

INTERESSENGEMEINSCHAFT OEKOPRIORITY® – für vernünftige Dämmdicken am Gebäude

# **RELATIVVERGLEICH DER UMWELT - LEITWERTE VON WÄRMEDÄMMSTOFFEN**

## Worum es geht

In der KBOB des Bundes (2022)\* sind für Wärmedämmstoffe drei bedeutsame Umwelt - Leitwerte aufgelistet und als Belastungsgrössen auf die jeweilige Stoffeinheit bezogen:

- Umweltbelastung in Form von Grauenergiebedarf zur Herstellung und Entsorgung [kWh / kg Dämmstoff]
- Umweltbelastung aus Treibhausgasen bei der Herstellung und Entsorgung [kg CO<sub>2</sub>-eq / kg Dämmstoff]
- Umweltbelastungspunkte als Summe aller gewogenen Einflüsse über die Zeit [UBP/kg Dämmstoff]

Ausgehend von der geplanten wärmetechnischen Verbesserung eines Bauteils (von  $U_0$  nach  $U_{\text{soll}}$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]) kann so die je nach benötigter Dämmstoffstärke anzurechnende Umweltbelastung bestimmt und verglichen werden.

Wollte man einen Entscheid über die Dämmstoffwahl allein nach dieser Form von Vergleichsbetrachtung fällen (z.B. Dämmstoff mit kleinstem CO<sub>2</sub>-eq), müsste für jeden Bauteil des Gebäudes «aus Umweltsicht» stets derselbe Dämmstoff eingesetzt werden – was allein schon aus konstruktiven Gründen abwegig sein kann.

Eine Umwelt - Rangliste für Dämmstoffe aufgrund einer derartigen «Absolut - Betrachtung» ist nicht zielführend und erbringt im konkreten Einzelfall zudem nicht das beste Ergebnis.

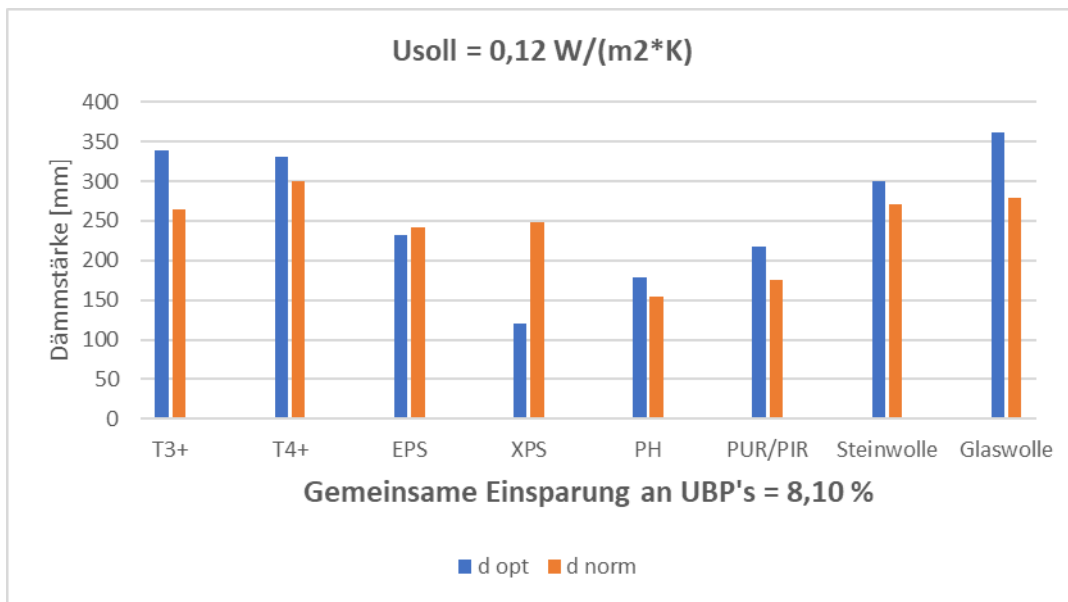
Wenn hier von «Relativvergleich unter Dämmstoffen» gesprochen wird, so ist darunter zu verstehen, dass mehrere Dämmstoffe (je ein Dämmstoff pro Bauteil) in der Weise aufeinander abgestimmt sind, dass sie GEMEINSAM die beste Lösung für das Gebäude erbringen.

Auswahl von Stoffwerten (fett = KBOB – Zuordnung)

PRODUKT (DS)	kg/m <sup>3</sup> DS	W/(m*K)	<b>GE (kWh/kg DS)</b>	<b>CO<sub>2</sub>-eq (kg/kg DS)</b>	<b>UBP / (kg DS)</b>
Schaumglas FG T3+	95	0.036	<b>5.17</b>	<b>1.19</b>	<b>1760</b>
Schaumglas FG T4+	110	0.041	<b>5.17</b>	<b>1.19</b>	<b>1760</b>
Polystyrol expandiert	30	0.033	<b>30.0</b>	<b>7.60</b>	<b>9800</b>
Polystyrol extrudiert	45	0.034	<b>29.4</b>	<b>14.40</b>	<b>19700</b>
Phenolharz	40	0.021	<b>33.5</b>	<b>7.27</b>	<b>10000</b>
Polyurethan	30	0.024	<b>30.1</b>	<b>7.45</b>	<b>10400</b>
Steinwolle	150	0.037	<b>4.46</b>	<b>1.19</b>	<b>1790</b>
Glaswolle	100	0.038	<b>5.46</b>	<b>1.10</b>	<b>1960</b>

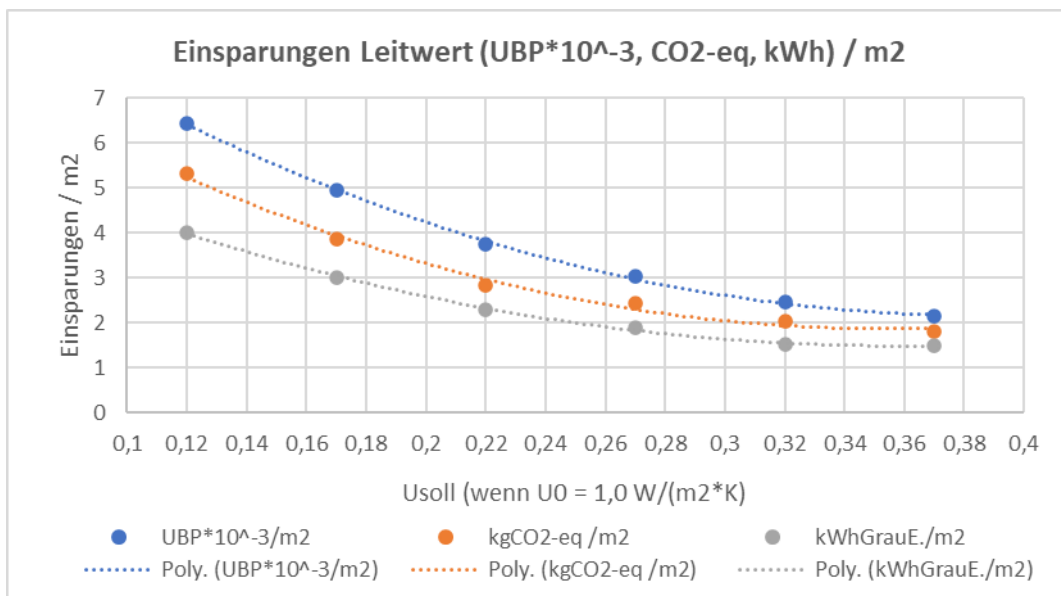
Das Balkendiagramm **Abb. 1** liefert **modelhaft** ein Beispiel für die unterschiedlichen «optimalen» Dämmstärken (beispielhaft für 8 Dämmstoffe (DS) mit den aufgeführten Kennwerten laut KBOB) und der Zielvorgabe:  $U_{\text{soll}} = 0.12$  W/(m<sup>2</sup>\*K), wenn die Dämmstoffe an gleichgrossen Teilflächen eines Gebäudes wirken. Dem blauen Balken für optimale Dämmstärke ist ein roter Balken zugeordnet, welcher die Dämmstärke angibt, die für «exklusive Verbesserung» von  $U_0$  nach  $U_{\text{soll}}$  (im Bild von 1.0 nach 0.12 W/(m<sup>2</sup>\*K)) benötigt wird. Zudem ist für den Leitwert (im Bild UBPs) die prozentuale Einsparung an Belastung dank optimierter Dämmstärken über die Gesamtfläche (im Zahlenbeispiel 800 m<sup>2</sup>) beziffert. Für  $U_0$  ist bei allen Grafiken einheitlich ein Wert von 1.0 W/(m<sup>2</sup>\*K) berücksichtigt.

*\*Schweiz. Koordinationskonferenz der Bau – und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB*

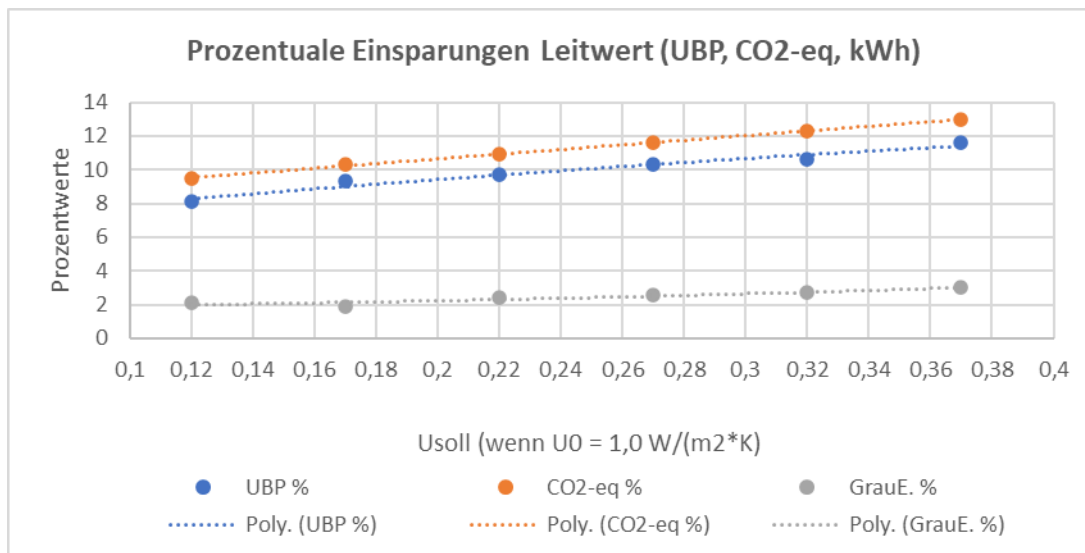


**Abb. 1** am 27.12.2022 ersetzt

Analoge Auswertungen von 8 Dämmstoffen à je 100 m<sup>2</sup> und mit der Ausgangslage: U<sub>0</sub> = 1.0 W/(m<sup>2</sup>\*K) für die genannten 3 Leitwerte sind in den Abbildungen 2 und 3 als Funktionskurven dargestellt. Zunahme der Einsparungen und Abnahme ihrer zugeordneten Prozentwerte folgen den U<sub>soll</sub> – Vorgaben in allen Fällen nach einer mathematischen Gesetzmässigkeit.



**Abb. 2**



**Abb. 3**

### Befund und Ausblick

Bei jedem der drei untersuchten Leitwerte (Grauenergiebedarf; Umweltbelastungspunkte; Treibhausgase als CO<sub>2</sub>-eq) wird die Belastung gegenüber «normativ benötigter, individueller Dämmung» für ein festgelegtes U<sub>soll</sub> für das opake Gebäude reduziert, wenn die Dämmstärken mittels iterativem Prozess auf eine «gemeinsam optimale Wirkung» abgestimmt werden. Die Berechnung kann maximal 8 verschiedene Bauteilflächen der opaken Hülle einschliessen, wobei in diesem Fall die gesuchten Dämmstärken aus rund 5000 iterativ ermittelten Zwischenwerten zustande kommen, woraus schliesslich die eine - günstigste - Kombination herausgefiltert wird. Als Folge des iterativen Prozesses können die berechneten Dämmstärken gegenüber den theoretisch exakten Werten um bis ca. ± 5% abweichen, was aber eine Überschreitung des angestrebten Minimums von höchstens 1 bis 2% nach sich zieht - und damit «als Fehler» deutlich von den Abweichungen aus handelsüblichem Liefersortiment übertroffen wird.

Entgegen dem hier verwendeten **Modellansatz** mit 8 flächengleichen Bauteilen und einheitlicher Gebrauchsdauer der Dämmstoffe, finden sich in der Praxis davon abweichende Voraussetzungen. Ausserdem mag es vorkommen, dass bei der Optimierung – dann, wenn Planungshorizont > Gebrauchsdauer – auch die «Verzinsung» und die «Teuerung» eines zu minimierenden Leitwertes erfasst werden soll. Für die Auswertung solch individueller Vorgaben zum realen Objekt, steht ein webbasiertes Rechenprogramm zur freien Verfügung. Bei der dortigen Eingabe der Objektdaten (d.h. in der vorgedruckten Spaltenbezeichnung MJ/m<sup>3</sup>) ist lediglich zu beachten, dass der interessierende Leitwert stets in der entsprechenden «Einheit /m<sup>3</sup>» (z.B. CO<sub>2</sub>-eq /m<sup>3</sup>, oder UBP/m<sup>3</sup>, oder kWh /m<sup>3</sup>) eingegeben wird.

Das fragliche Online – Programm findet sich unter:

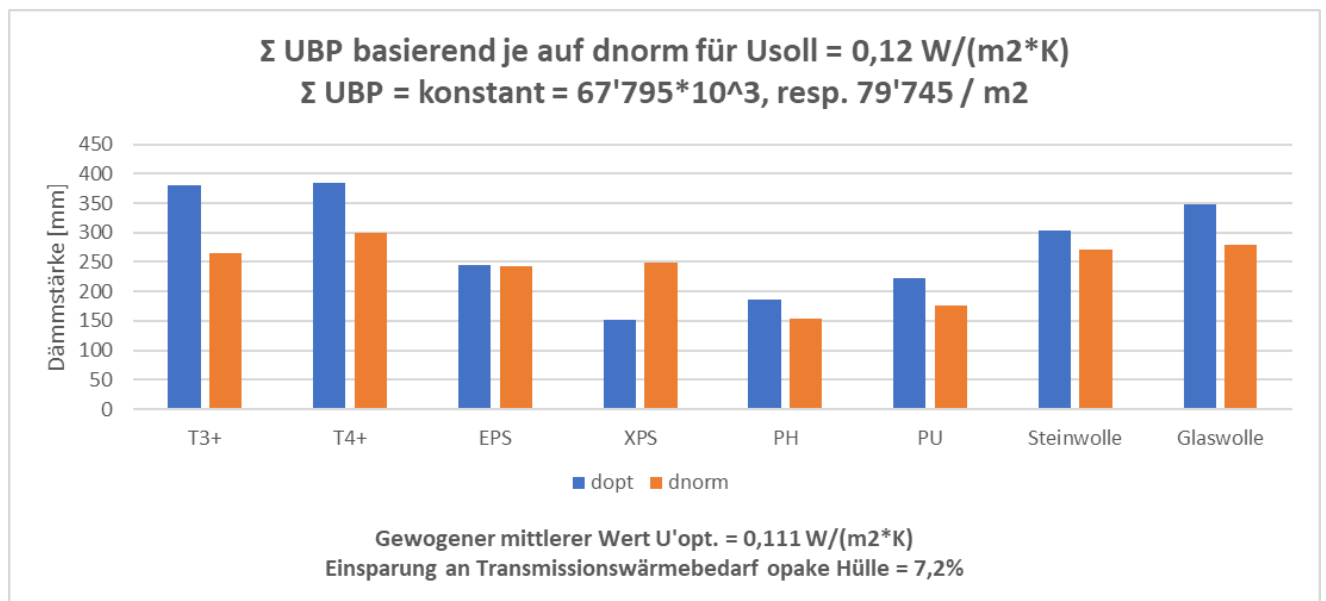


### Umgekehrte Ausgangslage

Mit der gleichen Modellbetrachtung «8 x 100 m<sup>2</sup> Bauteilfläche mit  $U_0 = \text{je } 1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ » und den gemäss Dämmstoff – Zuordnung resultierenden Leitwert – Belastungen wie vorstehend skizziert, kann die Optimierung auch in umgekehrter Weise vollzogen werden:

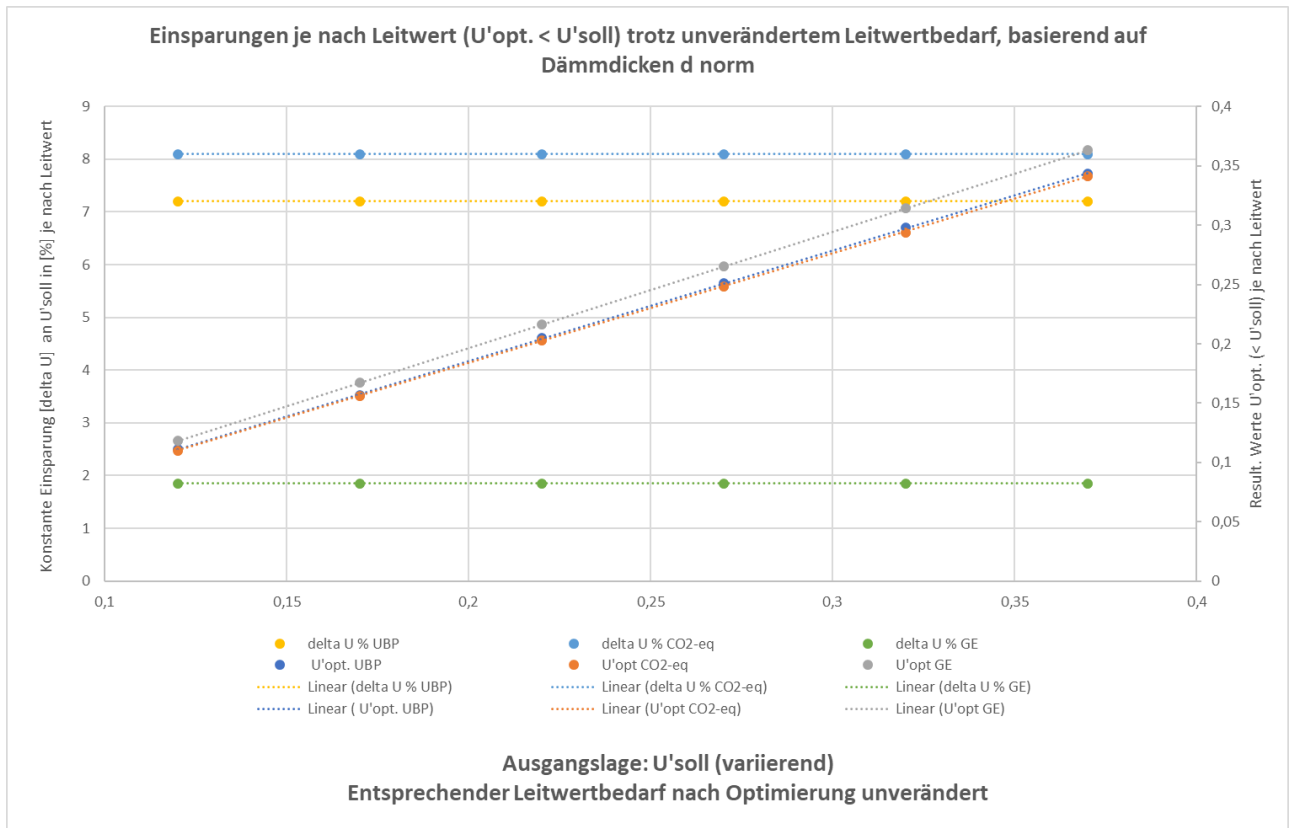
Ausgehend von einer Leitwert – Summe basierend auf d norm - Dämmstärken für einen gewählten Wert  $U'_{\text{soll}}$ , seien – unter Beibehaltung der ermittelten Leitwertbelastung – die Dämmstärken so anzupassen, dass daraus ein Minimum an Transmissionswärmeverlust resultiert (Ziel:  $U'_{\text{opt.}} < U'_{\text{soll}}$ ).

Das Balkendiagramm **Abb. 4** liefert dazu das Ergebnis für die «Leitwertbelastung UPB» mit der (ursprünglichen) Zielvorgabe  $U'_{\text{soll}} = 0.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Durch die optimierten Dämmstärken (blauer Balken) folgt ein mittlerer Wert  $U'_{\text{opt.}} = 0.111 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , was einer jährlich wiederkehrenden (!) Einsparung an Transmissionsverlusten gegenüber der «ursprünglichen Vorgabe  $U'_{\text{soll}} = 0.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ » von 7.2% entspricht.



**Abb. 4**

Eine analoge Auswertung – hier umfassend alle drei Leitwerte, mit Verteilung über die Bandbreite von  $0.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  bis  $0.37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  für die (ursprünglichen) Vorgaben  $U'_{\text{soll}}$  – zeigt in **Abb. 5** die möglichen (jährlich wiederkehrenden!) Einsparungen an Transmissionswärme dank optimierter Dämmstärken.



**Abb. 5**

### Befund und Ausblick

Geht es darum, unter Einhaltung eines vorgeschriebenen Wertes  $U'_{soll}$  die entsprechende Leitwert – Belastung zu minimieren, kann das Verfahren gemäss Schilderung vom 03.07.2022 (vorderste Seiten) angewendet werden.

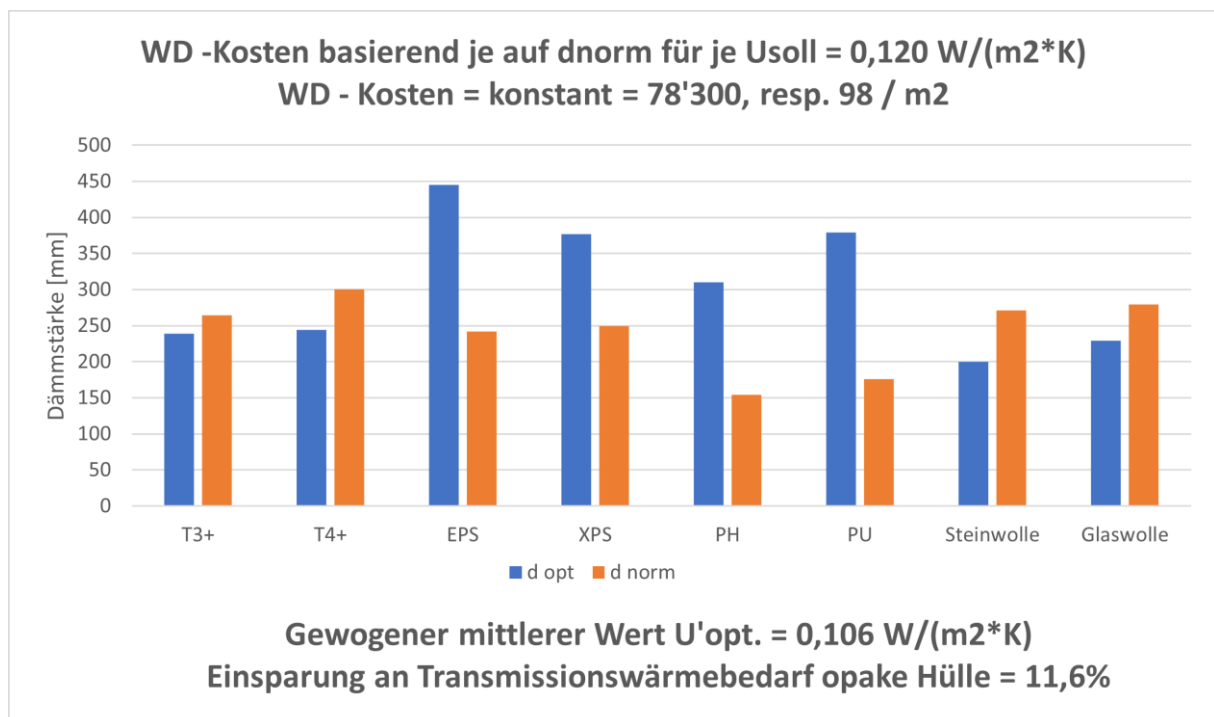
Soll in umgekehrter Weise die sich aus  $U'_{soll}$  ergebende Leitwert – Beanspruchung zwar beibehalten, dafür aber durch Dämmstoffoptimierung der ursprüngliche Wert  $U'_{soll}$  auf  $U'_{opt.}$  gemäss obigem Beschrieb reduziert werden, wird dazu für «allgemeine Fälle» ein modifiziertes, webbasiertes Rechenprogramm benötigt. Dieses ist zwar passwortgeschützt, kann aber über das nebenstehende QR – Signet als DEMO – Version durch Aktivieren von «demo» «demo» eingesehen werden.



## Finanzieller Aspekt

Aus den Balkendiagrammen Abb. 1 und 4 wird ersichtlich, dass durch die Optimierung erhebliche Veränderungen der «anfänglichen» Dämmdicken  $d_{norm}$  resultieren. Da die vier mineralischen Produkte aus Schaumglas, Steinwolle und Glaswolle vergleichsweise wenige UBP's pro Einheit aufweisen, liegen dort die Werte  $d_{opt}$  merklich höher als ihr erforderlicher Wert  $d_{norm}$ . Gleichzeitig handelt es sich dabei aber um relativ «teure» Produkte, so dass die Optimierung zwar zu einer deutlichen klimatisch – ökologischen Verbesserung führt, tendenziell aber auch etwas höhere Investitionskosten für die Dämmung zur Folge haben kann.

Am Beispiel gemäss Abb. 4 ist in Abb. 6 dargestellt, welche optimalen Dämmdicken resultieren, wenn statt des unveränderten «Leitwertes UBP» ein unveränderter «Leitwert Materialkosten» als Grundlage für die Optimierung dient. Mit hinreichender Genauigkeit werden dabei für die einzelnen Materialpreise deren 5 – fache Raumgewichte eingesetzt.



**Abb. 6**

Durch die Festlegung: «unveränderlicher Leitwert = Dämmstoffkosten» kann mittels optimierter Dämmstärken aus einem  $U'_{soll} = 0.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ebenfalls eine bedeutende Minderung der Transmissionsverluste auf  $U'_{opt} = 0.106 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  erzielt werden. Allerdings werden dazu vergrösserte Dämmstärken (blaue Balken) der stark umweltbelastenden Kunststoffe (EPS, XPS, PH, PU) benötigt, was nicht im Interesse des Umweltschutzes liegen kann.