

INTERESSENGEMEINSCHAFT OEKOPRIORITY® – für vernünftige Dämmdicken am Gebäude

# **ÖKOLOGISCH OPTIMIERTE GEBÄUDEHÜLLE AUS FREIER BEMESSUNG**

## Vorwort und Verweis

In der Abhandlung [Relativvergleich der Umwelt - Leitwerte von Wärmedämmstoffen](#) (PDF – Dokument vom 03.07.2022 / 23.12.2022) wird modellhaft gezeigt, hinsichtlich welcher ökologischen Belastungswerte laut KBOB (Grauenergie, oder Treibhausgase als CO<sub>2</sub> – eq, oder Umweltbelastungspunkte UBP) die Dämmstoffaufteilung für eine vorgegebene Limite optimiert werden kann. Als Limite kann dabei ein definierter Wert  $U'_{\text{soll}}$  für die opake Hülle verstanden werden, mit dem Ziel, dies mit einem Minimum als Leitwert – Belastung zu erfüllen. Oder es kann für die opake Hülle ein Maximum an zulässiger Leitwert - Belastung festgesetzt werden, mit der Aufgabe, mit diesem «Schadstoffinhalt» die einzelnen Dämmstärken so aufeinander abzustimmen, dass daraus der tiefst mögliche Wert  $U'_{\text{result}}$  hervorgeht.

In allen Fällen handelt es sich damit um eine sogenannt «gebundene Bemessung», indem stets von einer definierten Limite ( $U'_{\text{soll}}$  oder max. Schadstoffinhalt) ausgegangen wird, um mit genau dieser Vorgabe ein Maximum an Wirkung zu erzielen. Es ist nun aber keineswegs gesagt, dass beispielsweise die Limite: «opake Hülle sei 0.17 W/(m<sup>2</sup>\*K)» mit den dafür optimierten Dämmstärken der tiefst mögliche «Gesamt – Energieverbrauch», oder die tiefst mögliche «Belastung CO<sub>2</sub> -eq» erreicht wird. Die Thematik «gesamtoptimale Konstruktion aus freier Bemessung» haben wir in verschiedenen Abhandlungen beleuchtet. Stellvertretend soll hier auf die Ausführungen laut [Varianten der Optimierung](#) verwiesen werden.

## Erweiterung des generellen Konzepts von OEKOPRIORITY®

Das im obigen Link besprochene Verfahren der «Optimierung aus freier Bemessung» ist nicht nur auf die Minimierung des Energiebedarfs: «Dämmstoffherstellung Grauenergie + akkumulierter Heizenergieverbrauch über die Gebrauchsdauer des Gebäudes» anwendbar. In gleicher Weise kann die Leitwert – Belastung «CO<sub>2</sub>-eq» oder die Leitwert – Belastung «UBP» - oder auch die Leitwert – Belastung «Kosten CHF» durch entsprechend optimierten Wert  $U'_{\text{opt}}$  minimiert werden. In allen Fällen müssen dabei nebst der gewohnten Dämmstofffassung auch die Heizgradtage pro Jahr mit einbezogen werden.

Sollen der Optimierung die jeweiligen KBOB – Festlegungen» «Leitwertzahl pro kg Dämmung», bzw. «Leitwertzahl pro kWh Energieträger» zugrunde gelegt werden, bedarf es bei der Dateneingabe ins «Rechenprogramm Oekopriority» gewisser Anpassungen → **siehe Anhang.**

## Praktisches Beispiel

### EINGABEDATEN

Profil: KHB 1995 GE

#### Formular 1: Eingabedaten Zeitgrößen

Planungshorizont für Systembetrachtung n =	75 Jahre
Zins (z) für Dämmkosten /-Gewichte; Nutzenabschlag (sz) für Grauenergie =	2.50 %
Teuerung (t) für Dämmkosten /-Gewichte; Wertigkeitszuwachs (w) für Grauenergie =	0.00 %

#### Formular 2: Eingabedaten Bauteile

Bauteil [Nr.]	Kurzbezeichnung [fakultativ]	Fläche A [m <sup>2</sup> ]	<sup>1)</sup> U <sub>o</sub> vorhanden [W/m <sup>2</sup> K]	<sup>2)</sup> U <sub>max</sub> zul. [W/m <sup>2</sup> K]	<sup>3)</sup> b [Kh]
1	Aussenwände	1440.00	1.08	0.40	1.00
2	Steildach	1790.00	1.17	0.40	1.00
3	Flachdach	640.00	3.25	0.40	1.00
4	Wand gegen Erdreich	255.00	3.07	0.60	0.50
5	Wand gegen Keller	155.00	2.10	0.60	0.50
6	Boden g.Erdreich+BH	1770.00	1.18	0.60	0.75

#### Formular 3: Eingabedaten Zuordnung Dämmstoffe

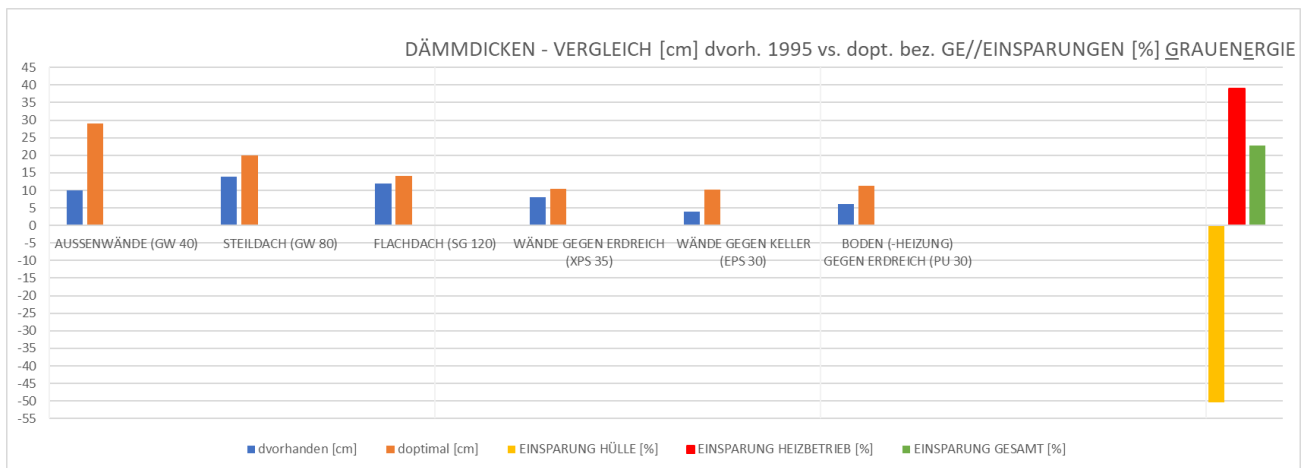
Bauteil [Nr.]	Dämmstoff [Materialbasis]	<sup>4)</sup> ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	<sup>5)</sup> J [MJ/m <sup>3</sup> ]	<sup>6)</sup> λ [W/mK]	d <sub>vorh.</sub> [mm]	<sup>7)</sup> B [Preis/m <sup>3</sup> ]	<sup>8)</sup> m [Jahre]	<sup>9)</sup> f [-]
1 ns	Glaswolle	40.00	218.40	0.036	100	*	40	0.10
2 ns	Glaswolle	80.00	436.80	0.038	140	*	40	0.10
3	Foamglas	120.00	620.40	0.040	120	*	40	0.10
4 ns	Extrudierter Polystyrol	35.00	1029.00	0.034	80	*	75	0.10
5 ns	Expandierter Polystyrol	24.00	750.00	0.036	40	*	40	0.10
6 ns	PUR / PIR	30.00	903.00	0.024	60	*	75	0.10

**Abb. 1** zeigt die Ausgangsdaten für ein im Jahre 1995 realisiertes Bauvorhaben. Aufgrund der gewählten Dämmungen folgt ein Wert  $U'_{\text{vorh.}} = 0.243 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , was für eine opake Hülle zu jener Zeit ein zulässiger Wert war. In Formular 3 / Spalte J sind für Grauenergie nicht die Einheitswerte  $\text{MJ}/\text{m}^3$ , sondern zwecks weiterer Berechnungsgänge die Werte  $\text{kWh}/\text{m}^3$  eingetragen. Siehe auch die Anpassungstabelle im Anhang.

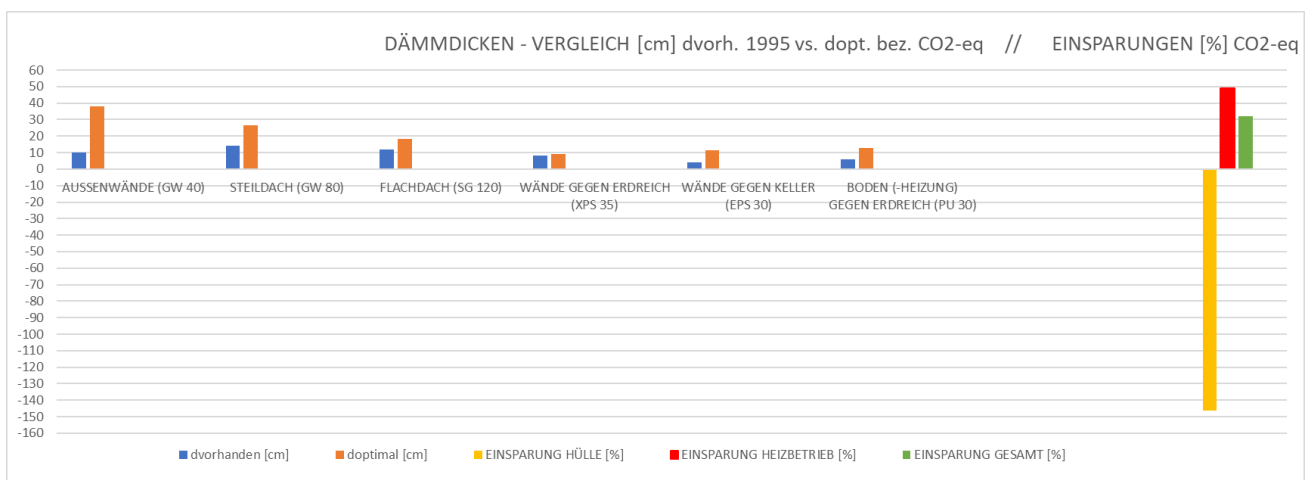
Die **Abbildungen 2 bis 5** (unten) zeigen im Vergleich die gesamt – optimalen Dämmstärken aus Investition + akkumuliertem Betrieb gegenüber den Ergebnissen gemäss Basis 1995 (Abb. 1), je nachdem, welcher Leitwert (Grauenergie, CO2-eq, UBP oder Kosten CHF) der Optimierung zugrunde liegt.

Ebenso sind die beanspruchten Leitwertsummen aus «Investition» und aus «akkumuliertem Betrieb» aufgeschlüsselt und als Prozent – Einsparungen beziffert.

Identischer Erstellungszeitpunkt bei allen Vergleichen vorausgesetzt.



**Abb. 2**



**Abb. 3**

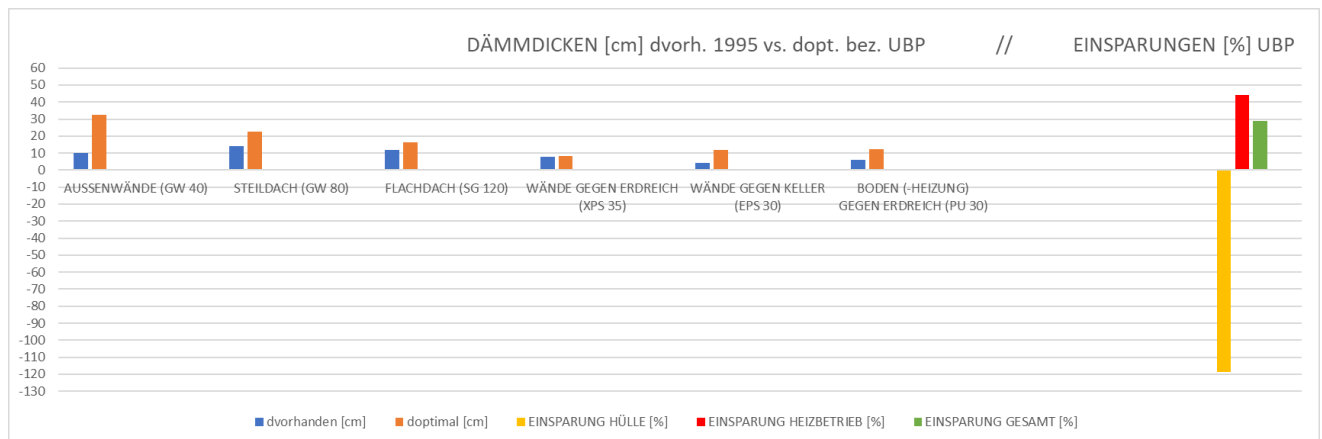


Abb. 4

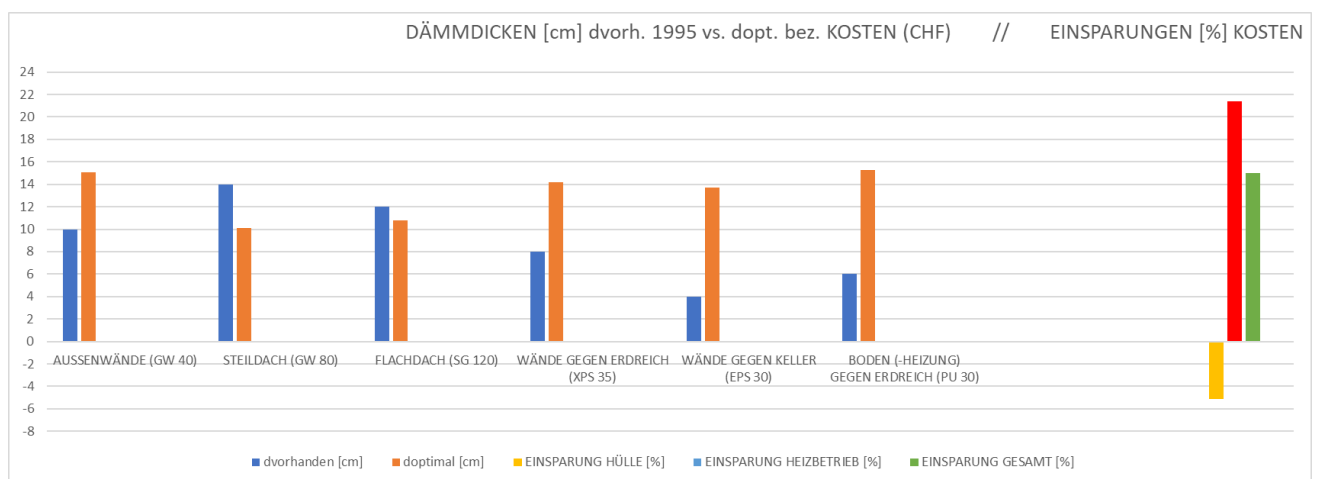


Abb. 5

## Verständigung

Die blauen Balken zeigen (in cm!, darstellungsbedingt) die im Jahr 1995 realisierten Dämmstärken je nach Bauteil und Material. Hätte man stattdessen für jeden der vier Leitwerte (Grauenergie, CO<sub>2</sub>-eq, UBP, Kosten CHF) eine «freie Bemessung» mit dem Ziel der «Leitwert – Minimierung vorgenommen, wären die mit braunen Balken gekennzeichneten Optimal – Dämmstärken benötigt worden.

Rechts in den Grafiken sind die prozentualen Einsparungen an Leitwert – Bedarf als Folge der opaken Transmissionsverluste (mit negativen Einsparungen wegen grösserem Dämmstoffbedarf) sowie die Einsparungen als Folge der stark reduzierten U – Werte (akkumulierter Heizbetrieb über 75 Jahre) gegenüber der Ausführung 1995 dargestellt. Der grüne Balken liefert die über das Ganze gesehene prozentuale Einsparung. Für den «Leitwert Kosten» wurden materialeseitig die 5-fachen Rohdichten der Dämmstoffe eingesetzt, und für den Heizbetrieb mit Kosten von CHF 0.14 / kWh für Nutzenergie gerechnet. Für alle Optimierungen mit freier Bemessung wurden «auf Betriebsseite» 3500 Heizgradtage pro Jahr veranschlagt.

## Fazit

Bei Wärmeschutzberechnungen kann grundsätzlich eine «gebundene Bemessung» oder eine «freie Bemessung» zur Anwendung kommen. Die «gebundene Bemessung» bildet die übliche Ausgangslage, indem behördlicherseits ein max. zulässiger Verbrauch an Heizenergie vorgegeben wird. In diesem Fall sollte es zumindest das Ziel sein, diesen Verbrauch mit einem Minimum an «Investition» (ökologisch oder monetär) einzuhalten.

Die «freie Bemessung» definiert das Planungsziel dagegen so, dass ein bestimmter Leitwert als Summe aus (Material -) Investition und (Heiz -) Betrieb minimal werden soll. Die optimale Konstruktion hängt dann einerseits von den spezifischen Kenndaten der vorgesehenen Materialien je Bauteil – aber auch (gesteuert über die «angepasste» Heizgradtag – Zahl) von der geografischen Lage, der Formgebung und der definierten Nutzungsdauer des Gebäudes ab.

Anders gesagt: Wird in konventioneller Weise ein zulässiger Heizenergie – Verbrauch behördlich vorgegeben und vom Planer dafür ein «hinreichendes» Dämmkonzept entworfen, ist es höchst unwahrscheinlich, dass dieses aus Sicht des interessierenden Leitwertes (Grauenergiebedarf, oder CO<sub>2</sub> – Belastung, oder Umweltbelastungspunkte, oder Gesamtkosten – alles stets summiert aus Material plus Betrieb) der optimalen Lösung, d.h. der minimalen Leitwert – Summe «durch Zufall schon» entspricht. Jede normativ «richtige» Lösung hat in aller Regel noch Sparpotential!

Weitere Interpretationen und Schlussfolgerungen aus den obigen Darstellungen sind dem geneigten Leser überlassen.

Nach Registrierung ist die freie und kostenlose Nutzung des Optimierungsprogramms **Oekopriority**<sup>®</sup> (ohne Speicherung/Ablage und ohne Fehlerunterdrückung) direkt



über den QR – Code möglich.

## Anhang

Werden die Leitwert – Daten laut KBOB (Leitwertzahl pro kg Dämmstoff, bzw. Leitwertzahl pro kWh Energieträger) für die Optimierung übernommen, sind die Eingaben in die Oekopriority – Formulare 1 und 3 wie folgt anzupassen (Formular 2 erfordert keine Anpassungen):

Leitwert – Auswahl zur Optimierung	Formular 1, Zeile HGT (K*d)	Formular 3, Spalte MJ/m <sup>3</sup>
KBOB – Leitwert Grauenergie = <b>A</b> = (kWh/kg DS)	(HGT / 3.6)*(kWh pro kWh-ET)	<b>A</b> * $\rho$ (DS)*
KBOB – Leitwert = <b>B</b> = (kgCO <sub>2</sub> – eq /kg DS)	(HGT / 3.6)*(kg CO <sub>2</sub> pro kWh-ET*)	<b>B</b> * $\rho$ (DS)*
KBOB – Leitwert UBP = <b>C</b> =(UBP/kg DS)	(HGT / 3.6)*(UBP pro kWh-ET*)	<b>C</b> * $\rho$ (DS)*
Leitwert Kosten (CHF/m <sup>3</sup> ) = <b>D</b>	HGT*((CHF pro kWh-ET*)/3.6)	<b>D</b>

pro kWh-ET\* = kWh je nach Energieträger;  $\rho$ (DS)\* = Rohdichte des Dämmstoffs; \* *diskutabel*

### Des Weiteren gilt folgendes:

Nach den [Erwägungen zur Verzinsung der Leitgrösse Energie](#) ist dann, wenn eine Gewichtung aus monetärer oder sozialer Verzinsung, und/oder aus monetärer Teuerung resp. sozialer Wertmehring erfolgen soll, eine Differenz von mindestens 2.5 Prozentpunkten zwischen «Investition» und «Betrieb» einzuhalten. Diese Bedingung kann mit dem Programm nur im Investitionsmodus unterdrückt werden (z.B. Freigabe von 0% und 0%).

Des Weiteren geht das Programm davon aus, dass (bei ökologischen Optimierungen) ein «Wertigkeitszuwachs» (t) des Leitwertes nicht zu berücksichtigen ist. Soll dies dennoch erfolgen (namentlich dann, wenn mit dem Programm eine Kostenminimierung erzielt werden soll), ist anstelle des jeweiligen «Zinssatzes» (s) der folgende Betrag [s'] in die Zinssatzzeile einzugeben:  $s' = [((1+s)/(1+t))-1]*100$  [%].

Und schliesslich ist zu beachten, dass die in Formular 3 aufgeführte Spalte (MJ/m<sup>3</sup>) eine Begrenzung der Eingabewerte vorsieht, welche wegen der oberwähnten «Anpassung» u.U. aus dem Rahmen fallen können. Kann nicht auf den Administrativ – Modus mit Fehlerunterdrückung zugegriffen werden, bedient man sich in diesen Fällen des folgenden Kunstgriffs:

Die angepassten Eingabewerte für Spalte J (MJ/m<sup>3</sup>) in Formular 3 werden um einen beliebigen Multiplikator [κ] so erweitert (oder verkleinert), dass alle in den bestimmten Rahmen passen. Dementsprechend muss dann auch die angepasste Heizgradtagzahl noch um diesen Wert [κ] erweitert (oder vermindert) werden.