



Ausgabe 2014

Der Dämmstoff-Spider  
als Indikator für ökologisches  
und ökonomisches Bauen!

Kurzversion

dämmstoff  
**spider**



 **swisspor**

# Spider Update 2014 mit neuen Anwendungsbereichen

Im Mai 2009 wurde der Dämmstoff-Spider zum ersten Mal veröffentlicht. Er ist in der Baubranche auf ein unerwartet grosses Interesse gestossen und findet bei der Dämmstoffwahl in der Praxis offensichtlich eine breite Anwendung. Das war genug, um nach zwei Jahren die aktualisierte Version 2011 aufzulegen. Um die Aktualität auch weiterhin sicherzustellen, wurde nun mit dieser Ausgabe die zweite Aktualisierung realisiert und gleichzeitig um zwei neue Anwendungsbereiche ergänzt. Sie berücksichtigt die seither veränderten Wärmedämmeigenschaften und Kosten der verschiedenen Dämmstoffe sowie die aktualisierten Stoff- und Energiebilanzdaten, die in der Zwischenzeit publiziert wurden. Graue und weisse EPS-Dämmstoffe sind seit Kurzem auch frei von Schadstoffen, was sich selbstverständlich in den Spider-Diagrammen niederschlägt. Die Anwendungen wurden um die Innendämmung über der Bodenplatte und die Dämmung von Heizungs- und Sanitärleitungen ergänzt. Somit widerspiegelt die aktuelle Version der Dämmstoff-Spiders die Produkte und Datensituation per Ende 2013. Die Aktualisierung hat sich auf die Resultate im Vergleich zu 2011 nur in einzelnen Bereichen ausgewirkt. An der Methodik wurde nichts geändert, sie hat sich bewährt, ist robust, richtungssicher und wird hoffentlich auch Ihnen bei der Auswahl von nachhaltigen Dämmstofflösungen gute Dienste leisten.

# dämmstoff **spider**



Visuelle Darstellung  
der Nachhaltigkeits- und  
Anwendungsaspekte  
von Wärmedämmstoffen

Bericht über Methodik  
und Ergebnisse

## Inhaltsverzeichnis

---

Dämmstoff-Spiders – der rasche Durchblick	4
<b>Flachdach:</b> Vorteile für die EPS-Dämmstoffe	10
<b>Hinterlüftete Fassade:</b> 19 bis 30 cm für dieselbe Dämmleistung	14
<b>Verputzte Aussenwärmedämmung:</b> Fast alles spricht für EPS	18
<b>Perimeterdämmung:</b> Herstellung mit geringen Unterschieden	22
<b>Innendämmung über Bodenplatte:</b> Hartschäume sind erste Wahl	26
<b>Dämmung Heizungs- und Sanitärleitungen:</b> PIR folgt dicht auf Glaswolle	30

**ü**ro für  
umweltchemie

Ueli Kasser, Daniel Savi und Matthias Klingler  
Schaffhauserstrasse 21  
CH-8006 Zürich  
Tel. 043 300 50 40  
Fax 043 255 15 35  
u.kasser@umweltchemie.ch  
www.umweltchemie.ch

Im Auftrag der swisspor AG, 6312 Steinhausen



# Dämmstoff-Spiders – der rasche Durchblick

Ueli Kasser, Daniel Savi und Matthias Klingler. Über die Nachhaltigkeit von Dämmstoffen sind schon viele Forschungsarbeiten, Bücher, Gutachten und Traktate geschrieben worden. Eine praxisgerechte Information für die Bauträgerschaft, die Planerin oder den Bauphysiker, die eine schnelle und richtungssichere Entscheidung ermöglicht, gibt es bisher nicht. Die swisspor AG hat deshalb zusammen mit einem externen und unabhängigen Experten die Dämmstoff-Spiders entwickelt, auf deren Achsen die wichtigsten Nachhaltigkeitsaspekte visuell einfach erfasst werden können. Die Spider-Darstellungen sind methodisch korrekt nach objektiven und transparenten Kriterien entwickelt.

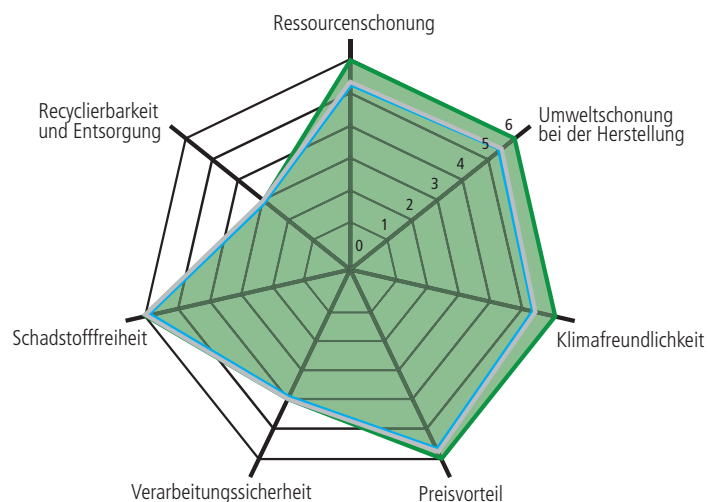
Die Merkmale auf den Spider-Achsen bilden den ganzen Lebenszyklus, die Investitionskosten sowie auch Faktoren, die die Beständigkeit und Gebrauchstauglichkeit beeinflussen, ab. Stärken und Schwächen sind einfach erkennbar und lassen sich rasch erkennen und interpretieren.

## Skalierung nach dem Schulnotenprinzip

Die Bezeichnung der Spider-Achsen ist so gewählt, dass sie ohne Fachkenntnisse verstanden wird und eine positive Wertung anzeigt. Da die Skalierung bei allen Parametern von 0 bis 6 reicht und 6 die beste Wertung ist, muss dies in der Achsenbezeichnung zum Ausdruck kommen. Die Darstellung verlangt nach einer Quantifizierungsmethode. Insgesamt neun Merkmale wurden auf diese Art bearbeitet und auf den Achsen abgebildet (vgl. Tabelle). Alle Bewertungen und Berechnungen sind dämmleistungsnormiert. Die Auswahl der Merkmale ist durch die konzeptionelle Bedingung der Quantifizierung beschränkt. Es lassen sich keine nur qualitativ beschreibbaren Merkmale auf den Achsen darstellen. Zudem müssen für die quantitativen Modelle objektive, reproduzierbare und allgemein anerkannte Daten und Fakten verfügbar sein.

## Dämmstoff-Spider: Ein Beispiel

- EPS 19 Graphit geklebt 18 cm
- EPS 15 Standard geklebt 23 cm
- EPS 16 Graphit geklebt 19 cm





**Methode:**

Dämmstoff-Spiders –  
der rasche Durchblick

**Die methodische Ausgestaltung der Merkmale und ihre Grundlagen**

<b>Merkmal (Achsenbezeichnung)</b>	<b>Bewertungs- und Quantifizierungsmethode</b>
<b>Ressourcenschonung</b>	Graue Energie in MJ, nur Herstellung ohne Entsorgung
<b>Umweltschonung bei der Herstellung</b>	Umweltbelastungspunkte UBP, nur Herstellung ohne Entsorgung
<b>Klimafreundlichkeit</b>	Treibhauswirktpotenzial CO <sub>2</sub> -Aeq [kg/m <sup>2</sup> ], nur Herstellung ohne Entsorgung
<b>Preisvorteil</b>	In Fr./m <sup>2</sup> , verarbeitet, Material und Arbeitskosten
<b>Verarbeitungssicherheit</b>	Zwei quantitative, drei qualitative Kriterien je nach Anwendungsbereich unterschiedlich gewichtet
<b>Anwendungsspektrum (Brandschutz)</b>	Ein quantitatives, zwei qualitative Merkmale
<b>Schadstofffreiheit</b>	Menge und R-Sätze von kennzeichnungspflichtigen Bestandteilen
<b>Nutzungsdauer</b>	Jahre: Mittelwert aus wirtschaftlicher und bauphysikalischer Nutzungsdauer
<b>Recyclierbarkeit und Entsorgung</b>	Vier qualitative Voraussetzungen und Bedingungen, zwei offiziell definierte halbquantitative Kriterien

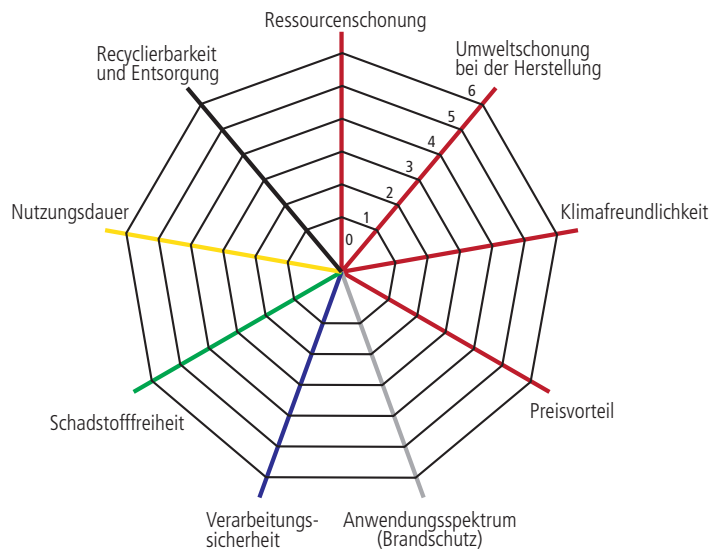
## Ökobilanzen im Hintergrund

Hinter den Merkmalen „Ressourcenschonung“, „Umweltschonung bei der Herstellung“ und „Klimafreundlichkeit“ verbergen sich Stoff- und Energiebilanzen von der Herstellung der Produkte bis zum Fabrikator. Die „Ressourcenschonung“ bildet den kumulierten Energieaufwand an nicht erneuerbaren Energieträgern ab (fossil, nuklear). Es sind die wichtigsten Ressourcen, die knapp sind und deren Nutzung mit erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen verbunden ist. Hinter der „Umweltschonung bei der Herstellung“ steht die Bewertungsmethode der ökologischen Knappheit. Die Methode umfasst mehrere Dutzend Schadstoffparameter in Luft, Wasser und Boden, die zu einer einzigen Zahl aggregiert werden (Umweltbelastungspunkte UBP). Die „Klimafreundlichkeit“ wird als Treibhauswirksamkeit in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten dargestellt. Die Zahl repräsentiert im Wesentlichen den Bedarf an fossilen Energieträgern ohne Wasser-, Wind- und Kernenergie. Die Skalierung erfolgt bei allen drei Achsen nach einheitlichem Prinzip. Dem niedrigsten Wert wird die Note 6 zugeordnet, die anderen werden umgekehrt proportional auf der Achse dargestellt. Eine Dämmkonstruktion beispielsweise, die im Vergleich zum niedrigsten Wert (Note 6) in derselben Anwendung einen doppelten CO<sub>2</sub>-Wert aufweist, erhält demnach die Note 3. Ein sehr hoher Wert ergibt eine Note nah bei null. Die Skalierung entspricht somit dem, wie man eine Spiderdarstellung normalerweise „liest“.

## Einheitliche Preisermittlung

Hinter der Achse „Preisvorteil“ werden die gesamten Investitionskosten innerhalb der definierten Systemgrenzen, d. h. die Kosten für die Wärmedämm- und Hilfsstoffe sowie die Kosten der Verarbeitung bei Standardannahmen, herangezogen. Die Unterhalts- und Entsorgungskosten sind nicht enthalten. Die Investitionskosten wurden nach denselben Grundlagen und Randbedingungen in Zusammenarbeit mit den Sachverständigen der Branchenverbände erhoben. Für die Aktualisierung 2014 wurden die Preise durch swisspor den aktuellen Verhältnissen angepasst. Die Preisachse ist in der gleichen Weise skaliert wie die Stoff- und Energiebilanzen.

## Methodisches Konzept der Spider-Achsen



- **Recyclierbarkeit (4 Punkte)**
  - Trennbarkeit (1 Punkt)
  - Logistik (1 Punkt)
  - Technische Verfügbarkeit (1 Punkt)
  - Kostenneutralität (1 Punkt)
- **Entsorgung (2 Punkte)**
  - Rückstände Verbrennung/Inertstoff
- **Quantitativ**
  - 65 Jahre = 6, 0 Jahre = 0
- **Quantitativ**
  - Keine = 6,
  - Referenz PUR Flachdach = 0
- **Punktesystem**
  - (Punkte abh. von Anwendung)
  - Gesundheit (x)
  - Flächengewicht (x)
  - Formelelastizität (x)
  - Witterungsempfindlichkeit (x)
- **Halbquantitativ**
  - Klassierung (2 Punkte)
  - Anzahl Geschosse (1 Punkt)
  - Aufwand Massnahmen (2)
- **Quantitativ**
  - Min = 6
  - Doppelt = 3, ∞ = 0

### Brandschutz für hinterlüftete Fassaden unterschiedlich

Mit dem „Anwendungsspektrum“ werden nur bei der hinterlüfteten Fassade die Einschränkungen durch Brandschutzmassnahmen bewertet. Die Brandkennziffer nach VKF-Richtlinie, die Anzahl der Geschosse, die ohne besondere Massnahmen gedämmt werden können, sowie der Aufwand für Brandschutzmassnahmen werden bewertet. Während alle mineralischen Dämmstoffe auch für Hochhäuser (> 20 m) ohne besondere Massnahmen verwendet werden können, sind die organischen und organisch-chemischen Dämmstoffe in der Anwendung ab vier Geschossen eingeschränkt.

### Toleranz und Schädlichkeit

Die Gesundheit des Arbeiters und die bautechnische Sicherheit sind Gegenstand der Achse „Verarbeitungssicherheit“. Die Achse bildet vier Kriterien ab. Je zwei zielen auf die Arbeitshygiene und verarbeitungstechnische Aspekte: die Notwendigkeit von Schutzmassnahmen (lungengängige Fasern), das Plattengewicht, das Formveränderungsverhalten und die Witterungsempfindlichkeit. Je mehr Gewicht verlegt werden muss, desto stärker ist die Belastung des Körpers für das Handling der Platten. Starre Platten sind schwieriger in der Anpassung an Details und anfälliger auf Temperatur- und Feuchtigkeitsdifferenzen (Schüsselfen). Dämmstoffe müssen grundsätzlich trocken eingebaut werden, damit spätere Schäden auszuschliessen sind. Bei wasseraufnahmefähigen Dämmstoffen ist das Risiko höher als bei solchen, die kein Wasser aufnehmen können. Ein erhöhtes Verarbeitungsrisiko erfordert demnach eine grössere Sorgfalt bei der Verarbeitung, um Fehler und Schäden ausschliessen zu können. Häufig spricht man auch von der Fehlertoleranz eines Materials. Je nach Anwendungsbereich wurden die Kriterien der Verarbeitungssicherheit anders gewichtet.

### Schadstoffe quantifiziert und gewichtet

Bei Schadstoffen handelte es sich um Bestandteile in Dämmstoffen, die nicht chemisch gebunden sind und mit einem oder mehreren R-Sätzen zu kennzeichnen sind. Es

geht bei den Dämmstoffen vor allem um Brandschutzadditive, Katalysatoren, Stabilisatoren und Treibgase in Kunststoffschäumprodukten. Mineralische Dämmstoffe sowie die im Rahmen der Spiders analysierten Hanf- und Holzweichfaserplatten enthalten keine kennzeichnungspflichtigen Zusatzstoffe. Auf der Achse „Schadstofffreiheit“ wird das toxikologische und umweltbelastende Potenzial von Bestandteilen abgebildet, unabhängig davon, ob und welche Mengen davon während der Nutzungs- und Entsorgungsphase effektiv in die Umwelt gelangen. Das Potenzial berechnet sich aus einem offiziellen Gewichtungsmatrixmodell für R-Sätze und der vorhandenen Menge pro Flächeneinheit.

### Nutzungsdauer auf Flachdach unterschiedlich

Beim Flachdach gibt es anerkannterweise unterschiedliche Nutzungsdauern aufgrund von physikalischen Unterschieden in der Konstruktion. Jedoch gibt es in der Praxis die verschiedensten Gründe, weshalb die Nutzungsdauer eines Daches begrenzt wird. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird auch die Nutzungsdauer nach SIA 480 herangezogen, die auch für eine Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendet wird. Auf den Flachdach-Spiders wird der Durchschnittswert der physikalischen und ökonomischen Nutzungsdauer abgebildet.

### Wiederverwertung ist prioritär

Die Entsorgungsmerkmale bieten die grösste Herausforderung, um die komplexen Zusammenhänge einfach auf einer Spiderachse darstellen zu können. Zum einen ist die Recyclierbarkeit nicht objektiv messbar. Zum anderen muss auch die Option Verbrennung/Deponie beurteilt werden, da bei allen Anwendungsbereichen davon auszugehen ist, dass die Konstruktionen erst im Schadenfall zurückgebaut werden. Das kann bedeuten, dass zumindest die wasseraufnahmefähigen Produkte nass, verrottet und verfault sind, sodass sie kaum mehr recycelt werden können. Deshalb werden auf dieser Spiderachse „Recyclierbarkeit und Entsorgung“ beurteilt. Eine gute Recyclierbarkeit wird jedoch doppelt so stark gewichtet wie eine problemlose Entsorgung. Der Begriff der Recyclierbarkeit bedarf der Präzisierung, denn grundsätzlich ist alles recycelbar. Jeder Stoff



kann beispielsweise ganz fein gemahlen und als Füllstoff in einem neuen Baustoff wiederverwendet werden. Hier wird jedoch unter Recycling eine stoffliche Verwertung im engeren Sinne verstanden. Das nicht mehr verwendbare Produkt soll einer gleichwertigen Funktion zugeführt werden, in der es gleichwertige Rohstoffe substituieren kann. Ausser für PUR, PIR und PF als nicht thermoplastische Kunststoffe ist diese Voraussetzung theoretisch für alle Dämmmaterialien gegeben. Die Recyclierbarkeit wird darüber hinaus auch davon abhängen, ob die Rücknahmelogistik vorhanden und die Kostenneutralität im Vergleich zur Entsorgung gegeben ist. Als problemlos zu entsorgen gelten bei den brennbaren Dämmstoffen jene, die in der KVA keine problematischen Rückstände bilden. Die nicht brennbaren Stoffe müssen Inertstoffqualität gemäss abfallrechtlichen Vorschriften erreichen, damit sie in diesem Rahmen als „problemlos“ qualifiziert werden.

### **Sechs Anwendungsbereiche und vierzehn Dämmstofftypen**

Methodisch korrekt können nur Dämmstoffe innerhalb desselben Anwendungsbereichs verglichen werden, da die gleichen Dämmstofftypen in verschiedenen Anwendungsbereichen unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweisen (Rohdichte, Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit). Die Systeme sind dämmleistungsnormiert. Ausser bei der Perimeterdämmung und der Innendämmung über der Bodenplatte ist man von einem U-Wert von  $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  ausgegangen. Die Vergleiche werden zwischen Systemen (Dämmstoffe inkl. Hilfskonstruktionen) durchgeführt, die denselben U-Wert inkl. Wärmebrücken (Unterkonstruktionen bei den hinterlüfteten Fassaden) aufweisen. Bei derart niedrigen U-Werten benötigt man für gewisse Dämmstoffe Dämmstärken bis zu 30 cm. Solche Konstruktionen sind, namentlich bei der hinterlüfteten Fassade und bei der verputzten Aussenwärmedämmung, nicht üblich und statisch sowie bauphysikalisch teilweise noch wenig erprobt. Bei der hinterlüfteten Fassade sind Holzweichfaser-, Hanffaser- und Schaumglasplatten als „Alternativen“ zu den gebräuchlichen Produkten beigezogen worden. Für die verputzte Aussenwärmedämmung wurde eine Sandwichplatte mit Polyisocyanurat-Kern und EPS-Deckschichten in den Vergleich einbezogen. Bei der Innendämmung über der Bodenplatte ist Glaswolle als „Alternative“ zu den gebräuchlichen Dämmstoffen berücksichtigt. Beim Flachdach, der Perimeterdämmung und der Dämmung von Heizungs- und Sanitärleitungen sind keine besonderen Alternativen verfügbar oder bauphysikalisch einigermassen erprobt.

**Methode:**

Dämmstoff-Spiders –  
der rasche Durchblick

Anwendung/Dämmleistung	Dämmstoffe
<b>Flachdach</b> extensiv begrünt, begehbar U = 0.15 W/m <sup>2</sup> K (Betondecke und Dämmstoffe)	EPS Standard, EPS-Graphit, Polyurethan PUR, Steinwolle, Schaumglas, XPS
<b>Hinterlüftete Fassade</b> auf Backstein U = 0.15 W/m <sup>2</sup> K (gesamte Konstruktion ohne Bekleidung inkl. Wärmebrücken und Dämmung)	EPS-Graphit, Steinwolle, Glaswolle, Hanffaser-, Holzweichfaserplatte, Schaumglas
<b>Verputzte Aussenwärmedämmung (Kompaktfassade)</b> auf Backstein U = 0.15 W/m <sup>2</sup> K (Backsteinwand, Dämmstoffe und Verputz)	EPS Standard, EPS-Graphit, Steinwolle, PIR-Verbundplatte
<b>Perimeterdämmung</b> ohne Grundwasser U = 0.20 W/m <sup>2</sup> K (Betonwand und Dämmstoffe)	EPS intensiv expandiert, XPS, Schaumglas
<b>Innendämmung über Bodenplatte</b> U = 0.20 W/m <sup>2</sup> K (Bodenplatte und Dämmung)	EPS, Polyurethan PUR, Glaswolle, Steinwolle
<b>Dämmung Heizungs- und Sanitärleitungen</b> U ≈ 0.15 W/m <sup>2</sup> K (Dämmung ohne Aufhängung und Verluste durch Wärmebrücken)	PIR, Steinwolle, Glaswolle





## Flachdach: Vorteile für die EPS-Dämmstoffe

Ausgangslage ist ein begehbare und begrünte Flachdach mit einem U-Wert von 0.15 W/m<sup>2</sup>K ohne besondere Lasten und Merkmale. Die erforderlichen Dämmstärken wurden für das gesamte Dach inklusive Betondecke, jedoch ohne Abdichtung berechnet. Verglichen werden sechs Kunststofftypen mit zwei mineralischen Varianten. Gewählt wurden die gängigsten Produkte auf dem Schweizer Markt. Die Unterschiede der Dämmstärken und Flächengewichte zwischen den acht Produktvarianten sind enorm gross. Die Dämmstärken bewegen sich zwischen 13 cm (PUR) und 29 cm (Steinwolle). Die leichteste Variante (PUR spezial) ist zwölfmal leichter als die schwerste (Steinwolle). Die notwendigen Festigkeiten in diesem Anwendungsbereich erfordern vor allem bei der Steinwolle eine hohe Rohdichte, was sich wiederum in einer erhöhten Wärmeleitfähigkeit niederschlägt.

### EPS – ressourcenschonend und klimafreundlich

Die Spiders von Flachdachdämmstoffen sind geprägt durch die unterschiedlichen Flächengewichte. Auf den drei Achsen, welche die Stoff- und Energiebilanzen abbilden, schneiden die Kunststoffe deutlich besser ab als die schweren Steinwolleplatten und das Schaumglas. Der CO<sub>2</sub>-geschäumte XPS ist deutlich ressourcenintensiver und umweltbelastender als EPS. Der Unterschied ist vor allem auf die höhere Rohdichte zurückzuführen. Der Unterschied zwischen EPS-Graphit und normalem EPS beruht auf der reduzierten Wärmeleitfähigkeit von  $\Delta\lambda = 0.005$  W/mK. Normales Polyurethan hat zwar eine noch niedrigere Wärmeleitfähigkeit, ist jedoch wegen der höheren Rohdichte und der wesentlich ungünstigeren Ökobilanzdaten umweltbelastender als EPS-Graphit. Die Wärmeleitfähigkeit von PUR spezial liegt mit  $\lambda = 0.020$  W/mK unter derjenigen von ruhender Luft und kommt durch die Verwendung eines speziell wärmedämmenden Treibgases zu Stande. Die erhöhte Treibhauswirksamkeit dieses Gases ist bei der Klimafreundlichkeit vollumfänglich berücksichtigt worden. Die Steinwollevariante erfordert für dieselbe Leistung zehnfach mehr Masse als EPS-Graphit. Dieser Unterschied kann durch eine geringere Umweltbelastung pro Masseneinheit

gegenüber den Kunststoffvarianten nicht kompensiert werden. Beim Kompaktdach aus Schaumglas fallen zusätzlich zu den 30 kg Dämmstoff die 13 kg Heissbitumen ins Gewicht. Die Investitionskosten werden beim Flachdach von den Materialkosten bestimmt. Die Verarbeitungskosten machen nur etwa 15–20 % der Materialkosten aus. Schaumglas ist rund viermal teurer als die Kunststoffvarianten. Bei der Verarbeitungssicherheit schneidet die XPS-Platte am besten ab. Es treten keine arbeitshygienischen Risiken auf, sie ist leicht und nicht witterungsempfindlich. Nur das Formverhalten wird negativ bewertet. Die anderen Kunststoffplatten weisen eine geringfügig erhöhte Witterungsempfindlichkeit auf. Bei Steinwolle bestehen arbeitshygienische Risiken durch die lungengängigen Fasern, das Produkt ist witterungsempfindlich und schwer. Beim vergossenen Schaumglas stellen die Dämpfe des Heissbitumens eine Umweltbelastung (VOC) dar.

### Mineralische Dämmstoffe und EPS schadstofffrei

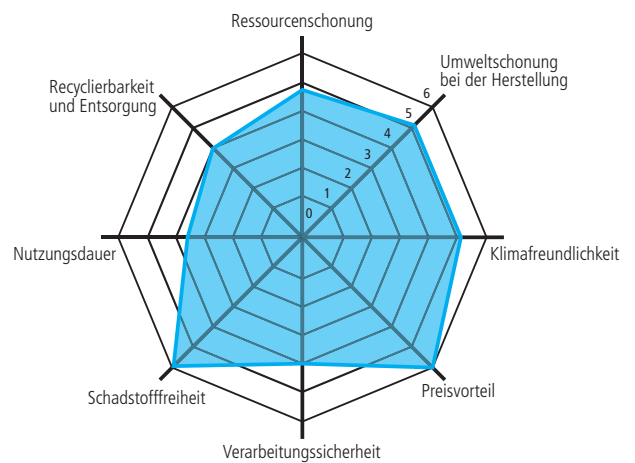
Bei den Schadstoffen teilen sich XPS und die PUR-Varianten das untere Ende der Skala. Dank des neu eingesetzten bromierten Polymers als Flammenschutzmittel erhält EPS nun die Bestnote für Schadstofffreiheit. XPS enthält rund 1.5

Massen-% HBCD, beim PUR bestimmen 8 % TPCC und der im Produkt verbleibende Katalysator (ca. 1 %) die Wertung. Für XPS ist die Umstellung des Flammschuttmittels von HBCD auf ein bromiertes Polymer im Laufe des Jahres 2014 vorgesehen. Nach der Umstellung wird sich die XPS-Bewertung auf die Höchstnote verbessern, was durch die gestrichelte Linie im Spider-Diagramm dargestellt wird. Bei der Nutzungsdauer, die nur bei der Anwendung Flachdach differenziert wird, liegt das Kompaktdach mit 65 Jahren an der Spitze. Für die anderen Varianten beträgt die theoretische Nutzungsdauer 40 bis 45 Jahre. Es handelt sich um Mittelwerte zwischen einer ökonomischen und physikalischen Nutzungsdauer. Die Trennbarkeit im Hinblick auf eine Recyclierbarkeit ist beim Kompaktdach nicht gegeben, bei den anderen ist sie optimal. Die Steinwolle ist sowohl recycelbar wie auch problemlos zu entsorgen. Die EPS-Typen sind zwar optimal in der Recyclierbarkeit, erfüllen jedoch das Entsorgungskriterium nicht, weil sie mit dem Element Brom einen problematischen Rückstand bei der Verbrennung verursachen. PUR und XPS sind beide nicht recycelbar im Sinne der Interpretation und verursachen ebenfalls negativ zu bewertende Rückstände in der Verbrennung.

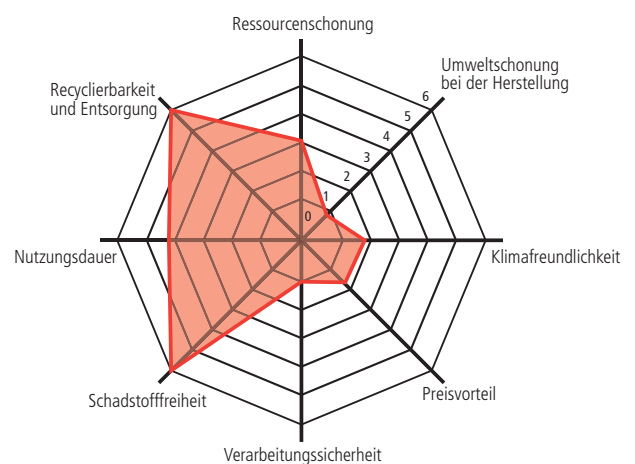
### Flachdach, U-Wert 0.15 W/(m²·K)

Deutliche Vorteile für die EPS-Dämmstoffe

#### ● EPS 25 Standard 22 cm

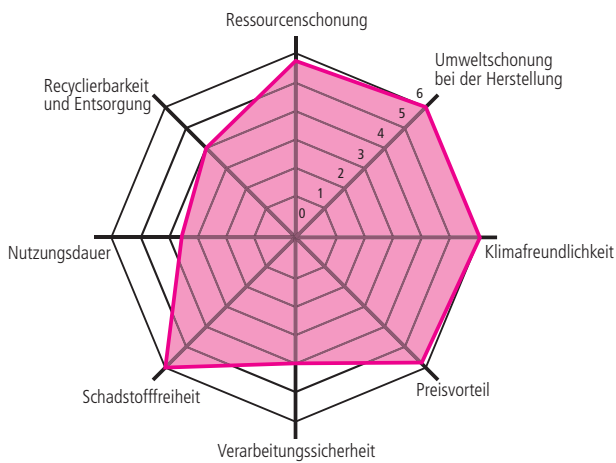


#### ● Steinwolle 29 cm

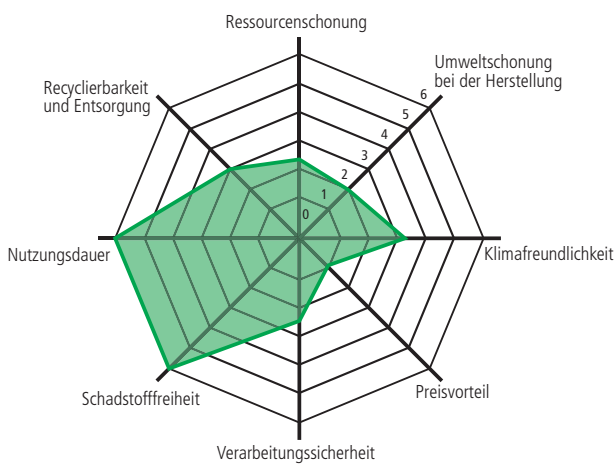


Spiderprofile für Flachdachanwendung

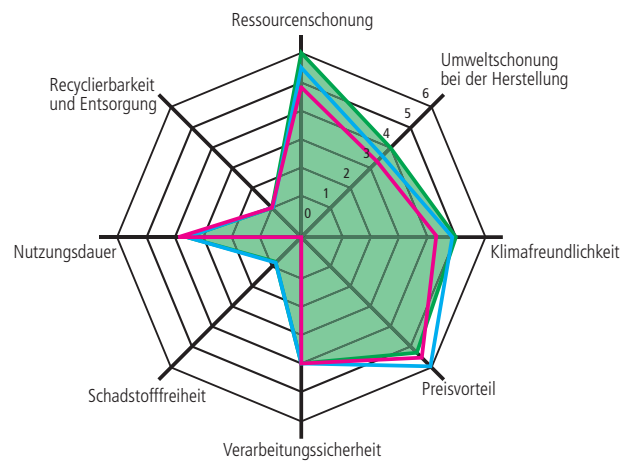
● EPS 25 Graphit 19 cm



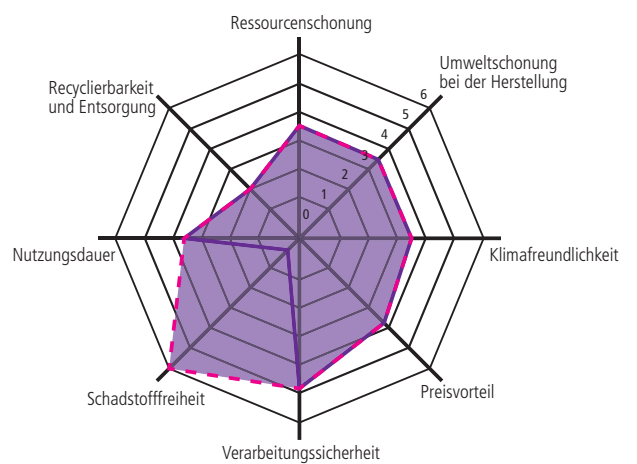
● Schaumglas 26 cm



- Polyurethan viles-kaschiert 16 cm
- Polyurethan alu-kaschiert 14 cm
- Polyurethan spezial alu-kaschiert 13 cm



- XPS 23 cm
- XPS 23 cm HBCD-frei (Umstellung ab 2014 geplant)









## Hinterlüftete Fassade: 19 bis 30 cm für dieselbe Dämmleistung

Ausgangslage ist eine hinterlüftete Fassade mit einem U-Wert von  $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf einem Backsteinmauerwerk und einer Fassadenbekleidung von maximal  $25 \text{ kg/m}^2$ . Die erforderlichen Dämmstärken wurden für die Aussenwand inklusive Wärmebrücken der Befestigungssysteme und Unterkonstruktionen berechnet. Bei den vergleichsweise grossen Dämmstärken sind die Unterkonstruktionen relevant, sowohl in Bezug auf den Materialaufwand wie auch in Bezug auf die Wärmebrücken und die damit verbundenen Mehraufwendungen an Dämmstoffen. Bei den hinreichend elastischen Dämmstoffen wurden sowohl die Dübelvariante (nach System Rogger) wie auch die Konsolenvariante (nach System Wagner) berechnet. Beim Dübelssystem wird der Dübel durch eine Holzlattung für die Hinterlüftung und den Dämmstoff direkt in die Tragkonstruktion geschraubt. Die Unterschiede der Dämmstärken und Flächengewichte zwischen den elf Konstruktionsvarianten sind auch in diesem Anwendungsbereich gross. Die Dämmstärken bewegen sich zwischen 19 cm für EPS 25 Graphit und 30 cm für eine mit Konsolen befestigte Hanffaserplatte. Die Variante EPS 15 Graphit ist etwa zehnmal leichter als die schwerste mit Schaumglas 115.

### Kunststoffe und natürliche Materialien nahe beieinander

Die Spiders liegen mit Ausnahme des Schaumglases deutlich näher beieinander als beim Flachdach. Auf den drei Achsen, die die Stoff- und Energiebilanzen abbilden, liegen die Kunststoffe, die Mineralwollen und die organischen Dämmstoffe, wenn sie mit dem Dübelssystem befestigt sind, relativ nahe beieinander. Die Konsolenvarianten sind bei der Hanffaser und bei der Steinwolle deutlich ressourcenintensiver als die Dübelvarianten. Das hängt mit dem vergleichsweise materialintensiven Konsolensystem zusammen (UKS), das wegen der Wärmebrücken auch um ca. 3–4 cm höhere Dämmstärken erfordert. Dagegen kann die Glaswolle wegen der geringeren Dämmstärke mit dem konventionellen Wagnersystem (WSK) befestigt werden. Das ist deutlich weniger materialintensiv.

### Umweltgerechte Dübelvariante

Aus der Sicht der Ressourceneinsparung und Umweltbelastung müsste folgerichtig vor allem bei grossen Dämmstärken immer das Dübelssystem verwendet werden. EPS-Graphit

zeigt die kleinste Umweltbelastung in der Herstellung, während Steinwolle am wenigsten Ressourcen verbraucht und die Hanffaser am klimafreundlichsten ist. Der Wert für die Umweltbelastung bei der Hanffaser ist unsicher. Die Unterschiede bei der Klimafreundlichkeit hängen in der Regel mit mehr oder weniger Anteilen an schweizerischem Strom zusammen. Dieser ist vergleichsweise  $\text{CO}_2$ -arm, da er sich aus grösseren Anteilen an Wasserkraft und Atomstrom zusammensetzt. Dieser Effekt erklärt die Unterschiede von Glaswolle und Steinwolle. Die Rohstoffe für die Glaswolle werden mit elektrischer Energie eingeschmolzen, während der entsprechende Prozess bei der Steinwolle im Kupolofen mit Koks erfolgt. Die Investitionskosten verteilen sich bei der hinterlüfteten Fassade im Verhältnis zwei zu eins auf Material und Verarbeitung. Die Verarbeitungskosten sind für die Systeme mit Dübeln und die Konsolenvarianten vergleichbar. Die Gesamtkosten aller Varianten liegen mit Ausnahme von Schaumglas und Hanffaser sehr nahe beieinander. Schaumglas ist rund zwei- bis dreimal teurer als die anderen Varianten ohne besondere Vorteile bei den übrigen Merkmalen.

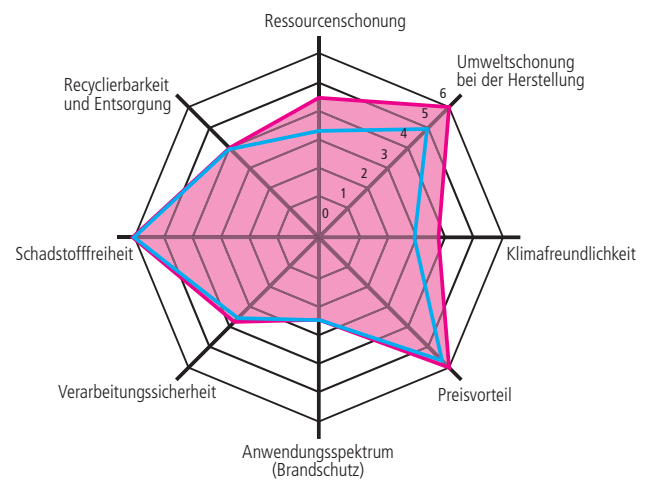
## Einschränkung durch Brandschutz bei brennbaren Produkten

Mit dem Anwendungsspektrum werden bei der hinterlüfteten Fassade die Einschränkungen durch Brandschutzmassnahmen bewertet. Während alle mineralischen Dämmstoffe bis Hochhaushöhe (sieben Geschosse) ohne Einschränkung verwendet werden können, müssen beim EPS Brandabschottungen bei jedem Geschoss vorgenommen werden. Bei den organischen Fasern ist eine mineralische Abdeckung erforderlich, was einen erheblichen Material- und Befestigungsaufwand bedeutet. Die Verarbeitungssicherheit ist bei Hanf- und Holzweichfaserplatten fast optimal. Die Platten können ohne arbeitshygienische Risiken verlegt werden und sind vergleichsweise leicht und elastisch. Die Formelastizität bei der hinterlüfteten Fassade wird stärker bewertet als die Witterungsempfindlichkeit. Anders als beim Flachdach ist die Konstruktion weniger heikel für Dämmstoffe, die auf der Baustelle der Witterung ausgesetzt waren. Bei Steinwolle und Glaswolle bestehen arbeitshygienische Risiken durch die lungengängigen Fasern, beide sind von mittlerem Gewicht, elastisch, jedoch witterungsempfindlich. Kunststoffe sind leicht und es bestehen keine arbeitshygienischen Risiken. Der Nachteil der Kunststoffe liegt in der geringen Formelastizität für die vielen Abschlussdetails in der Fassade. Der Vorteil des Schaumglases liegt vor allem bei der Witterungsresistenz, die jedoch in diesem Anwendungsbereich weniger gewichtet wird. Die Trennbarkeit bei den Recyclierbarkeits- und Entsorgungseigenschaften ist bei allen nicht geklebten Konstruktionen gegeben. Bei der Hanf/Dübelvariante muss die erste Lage geklebt werden, ebenso bei Schaumglas. Das heisst, Stein- und Glaswolle sind sowohl recycelbar als auch problemlos zu entsorgen. Die EPS-Typen sind zwar optimal in der Recyclierbarkeit, erfüllen jedoch das Entsorgungskriterium nicht, weil sie mit Bromid einen problematischen Rückstand in der Verbrennung verursachen. Die Hanffaser-, Schaumglas- und Holzweichfaserplatten erfüllen die Kriterien der Recyclierbarkeit im Sinne einer bestehenden Rücknahme-logistik nicht.

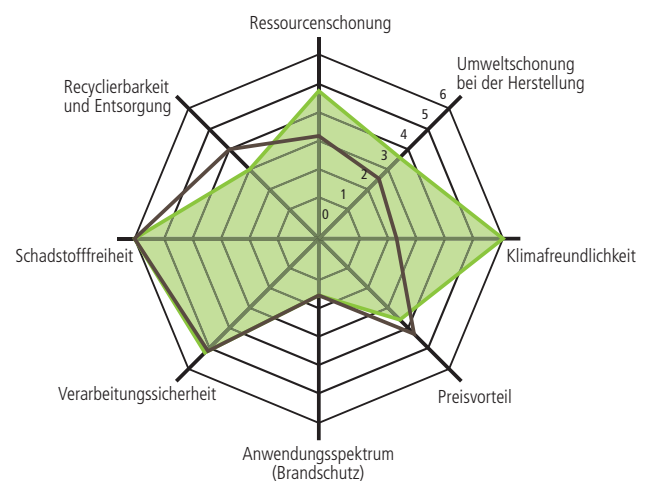
## Hinterlüftete Fassade, U-Wert 0.15 W/(m²·K)

19 bis 30 cm für dieselbe Dämmleistung

- EPS 25 Graphit/Dübel 19 cm
- EPS 15 Graphit/Dübel 20 cm



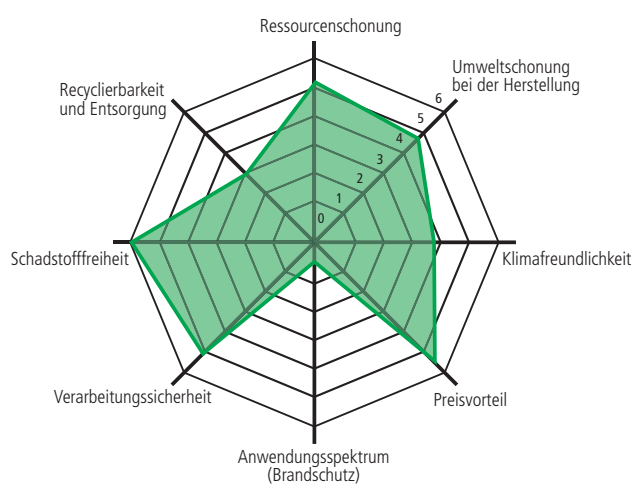
- Hanffaser/Dübel geklebt 26 cm
- Hanffaser/Konsole 30 cm



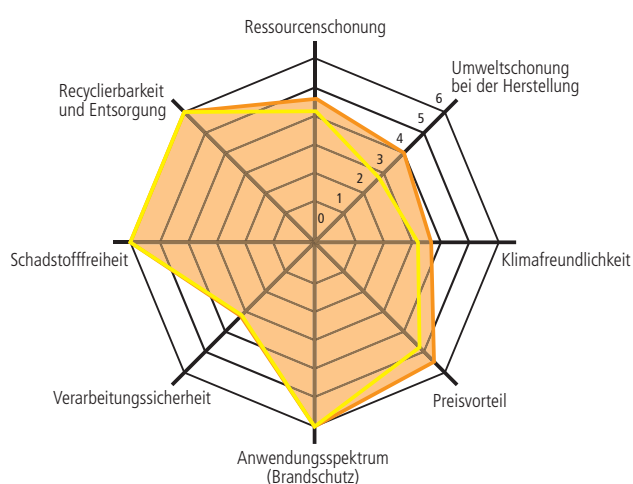


Spider-Profile für die hinterlüftete Fassade

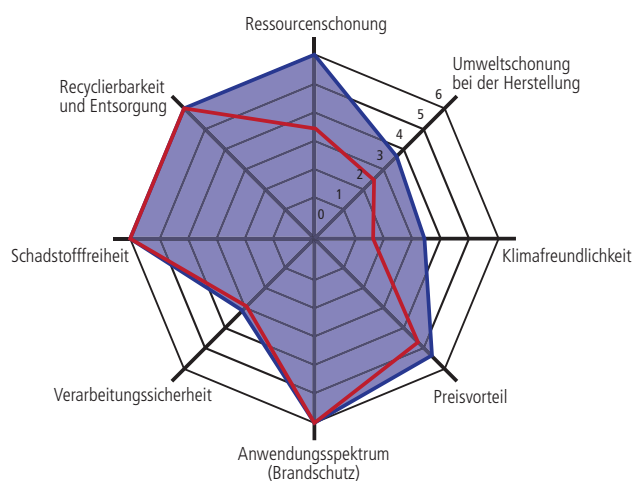
● Holzweichfaserdämmplatte/Dübel 25 cm



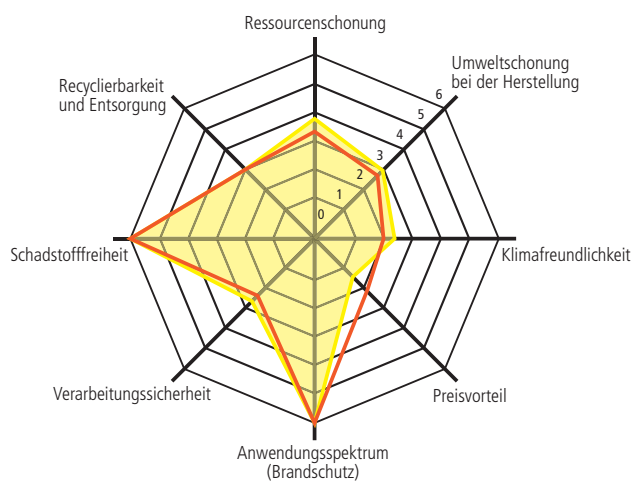
● Glaswolle/Dübel 21 cm  
● Glaswolle/Konsole 24 cm



● Steinwolle/Dübel 22 cm  
● Steinwolle/Konsole 26 cm



● Schaumglas 115/Dübel geklebt 27 cm  
● Schaumglas 100/Dübel geklebt 25 cm









## Verputzte Aussenwärmedämmung: Fast alles spricht für EPS

Ausgangslage für den Vergleich ist eine Kompaktfassade mit einem U-Wert von  $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf einem Backsteinmauerwerk. Die erforderlichen Dämmstärken wurden für die Aussenwand inklusive Befestigungen, jedoch ohne Putzsystem berechnet. Bei allen Systemen sind verschiedene Putzaufbauten möglich. Verglichen werden zwei EPS-Typen mit Steinwolle und einer PIR-Verbundplatte. Der Verbundwärmedämmstoff besteht aus einer äusseren EPS-Hülle mit einem Polyisocyanurat-Kern (PIR). PIR und PUR sind sehr nahe verwandte Kunststoffe mit ähnlich tiefen Wärmeleitfähigkeiten. Für die Berechnungen sind die für diesen Anwendungsbereich empfohlenen Produkte auf dem Schweizer Markt gewählt worden. Die Dämmstärken reichen von ca. 14 cm (PIR-Verbund) bis zu 23 cm beim EPS 15 Standard. Das Flächengewicht der Steinwollevariante beträgt rund das Dreifache der EPS-Graphit-Konstruktion. Die Spider-Profile der verputzten Aussenwärmedämmung sind insgesamt gekennzeichnet durch mehr Vorteile der EPS-Varianten. Nur bei der Entsorgung schneidet die Steinwolle besser ab.

### EPS mit der umweltfreundlichsten Herstellung

Bei den drei Achsen, die die Stoff- und Energiebilanzen abbilden, sind die EPS-Graphit-Varianten mehr oder weniger um den Faktor zwei besser als die PIR-Verbundplatte und die Steinwolle. Eine Ausnahme bildet lediglich der Ressourcenverbrauch der Steinwolle, der mit EPS vergleichbar ist. Dies lässt sich auch in diesem Anwendungsbereich in erster Linie auf die unterschiedlichen Massen pro Funktionseinheit zurückführen. Die Verarbeitungskosten machen innerhalb der gewählten Systemgrenzen 10–20 % der gesamten Investitionskosten aus. Die unterschiedlichen Gewichte schlagen sich auch in den Investitionskosten nieder. Die weniger umweltbelastenden Dämmstoffe sind auch die günstigeren.

### EPS dank neuem Flammschuttschicht schadstofffrei

Die einzelnen Merkmale der Verarbeitungssicherheit werden bei der verputzten Aussenwärmedämmung etwas anders gewichtet als bei der hinterlüfteten Fassade. Das Formveränderungsverhalten wird im Vergleich zur hinter-

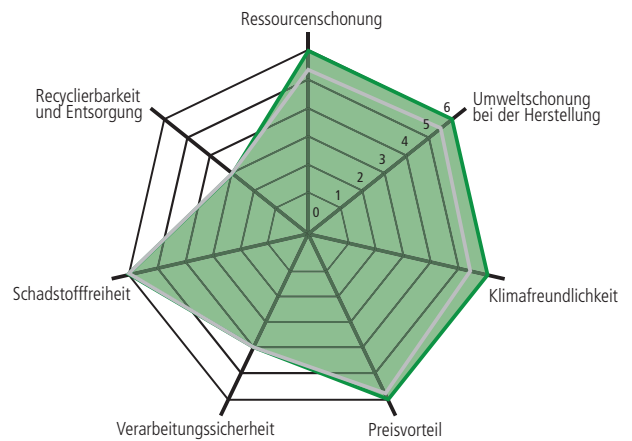
lüfteten Fassade etwas weniger gewichtet, dafür ist die Witterungsempfindlichkeit bedeutender. Die Nachteile der EPS-Dämmstoffe und der PIR-Verbundplatten liegen bei der geringeren Elastizität und der Witterungsempfindlichkeit. Nicht besonders verarbeitungssicher sind die Steinwolleplatten, obwohl sie gerade wegen der leicht erhöhten Elastizität gerne verwendet werden. Sie sind schwer, witterungsempfindlich und erfordern durch die lungengängigen Fasern Schutzmassnahmen bei der Verarbeitung. Die EPS-Platten der swisspor sind mit einem bromierten Polymer brandgeschützt, das kein toxikologisches Potential aufweist. Sie erhalten somit genau wie Steinwolle die Note 6 für die Schadstofffreiheit. Die PIR-Verbundplatte enthält im PIR-Kern TCPP und im Kunststoff verbleibende Katalysatoren. Die Deckschichten sind zudem erst ab Ende 2014 HBCD-frei. Da diese nur rund 5 % des Plattengewichts ausmachen, beeinflusst die Umstellung von HBCD auf das bromierte Polymer die Bewertung dieses Produkts allerdings

nicht. Die Trennbarkeit bei den Entsorgungsmerkmalen ist bei allen verputzten Wärmedämmungen erschwert. In der Praxis werden wohl zumindest in der heutigen Situation der Mörtel und das Deckputzsystem kaum von den Dämmstoffen getrennt. Kein System ist deshalb optimal recycelbar. Die EPS-Varianten erfüllen die Kriterien der problemlosen Entsorgung nicht (Rückstände in der Kehrlichtverbrennung). Steinwolle ist am ehesten recycelbar, nicht zuletzt auch deshalb, weil Mörtelanhaftungen das Recyclieren nicht erschweren. Die PIR-Verbundplatte lässt sich im Sinne der hier festgelegten Kriterien nicht recycelieren, da es sich um einen Duroplasten handelt. Wegen der enthaltenen Flammschutzmittel im EPS kann sie auch nicht rückstandsfrei verbrannt werden.

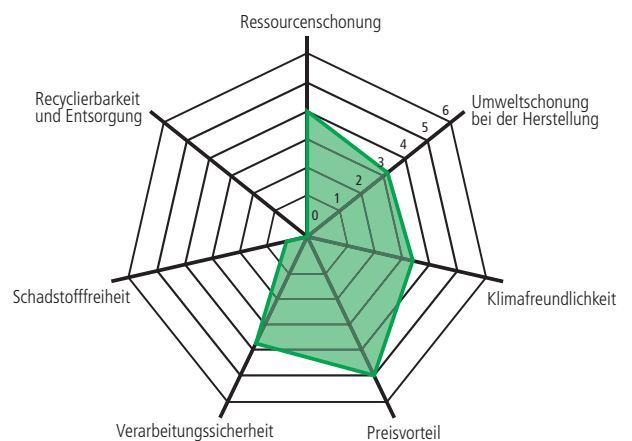
### Verputzte Aussenwärmedämmung, U-Wert 0.15 W/(m²·K)

Fast alles spricht für EPS

- EPS 19 Graphit geklebt 18 cm
- EPS 16 Graphit geklebt 19 cm



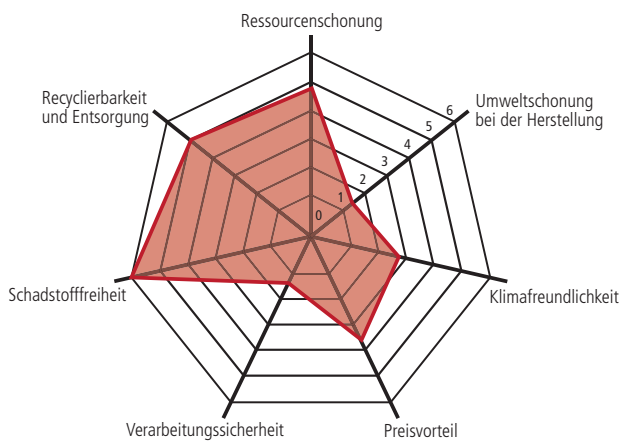
- Polyisocyanurat-Verbundplatte 14 cm



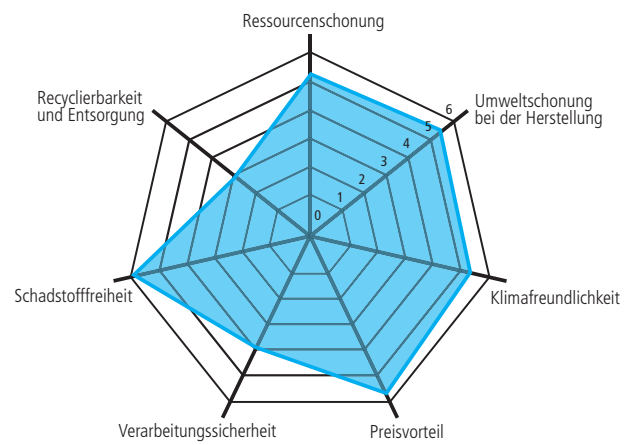


Spider-Profile von verputzten Aussenwärmedämmsystemen

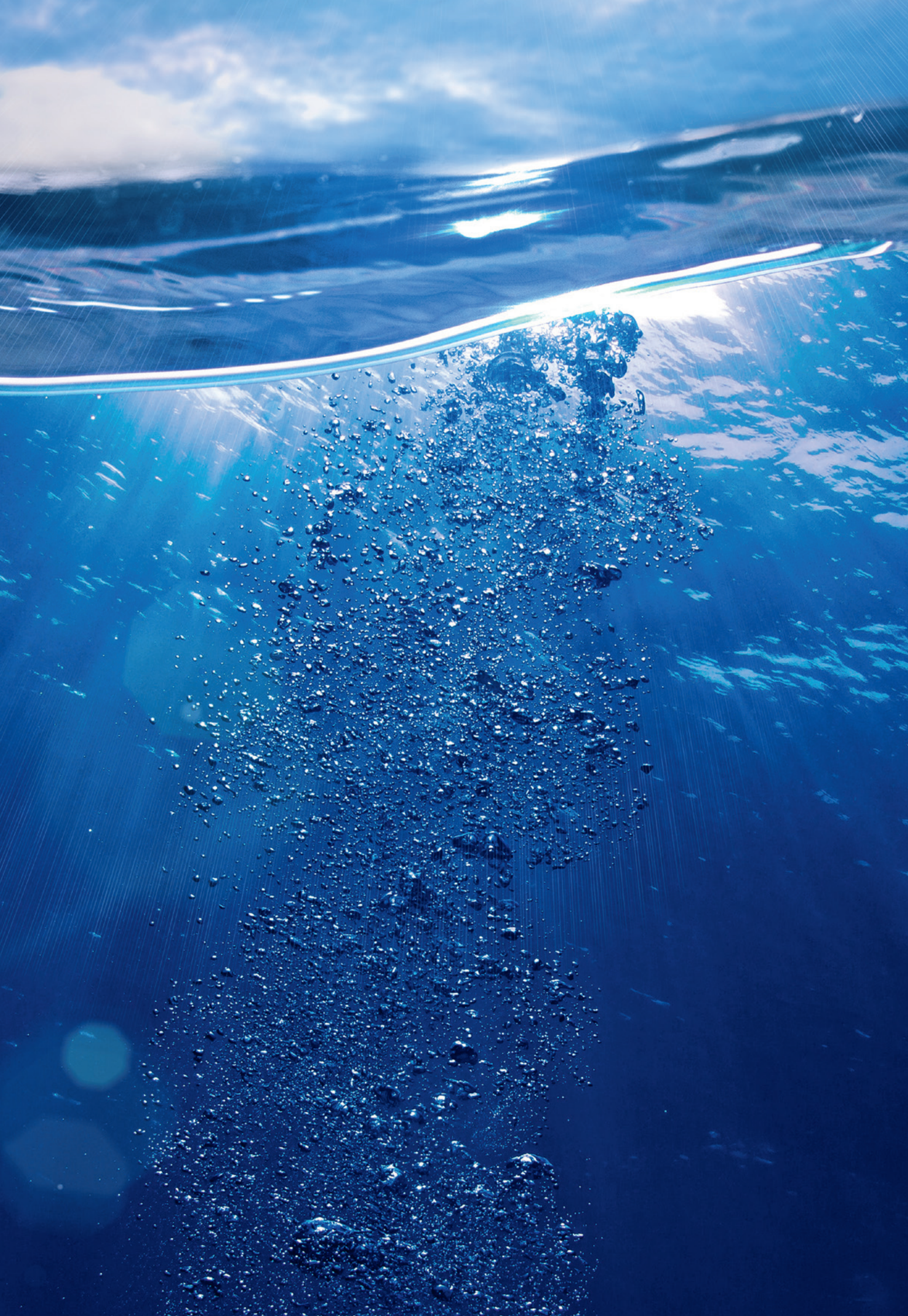
● Steinwolle geklebt 21 cm



● EPS 15 Standard geklebt 23 cm









## Perimeterdämmung: Herstellung mit geringen Unterschieden

Als Perimeterdämmung wird die Dämmung der Aussenwände im UG verstanden. Ausgangslage ist ein Aufbau mit einem U-Wert von  $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf Beton. Die erforderlichen Dämmstärken wurden für die Aussenwand inklusive Befestigungen berechnet. Für die einzelnen Systeme wurden die als Systemkomponenten empfohlenen Klebstoffe berücksichtigt. Verglichen werden die drei üblichen Dämmstoffe: das intensiv geschäumte EPS, extrudiertes Polystyrol (XPS) und Schaumglas. Intensiv geschäumtes EPS, auch als PS-Hartschaum bezeichnet, ist dem normalen EPS sehr verwandt und wird ebenfalls aus vorge-schäumten Partikeln hergestellt. Die Dämmstärken reichen von zirka 16 cm (EPS) bis zu 20 cm beim Schaumglas und liegen damit im Vergleich zu anderen Anwendungen nahe beieinander. Auch die Unterschiede bei den Flächengewichten sind nicht so ausgeprägt wie in anderen Anwendungsbereichen. Das Schaumglas ist rund viermal schwerer als intensiv geschäumtes EPS.

### Schaumglas: schadstofffrei, aber umweltbelastender in der Herstellung

Die Spider-Profile bei der Perimeterdämmung sind recht unterschiedlich, wobei das geschlossoporige EPS insgesamt am besten abschneidet. In Bezug auf die Ressourcenschonung liegt Schaumglas vor EPS, bei der Umweltschonung bei der Herstellung sind die Verhältnisse umgekehrt. Bezüglich der Klimafreundlichkeit erhalten intensiv geschäumtes EPS und Schaumglas praktisch gleiche Bewertungen. Die Noten für XPS liegen auf allen drei Achsen zur Herstellung etwa eine Note unter intensiv geschäumtem EPS. Darin widerspiegelt sich die nahe Verwandtschaft dieser beiden Materialien. Die Verarbeitungskosten machen innerhalb der gewählten Systemgrenzen 10–15 % der gesamten Investitionskosten aus. Schaumglas ist aufgrund des Materialpreises dreimal so teuer wie intensiv geschäumtes EPS und mehr als doppelt so teuer wie XPS. Die einzelnen Merkmale der Verarbeitungssicherheit werden bei der Perime-

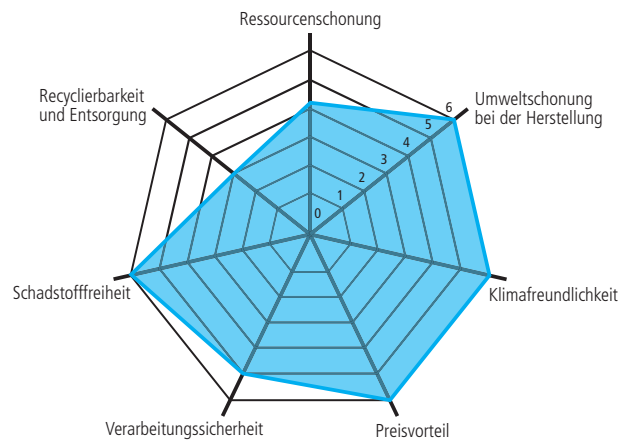
terdämmung deutlich anders bewertet als bei den übrigen Anwendungen. Die Witterungsunempfindlichkeit wird nicht gewichtet, weil sie für diese Anwendung Bedingung ist. Bei den restlichen drei für die Perimeterdämmung gleich gewichteten Kriterien unterscheiden sich die Materialvarianten nur in Bezug auf das Plattengewicht. Auf der Spiderachse kommt deshalb nur dieser Unterschied zum Ausdruck. Die Abwesenheit von arbeitshygienischen Risiken ist für alle Produkte gegeben, die Klebstoffe erfordern keine besonderen Schutzmassnahmen bei der Verarbeitung. Die Spiderachse „Schadstofffreiheit“ ist wie in allen Spiders nach dem Maximum aller Anwendungsbereiche skaliert. Die Klebstoffe enthalten keine kennzeichnungspflichtigen Bestandteile, die in der Nutzungsphase relevant sind. Das ergibt die Bewertung der XPS-Variante, die wegen des geringeren Gewichts im Vergleich zum Flachdach hier etwas

besser bewertet wird. Das Schaumglas und das intensiv geschäumte EPS sind schadstofffrei im Sinne der Definition und erhalten deshalb auf dieser Achse beide die Bestnote. Nach der Umstellung des Flammschermers von HBCD auf ein bromiertes Polymer wird XPS ebenfalls die Note 6 erreichen. Diese Umstellung ist in der Produktion von swisspor im Laufe des Jahres 2014 vorgesehen. Die Trennbarkeit bei den Entsorgungsmerkmalen ist bei der Perimeterdämmung erschwert, wenn nicht gar verunmöglicht. Wahrscheinlich wird es auch in Zukunft nur in Spezialfällen möglich sein, eine Perimeterdämmung zurückzubauen, sodass ein Recycling der Dämmstoffe möglich wird. Bei den Polystyrolvarianten gibt es zusätzlich Abzüge für die Verbrennung in der KVA (Rückstände) und beim XPS für die fehlende Recyclierbarkeit. Beim Schaumglas ist zwar die problemlose Entsorgung als Inertstoff in der Deponie gegeben, die vom Hersteller deklarierte Recyclierbarkeit kann jedoch nicht positiv bewertet werden. Das Schaumglas-Recycling ist ein Downcycling zu minderwertigen Strassenbau- oder anderen Kiesersatzbaustoffen.

### Perimeterdämmung, U-Wert 0.2 W/(m²·K)

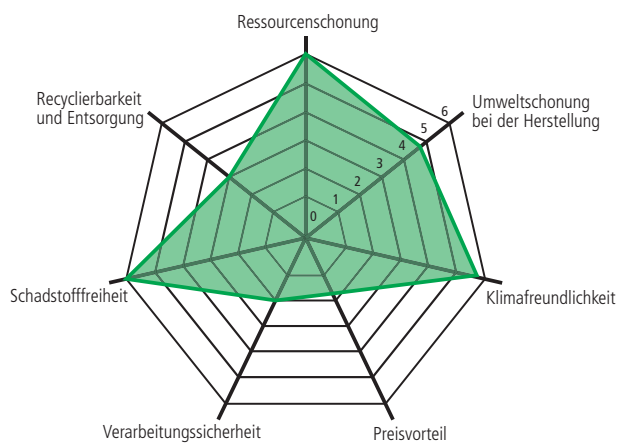
Schadstofffrei oder weniger belastend bei der Herstellung

- EPS intensiv geschäumt 16 cm

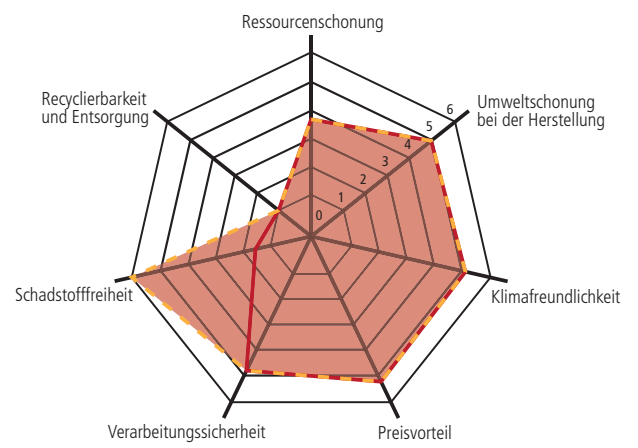


Spider-Profile für Perimeterdämmungen

● Schaumglas 20 cm



- XPS 17 cm
- XPS 17 cm HBCD-frei (Umstellung 2014)









## Innendämmung über Bodenplatte: Hartschäume sind erste Wahl

Die Innendämmung über der Bodenplatte schliesst den geheizten Innenraum gegen den Baugrund ab. Die Dämmstoffe für die Innendämmung über der Bodenplatte müssen druckfest sein, um die aufliegende Last aufnehmen zu können. Die Dämmstärke wird so gewählt, dass der Aufbau aus Bodenplatte und lose verlegtem Dämmstoff einen U-Wert von  $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht. Für die Berechnung der Ökobilanz und der Investitionskosten wurde nur die Dämmschicht berücksichtigt.

### Vorteile für EPS bei Herstellung und Investitionskosten

Insgesamt erreichen EPS und PUR die besten Werte für die Herstellungsphase und die Investitionskosten. Die weiteren Dämmstoffe im Vergleich können nur in einzelnen Punkten die Führungsrolle beanspruchen: Die Mineralwollen verfügen über die beste Recyclierbarkeit und Entsorgung sowie Schadstofffreiheit.

### Entsorgung als Vorteil der mineralischen Dämmstoffe

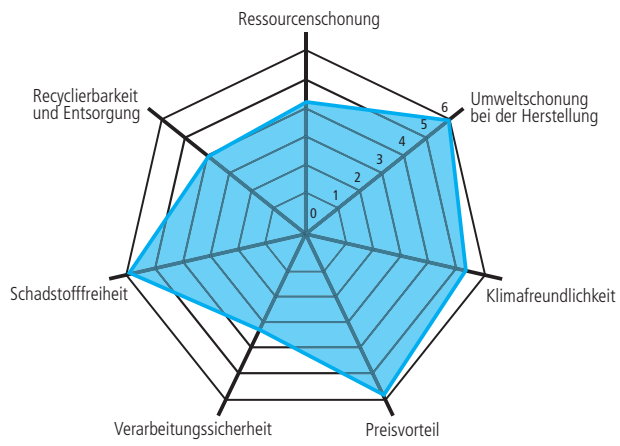
Die Kunststoffdämmungen weisen die tiefsten Kosten auf, die Mineralwollendämmungen sind rund doppelt bis dreimal so teuer wie EPS oder PUR. Für die Verarbeitungssicherheit erhalten alle Dämmstoffvarianten mittlere Bewertungen, allerdings aus unterschiedlichen Gründen. EPS und PUR weisen keine arbeitshygienischen Risiken auf, sind leicht und gering witterungsempfindlich. Die mineralischen Varianten sind elastisch und Glaswolle erhält zusätzlich Punkte für das deutlich leichtere Gewicht als Steinwolle. EPS, Glaswolle und Steinwolle sind nach der angewandten Methode schadstofffrei. Schlechter schneidet in der Schadstofffreiheit

PUR ab. PUR enthält TCPP als Flammschutzmittel plus im Produkt verbleibende Katalysatoren mit Gefahrstoffkennzeichnung. Die Trennbarkeit der Konstruktion im Hinblick auf die Recyclierbarkeit und Entsorgung stellt bei lose verlegter Innendämmung kein Problem dar. Stein- und Glaswolle sind sowohl recycelbar wie auch problemlos zu entsorgen. EPS ist zwar optimal in der Recyclierbarkeit, erfüllt jedoch das Entsorgungskriterium nicht, weil es mit Brom einen problematischen Rückstand in der Verbrennung verursacht. PUR ist nicht recycelbar im Sinne der Interpretation und bildet ebenfalls Halogenrückstände, die im Hinblick auf eine Verbrennung negativ bewertet werden.

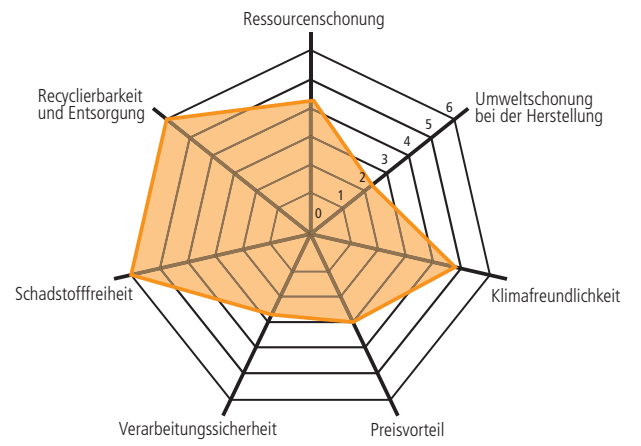
## Innendämmung, U-Wert 0.2 W/(m²·K)

Hartschäume sind erste Wahl

● EPS 16 cm

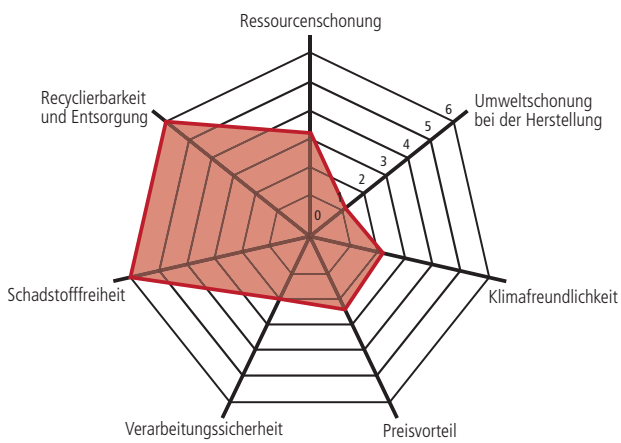


● Glaswolle 17 cm

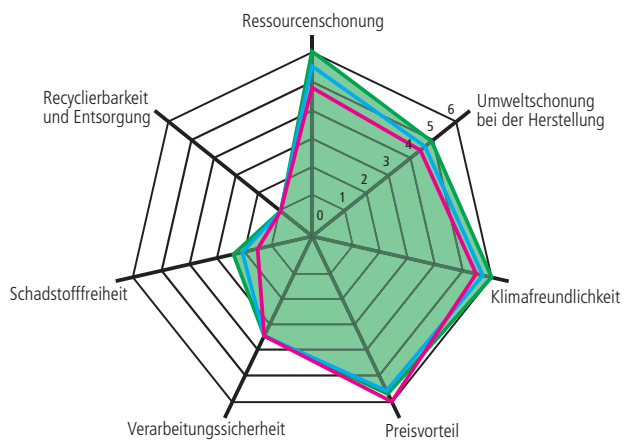


Spider-Profile für Innendämmung

● Steinwolle geklebt 22 cm



- Polyurethan viles-kaschiert 12 cm
- Polyurethan alu-kaschiert 11 cm
- Polyurethan spezial alu-kaschiert 10 cm









## Dämmung Heizungs- und Sanitärleitungen: PIR folgt dicht auf Glaswolle

Die Dämmung von Heizungs- und Sanitärleitungen verringert Wärmeverluste im Leitungsnetz zwischen Wasserboiler und Wasserhähnen sowie im Verteilnetz der Heizung. Für die Berechnungen wurden Heizungs- und Sanitärleitungen mit 21.3 mm Durchmesser (½-Zoll-Rohr) angenommen. Die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) legen minimale Dämmstärken bei Verteilleitungen der Heizung sowie bei Warmwasserleitungen fest. Für PIR-Schalen sind das 30 mm. Die 30-mm-PIR-Schale wurde als Basis genommen für die Berechnung der Dämmleistung. Als Vergleich werden eine Steinwolle- und eine Glaswollendämmschale mit exakt derselben Dämmleistung herangezogen. Die Dämmschale aus Steinwolle ist bei gleicher Dämmleistung fast 4.5 cm dick, die Schale aus Glaswolle exakt 4 cm. Somit vergleicht die Ökobilanz Systeme mit derselben Energieeinsparung in der Nutzungsphase.

### Glaswolle und PIR vergleichbar

In der Stoff- und Energiebilanz weisen die Glaswolle- und die PIR-Schalen vergleichbare Ergebnisse auf. Die PIR-Schale erreicht am wenigsten Umweltbelastungspunkte und erhält für die Umweltschonung bei der Herstellung die Note 6, während Glaswolle bezüglich grauer Energie und Treibhausgas-Emissionen die Maximalnote erhält, dies trotz des höheren Gewichts gegenüber den PIR-Schalen. Steinwolle ist in allen drei Faktoren deutlich tiefer bewertet.

### Kaum Vorteile für die Steinwolle

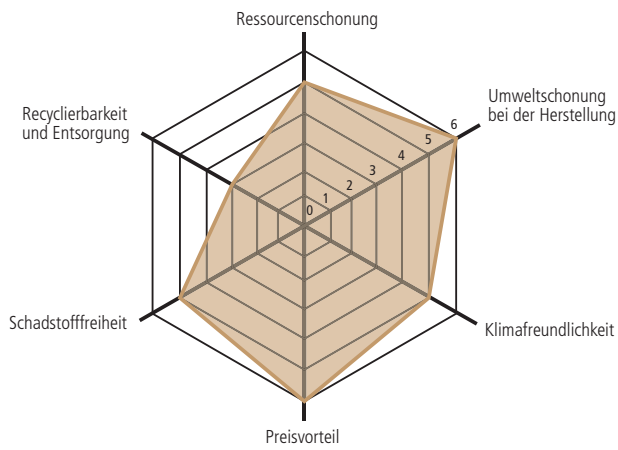
Das schlechtere Abschneiden der Steinwolle ist begründet durch das im Vergleich wesentlich höhere Gewicht pro Laufmeter. Keines der Produkte kann einen signifikanten

Preisvorteil für sich verbuchen. Mineralwolle ist gemäss der angewandten Methode schadstofffrei. PIR enthält Flammschutzmittel, zudem verbleiben zwei Katalysatoren im Endprodukt. Für die Recycelbarkeit und Entsorgung ist die Trennbarkeit der Systeme entscheidend. Diese ist für alle Varianten gegeben. PIR lässt sich als Duroplast nicht erneut als Rohstoff für eine gleichwertige Verwendung einsetzen. In der Verbrennung entstehen jedoch keine Halogene über dem für die negative Beurteilung festgelegten Grenzwert, da die PIR-Schalen einen chlor- und phosphorfreien Flammschutzmittel verwenden. Stein- und Glaswolle können sowohl einem Recycling zugeführt als auch problemlos als Inertstoff deponiert werden.

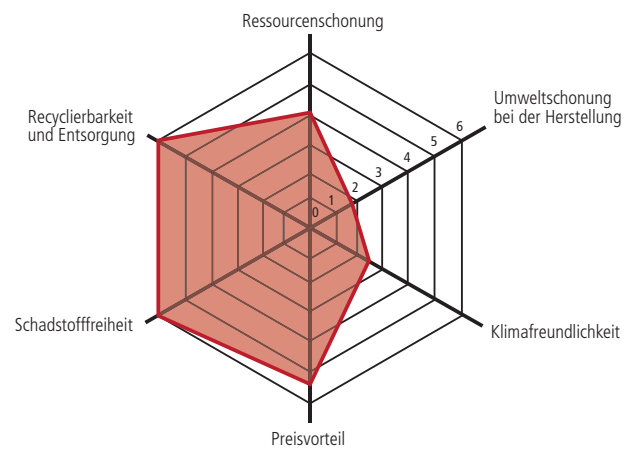
## Dämmung Heizungs- und Sanitärleitungen, U-Wert 0.2 W/(m²·K)

PIR folgt dicht auf Glaswolle

● Polyisocyanurat 3 cm

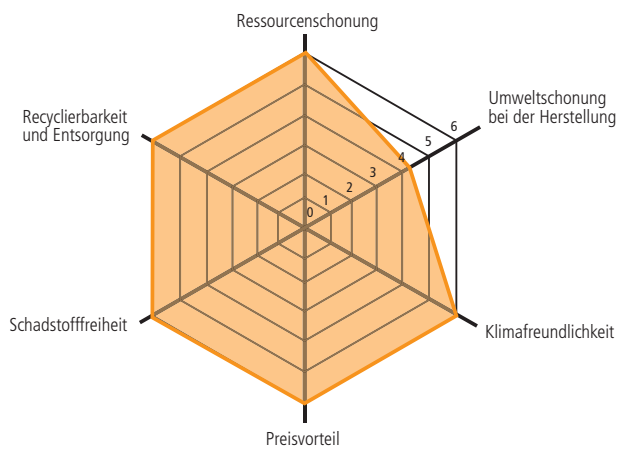


● Steinwolle 4 cm



Spider-Profile für Innendämmung

● Glaswolle 4 cm









# Langversion 2014

Der ausführliche Bericht „Dämmstoff-Spiders“ mit detaillierten Angaben zur Methodik und allen Daten kann heruntergeladen werden unter:

[www.dämmstoff-spider.ch](http://www.dämmstoff-spider.ch)

Im Auftrag der swisspor AG, 6312 Steinhausen, erarbeitet und ausgeführt durch Ueli Kasser, Daniel Savi und Matthias Klingler, Büro für Umweltchemie, 8006 Zürich