ-value, which includes 20% of moisture-supplement. Hence the thermal insulation reference value for wheat straw bales with a density of 100 kg/m³ is λ = 0,0456 W/mK.

Therewith the thermal conductance is in the range of other insulation materials which are made of renewable resources (flax, hemp, wool, cork, cellulose).

Thermal transmittance

Due to the low conductance value of straw, straw bale walls with a total thickness of 42 cm (35 cm straw layer) show a U-value of 0,12 W/m²K. Including the wooden frame the U-value is around 0,14 W/m²K. This means that a straw bale construction with wooden frames or post and beam structures has a U-value below 0,15 W/m²K and hence meets the criteria for passive solar houses.



Section of a straw bale wall

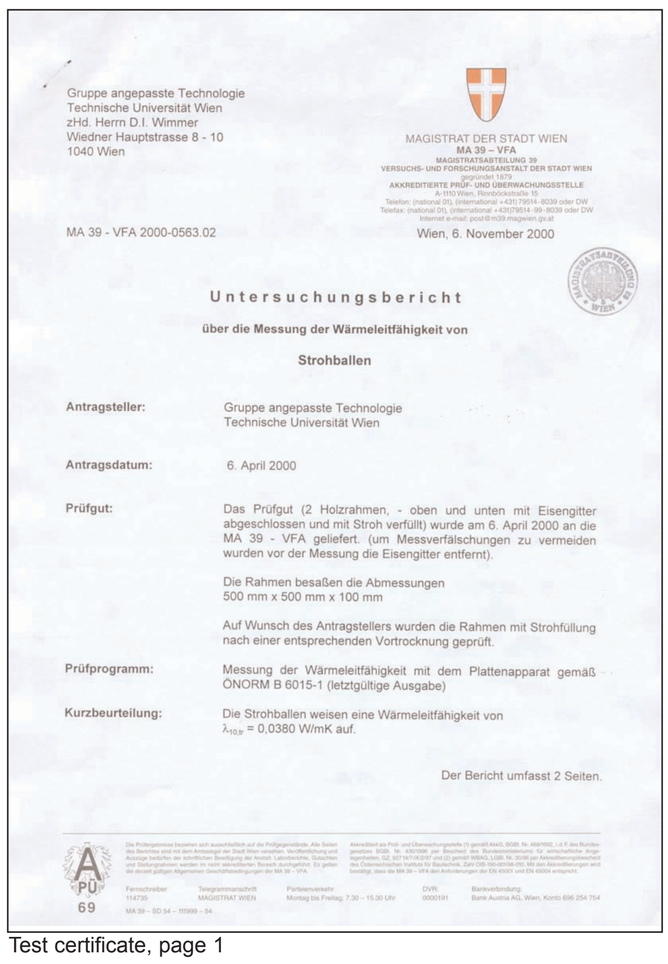
Cost reduction potential

A rough estimation of the costs of different insulation materials shows the huge cost reduction potential of straw bale insulation.

In the table below λ refers to a calculated value. The thickness that is required to reach U = 0,15 W/m²K is given in the third column and the specific price of the different materials stands in the fourth column. The last column shows the insulation material costs for an average 150 m² house. (prices incl. 20% VAT)

Material	λ W/mK	Thickness cm	Spec. pr. Euro/m²	Price Euro
Straw Bale	0,045	30	3,63	1453
Cellulose	0,045	30	18,31	7325
EPS	0,038	24	20,35	8139
Rockwool	0,038	24	23,55	9418

Compared costs of different insulation materials



Gruppe angepasste Technologie
Technische Universität Wien
zHd. Herrn D.I. Wimmer
Wiedner Hauptstrasse 8 - 10
1040 Wien

MAGISTRAT DER STADT WIEN
MA 39 – VFA
MAGISTRATSABTEILUNG 39
VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT DER STADT WIEN
gegründet 1879
AKKREDITIERTE PRÜF- UND ÜBERWACHUNGSSTELLE
A-1110 Wien, Rinnböckstraße 15
Telefon: (national 01), (international +431) 79514 - 8039 oder DW
Telefax: (national 01), (international +431)79514 - 99 - 8039 oder DW
Internet e-mail: post@m39.magwien.gv.at

MA 39 - VFA 2000-0563.02

Wien, 6. November 2000

Untersuchungsbericht

über die Messung der Wärmeleitfähigkeit von

Strohballen

Antragsteller: Gruppe angepasste Technologie Technische Universität Wien

Antragsdatum: 6. April 2000

Prüfgut: Das Prüfgut (2 Holzrahmen, - oben und unten mit Eisengitter abgeschlossen und mit Stroh verfüllt) wurde am 6. April 2000 an die MA 39 - VFA geliefert. (um Messverfälschungen zu vermeiden wurden vor der Messung die Eisengitter entfernt).

Die Rahmen besaßen die Abmessungen
500 mm x 500 mm x 100 mm

Auf Wunsch des Antragstellers wurden die Rahmen mit Strohfüllung nach einer entsprechenden Vortrocknung geprüft.

Prüfprogramm: Messung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattenapparat gemäß ÖNORM B 6015-1 (letztgültige Ausgabe)

Kurzbeurteilung: Die Strohballen weisen eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{10,tr}$ = 0,0380 W/mK auf.

Der Bericht umfasst 2 Seiten.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Alle Seiten des Berichtes sind mit dem Amtssiegel der Stadt Wien versehen. Veröffentlichung und Aussage bedürfen der schriftlichen Bewilligung der Anstalt. Laborberichte, Gutachten und Stellungnahmen werden im nicht akkreditierten Bereich durchgeführt. Es gelten die derzeit gültigen Allgemeinen Geschäftsbedingungen der MA 39 - VFA.

Akkreditiert als Prüf- und Überwachungsstelle (1) gemäß AkkG, BGBl. Nr. 468/1992, i.d.F. des Bundesgesetzes BGBl. Nr. 430/1996 per Bescheid des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, GZ 92.719/1-IA/2/97 und (2) gemäß WBAG, LGBl. Nr. 30/96 per Akkreditierungsbescheid des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Zahl OIB-190-000368-0/00. Mit den Akkreditierungen wird bestätigt, dass die MA 39 - VFA den Anforderungen der EN 45001 und EN 45004 entspricht.

Fernschreiber 114735 MAGISTRAT WIEN
Telegrammanschrift
Parteienverkehr: Montag bis Freitag: 7.30 – 15.30 Uhr
DVR: 0000191
Bankverbindung: Bank Austria AG, Wien, Konto 696 254 754

MA 39 – SD 54 – 111999 – 54

69

Test certificate, page 1

- 2 -

MA 39 - VFA 2000-0563.02

Prüfverfahren:

Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit bzw. des Wärmedurchlasswiderstandes erfolgte mit einem Plattengerät nach ÖNORM B 6015, Teil 1 (*letztgültige Ausgabe*).

Prüfgerät:

Für die Prüfung wurde ein Zweiplattengerät mit der Heizplattengröße 300 mm x 300 mm verwendet.

Herstellung:

In der MA 39 - VFA wurden aus dem angelieferten Material 2 Prüfkörper der Größe 500 mm x 500 mm x 100 mm angefertigt. Die Proben wurden normgemäß bis zur Massekonstanz getrocknet.

Proben:

Probendicke	100,6	mm
Rohdichte (im getrockneten Zustand)	100,8	kg/m³
Trocknungstemperatur	70	°C

Prüfdatum:

Die Prüfung erfolgte vom 29. Juli 2000 bis 1. August 2000

Messwerte:

Nach dem Erreichen des stationären Zustandes ergaben sich folgende Mittelwerte bzw. Rechenwerte:

Mitteltemperatur der Proben	10,0	°C	19,5	°C	28,7	°C
Temperaturdifferenz zwischen den warm- und kaltseitigen Probenoberflächen	10,6	K	11,0	K	11,1	K
Wärmeleitfähigkeit Messwert λ_w	0,0380	W/mK	0,0394	W/mK	0,0408	W/mK

Vereinbarungsgemäß werden lediglich die o.a. Messergebnisse ausgewiesen und nicht mit einem baustoffspezifischen Zuschlag beaufschlagt. Die Prüfung der Wärmeleitfähigkeit ist eine Teilprüfung und ermöglicht daher keine Aussage über weitere Materialeigenschaften des vorliegenden Produktes.

Der Laboratoriumsleiter:
Dipl.Ing.C.Pöhn
Oberstadtbaurat

Der Leiter der Versuchs- und Forschungsanstalt:
Dipl.Ing.W.Fleck
Senatsrat

Test certificate, page 2

Conclusions

· The heat insulation value of straw bales depends not so much on the density as expected initially. On the basis of experiences and tests, which were confirmed by the tests made within the project, the heat insulation value rises with increased density. Surprising was the fact, that small bales with a low density of 80-110 kg/m³ show rather high insulation values. There is of course a significant difference between one insulation and another regarding the whole construction, because powerfully pressed bales (90-110 kg/m³) have a more exact shape and therefore generate less heat leakage. Nevertheless the test results show, that not only Jumbo Bales with high densities of more than 130 kg/m³ but also small bales with densities between 80 and 110 kg/m³ meet the technical requirements for highly heat insulated straw bale constructions.

· In the tests wheat straw was used. The tests in the US were cared out with rice straw. Both tests show similar results. Significant differences compared to other sorts of cereals can be excluded due to the similarity of the plants. It can be suggested that the heat insulation values of the much heavier straw from hemp and flax does not show significant differences. But to prove this assumption systematic tests still have to be made.

· To guarantee a high heat insulation value the optimal moisture content of straw is between 8 and 14 %. A long-term-test has shown an average moisture content of 13 % in a plastered straw bale wall. This value is independent from out- and inside temperature, climate and season and remains to be almost constant. If the wall construction is diffusion-open (no vapour barriers except between the foundation and the wall) the moisture content of the wall levels off at 13 % within a few weeks. (Straube, 2000) To prove the long term behaviour, tests in a demonstration building (see www.S-House.at) are recommended.

· The lower price of the straw bales can compensate the costs of the more complex housing technique and 3-layer glazing in passive solar houses.

Acknowledgement

We would like to thank the Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology (BMVIT) for supporting the project. (www.hausderzukunft.at)

Key references

McCabe, J. (1993): Thermal Resistivity of Straw Bales for Construction (Master thesis), University of Arizona, Tucson

Straube, J. (2000): Moisture Properties of Plaster and Stucco for Strawbale Buildings, Canada, Mortage and Housing

Wimmer, R. et al. (2001): Wandsysteme aus Nachwachsenden Rohstoffen (Wall Systems made of Renewable Resources), BMVIT, Vienna

GrAT - Center for Appropriate Technology
Vienna University of Technology
Wiedner Hauptstrasse 8-10
A-1040 Vienna, Austria
Web: www.grat.tuwien.ac.at
E-mail: contact@grat.tuwien.ac.at
Phone: ++43 1 58801 49523
Fax: ++43 1 786 42 05