

Den Ressourcenverbrauch im Holzbau minimieren

Die Gesamtbilanz aus „Grauer Energie“ und „Dauer Energie“ weist den Weg

Für die Ökologie der Holznutzung ist die Gebäudehülle von besonderer Bedeutung. Beim Neubau in Holzbauweise kommt es nicht nur darauf an, wieviel Primärenergie in die Herstellung der Konstruktion gesteckt und wieviel CO₂ dabei emittiert wird. Die Transmissions-Wärmeverluste der Bauteile der Gebäudehülle und damit der Heizwärmebedarf, den dies erzeugt, können auf die Dauer der Nutzung des Gebäudes die Gesamtbilanz dominieren.

Die Stellschrauben, an denen man drehen kann, sind so vielfältig wie die Holzbaupraxis mit den dabei verwendeten Materialien und die damit verbundenen Konstruktionsweisen. In diesem Artikel vergleichen wir beispielhaft die Holzrahmen- mit der Massivholzbaupraxis für Außenwände. Als Dämmstoffe kommen im wesentlichen Holzfaserverleimstoffe, Einblaszellulose und Mineralfaserdämmmatten zum Einsatz.

Autoren:

Robert Borsch-Laaks,
Sachverständiger für Bauphysik,
Aachen,
Gerrit Horn,
Architektur- und Ingenieurbüro
bau.werk,
Kaiserslautern

Das Ziel und die Wege dahin

Um die Zahl der Einflussfaktoren auf die Gesamtbilanz von Energieverbrauch und CO₂ Emission überschaubar zu machen, gehen wir zunächst davon aus, dass alle möglichen Varianten zwei Randbedingungen erfüllen:

- Der U_m-Wert der Wände ist $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diese bekannte BEG-Anforderung für Dächer ist eine bewährte Richtschnur für zukunftsfähige Einzelmaßnahmen bei der Sanierung von Holzbauteilen im Bestand. Dies ist aber auch eine praktikable Orientierung für Neubauwände – ganz gleich welcher Bauweise.

- Die technische Nutzungsdauer sollte (mindestens) die üblichen 30 Jahre umfassen.

Über diesen Zeitraum wird im ersten Anlauf die Gesamtbilanz aus „Grauer Energie“ und „Dauer Energie“ ermittelt. Für erstere stammen die Daten stammen aus den EPD, den Europäischen Produk-Dekla-

rationen. Die daraus entnommenen Angaben zum Primärenergiebedarf werden veröffentlicht vom Institut Bauen und Umwelt (IBU) bzw. abgelegt in der Ökobaudatenbank des Bundesbauministeriums (BMWSB), s. Quellenhinweise. Es werden in diesem Artikel nicht erneuerbaren Primärenergieinhalte (PENRT) für die Produktionsschritte „von der Wiege bis zum Werktor“ (A1 bis A3) betrachtet.

Die weiteren Deklarationsstufen (z. B. Entsorgung bei Rückbau und die eventuelle thermische Verwertung) lassen wir bewusst außen vor. Was mit den Bauteilen am Ende ihrer Lebensdauer geschieht, lässt sich heute nicht sicher sagen. Alternativen zur „einfachen“ Verbrennung sind in dynamischer Entwicklung (z. B. neue Verbindungsmittel für die Kaskadennutzung, stoffliche Weiterverwertung von Produkten der Möbelindustrie für den Holzbau).

Für die Entscheidungen, die heute getroffen werden müssen, will dieser Beitrag die Summe ermitteln aus der beim Hausbau aufzuwendenden Herstellungs-Energie und der Energie, die auf Dauer nötig ist, um die Heizwärmeverluste der Holzbauteile für eine Bewohnergeneration auszugleichen. (Die Einflüsse verschiedener Heizsysteme sind nicht Gegenstand dieser Betrachtung. Hinweise dazu in der Studie vom Autor des zweiten Blickpunktbeitrags,

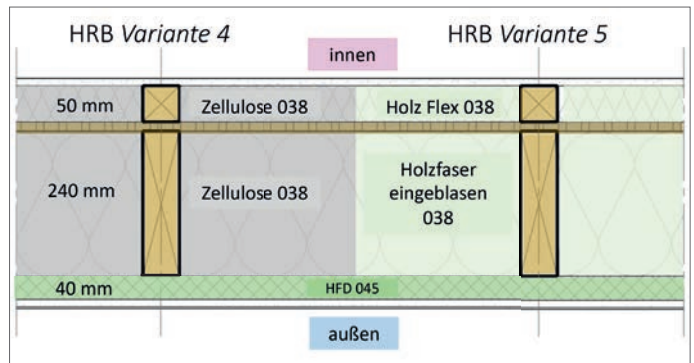


Abb. 1:
Die beiden „Best-of-Varianten“ der Untersuchung der Gesamtbilanz aus „Grauer Energie“ und „Dauer Energie“ für Holzrahmen-/Holztafelbauwände bei einer technischen Nutzungsdauer von 30 Jahren. Alle weiteren Varianten werden im Verhältnis hierzu bewertet, s. Tabelle 2 und 3.

Links: Die HolzPur Variante mit Holzfasereingeblassenen Dämmstoffen (470 kWh/m²)
Rechts: Die ZellPur Variante mit Einblaszellulose in den Gefachen (425 kWh/m²)

Grafik: Autoren

s. S. 25). Die Berechnung der jährlichen Transmissionsverluste erfolgt mit dem bewährten Ansatz für die Heizgradstunden in Höhe von 84 kWh/a.

Die Bewertung der energetischen Bilanz läuft weitgehend parallel zur Betrachtung der CO₂-Emissionen, da diese auch bei der Herstellung größtenteils aus dem Energieverbrauch der Werke stammen.

Die Optionen beim Holzrahmenbau

Die untersuchten Holzrahmen-/Holztafelbauwände bieten Dämmmöglichkeiten innen (= Installationsebene), in der Mitte (= zwischen dem Ständerwerk) und außen (= dämmende Putzträgerplatte oder als Dämmfilze unter einer Vorhangfassade).

INFOKASTEN 1

Das Starthandicap für die Energiebilanz

Um sich die Bedeutung des Einsatzes von „grauer“ Herstellungsenergie zu veranschaulichen, haben wir diese Investition zum jährlichen Heizwärmeverlust in Beziehung gesetzt. Die letzten Spalten in den Tabellen 2 und 3 angegebenen Jahressummen sagen folgendes:

Wenn das Objekt in Betrieb genommen wird, haben seine Baumaterialien pro m² bereits so viel Primärenergie verbraucht, wie sie in den ausgewiesenen Jahressummen während der Nutzung an Heizwärme verlieren werden.

Man könnte es auch so ausdrücken: Vor dem Erstbezug erfolgten quasi bereits 7 bis 20 Jahre Hausheizung bevor die Bauteile ihren eigentlichen Zweck – warme Wohnung schaffen – erfüllen können.

Wenn dieses „Starthandicap“ ausgeglichen werden soll, um am Ende doch zu gewinnen, geht dies nur darüber, dass ein besserer Wärmeschutz verbaut wird. Dann stellt sich die Frage: Wie lange muss der Wettlauf (= technische Lebensdauer) dauern bis das energieintensive Bauen die Nase vorne hat – und ob die Bauherrschaft mehr als 30 Jahre warten will, bis sie in einem Haus des Siegers wohnt.

Tabelle 1: Kennwerte der verwendeten Baustoffe

Nr.	Produkt	Graue Energie [kWh/m³]	Rohdichte [kg/m³]	Nr.	Produkt	Graue Energie [kWh/m³]	Rohdichte [kg/m³]
Massivhölzer				Matten Dämmstoffe NaWaRo			
1.1	Nadelholz, trocken	199	485	4.1	Holzfaser, mittel	276	50
1.2	Nadelholz, tr., best	98	459	4.2	Holzfaser, best	120	50
1.3	KVH, mittel	292	478	4.3	Hanf/ Flachs	350	38
1.4	KVH, best	208	470	4.4	Strohballen	17	100
1.5	BSH, mittel	522	472	Holzfaserdämmplatten			
1.6	BSH, best	295	464	5.1	Mittel 110	389	110
1.7	BSP, mittel	545	473	5.2	Mittel 140	495	140
1.8	BSP, best	378	470	5.3	Mittel 180	637	180
Holzwerkstoffe				Mineralwolle			
2.1	OSB, mittel	1.544	610	6.1	MiFa Gefach 032	164	31
2.2	OSB, best	1.098	615	6.2	MiFa Gefach 035	104	20
2.3	Spanplatten, mittel	985	650	6.3	Dämmpl.f. WDV5	500	100
2.4	Spanplatten, best	895	655	6.4	Dämmpl. hohe Dichte	584	152
2.5	MDF, mittel	1.569	681	Polystyrol			
2.6	MDF, best	1.448	690	7.1	EPS grau WDV5 032	370	16
2.7	Furnierschichtholz	1.860	466	Plattenwerkstoffe			
Einblasdämmstoffe				8.1	Gipsbauplatten	13 – 15	bis 15
3.1	Zellulosefaser	41	45	8.2	Min. Putzträgerplatten	12 – 14	bis 15
3.2	Holzfaser	155	35	8.3	HWL-Platte	20	35
3.3	Holzfaser, best	78	35	8.4	Faserzementplatten	30	8 bis 12

Bei den Massivholzbauweisen entfällt die Dämmung in der Tragstruktur und es verbleiben Innen- und Außendämmung für den geforderten Wärmeschutz.

Aus der Untersuchung von mehr als zwei Dutzend Varianten haben sich zwei „Best of“ – Lösungen herausgeschält, die in Abhängigkeit vom gewählten Dämmstoff und seiner Verarbeitung als dominante Einflussfaktoren gelten können (s. Abb. 1).

Die Tabelle 1 zu den verwendeten Materialkennwerten und deren „grauer Energie“

(im Folgenden kurz: GrEn) zeigt, dass die Zellulose-Einblasdämmung mit Abstand den geringsten Aufwand beim Herstellungsenergiebedarf erzeugt (41 kWh/m³). Einblasdämmungen aus Holz- und Mineralfaser benötigen aufgrund der Aufbereitung der Rohstoffe und der Produktionsverfahren das vier- bis sechsfache an GrEn-Menge. Mattenförmige Gefachdämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen (im Folgenden kurz: NAWARO) liegen aufgrund der Stützfasern (meist ca. 15% Polyester) beim Dop-

pelten ihres Rohstoffs.

Nebenbei: Die verwendeten Materialdaten zur GrEn sind Mittelwerte aus den EPD-Deklarationen verschiedener Hersteller und Verbände. Es lohnt sich bei allen holz-basierten Produkten nach den Herstellern zu recherchieren, die ihre Produktion am besten optimiert haben (s. auch *Heft 6/2020*). Für alle NAWARO-Gefachdämmstoffe wird als λ -Wert 0,038 W/mK angesetzt.

Mineralfaserdämmstoffe können mit ihren Bindemitteln im Vergleich der Durchschnittswerte u. U. günstiger

produziert werden und gleichzeitig eine bessere Wärmeleitfähigkeit bereitstellen.

Holzfaserdämmplatten, die sich vor allem für die verputzbare Außendämmung anbieten, haben wir mit einer mittleren Rohdichte von 140 kg/m³ in die Kalkulationen einbezogen und mit einem λ -Wert von 0,045 W/mK angesetzt.

Die Tabelle 2 zeigt eine Auswahl der konstruktiven und materialtechnischen Varianten, über deren Eigenschaften, in den nächsten Abschnitten berichtet wird.

Vorab: Welche Platten auf der Außenseite?

Die diffusionsoffene, äußere Bepunktung des Tragwerks kann aus Holzfaserdämmplatten (am häufigsten bei Putzfassaden) bestehen oder mit einer MDF-Platte auf einer Querlattung mit flexiblen Holzfaserplatten dazwischen erfolgen (eher bei Vorhangfassaden üblich). Die Mattendämmung hat einen deutlich besseren λ -Wert und einen halb so hohen GrEn-Input wie die schweren HFD-Platten.

Dennoch sind die Gesamtbilanzen praktisch gleich, Tab. 2, Varianten 1&2, Spalte (7).

Tabelle 2: Untersuchte Varianten der Außenwände mit dem Ziel U_m -Wert $\leq 0,14$ W/m²K

Var. Nr	„Holzrahmen/-tafelbau	Dämmdicke [mm]				Energetische Bewertung			
		Installationsebene	Konstruktionsebene	Außen-Dämmung	Gesamt	Graue Energie (GrEn) [kWh/m²]	U_m -Wert [W/m²K]	Gesamt über 30 Jahre [kWh/m²]	GrEn-Input bez. auf (Q _p) [Jahre]
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	ohne	Holz.Flex	Holz.Flex+ MDF	320	162	0,141	518	13,7
			240	80					
2	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	ohne	Holz.Flex	HFD	320	154	0,143	514	12,8
			240	80					
3	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	Holz.Flex	Holz.Flex	HFD	320	153	0,139	504	13,1
		60	180	80					
4	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	Holz.Flex	Holzfaser einbl.	HFD	330	125	0,137	470	10,9
		50	240	40					
5	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	Zellulose	Zellulose	HFD	330	81	0,137	425	7,0
		50	240	40					
6	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	Holz.Flex	Zellulose	HFD	350	98	0,130	423	9,0
		70	240	40					
7	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	ohne	Zellulose	HFD	320	96	0,141	452	8,1
			240	80					
8	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	MiFa 035	MiFa 035	ohne, m. USB & PE	300	86	0,144	445	7,1
		60	240						
9	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	MiFa 035	MiFa 035	ohne, m. USB & PE	320	88	0,133	424	7,9
		80	240						
10	Dämmung in: Dämmdicke [mm]	MiFa 032	MiFa 032	ohne, plus Putzträger	360	138	0,113	424	14,5
		80	280						

Hinweis: ROT markierte Beschriftungen zeigen die Veränderungen gegenüber der vorherigen Variante an.

Die in Spalte 7 farbig hinterlegte Einstufung der Gesamtbilanz: grau ... unzureichend; grün ... entspr. HolzPur, orange ... entspr. ZellPur. Basis der Transmissionsverluste: $Q_T = U_m \cdot 84$ kWh/a



Abb. 2:
Eine Holzrahmenbauwand mit äußerer Holzfaserdämmplatte als Putzträger bei der Montage.
Foto: Gerrit Horn

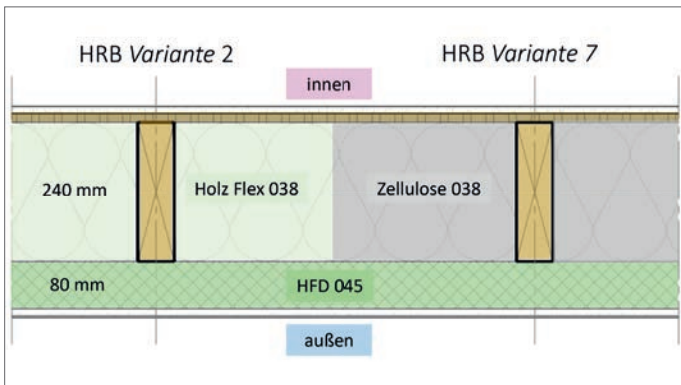


Abb. 3:
Vergleich zweier Varianten ohne Installationsebene.
Links: Dämmung mit flexiblen Holzfasermatten (Gesamtbilanz: 514 kWh/m²)
Rechts: Dämmung mit Zelluloseeinblasdämmung (Gesamtbilanz: 452 kWh/m²)
Grafik: Autoren

Die Gründe:

- Die Wärmebrücke der Tragwerkshölzer (ohne Innendämmung) wird von den durchlaufenden HFD-Platten (80 mm) optimal überdämmt.
- Der GrEn- Input ist 20% geringer, weil bei der Mattendämmung die sehr energieintensiven MDF-Platten und die Lattung zu Buche schlagen.

Deshalb haben wir die Option mit MDF bei den weiteren Variantenanalysen außen vorge lassen.

Die Varianten mit Holz-faser-Gefachdämmungen

Die Variante 3 in Tab. 2 behandelt den zusätzlichen Einsatz einer mit 60 mm HF-Matten gedämmten Installationsebene. In gleichem Maß wird die Tiefe des Tragwerks von 240 auf 180 mm reduziert. Die Außendämmung bleibt bei 80 mm HFD. Die verbaute GrEn ändert sich nicht, aber der

U-Wert verbessert sich etwas. Unterm Strich ist das Gesamtergebnis aber kaum besser als bei den Var. 1 & 2.

Dies ändert sich bei Variante 4. Wir reduzieren die Dicke der HFD Putzträgerplatten auf die technisch notwendigen Mindestdicke von 40 mm, kehren zurück zum 240 mm dicken Tragwerk und ergänzen 50 mm Dämmung in der Installationsebene. Dies erhöht die Gesamtdämmung um 10 mm für einen nur geringfügig besseren U-Wert. Es sinkt allerdings der GrEn-Input um 22%, weil im Hauptgefach die Holzfaserdämmung in diesem Fall im Einblasverfahren eingebracht wird. Diese hat im Mittel nur knapp die Hälfte der Einbauenergie gegenüber der Mattendämmung aus dem gleichen Rohstoff.

Über die 30-jährige Nutzungszeit sinkt der gesamte Energieverbrauch gegenüber der Variante 2 um 45 kWh/m² – eine lohnenswerte Optimierung, wenn eine Installationsebene aus anderen Gründen sowieso erwünscht ist. Dieses Endergebnis (rd. 470 kWh/m²) wird damit Messlatte mit dem Titel HolzPur.

Ansonsten ist es empfehlenswert bei den hölzernen Produkten, diejenigen mit den besten deklarierten Werte für ihre graue Energie zu recherchieren. Es kann sich also lohnen, bei seinen Lieferanten die EPD runterzuladen und seine Baustoffauswahl zu optimieren.

Wer diesen ungewohnten Aufwand meiden möchte, kann sich an den in Tab. 1 dokumentierten Mittelwerten orientieren. Die Spielräume zwischen „best & worst“-Produkten entsprechen immerhin +/- 20 mm bei der Außendämmung.

Die Varianten mit Zellulose-Einblasdämmung

Die bisherige Analyse hat gezeigt, dass der Energieeinsatz für die Herstellung der Holzbauteile vor allem durch die Dämmstoffwahl bestimmt wird, weil die Gefache das größte Bauvolumen ausma-

chen. Wie schon zuvor erwähnt ist der Recyclingdämmstoff Zellulose in Sachen GrEn mit Abstand die beste Wahl.

Wenn beim gleichen Konstruktionsquerschnitt wie bei der Holzfaser-Variante 3 in beide verfügbaren Gefachhölräume die Zellulosedämmung eingeblasen wird, ergibt sich das mit Abstand günstigste Gesamtergebnis binnen 30 Jahren Nutzung: 425 kWh/m². Wir nennen diese Variante 5 ab jetzt: ZellPur

Nun kann es Gründe geben, dass die Innendämmung wie zuvor in Var. 3 mit Holzflex-Matten ausgeführt wird – weil dies z.B. besser in den Bauablauf passt oder eine Eigenleistung der Bauherrschaft ist. Dann ist der ZellPur – Zielwert nur zu erreichen, wenn innen 70 statt 50 mm Dicke eingesetzt werden, s. Variante 6 (gleichwertige Alternative: 20 mm mehr Außendämmung). Im diesem Fall bietet der bessere U_m-Wert (0,130 W/m²K) aber einen Bonus, der sich mit einer über 30 Jahre hinausgehende Nutzungsdauer zunehmend positiv auswirkt.

Auch wenn keine Installationsebene vorgesehen ist (Abb. 3) bringt der schon der Ersatz der Holzfasermatten durch Einblaszellulose im Gefach (Variante 2) des Ständerwerks ein Ergebnis zu Stande (Variante 7), das sogar deutlich besser ist als der dreischalige Aufbau der optimalen HolzPur Lösung (Nr. 4), a. Abb. 2.

Die Varianten mit Mineralfaserdämmung

Der Einsatz von Mineralfasern als Gefachdämmung wird von den Herstellern vor allem durch die besseren λ-Werte gegenüber den NAWARO Materialien beworben. Eingesetzt für die Dämmung von Installationsebene und Ständerbereich kann auf eine Außendämmung verzichtet werden. Im Vergleich zu den Var. 1 bis 3 kann hierdurch 20 mm im Wandquerschnitt eingespart werden (Variante 8).

In Sachen GrEn liegen die Werte der Filze in der gleichen Größenordnung wie die Ein-

blasdämmung aus Holzfaser. Dementsprechend ist das dargestellte Gesamtergebnis vergleichbar mit der einfachen zweischaligen Zellulose/HFD-Konstruktion (Var. 7).

Da die MiFa-Variante keine äußere Beplankung, sondern nur eine diffusionsoffene Unterspannbahn aufweist, ist diese Variante eigentlich nur für Vorhangfassaden einsetzbar. Wenn eine Putzfassade geplant ist, wäre eine geeignete Putzträgerplatte in die Bilanz einzubeziehen (vgl. *condetti-Detail in Heft 6/2023*).

Die Datenlage ist in diesem Bereich leider noch recht spärlich. Aber mit den Angaben in Tab. 1 Pkt 8. lässt sich auf der sicheren Seite abschätzen, was dieser Mehraufwand bewirkt. Für die ca. 20 kWh/m² GrEn extra bei einem mineralischen Putzträger könnte man auch eine 40 mm Holzfaserdämmplatte bekommen – und damit den Dämmaufwand in den Gefachen entsprechend zu reduzieren.

- Also, warum nicht gleich mit HFD Außendämmungen planen, egal welche Dämmstoffe dahinter das Sagen haben?

Das optimale Optimum

Wenn man allerdings die „ZellPur“-Variante als Messlatte auflegt, so ist mit der MiFa-Dämmung nur ein gleichwertiges Ergebnis zu erzielen, wenn sie 20 mm dicker ausgeführt wird. (Variante 9) , s. Abb. 4 links. Dies gilt auch für den Einsatz der 032er Mineralfasermatten. Ihr besserer Dämmwert wird erkaufte mit einer 50% höheren Rohdichte und damit einem in gleichen Maße steigenden GrEn-Einsatz, vgl. auch Artikel des Autors in *Heft 6/2017*. Dieser wird durch den besseren U-Wert gegenüber der 035er MiFa erst nach rund 30 Jahren ausgeglichen.

Wenn man überdies für eine Putzfassade noch deren Energieaufwand von einer Trägerplatte berücksichtigt, dann steigt der Invest in GrEn auf fast das Doppelte der ZellPur Lösung.

- Dann kommt die ZellPur-Variante mit 30 mm weniger Dämmdicke aus als der 032er MiFa-Superdämmstoff (Variante 10) , s. Abb. 4 rechts.

Erst nach 30 Jahren könnte die MiFa 032, den Vorteil ihrer besseren Wärmeleitfähigkeit ausspielen (jährliche Einsparung nur 2 kWh/m²)!

Was dieser Vergleich für die Baukosten und die Heizkosten bedeutet, können hier nach die energieberatenden Leser selber ausrechnen, die vor allem den Zugriff auf die erstere Kostengruppe haben. Der Autor freut sich auf solchen Input und will dies gerne beim Leser condetti in Heft 4/2024 zur Diskussion stellen und kommentieren.

Viel Holz hilft viel?

Für die Architekten, die als Neueinsteiger in die Planung der zunehmend nachgefragten Holzbauweisen eintreten, sind Konstruktionen mit Massivholzelementen attraktiv. Man hat, wie beim mineralischen Bauen gewohnt, eine klare Trennung der Ebenen von Tragwerk und Dämmung. Außerdem weisen die Anbieter gerne darauf hin, dass ihre Massivholzplatten eine vielfach geringere Wärmeleitung haben als die gängigen Mauerwerks- und Stahlbetonbauteile.

Aus energetischer Sicht muss man aber genauer hinschauen.

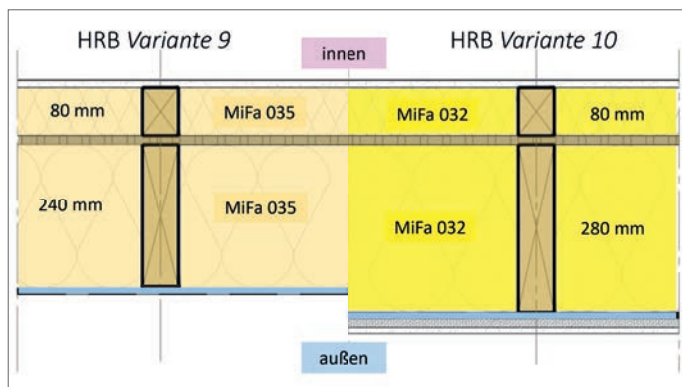


Abb. 4: Vergleich von Holzrahmenbauvarianten gleicher Gesamtbilanz wie die ZellPur-Lösung (Dämmdicke: 330 mm) Links: Dämmfilze mit $\lambda=0,035$ W/mK reduzieren die Dämmdicke gegenüber ZellPur nur um 10 mm bei 0,003 W/m²K besserem U-Wert.

Rechts: Die im Vergleich zur 035er MiFa 50 % höhere Rohdichte (und dementsprechend mehr GrEn-Bedarf) des 032er Materials ist nur durch eine 40 mm erhöhte Dämmdicke in der gleichen Nutzungszeit zu egalisieren. Grafik: Autoren

Eine 100 bis 140 mm dicke Brettsperrholzplatte entspricht nur einer äquivalenten Dämmdicke von 3 bis 4 cm. Ihr Einsatz an Herstellungenergie liegt allerdings bei 55 bis 75 kWh/m². Dieser GrEn-Input reicht schon an den Gesamteinsatz heran, den die beiden „Best of“-HRB-Varianten insgesamt benötigen (80 bis 120 kWh/m²) – und zwar für alles incl. Dämmung und Putzträger!

Wir haben im Folgenden verglichen, welcher Aufwand bei den MH-Varianten erforderlich ist, um den geforderten Dauerwärmeschutz einzuhalten, und was zu tun ist, um die Gesamtbilanz der beiden besten HRB-Varianten zu erreichen.

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse für 100 mm dicke BSP-Platten und verschiedene Dämmsysteme. Wir gehen in allen Fällen davon aus, dass eine Installationsebene vorhanden ist, die mit 80 mm Dämmung versehen wird. Den restlichen Wärmeschutz muss eine Außendämmung erbringen.

Der Rahmen-/Tafelbau und die Massivholz- Praxis

In den ersten beiden Varianten in Tabelle 3 erfolgt die Innendämmung mit flexiblen Holzfasermatten. Die Außendämmung besteht 200 mm Holzfaserdämmplatten (Variante 1) oder aus angeschraub-

Tabelle 3: Untersuchte Varianten der Außenwände mit 100 mm Brettsperrholz								
Var. Nr	Massivholzbau	Dämmdicke [mm]			Energetische Bewertung			
		Installations-ebene	Außen-Dämmung	Gesamt	GrEn [kWh/m ²]	U _m -Wert [W/m ² K]	Gesamt über 30 Jahre [kWh/m ²]	GrEn-Input bezogen auf (Q _T) [Jahre]
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Dämmung in: Holz.Flex Dämmdicke [mm] 80	HFD	HFD	280	192	0,139	543	16,5
2	Dämmung in: Holz.Flex Dämmdicke [mm] 80	H-Flex + HFD	H-Flex + HFD	280	164	0,143	525	13,5
3	Dämmung in: Zellulose Dämmdicke [mm] 80	Zellulose + HFD	Zellulose + HFD	280	107	0,142	467	8,9
4	Dämmung in: MiFa 032 Dämmdicke [mm] 80	MiFa 035	MiFa 035	220	154	0,144	517	12,8
5	Dämmung in: MiFa 032 Dämmdicke [mm] 80	EPS 032	MiFa 035	290	190	0,112	471	20,2
6	Dämmung in: MiFa 032 Dämmdicke [mm] 80	EPS 032	EPS 032	230	140	0,131	470	12,7
7	Dämmung in: MiFa 032 Dämmdicke [mm] 80	EPS 032	EPS 032	290	163	0,105	427	18,4

Hinweis: ROT markierte Beschriftungen zeigen die Veränderungen gegenüber der vorherigen Variante an. Die in Spalte 6 farblich hinterlegte Einstufung der Gesamtbilanz: grau ... unzureichend; grün ... entspr. HolzPur, orange ... entspr. ZellPur. Basis der Transmissionsverluste: Q_T= U_m*84 kWh/a

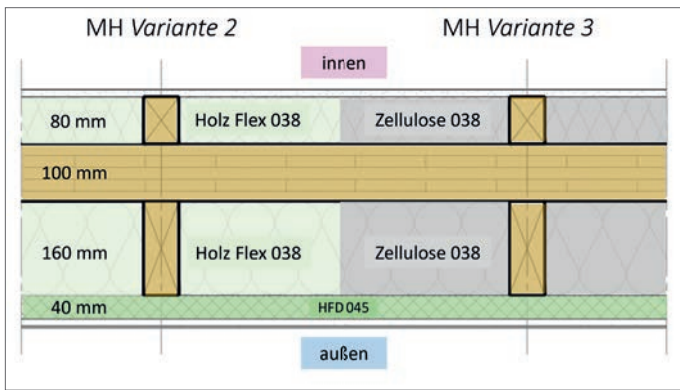


Abb. 5: Die Kombination von Massivholztragwerk mit einer NAWARO-Außendämmung zwischen 60*160 mm KVH-Trägern und 40 mm Holzfaserdämmplatte.

Links: Flexible Holzfasermatten. Rechts: Zellulose Einblasdämmung. Nur die Zellulose erreicht in der energetischen Gesamtbilanz die zweitbeste HRB Vergleichsvariante (470 kWh/m²). Grafik: Autoren

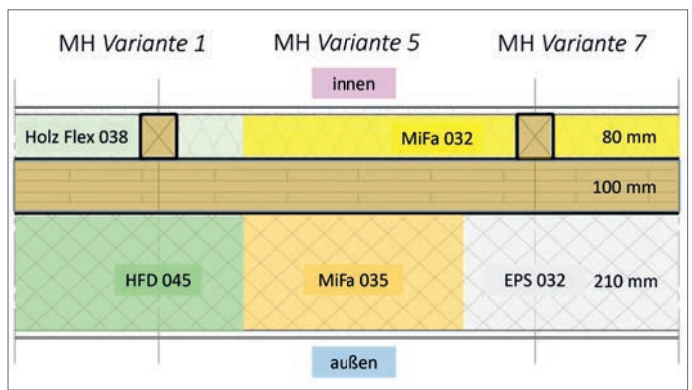


Abb. 6: Vergleich verschiedener 210 mm dicker Putzträgerplatten bei 100 mm BSP-Wänden mit 80 mm Installations-ebene. Links: Holzfaserdämmplatten und Holzflex Innendämmung

Mitte: Mineralfaserputzträger (035) und Innendämmung 032. Rechts: Graues EPS- WDV5 (032) und 032er MiFa-Innendämmung. Grafik: Autoren

ten KVH- Hölzern (6/16 cm) plus 40 mm HFD-Putzträger und Dämmstoff wie bei der Innendämmung (Variante 2 und Abb. 5 links). Als Alternative haben wir auch hierbei den Einsatz von Zellulose durchgerechnet (Variante 3 und Abb. 5 rechts).

Hiermit wird das U-Wert-Ziel zwar mit einer 40 bis 50 mm geringeren Dämmdicke als bei den energetisch optimalen HRB- Varianten erreicht, aber der GrEn-Input liegt zwei- bis dreifach höher als bei den günstigsten Varianten aus Tab. 2.

Dies gilt besonders für die einschalige Außendämmung mit verputzbaren HFD-Platten, s. Tab. 3 Var. 1 und Abb. 6, links.

Um die Gesamtbilanz von Grauer- und Dauer-Energie auf das HRB-Optimum von ZellPur zu drücken, erhöhten wir versuchsweise gegenüber Var. 1 die HFD-Außendämmung auf 300 mm Dicke. Trotz des damit erreichten U-Wertes von 0,106 W/m²K müsste man auf den Gleichstand der Gesamtbilanz 60 Jahre warten! Dies hat zwei Gründe: Neben dem hohen GrEn- Wert der HFD Platten schlägt auch ihr mäßiger λ- Wert zu Buche.

Die Alternative in Var. 2 steht nicht viel besser da. Auch wenn hier die HFD Platten auf 40 mm Dicke begrenzt werden, um ihre Hauptrolle als Putzträger zu leisten, und

der Rest der Außendämmung mit Holzflexmatten erfolgt, bleibt das Ergebnis ungenügend (Tab. 3, Var. 2, Sp. 6).

Selbst dann, wenn die Innen- und Außendämmung mit dem günstigsten aller verfügbaren Materialien (Einblaszellulose) ausgeführt wird (Variante 3), ist allenfalls der Zielwert des HolzPur Optimums aus Tab. 2 erreichbar.

Eine Rettung durch konventionelle Superdämmstoffe?

Manche Hausanbieter – insbesondere, wenn sie aus dem mineralischen Massivbau kommen –, verwenden auf BSP-Wänden konventionelle WDV-Systeme. Am ehesten sind bei der holzaffinen Kundschaft Mineralfaserdämmungen en vogue. Die erforderliche Dämmdicke kann durch einen λ-Wert von 0,032 bis 0,035 W/mK für den U-Wert $\leq 0,14$ W/m²K gegenüber den bisher erläuterten Varianten um 60 mm reduziert werden (Variante 4, Sp. 3). Dies erweist sich jedoch als Milchmädchenrechnung, wenn die GrEn einbezogen wird.

Weil die hoch verdichteten, verputzbaren MiFa-Platten in punkto GrEn in der gleichen Größenordnung liegen wie die Holzfasermatten sind nämlich 210 mm MiFa-Dicke erforderlich, um durch einen U-Wert von 0,11 W/m²K allenfalls mit der HolzPur-Version in der

Nutzungszeit gleichzuziehen (Variante 5, Sp. 6). Um mit dieser Konstruktionsweise an das ZellPur-Optimum heran zu kommen, wäre eine technische Nutzungsdauer von 50 Jahren erforderlich. Mehr ist praxisgerecht nicht drin, weil die hohe Rohdichte der MF-Putzträger zu einem ähnlich hohen GrEn-Bedarf führt, wie bei den HFD Platten, s. Tab. 1.

Es gibt jedoch eine konventionelle WDV-Alternative, die besser abschneidet: Wie schon in ersten beiden Beiträgen des Autors zur Grauen Energie von Dämmstoffen (Hefte 6/2017 und 5/2018) zeigt sich, dass bei verputzbaren Dämmungen „graue“ EPS-Platten energetisch kaum zu unterbieten sind. Mit minimalem Erdöleinsatz und einer Rohdichte von nur 16 kg/m³ erreichen sie einen λ-Wert von 0,032 W/mK bei einem GrEn-Invest, der 25% niedriger liegt als bei der MiFa-Platte.

Um den hohen GrEn Input der BSP Bauweise im Vergleich zu HRB-Konstruktionen in der Gesamtbilanz zu egalieren, reicht eine U-Wert-Verbesserung von 0,01 W/m²K gegenüber der Vergleichsanforderung aus. Mit nur 150 mm Dämmdicke gelingt es, immerhin mit der HolzPur-Variante aus Tab. 2 in der Standardnutzungszeit gleich zu ziehen (Variante 6).

Um allerdings hiermit das ZellPur Optimum einzuholen, müssten entweder 85 (!) Jahre



Abb. 7: Eine ungewöhnliche Kombination von Massivholzbau und fossilem Dämmstoff. Aber die energetische Gesamtbilanz ist bedenkenswert (Tab. 3, Zeile 7). Foto: Gerrit Horn

ins Land gehen ... oder doch auch hierbei weitere 60 mm Dicke spendiert werden, um dieses Ziel schon 30 Jahren zu erreichen (Variante 7 und Abb. 6 rechts).

Ob sich die holzaffinen Planer und die Kundschaft der Holzbaubetriebe sich mit dieser energetisch optimierten Alternative anfreunden können, steht auf einem anderen Blatt.

Gegen den Einsatz von mineralischen und synthetischen Dämmstoffen spricht vor allen die Kohlenstoffbilanz, die im zweiten Blickpunkt dieses Heftes von Rainer Vallentin behandelt wird, s. auch Infokasten 2. Die dortigen Recherchen zeigen ganz klar:

Baumaterialien aus der hölzernen Wertstoffkette sind zwar nicht sofort klimaneutral, weil die Bäume weg sind, aus denen sie gefertigt wurden. Aber auf lange Sicht kann eine nachhaltige Forstwirtschaft wieder in gleichem Maße eine CO₂-Senke schaffen. Dazu sind mineralische oder fossile Baustoffe prinzipiell nicht in der Lage.

In einem weiteren Beitrag werden wir uns im *Heft 4/2024* mit der immer wieder gestellten Frage beschäftigen: Wie groß ist auf lange Sicht das Potential der behandelten Holzbauweisen für einen umfassenden Klimaschutz im Vergleich zu dem immer noch am Markt überwiegenden mineralischen Massivbau?

Fazit

Nach ungezählten Zahlenwerten der Parameterstudie des Autors, können folgende Leitplanken gesetzt werden, um den Ressourcenverbrauch bei Holzbau-Außenwänden umfassend zu minimieren: Da diese zur wärmeabgebenden Gebäudehülle gehören, ist die Gesamtbilanz von „Grauer- und Dauer-Energie“ zielführend, um einen angemessenen Kompromiss zwischen Bauaufwand

und optimalem energetischem Ergebnis zu finden.

Bei der Holzrahmen-/-tafelbauweise ist Wahl von Dämmstoffen mit geringem Energieinput dominant. Dies spricht vor allem für die Einblasdämmstoffe, allen voran für die Zellulose, die Up-cycling in der Kaskadennutzung darstellt. In Sachen Bedarf an Konstruktionsfläche je Geschoss haben HFD-Platten als Außendämmungen gute Karten, da sie gleichzeitig Putzträger sind – gleich welcher Gefachdämmstoff dahinter verwendet wird.

Den mit Abstand höchsten Flächenbedarf hat die Version mit 032er MiFa-Dämmung in der Installationsebene und im Konstruktionsgefach mit einer mineralischen Putzträgerplatte.

Den hohen GrEn-Invest der Massivholzbauweise zu kompensieren, sind nur die Zellulose-Einblasdämmungen einigermaßen in der Lage – auch aus Sicht der Kohlenstoffbilanz. ■

Quellenverweise

EPD des Institut Bauen und Umwelt (IBU) <https://ibu-epd.com/veroeffentliche-epds/>

Ökobaudatenbank des Bundesbauministeriums (BMWSB) https://www.oekobaudat.de/no_cache/datenbank/suche.html

STEICO
Das Naturbausystem



STEICOjoist

Stegträger für Dach, Decke und Wand

- Geometrisch und materialtechnisch optimiert
- Geringes Eigengewicht, angenehmes Handling
- Hohe Form- und Dimensionsstabilität
- Trägerhöhen 160–500 mm, allein über Steghöhe definiert
- Je höher, desto wirtschaftlicher und desto geringer die Wärmebrücke
- Sehr gute U-Werte kostengünstig realisierbar
- Im Holzrahmenbau ideal in Kombination mit Furnierschichtholz STEICO LVL und STEICO GLVL

INFOKASTEN 2

Was noch alles fehlt

Dieser quadriga- Blickpunkt zur Ökologie der Holznutzung hat viele Facetten. Davon ist die dynamische Kohlenstoffbilanz unter Einschluss des Zeitfaktors bei der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen wohl diejenige, die bislang am wenigsten bekannt – und auch am schwierigsten zu ermitteln ist.

Aber die von Rainer Vallentin behandelte Chance zur Schaffung von CO₂- Senken durch die Dämmung mit schnell nachwachsenden NAWARO- Dämmstoffen ist hoch interessant. Das gilt bei diesen Rohstoffen besonders, wenn eine Chance besteht, sie in Gefache einzublasen.

Wenn sie zu Dämmfilzen oder Dämmplatten verarbeitet werden, wie dies bei Hanf-, Flachs- und Grasfasern geschieht, so kommen synthetische Stützfasern und PMDI- Bindemittel hinzu. Die publizierte Datenlage ist bei diesen Produkten allerdings bislang eher dürftig und widersprüchlich.

Die Kennwerte für Strohballen als Dämmstoff sind gut dokumentiert. Aber diese Rohstoffe erfordern besondere Konstruktionsweisen, die in diesem Beitrag nicht behandelt werden konnten.

Gerne hätten wir auch das Bauen mit Holzstegträgern in unsere Analyse einbezogen. Aber es gibt bislang keine Kenndaten zur grauen Energie, die es ermöglichen, deren Abmessungen und Materialien differenziert zu erfassen. Wir hoffen, dass sich dies mit der anstehenden Erneuerung der EPD in diesem Jahr ändern wird.



steico.com