

## Dämm- und Speicherwirkung von Massivholzwänden ohne Wärmedämmung

Seminararbeit: Sonderthemen aus Holzbau und Baukonstruktion



(Wandaufbau Quelle: Benedikt Köck)

**Lehrstuhl** Technische Universität München  
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

**Betreuer** M.Sc. Klaus Mindrup

**Eingereicht von** Benedikt Köck (03708135)

**Eingereicht am** 28. Februar 2019, in München



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Versuchsablauf.....	4
2.1	Wandaufbau.....	4
2.2	Musterhaus.....	4
2.3	Messsystem .....	5
3	Auswertung .....	6
3.1	Gebäudedaten.....	6
3.2	Messwerte.....	7
3.3	Vergleich mit Normwerten .....	9
4	Zusammenfassung .....	10
5	Abbildungsverzeichnis.....	11
6	Tabellenverzeichnis.....	12
7	Anhang.....	13

## 1 Einleitung

Ziel dieser Untersuchungen ist es heraus zu finden, wie gut Massivholz tatsächlich dämmt und welche Ergebnisse im Vergleich dazu eine Wärmebedarfsberechnung laut Energieeinsparverordnung (EnEV) liefert.

Bei Massivholzwänden ist nicht nur allein die Wärmeleitfähigkeit und somit der U-Wert maßgebend, sondern auch die Wärmespeicherfähigkeit. So erwärmt sich eine Massivholzwand tagsüber durch die Sonneneinstrahlung, speichert diese Wärme und gibt sie während der Nacht an den Innenraum ab.

In meiner Tätigkeit als selbständiger Zimmerermeister habe ich ein mobiles Musterhaus gebaut, um solche Effekte zu erforschen.

Hauptaufgabe dieser Arbeit ist die Auswertung der Messergebnisse bezüglich Jahresheizwärmebedarf und der Vergleich mit der aktuell gültigen Bedarfsberechnung nach EnEV.

## 2 Versuchsablauf

### 2.1 Wandaufbau

Die hier verwendete Rohbauwand besteht von innen nach außen aus 10cm dicken senkrecht stehenden Balken "Mann an Mann" und fünf Lagen Nut & Feder Brettern je 3cm, was eine 25cm dicke Massivholzwand ergibt. Diese fünf Lagen Bretter sollen die erforderliche Winddichtigkeit leisten.

Sämtliche Bauteile werden bewusst sägerau verwendet, um zum einen möglichst wenig Bearbeitungsschritte zu haben und zum anderen zwischen den einzelnen Lagen möglichst wenig Kontaktfläche zu erreichen. Dadurch wird eine ruhende Luftschicht eingeschlossen, was die Dämmwirkung verbessern soll.



Abbildung 2-1 Wandaufbau (Quelle: Benedikt Köck)

### 2.2 Musterhaus

Um möglichst realitätsnahe Messergebnisse zu erhalten, wurde ein Musterhaus mit 2,5 mal fünf Meter auf eine LKW Wechselbrücke gebaut, das auf beliebigen Standorten platziert und ausgerichtet werden kann. Hierbei sollen nur die Transmissionswärmeverluste sowie die Speicherwirkung des Gebäudes und die solaren Gewinne untersucht werden. Lüftungswärmeverluste sowie Beeinflussung durch einen Nutzer sind nicht Teil dieser Untersuchungen.



Abbildung 2-2 Musterhaus (Quelle: Benedikt Köck)

### 2.3 Messsystem

In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München wurde eigens hierfür ein Messsystem zusammengestellt, das Luftfeuchtigkeit und Temperatur sowohl außen als auch innen misst sowie den Energieverbrauch des Elektroheizkörpers. Sämtliche Werte werden in Zeitschritten von fünf Minuten über ein ganzes Jahr hinweg gemessen und aufgezeichnet.



Abbildung 2-3 Messsystem (Quelle: Benedikt Köck)

### 3 Auswertung

#### 3.1 Gebäudedaten

Das Gebäude besteht ringsum aus dem in 2.1 beschriebenen Aufbau, d.h. sowohl Wand als auch Boden und Decken sind aus 25cm Massivholz aufgebaut wofür eine Wärmeleitfähigkeit von 0,13W/mK angesetzt wird. Bei den beiden Fenstern sowie der Fenstertür handelt es sich um eine Dreifachverglasung mit einem Rahmen aus Lärchenholz.

Tabelle 1 Gebäudedaten

1 Gebäudedaten							
Volumen (Außenmaß) [m³]		$V_e =$	32,50	$f_G = 0,32$ wenn $2,5 \leq h_G \leq 3$ sonst $= 1/h_G - 0,04$ m <sup>-1</sup>			
Geschosshöhe [m]		$h_G =$	2,35	$f_G = 0,39$			
Nutzfläche [m²]		$A_N = f_G * V_e =$	12,53				
Anzahl Wohneinheiten [-]			1				
2 Wärmeverlust $Q_T$ [kWh/a]							
2.1 Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$ [W/K]							
Kürzel	Orientierung/ Einbausituation	Zuord- nung [Kürzel]	Neigung [°]	Fläche $A_i$ [m²]	Wärmedurch- gangskoeffizient $U_i$ [W/(m²K)]	Temperatur- korrekturfaktor $F_{x,i}$ [-]	Transmissions- wärmeverlust $U_i * A_i * F_{x,i}$ [W/K]
2.1.1 Außenwände							
AW 1	Nord		90°	6,50	0,48	1,0	3,11
AW 2	West		90°	11,74	0,48	1,0	5,61
AW 3	Süd		90°	4,19	0,48	1,0	2,00
AW 4	Ost		90°	11,74	0,48	1,0	2,61
2.1.2 Fenster, Fenstertüren							
W 2	West	AW 2	90°	1,26	0,74	1,0	0,93
W 3	Süd	AW 3	90°	2,31	0,96	1,0	2,22
W 4	Ost	AW 4	90°	1,26	0,61	1,0	0,76
2.1.4 Dach							
D 1	0		0°	12,50	0,48	1,0	6,06
2.1.11 Decken nach unten gegen Außenluft (Durchfahrten, Erker)							
AG 6	Decke über Außenluft			12,50	0,47	1,0	5,86
<b>Summe Hüllfläche</b>		<b><math>A = \sum A_i</math> [m²] =</b>		<b>64,00</b>			
<b>Spezifischer Transmissionswärmeverlust Bauteilflächen <math>H_T = \sum U_i * A_i * F_{x,i}</math> [W/K] =</b>							<b>32,16</b>
2.1.12 Wärmebrückenkorrekturwert							
detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2				Auswahl: detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2			
detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2				$\Delta U_{WB} =$ Eingabe [W/(m²K)]		0,018	
2.1.13 Berechnung spezifischer Transmissionswärmeverlust							
<b>Spezifischer Transmissionswärmeverlust <math>H_T = \sum U_i * A_i * F_{x,i} + \Delta U_{WB} * A</math> [W/K] =</b>							<b>33,31</b>

### 3.2 Messwerte

Mit Hilfe des zuvor beschriebenen Messsystems wurde vom 01.01.2018 bis zum 31.12.2018 Außen- und Innentemperatur und der dazugehörigen Heizwärmebedarf in Zeitschritten von fünf Minuten gemessen und aufgezeichnet. Diese Messwerte werden monatsweise zusammengefasst und von den Temperaturmesswerten der Mittelwert gebildet, der Energieverbrauch wird aufsummiert.

Das Musterhaus ist nicht bewohnt und wurde in diesem Zeitraum nur sehr selten betreten. Das heißt Fenster und Türen waren das ganze Jahr geschlossen und es fand keine Belüftung statt.

Folgende Einflussgrößen werden hier berücksichtigt:

- Transmissionswärmeverlust
- Wärmespeicherfähigkeit
- Solare Gewinne transparenter Bauteile
- Solare Gewinne opaker Bauteile

Folgende Einflussgrößen spielen hier keine Rolle

- Lüftungswärmeverluste
- Interne Wärmegewinne

Das Thermostat des Heizkörpers wurde auf 20,5°C bis 21°C eingestellt. Da das Musterhaus nicht verschattet und auch nicht belüftet wurde, erhitze sich der Innenraum in den Sommermonaten auf weit über 21°C. Dieser Zeitraum kann für die Auswertung der Messergebnisse nicht verwendet werden, da die Ergebnisse dadurch verfälscht werden. Somit beschränkt man sich auf den Betrachtungszeitraum Januar, Februar, März, November und Dezember, da in diesen Monaten die Raumtemperatur dem Sollwert entspricht. In diesen fünf Monaten werden etwa 85% bis 90% des jährlichen Heizwärmebedarf benötigt, was zu einem relativ aussagekräftigen Wert führt.

Für diesen Zeitraum wird wiederum der Mittelwert der Innen- und Außentemperatur gebildet und davon dann die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen gebildet, was einen Wert von 16,84°C ergibt. Der Heizwärmebedarf summiert sich zu 1273,25kWh auf.



Tabelle 2 Messwerte

Messwerte:	Jahresmittelwert												Betrachtungszeitraum Ja,Fe,Mä,No,De	
	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember		Jahressumme
Ergebnisse														
Lufttemperatur innen	20,49	20,61	20,75	23,64	26,34	28,22	29,34	31,02	24,52	22,00	20,87	20,67	24,04 °C	20,68 °C
Lufttemperatur außen	4,40	-0,03	4,68	15,86	18,91	20,65	22,91	23,51	17,54	13,24	6,53	3,58	12,65 °C	3,83 °C
Temperaturdifferenz	16,08	20,64	16,06	7,78	7,44	7,57	6,43	7,50	6,98	8,75	14,34	17,09	11,39 °C	16,84 °C
Gemessener Heizwärmebedarf	270,2	258,3	221,1	30,39	3,96	0,56	0,51	0,58	16,94	80,02	208,46	285,24	1376,21 kWh/a	1243,25 kWh
Anteil des Heizwärmebedarfs im Betrachtungszeitraum vom ganzen Jahr														90,3 %
<b>Vergleich mit Normwerten mittels Berechnungsblatt der Uni Kassel (<a href="https://www.uni-kassel.de/fb06/fachgebiete/architektur/bauphysik/downloads.html">https://www.uni-kassel.de/fb06/fachgebiete/architektur/bauphysik/downloads.html</a>)</b>														
Außenlufttemperatur	1	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9	9,50 °C	2,52 °C
Innenlufttemperatur	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19,00 °C	19,00 °C
Temperaturdifferenz	18,0	17,1	14,3	9,8	4,9	2,3	0,0	0,4	4,7	9,5	14,9	18,1	9,50 °C	16,48 °C
Transmissionswärmeverlust	446	383	354	235	121	55	0	10	113	235	357	449	2758,00 kWh/a	1.989,00 kWh
Solare Wärmegewinne transparente Bauteile	48	40	98	160	161	158	147	144	120	95	34	24	1229,00 kWh/a	244,00 kWh
Solare Wärmegewinne opake Bauteile	-3,99	-2,77	5,32	17,46	19,71	20,98	18,67	15,06	9,06	3,11	-4,55	-6,61	91,45 kWh/a	-12,60 kWh
Ausnutzungsgrad Wärmegewinne	0,999	0,999	0,988	0,858	0,517	0,19	0	0	0,632	0,957	0,999	1		
Berechneter Heizwärmebedarf	402	346	252	80	18	4	0	0	28	141	328	432	2030,29 kWh/a	1.758,90 kWh
Anteil des Heizwärmebedarfs im Betrachtungszeitraum vom ganzen Jahr														86,6 %
Anteil des gemessenen Heizwärmebedarfs am berechneten Heizwärmebedarf														70,7 %

### 3.3 Vergleich mit Normwerten

Mittels Excel Berechnungsblatt der Universität Kassel (<https://www.uni-kassel.de/fb06/fachgebiete/architektur/bauphysik/downloads.html>) wurde eine Energiebedarfsberechnung nach EnEV durchgeführt. Hier wurden die Gebäudedaten wie in Tabelle 1 Gebäudedaten eingegeben und die Werte für Transmissionswärmeverlust, solare Gewinne transparenter Bauteile und solare Gewinne opaker Bauteile berechnet. Die solaren Gewinne transparenter Bauteile wurden mit einem Faktor für den Ausnutzungsgrad multipliziert und gemeinsam mit den solaren Gewinnen opaker Bauteile von den Transmissionswärmeverlust subtrahiert. In Tabelle 2 Messwerte sind diese zusammengefasst.

Außerdem rechnet die EnEV mit einer Innenlufttemperatur von 19°C und einer Außenlufttemperatur eines Normjahres wie in Tabelle 2 Messwerte dargestellt. Da das gemessene Jahr 2018 von den Temperaturen eines Normjahres erheblich abweicht, lassen sich die einzelnen Monatswerte nicht direkt miteinander vergleichen.

Bei den Werten der EnEV Berechnung wurde wiederum der gleiche Zeitraum Januar, Februar, März, November und Dezember betrachte, für die Außen- und Innentemperatur ein Mittelwert gebildet und davon die Differenz, was einen Wert für den Temperaturunterschied von 16,48°C ergibt. Da dieser Wert nahezu der Temperaturdifferenz der Messwerte von 16,84°C entspricht, lassen sich die Werte für den Heizwärmebedarf von Messung und Berechnung sehr gut miteinander vergleichen.

Der berechnete Wert ergibt sich hier zu 1758,90kWh im Vergleich zum gemessenen Verbrauch von 1273,25kWh was einen Anteil von 70,7% entspricht. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Berechnung laut EnEV erheblich von den tatsächlich gemessenen Werten für den Energieverbrauch abweicht.

-

## 4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die theoretische Berechnung nach EnEV nicht immer der Realität entspricht, und hier noch Anpassungsbedarf besteht. Massivholzhäuser werden viel schlechter bewertet als sie in Wirklichkeit sind.

Ein erster Ansatz wäre die EnEV Berechnung bei monolithischen Bauteilen nicht auf das Außenmaß der Gebäudehülle zu beziehen, sondern auf die Mittelachse der umschließenden Bauteile.

Des Weiteren sollte die Wärmeleitfähigkeit von Holz genauer untersucht werden, da sich im eingebauten Zustand meist eine geringere Holzfeuchte einstellt, als die Norm zugrunde legt.

Außerdem könnte die Speichermasse einen größeren Einfluss haben als bisher angenommen und somit wird der Heizenergieverbrauch gesenkt, da beispielsweise die Sonne die Außenwände tagsüber aufheizt und diese Wärme bis in die Nacht hinein an das Gebäudeinnere abgegeben wird.

Diese Arbeit soll als Anstoß dienen, um weiter auf diesem Gebiet zu forschen.

## 5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 Wandaufbau (Quelle: Benedikt Köck).....	4
Abbildung 2-2 Musterhaus (Quelle: Benedikt Köck) .....	5
Abbildung 2-3 Messsystem (Quelle: Benedikt Köck).....	5

## 6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Gebäudedaten .....	6
Tabelle 2 Messwerte.....	8

## **7 Anhang**

Excel Arbeitsblatt: Auswertung der Messdaten 2018.xlms

Excel Arbeitsblatt: KS\_EnEV\_NW\_Uni\_V2.06\_20160601 Musterhaus.xlsm

Quelle:<https://www.uni-kassel.de/fb06/fachgebiete/architektur/bauphysik/downloads.html>

### **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Benedikt Köch

Vorname Name

München, 28. Februar 2019

### **Einverständniserklärung (freiwillig)**

Ich bin damit einverstanden, dass meine Seminararbeit veröffentlicht sowie wissenschaftlich interessierten Personen oder Institutionen zur Verfügung gestellt und zitiert werden kann. Korrektur- oder Bewertungshinweise in meiner Arbeit dürfen nicht zitiert werden.

Benedikt Köch

Vorname Name

München, 28. Februar 2019