

GÜTEGEMEINSCHAFT BLOCKHAUSBAU e. V.

Brienner Straße 54b 80333 München



Merkblatt 11

Wärmeschutzwirkung von einstofflichen Massivholzaußenwänden unter bau- praktischen Bedingungen

Ausgabe September 2025

(Erstausgabe 2025-02)

Verfasser: Josef Egle, Dipl.-Ing.

Inhaltsverzeichnis

1	Regeln der Technik Wärmedurchgangskoeffizienten	3
2	Unterschiede Theorie und Praxis	3
3	Hygrothermische Simulation	4
4	Thermisch-dynamische Betrachtungen	4
5	Berechnungsergebnisse	5
6	Zusammenfassende Beurteilung	7
7	Ausblick	7
8	Normen und Literatur	8

1 Regeln der Technik Wärmedurchgangskoeffizienten

Die Vorschriften für den Wärmeschutz von Gebäuden in Deutschland wurden in den letzten Jahrzehnten sukzessive verschärft. In der Geschichte des Wärmeschutzes in Deutschland waren Wohnhygiene und Unabhängigkeit von erdölexportierenden Staaten die ersten Meilensteine. Analog einer EU-Gebäuderichtlinie [L/1] sollen in der Gegenwart CO₂-Emissionen im Sinne des Klimaschutzes soweit als möglich reduziert bzw. vermieden werden. Das Gebäudeenergiegesetz [L/2] in der aktuellen Fassung enthält dementsprechend Vorgaben zur thermischen Qualität der Gebäudehülle sowie zum Primärenergiebedarf von Gebäuden. Bauten gelten zum gegenwärtigen Zeitpunkt insbesondere dann als klimafreundlich, wenn deren thermische Gebäudehülle einen möglichst niedrigen U-Wert aufweist und das Bauwerk zu einem möglichst hohen Anteil mit erneuerbaren Energien betrieben wird. Die Klimaschutzmerkmale von Baustoffen und Bauteilen sowie Möglichkeiten für stoffliche Wiederverwertung werden in absehbarer Zeit an Bedeutung gewinnen. Zumindest bei den öffentlich-rechtlichen Vorgaben zum Wärmeschutz von Gebäuden spielen solche Aspekte derzeit noch keine Rolle.

Einstoffliche Außenwände aus Massivholz werden im derzeitigen Marktumfeld in Dicken von etwa 200 mm bis 270 mm errichtet. U-Werte und Energiebedarf sind nach den geltenden Berechnungsnormen wie [N/4] und [N/8] zu ermitteln. Basis für diese Nachweise sind Laborprüfungen des Wärmewiderstands in Plattengeräten nach [N/5] bzw. [N/6] unter stationären Bedingungen. Nach Ermittlung der Laborwerte wird für den Bemessungswert, welcher in Nachweisen anzuwenden ist, noch ein Sicherheitsaufschlag addiert. Dieser soll unter anderem mögliche Risiken durch erhöhte Materialfeuchte ausgleichen. Etwa für Bauteile aus Massivholz referenzieren die Labormessungen mit Plattengeräten nach den geltenden Bestimmungen auf einen Holzfeuchtegehalt von etwa 16 %.

2 Unterschiede Theorie und Praxis

In der Baupraxis liegen bei den Bauteilen in der thermischen Gebäudehülle keine stationären, sondern durchwegs instationäre Verhältnisse vor. Einflüsse aus Schwankungen von Temperaturen und relativer Luftfeuchte, Wind, Niederschläge, solare Einflüsse oder Wärmespeicherwirkung führen zu Wärmeströmen durch Außenbauteile hindurch, die sich von den stationären Betrachtungen erheblich unterscheiden. Auch hängt der Wärmewiderstand von Holz linear mit dem Holzfeuchtegehalt zusammen. Je niedriger der Holzfeuchtegehalt, desto höher der Wärmewiderstand. In zurückliegenden Projekten, u.a. [L/5] und [L/7] konnte übereinstimmend nachgewiesen werden, dass in beheizten Wohngebäuden einstoffliche Außenwände in Holz während der Heizperiode einen durchschnittlichen Feuchtegehalt von etwa 10 % aufweisen. Unter Einbeziehung von Test- und Bestandsgebäuden wurden bei solchen Außenwänden in den Holzarten Fichte, Kiefer und Lärche Wärmeströme ermittelt, die um etwa 30-40 % niedriger sind als nach den Rechenvorschriften in öffentlich-rechtlichen Nachweisen unter stationären Bedingungen.

3 Hygrothermische Simulation

Für die Beurteilung des Feuchtehaushalts von Bauteilen unter realen Bedingungen wurden hygrothermische Simulationswerkzeuge entwickelt. Technische Regelwerke hierzu sind die DIN EN 15026 [N/7] sowie die Merkblattreihe 6 der WTA [L/4]. Im Rahmen einer Finite-Elemente-Berechnung werden Innenklimata und stündliche Wetterdaten aus amtlichen Wetterstationen in Jahreszyklen erfasst und so der Feuchtehaushalt im Bauteil rechnerisch ermittelt. Neben kurzweiliger UV-Strahlung und langweiliger Infrarotstrahlung werden hierbei auch Aspekte wie Standort, Wind und Niederschläge berücksichtigt. Dieses normierte Berechnungsverfahren dient primär der Beurteilung des Feuchtehaushalts in Außenbauteilen. Zugleich - als „Nebenprodukt“ - werden auch zugehörige Wärmeströme im Bauteil bzw. durch das Bauteil hindurch ermittelt. Dies ist erforderlich, damit etwa kapillare Feuchtetransporte sowie Auffeuchtungs- und Verdunstungsprozesse berechenbar werden.

4 Thermisch-dynamische Betrachtungen

Für die Beurteilung von Wärmeströmen in einstofflichen Außenwänden hat die unterzeichnende Stelle die Software WUFI [L/3], entwickelt im Fraunhofer Institut für Bauphysik, IBP, D-83607 Holzkirchen, verwendet. Bei dieser Software besteht die Möglichkeit, parallel zu den Feuchteschutzberechnungen auch die hierbei ermittelten Wärmeströme abzugreifen und auszuwerten. Nachstehend werden die Ergebnisse aus solchen thermisch-dynamischen Simulationen für Außenwände in den Wanddicken 200 mm, 240 mm und 270 mm dargestellt. Bei diesen Berechnungen sind eine Vielzahl von Randparametern zu definieren. Die wichtigsten für die Vergleichsberechnungen gewählten Randparameter sind nachstehend beschrieben:

Bauteilneigung

90 °, somit senkrecht stehend

Orientierung

Gewählt Himmelsrichtung West. Vergleichsberechnungen zeigen, dass die effektiven Wärmeströme in einem engen Zusammenhang mit kurzweiliger Solareinstrahlung stehen. Die niedrigsten Wärmeströme und somit U-Werte ergeben sich zur Südseite, die jeweils höchsten Werte zur Nordseite. Die Himmelsrichtungen Ost und West liegen dazwischen und bilden somit einen Mittelwert ab.

Wärmeübergangswiderstände

Für die Nachweise Simulationsverfahren wurden die Wärmeübergangswiderstände außen mit 0,0588 (m²K)/W und innen mit 0,125 (m²K)/W angesetzt (Standardvorgabe WUFI). Für die U-Wert-Berechnungen nach ISO 6946 [8] gelten die dort vorgegebenen Standardwerte (Außenwände) außen 0,04 (m²K)/W und innen 0,13 (m²K)/W.

Rohdichte

Die Rohdichte des Holzes wurde mit 500 kg/m^3 angesetzt.

Wärmeleitfähigkeit Holz

Verwendung $0,13 \text{ W/mK}$ gemäß DIN EN ISO 10456 [N/9] bei Rohdichte 500 kg/m^3 .

Kurzwellige Strahlungsabsorptionszahl

Ansatz 0,65. Nach derzeitigem Wissensstand sind bei Holzoberflächen Absorptionszahlen zwischen 0,40 und 0,80 zu erwarten. Für dunkelfarbene Lasuren ist vom Höchstwert 0,80 auszugehen, bei sehr heller Beschichtung von 0,40. Der gewählte Wert 0,65 geht von einer entweder mittelbraun lasierten oder natürlich verwitterten Holzoberfläche aus.

Terrestrischer Reflexionsgrad

Der terrestrische kurzwellige Reflexionsgrad wurde mit 0,2 vorgewählt (Standardeinstellung WUFI).

Regenanteil

Der anhaftende Regen wurde mit dem Faktor 0,2 bewertet. Vergleichsberechnungen zeigen, dass dieser Wert bei thermischer Betrachtung keinen nennenswerten Einfluss auf die Berechnungsergebnisse hat. Auch aus der Baupraxis ist bekannt, dass im Falle direkter Bewitterung allenfalls die äußersten Schichten von Massivholz eine Auffeuchtung erfahren.

Außenklima

Es wurden Klimadatensätze des Standorts Fraunhofer IBP in D-83607 Holzkirchen verwendet.

Innenklima

Auswahl DIN 4103-3 / DIN EN 15026 / WTA-Merkblatt 6.2 [L/4] mit normaler Feuchtelast.

5 Berechnungsergebnisse

Nachstehend finden sich die Berechnungsergebnisse für die drei gewählten Wanddicken 200 mm, 240 mm und 270 mm (Spalte 1). In Spalte 2 sind die U-Werte ausgewiesen, welche nach den derzeit geltenden öffentlich-rechtlichen Bestimmungen zu verwenden sind. Spalte 3 enthält U-Werte, die nach einem Gutachten Baudirektor Borimir Radovic [L/6] für güteüberwachte Hersteller im Kreis der Gütegemeinschaft Blockhausbau e.V. anwendbar sind. Spalte 4 zeigt die Ergebnisse aus thermischer Simulation nach WUFI (instationäres Berechnungsverfahren). In Spalte 5 sind die Unterschreitungen bei instationärer Berechnung im Vergleich zu den Ansätzen ISO und Gütegemeinschaft angegeben:

1	2	3	4	5	
Wanddicke [mm]	U-Wert ISO [W/(m²K)]	U-Wert GB [W/(m²K)]	U-Wert inst. [W/(m²K)]	Unterschreitung	
				U-Wert ISO [%]	U-Wert GB [%]
200	0,585	0,482	0,355	39,3	26,3
240	0,496	0,407	0,305	38,5	25,1
270	0,445	0,365	0,273	38,9	25,2

Nachstehend finden sich Bildschirmscreens der Berechnungsergebnisse instationäre Nachweise mit Darstellung U-Werte nach ISO (blaue Linie) sowie durchschnittliche U-Werte über den Jahreszyklus mit thermischer Simulation (rote Linie):

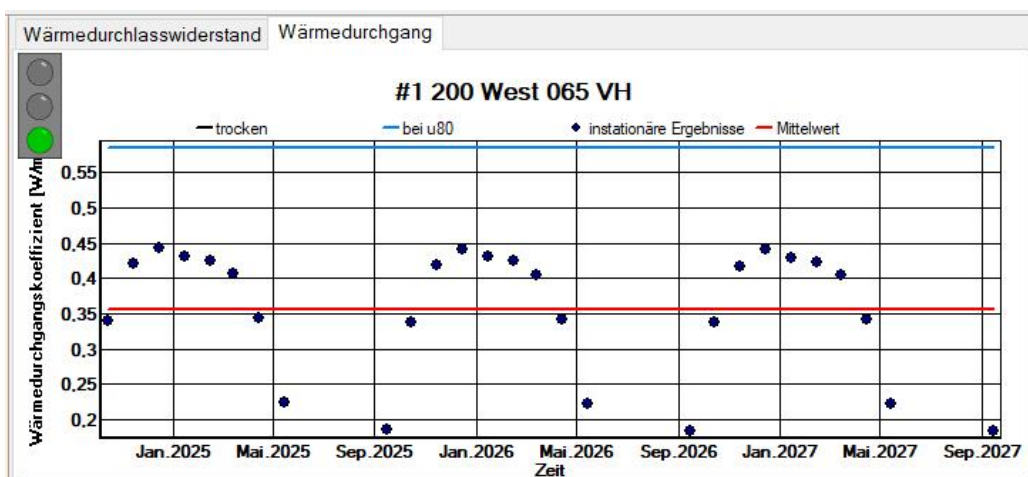


Abbildung 1: Berechnungsergebnisse Massivholzaußenwand Dicke 200 mm (Auszug WUFI)

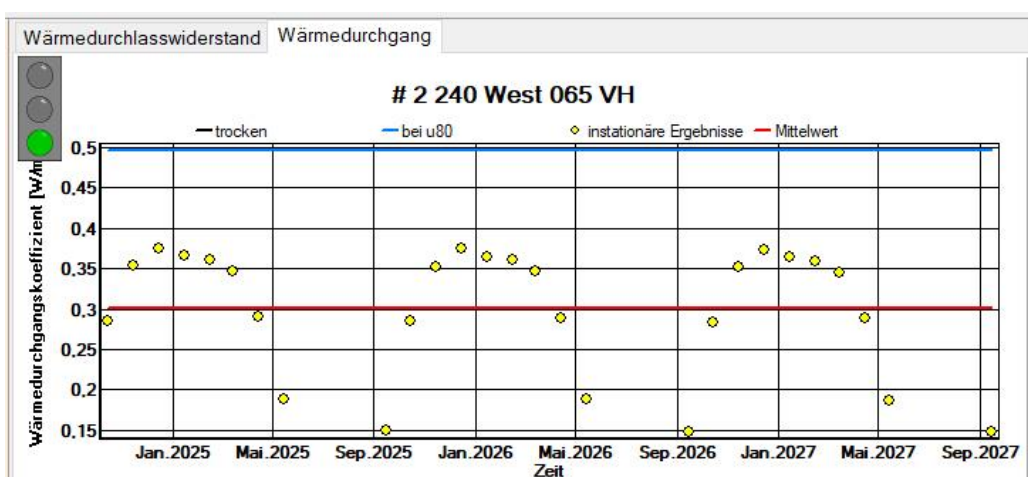


Abbildung 2: Berechnungsergebnisse Massivholzaußenwand Dicke 240 mm (Auszug WUFI)

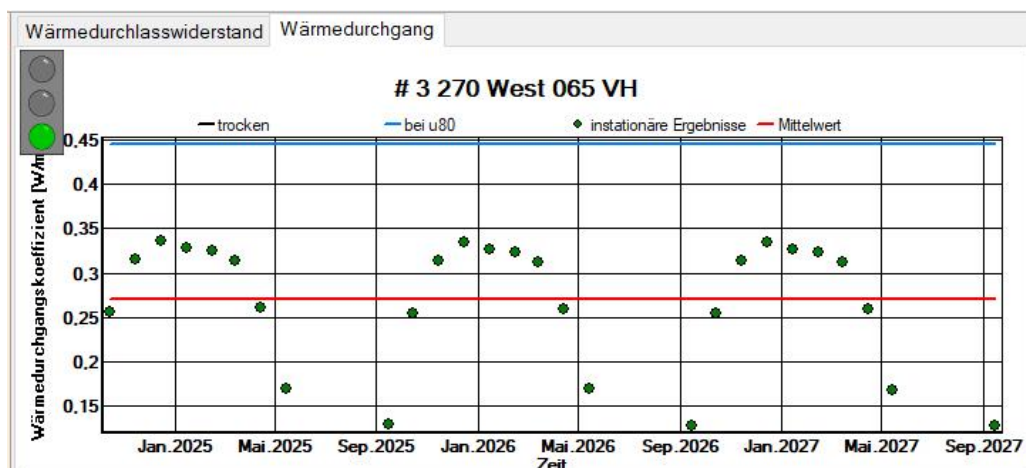


Abbildung 3: Berechnungsergebnisse Massivholzaußenwand Dicke 270 mm (Auszug WUFI)

6 Zusammenfassende Beurteilung

Die Abweichungen der Wärmeströme bei den untersuchten Massivholzaußenwänden zwischen normierten stationären Berechnungsverfahren und instationären Betrachtungen unter realen Bedingungen sind signifikant. Die stationär ermittelten Werte nach ISO 6946 [N/8] liegen um etwa 40 % höher als bei instationärer Berechnung unter realen Bedingungen.

Bei stationärer Betrachtung von Außenwänden spielt die Himmelsrichtung keine Rolle. Für die Simulationen wurden Außenwände zur Westseite verwendet. Vergleichsberechnungen zeigen, dass hiermit für Gebäude ein zuverlässiger Mittelwert von allen Himmelsrichtungen abgeleitet werden kann.

Bei den tatsächlichen bzw. effektiven U-Werten von einstofflichen Außenwänden aus Massivholz zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen aus instationärer Berechnung einerseits und zurückliegenden Messungen und Untersuchungen an Test- und Bestandsgebäuden andererseits.

Die Abweichungen zwischen den Ergebnissen aus stationären und instationären Berechnungen sind bei allen drei Außenwanddicken in vergleichbarer Größenordnung.

Zahlreiche durchgeführte Variantenbetrachtungen zeigen, dass insbesondere bei einstofflichen Außenwänden mit vergleichsweise hoher Wärmespeicherfähigkeit und hoher Absorption von UV-Strahlung (beides ist bei den Außenwänden in Massivholz der Fall) besonders große Abweichungen in den Berechnungsergebnissen zwischen ISO 6946 und instationär entstehen. Bei mehrschichtigen Bauteilen oder bei solchen mit geringer UV-Absorption (z.B. Verputz mit hellem Anstrich) reduzieren sich die Unterschiede deutlich.

Für die Ermittlung der tatsächlichen Heizlast solcher Gebäude erscheinen die derzeit stationär ermittelten U-Werte dem Grunde nach ungeeignet. Die Heizlast ermittelt sich aus der Summe aller thermisch beanspruchten Außenbauteile. Wohl werden die deutlichen Unterschreitungen bei den Außenwänden durch weitere Bestandteile der thermischen Gebäudehülle (mit geringeren Abweichungen

zwischen stationären und instationären U-Werte) in einem gewissem Umfang ausgeglichen. In Abhängigkeit zu Gebäudetyp und Geometrien tragen Außenwände im Regelfall zu 1/3 bis 1/2 zur gesamten Hüllfläche bei. Die stationär ermittelten U-Werte führen somit im Grundsatz zu einer Überdimensionierung von Heizungsanlagen. Derartige Überdimensionierungen haben im Regelfall negative Auswirkungen auf Wirkungsgrade und Wirtschaftlichkeit.

7 Ausblick

Sowohl in der Politik wie auch in der Bauwirtschaft ist zunehmend der Ruf nach Bausystemen mit Potenzial für stoffliche Wiederverwertung und Kaskadennutzung zu vernehmen. Bei praxisgerechter Einstufung des Wärmedämmverhaltens von einstofflichen Außenwänden aus Holz können diese für Kaskadennutzung gut geeigneten Bauarten noch erheblich stärker als bisher am Markt Anwendung finden. Aufgrund der einstofflichen Bauart aus wiederverwertbarem Material können im Falle eines späteren Rückbaues Aufwendungen für Separierung und Entsorgung auf ein Minimum reduziert werden.

Auch aus dem Blickwinkel Wohngesundheit und Wohnqualität sind einstoffliche Außenwände aus Massivholz erstrebenswert. Die sorptiven und hygroskopischen Eigenschaften von Holz sorgen für ein ausgleichendes Raumklima sowohl in den Sommer- wie auch in den Wintermonaten. Während der Heizperiode wirkt Massivholz einer zu starken Austrocknung der Innenräume bzw. der Raumluft durch Feuchteabgabe entgegen. Umgekehrt ist Holz in der Lage, in schwülen Sommerperioden oder in Feuchträumen erhöhte Feuchtegradienten der Raumluft auszugleichen. Derartige Effekte können mit mehrschichtigen Bauteilen allenfalls in sehr eingeschränktem Umfang erzielt werden.

Massivholzoberflächen verfügen neben einer angenehmen Haptik über ein ausgezeichnetes akustisches Absorptionsverhalten. Insbesondere werden Nachhallzeiten, verursacht durch Schallemissionen in den Innenräumen, wirksam abgesenkt.

Bemühungen für eine rechtssichere Anwendbarkeit von U-Werten aus thermischer Simulation für Außenwände in Massivholz sind aufgrund der dargestellten Zusammenhänge sehr zu empfehlen. Die Problematik der derzeit vorhandenen erheblichen Abweichungen bei den Transmissionswärmeverlusten im Vergleich zwischen normierten Berechnungsverfahren und Baupraxis könnte insbesondere bei einstofflichen Außenwänden aus Massivholz wirksam entschärft werden.

8 Normen und Literatur

- [N/1] DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [N/2] DIN 4108-3:2020-11 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung

- [N/3] DIN 4108-7:2011-01 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele
- [N/4] DIN V 18599-1:2018-09 Energetische Bewertung von Gebäuden, Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trink-warmwasser und Beleuchtung, Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- [N/5] DIN EN 12664:2001-05 Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand; Deutsche Fassung EN 12664:2001
- [N/6] DIN EN 12667:2001-05 Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand; Deutsche Fassung EN 12667:2001
- [N/7] DIN EN 15026:2007-07 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, Deutsche Fassung EN 15026:2007
- [N/8] DIN EN ISO 6946:2018-03 Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:2017); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2017
- [N/9] DIN EN ISO 10456:2010-05 Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:2007 + Cor. 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 10456:2007 + AC:2009
- [L/1] Richtlinie (EU) 2024/1275 des europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- [L/2] Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist
- [L/3] WUFI PRO, Berechnung des hygrothermischen Verhaltens von Baukonstruktionen und realen Bedingungen, Fraunhofer IBP, Version 6.8
- [L/4] WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Merkblattreihe 6, Fraunhofer IRB Verlag
- [L/5] Egle, J., Holzfeuchtegehalt und Lambda-Werte von Wänden in Blockbauart, Untersuchungsbericht, 2009-06

- [L/6] Radovic, B.: Holzfeuchtegehalt und Lambda-Werte von Wänden in Blockbauart, Gutachterliche Stellungnahme, 2009-08
- [L/7] Egle, J., ARGE Blockhausbau, Teilprojekt Vergleich rechnerischer und tatsächlicher Heizenergiebedarf bestehender Häuser mit Außenwänden in einschaliger Bauweise, Abschlussbericht 2011-08
- [L/8] Egle, J., HolzAUFbau 2020+“, Netzwerkprojekt zur ökologischen und energetischen Weiterentwicklung marktgängiger Massivholzbaulösungen für zukunftsfähige und ressourcenschonende Bauweisen im Niedrigst- und Plusenergiestandard, Abschlussbericht 2014-12
- [L/9] Egle, J., Radovic, B.: Blockbaurichtlinie - Technische Grundlagen und Regelausführungen für den Blockbau, Deutscher Massivholz- und Blockhausverband (Herausgeber), Bruderverlag, 2016