

Ökologische Leistungsbeschreibungen in der Schweiz am Beispiel Fenster

Grundlagen, Bewertungsmethoden und Klassifizierungen

Referat am Fenster-Türen-Treff 2008, Innsbruck

Christian Pestalozzi, Verein eco-bau, 7. März 2008

Einleitung

Ausgangslage

In den 80-er Jahren des letzten Jahrhunderts stieg der Wunsch der öffentlichen Bauherren von Bund, Kantonen und Kommunen in der Schweiz ihre Bauwerke nicht nur in Bezug auf die Betriebsenergie zu optimieren, sondern auch bezüglich der Umweltwirkungen der eingesetzten Baustoffe. Dabei standen folgende Ziele im Vordergrund, welche auch heute noch ihre Gültigkeit haben:

- Reduktion der Grauen Energie eines Gebäudes
- Reduktion von Luftschadstoffbelastungen bei Herstellung und Verarbeitung
- Verhinderung von Schadstoffbelastungen in Innenräumen
- Förderung von Recyclingbaustoffen
- Reduktion der Umweltbelastungen bei der Entsorgung von Baustoffen

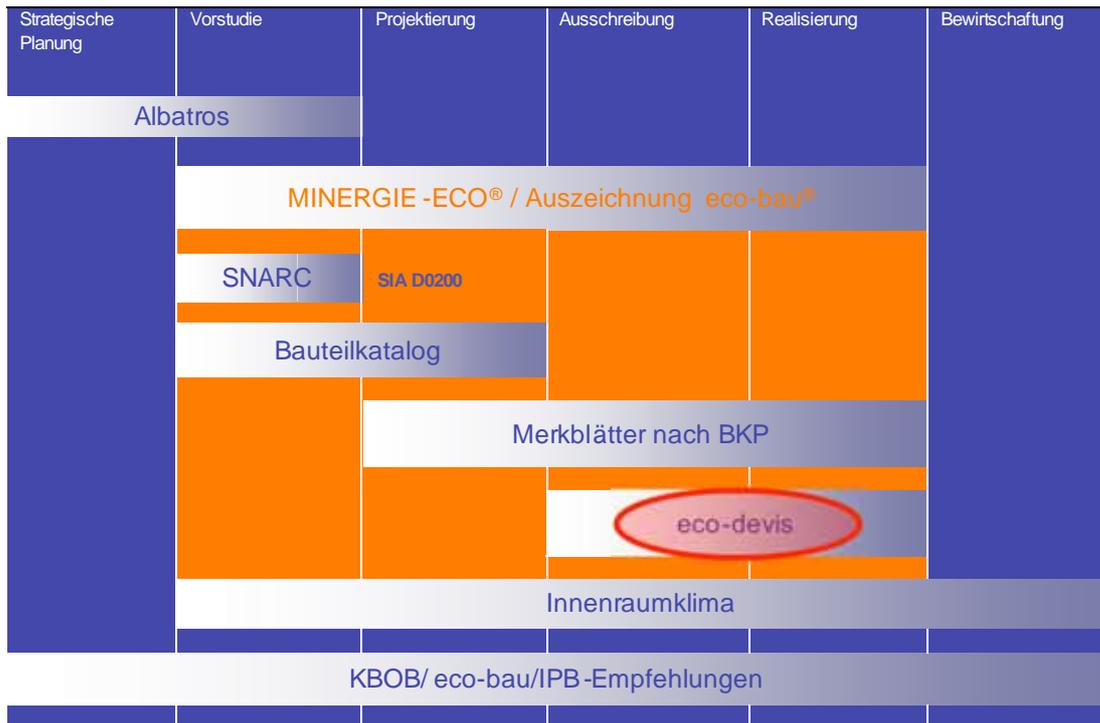
Für die Realisierung ökologisch optimierter Bauwerke tragen die Planenden – neben den Herstellern und den Handwerkern – eine grosse Verantwortung. Für die öffentlichen Bauherren war deshalb klar, dass sie den ArchitektInnen Werkzeuge zur Verfügung stellen mussten, wie sie die Umweltbelastungen der Bauten steuern können. Das Instrument, das ich Ihnen hier vorstellen möchte, heisst eco-devis (ökologische Leistungsbeschreibungen).

Die Leistungsbeschreibungen legen zusammen mit den Plänen genau fest, was auf der Baustelle realisiert werden soll, also nebst Umfang und Preis jeder Bauleistung auch deren Qualität. Umweltverträgliche Bauwerke zu realisieren, erfordert somit, dass auch die ökologische Qualität systematisch in das Ausschreibungssystem einzubinden ist. Mit eco-devis erhalten der Planer und die Planerin ein Werkzeug, ökologisch interessante Baumaterialien und Bauleistungen zu erkennen und für die Realisierung seines Bauwerks zu berücksichtigen.

Planungswerkzeuge des Vereins eco-bau

eco-devis ist eines der Werkzeuge des Vereins eco-bau¹. Der Verein ist die gemeinsame Plattform von mehr als 40 öffentlichen Bauherrschaften des Bundes, von Kantonen und Städten der Schweiz mit Empfehlungen zum nachhaltigen Planen, Bauen und Bewirtschaften von Gebäuden und Anlagen. Im Zentrum der Vereinsaktivitäten stehen mehrere Planungswerkzeuge für nachhaltige, ökologische und gesunde Bauweisen (s. Abbildung 1). Alle diese Werkzeuge dienen der Optimierung der Planung, der Realisierung und des Rückbaus von Gebäuden. Der Verein aktualisiert die Angebote periodisch und entwickelt bei Bedarf neue Werkzeuge.

Abbildung 1: **Planungswerkzeuge des Vereins eco-bau**



Nachhaltigkeit verlangt, den Blick auf den ganzen Lebenszyklus von Bauwerken zu richten. Für diesen Zweck braucht es Werkzeuge, die den Erfordernissen der verschiedenen Zyklusphasen angepasst sind. Das Planungswerkzeug eco-devis ist für den Zeitpunkt der Ausschreibung konzipiert. Man geht davon aus, dass in dieser Phase in Bezug auf die Materialwahl in der Regel noch ein Spielraum besteht. eco-devis ist ein Hilfsmittel, diesen Spielraum zu nutzen und die Materialwahl im Sinne des nachhaltigen Bauens zu optimieren. In Bezug auf die anderen Werkzeuge des Vereins eco-bau verweise ich auf dessen Website www.eco-bau.ch.

Normpositionenkatalog der Schweiz

Bei der Entwicklung eines Arbeitsinstrumentes zur ökologischen Materialwahl bei der Ausschreibung stand zur Wahl, entweder ein eigenes Verzeichnis mit ökologischen Leistungsbeschreibungen zu erstellen oder aber die erforderlichen Informationen in ein bestehendes Verzeichnis zu integrieren. Mit dem Normpositionenkatalog (NPK) der Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB)ⁱⁱ existiert in der Schweiz ein bewährtes und insbesondere für Grossbauten häufig eingesetztes Verzeichnis von standardisierten Leistungsbeschreibungen. Aus diesem Grund hat sich der Verein für die zweite Variante, also die Integration von ökologischen Informationen in den NPK, entschieden.

Der NPK ist die standardisierte Grundlage der schweizerischen Bauwirtschaft für die Erstellung von Leistungsverzeichnissen. Er umfasst in über 200 Kapiteln den Hochbau inklusive Gebäudetechnik sowie den Tief- und Untertagbau. Und das grundsätzlich firmen-, marken- und produkteneutral. Mit dem NPK können einheitliche und klare Leistungsbeschreibungen erstellt werden. Der NPK ist gedruckt oder als EDV-Datensatz erhältlich. In der EDV-Version dient er als Grundlage zum Datenaustausch – sowohl für die Leistungsbeschreibung (Planerseite) wie auch für die Kalkulation (Unternehmerseite). Die Papierform ist mit Randtexten, Konstruktionsdetails als Blickfangzeichnungen sowie mit Strichcodes ausgestattet.

eco-devis umfassen Informationen zu rund 40 Kapiteln des NPK aus den Bereichen Abbruch, Rohbau (z. B. Fassade, Dach, Fenster), Sanitäranlagen (z. B. Leitungen) und Ausbau (z. B. Wände, Decken, Böden). Damit sind diejenigen Arbeitsgattungen mit grosser Relevanz bezüglich der Umweltbelastung der verwendeten Baustoffe abgedeckt.

Ökologische Bewertungsmethode

Die Bewertungsmethode zur ökologischen Beurteilung der Bauleistungen im NPK besteht aus drei Teilen:

- Kriterien zur Beurteilung der Umweltbelastungen
- Funktionseinheit als Vergleichsbasis
- Anforderungen an eine Kennzeichnung

Beurteilungskriterien

Die im eco-devis verwendeten Kriterien zur Beurteilung der Umweltbelastungen umfassen alle wesentlichen Umweltwirkungen während der gesamten Lebensdauer der Materialien.

Herstellung/Verarbeitung

Als Mass für den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung bei der Herstellung wird primär die Graue Energie (Herstellungsenergie) verwendet. Aktuelle Daten sind in der Publikation „Ökobilanzdaten in Baubereich“ⁱⁱⁱ enthalten. Die Daten basieren auf der ecoinvent-Datenbank^{iv} und ergänzenden Berechnungen der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt (EMPA) zu speziellen Baumaterialien^v. Daten zu weiteren Baumaterialien können der Publikation „Harmonisierung von Grauenergiedaten im Baustoffbereich“^{vi} entnommen werden. Die beiden Publikationen decken einen grossen Teil der in den eco-devis vorkommenden Baumaterialien ab. Die Lösemittlemissionen bei der Endfabrikation im Werk sowie bei der Verarbeitung auf der Baustelle werden in der Regel zusammen mit der Grauen Energie bewertet. Dabei entspricht eine Lösemittlemission von 2 g einem Grauenergieäquivalent von 1 MJ.

Nutzung

Das Vorhandensein von ökologisch und toxikologisch relevanten Bestandteilen (umweltrelevante Bestandteile) wird als Risikopotential während der Nutzung von Baustoffen bewertet. Als umweltrelevant gelten Bestandteile, welche chemisch nicht gebunden in Baustoffen vorliegen und bestimmte R-Sätze aufweisen. eco-devis bezieht sich dabei auf die Klassierungen des europäischen Chemikalienbüros^{vii}. Ist ein Stoff weder im „Annex I of Directive 67/548/EEC“ noch in der „Working Database“ enthalten, werden allenfalls herstellereigene Einstufungen aus Sicherheitsdatenblättern verwendet. Als besonders toxisch gelten Bestandteile, welche chronische oder irreversible Schäden verursachen können.

Bei gewissen Funktionseinheiten (z.B. Deckungen aus Dünoblech) sind emittierbare Schwermetalle als umweltbelastend zu beurteilen. Für weitere emittierbare Schadstoffe werden Gütezeichen als Minimalstandard verlangt (z. B. Emissionsklasse E1 für Holzwerkstoffe, GuT-Siegel für Teppiche oder EMICODE EC1 für Verlegewerkstoffe).

Entsorgung

Die Entsorgungseigenschaften werden in Form der Verwertbarkeit eines Baustoffes, der Umweltauswirkungen bei der Verbrennung (für brennbare Stoffe) oder der Möglichkeit der Ablagerung in Inertstoffdeponien (bei nicht brennbaren Stoffen) bewertet. Als verwertbar gelten im eco-devis Materialien, wenn die Verwertung ökologisch sinnvoll ist, die Hauptbestandteile des Produktes stofflich verwertet werden, die Verwertung über eine funktionierende Logistik und Technologie verfügt und die konkreten Rücknahmebedingungen (Materialanforderungen, Anforderungen an die Verpackung, Rücknahmestellen, Kosten für den Bauherren usw.) bekannt sind.

Als unschädlich verbrennbar gelten im eco-devis Baustoffe, welche die Zielwerte für den Gehalt an bestimmten Schadstoffen (z. B. Chlor, Blei, Zink) unterschreiten. Damit die Bauabfälle auf Inertstoffdeponien abgelagert werden können, müssen sie zu 90% aus gesteinsähnlichem Material bestehen.

Funktionseinheiten

Innerhalb einer Arbeitsgattung, z. B. Steildach, werden diejenigen Materialien und Bauleistungen miteinander verglichen, die in etwa die gleiche Funktion (z. B. gleiche Tragfähigkeit, gleiche Wärmedämmung) erfüllen. Bei den Funktionseinheiten handelt es sich meistens um einzelne Schichten einer Baukonstruktion. Ausnahmen bilden Fenster oder Türen, welche als gesamte Bauteile eine Funktionseinheit bilden.

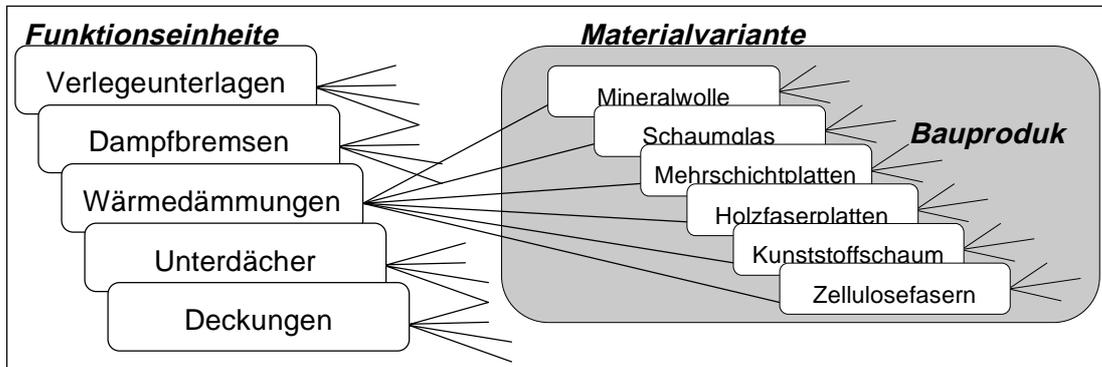


Abbildung 2: **Funktionseinheiten am Beispiel des Steildachs**

Die Funktion „Wärmedämmungen“ in Abbildung 2 lässt sich vereinfacht mit 6 verschiedenen Materialvarianten erfüllen. Hinter jeder dieser Materialvarianten stehen wiederum mindestens ein, in der Regel mehrere Bauprodukte. Innerhalb der Funktion Wärmedämmungen sollen dem Anwender und der Anwenderin einfache Informationen gegeben werden, welche Materialvarianten die geringste Umweltbelastung aufweisen.

Kennzeichnung

Dazu kennzeichnet das eco-devis die Baumaterialien in einem zweistufigen System: In einer ersten Stufe werden diejenigen Materialien als „ökologisch interessant“ gekennzeichnet, welche die geringsten Umweltbelastungen verursachen (ca. 10-30% der Materialvarianten einer Funktionseinheit). In einer zweiten Stufe werden Materialien und Bauleistungen als „ökologisch bedingt interessant“ gekennzeichnet, die eine Mittelstellung zwischen den Materialien mit der geringsten und der höchsten Umweltbelastung einnehmen. Nicht gekennzeichnet werden Materialien und Bauleistungen, die eine untergeordnete Bedeutung aufweisen oder bei denen die Unterschiede in Bezug auf die Umweltauswirkungen gering sind. Nicht gekennzeichnete Positionen bedeuten demnach nicht zwangsläufig, dass sie mit grösseren Umweltauswirkungen verbunden sind.

Die Anforderungen an eine Kennzeichnung werden für jede Funktionseinheit individuell festgelegt. Die Graue Energie ist bei vielen Funktionseinheiten das massgebende Kriterium für eine Kennzeichnung. Sind in einem Baustoff umweltrelevante Bestandteile enthalten, führt dies dazu, dass dieser um eine Stufe abgewertet wird, z. B. von ökologisch interessant zu ökologisch bedingt interessant. Materialien, die besonders toxische Bestandteile enthalten oder die keines der Entsorgungsmerkmale erfüllen, sind von einer Kennzeichnung ausgeschlossen.

Anwendung von eco-devis

eco-devis ist auf die Anwendung mit einem EDV-Programm zum Devisieren nach NPK ausgerichtet. Bei der Auswahl von Leistungen für ein bestimmtes Bauobjekt erkennen die Planenden, ob diese als ökologisch interessant, als ökologisch bedingt interessant oder eben nicht gekennzeichnet sind. Die Kennzeichnung erfolgt unterschiedlich je nach Software. Besondere ökologische Bedingungen (z. B. Fensterrahmen mit einem bestimmten U-Wert) sind als Zusatztexte in die NPK-Struktur eingefügt und können direkt in das objektbezogene Leistungsverzeichnis übernommen werden.

Die Benutzer von eco-devis haben zusätzlich die Möglichkeit, die ökologische Bewertung der beurteilten Materialien und Bauleistungen direkt beim Devisieren anzusehen. Dadurch wird die Nachvollziehbarkeit der Kennzeichnung sichergestellt. Gegenüber dem Bauherrn lässt sich die Materialwahl nach ökologischen Merkmalen mit diesen Detailinformationen begründen. Im Weiteren ermöglicht eco-devis, einen Vergleich aller Materialien und Bauleistungen einer bestimmten Funktionseinheit

Planende, die nicht mit einem EDV-Programm devisieren, können eco-devis in Papierform benützen. Die Merkblätter enthalten die wichtigsten Ergebnisse der ökologischen Beurteilung und die gekennzeichneten Materialien und Bauleistungen. Sie sind als PDF-Dokumente unter www.eco-bau.ch zu finden.

Mit eco-devis lassen sich keine Dachkonstruktionen oder ganze Gebäude beurteilen. eco-devis ist auf die Details der Baustoffökologie ausgerichtet. Wichtige Aspekte von Konstruktionen wie beispielsweise Unterhaltsfreundlichkeit und Lebensdauer können mit eco-devis nicht beurteilt werden. Die Kombination von gekennzeichneten Materialien ergibt nicht zwangsläufig eine bauphysikalisch und architektonisch sinnvolle Konstruktion. eco-devis ist lediglich eine ergänzende Information zu den bautechnischen Kenntnissen und Regeln.

eco-devis Fenster

Beurteilte Fenster

Im eco-devis Fenster gemäss dem NPK-Kapitel 371 wurden folgende Rahmen untersucht:

- Kunststoffrahmen mit U_f -Werten von 1,1 bis 1,6 W/m²K
- Holzrahmen mit U_f -Werten von 1,3 bis 1,6 W/m²K
- Holz-Metallrahmen mit U_f -Werten von 1,2 bis 1,6 W/m²K
- Alurahmen mit U_f -Werten von 1,4 bis 2,1 W/m²K

Dazu wurden diverse Verglasungen beurteilt:

- Einfachverglasung U_g -Wert 5,7 W/m²K, g-Wert 87%
- Doppelverglasung U_g -Wert 2,9 W/m²K, g-Wert 79%
- 2-fach Isolierverglasung U_g -Wert 1,0 bis 1,4 W/m²K, g-Wert 53% bis 65%
- 3-fach Isolierverglasung U_g -Wert 0,5 bis 1,0 W/m²K, g-Wert 43% bis 56%

Die untersuchten Rahmen und Verglasungen entsprechen in Bezug auf den U-Wert der Spannweite zwischen den besten und den am häufigsten eingesetzten Produkte auf dem Schweizer Markt.

Als Funktionseinheit wurde ein 2-flügliges Fenster mit einer Fläche von 2,1 m² (1,6x1,3 m) und einem Rahmenanteil von ca. 24% gewählt.

Beurteilungskriterien

Abweichend von den in Kapitel 3 beschriebenen Kriterien wurde beim Fenster anstelle der Grauen Energie die Gesamtenergiebilanz über 30 Jahre Nutzungsdauer als Beurteilungskriterium beigezogen. Die Gesamtenergiebilanz ergibt sich aus der Summe von Grauer Energie plus Energieverluste minus Energiegewinne. Die Berechnung der Wärmegewinne und -verluste erfolgte auf der Basis eines Mustergebäudes mit 1 Nord-, 3 Süd-, 2 West- und 1 Ostfenster und den Klimadaten von Zürich.

Für eine Kennzeichnung im eco-devis dürfen die Fenster zudem keine umweltrelevanten Bestandteile enthalten und müssen einen der 3 umweltverträglichen Entsorgungswege erfüllen (s. Kapitel 3.1).

Ergebnisse

Die Kennzeichnung der Fenster im eco-devis erfolgt getrennt für die Rahmen und die Verglasungen (s. Tabelle 1). Bei den Rahmenmaterialien erfüllen Holzrahmen mit einem U_f -Wert von 1.3 W/m²K sowie Kunststoffrahmen mit einem U_f -Wert 1.1 W/m²K und Calcium-Zink als Stabilisator im Rahmenmaterial die Kriterien der 1. Stufe (ökologisch interessant). Die Gesamtenergiebilanz von Holz-Metallrahmen mit U_f -Werten zwischen 1.2 – 1.3 W/m²K ist rund 10% höher und vergleichbar mit Kunststoffrahmen mit U_f -Werten zwischen 1.2 – 1.3 W/m²K sowie Holzrahmen mit U_f -Werten zwischen 1.4 – 1.5 W/m²K. Diese Rahmentypen werden als ökologisch bedingt interessant gekennzeichnet. Metallrahmen haben eine deutlich höhere Graue Energie und auch höhere Wärmeverluste und werden nicht gekennzeichnet. Bei den PVC-Fenstern verlangt eco-devis, dass sie zwingend mit Calcium-Zink-Stabilisatoren hergestellt werden. Fensterprofile mit „bleistabilisiertem“ Material werden aufgrund der toxischen Eigenschaften von einer Kennzeichnung ausgeschlossen. Den Planenden wird empfohlen, den Stabilisatortyp durch Rückfrage beim Hersteller oder Lieferanten zu überprüfen.

Für die Kennzeichnung der Verglasungen kommen nur Varianten mit guter Wärmedämmung (niedriger U_g -Wert) und hohem Gesamtenergiedurchlass (hoher g-Wert) in Frage. Die beste Gesamtenergiebilanz weisen 3-fach Isolierverglasungen mit Krypton als Füllgas ($U_g = 0.5$ W/m²K, $g = 52\%$) auf. Sie werden als ökologisch interessant gekennzeichnet. Bei 3-fach Isolierverglasungen mit U_g -Werten zwischen 0.6 – 0.7 W/m²K und einem g-Wert von 52% reduziert sich der resultierende Energiegewinn um rund 30% – 60%, bei einer 2-fach Isolierverglasung ($U_g = 1.0$ W/m²K, $g=62\%$) gar um rund 75%. Diese Gläser werden in der 2. Stufe gekennzeichnet. Alle anderen Verglasungstypen haben eine zu schlechte Gesamtenergiebilanz für eine Kennzeichnung.

Tabelle 1: **Kennzeichnung von Rahmen und Verglasungen im eco-devis**

Material	Gesamtenergiebilanz MJ/Fenster und 30 Jahre*
Rahmen	
Kunststoffrahmen $U_f = 1,1$ W/m ² K Rahmenmaterial mit Calcium-Zink-Stabilisator	8'300
Holzrahmen $U_f = 1,3$ W/m ² K	8'300
Kunststoffrahmen $U_f = 1,2-1,3$ W/m ² K Rahmenmaterial mit Calcium-Zink-Stabilisator	8'800 bis 9'400
Holzrahmen $U_f = 1,4-1,5$ W/m ² K	8'900 bis 9'400
Holz-Metallrahmen $U_f = 1,2-1,3$ W/m ² K	8'800 bis 9'400
Metallrahmen $U_f = 1,4-2,1$ W/m ² K	12'000 bis 15'400
Verglasungen	
3-fach Isolierverglasung mit U_g 0,5 W/m ² K und g-Wert 52% (mit Krypton gefüllt)	-5'400
3-fach Isolierverglasung mit U_g 0,6-0,7 W/m ² K und g-Wert 52% (mit Krypton bzw. Argon gefüllt)	-3'600 bis -2'300
2-fach Isolierverglasung mit U_g 1,0 W/m ² K und g-Wert 62% (mit Krypton gefüllt)	-1'400
2-fach Isolierverglasung mit U_g 1,1 W/m ² K und g-Wert 62%-64% (mit Argon bzw. Krypton gefüllt)	-500 bis 200
2-fach Isolierverglasung mit U_g 1,2 W/m ² K und g-Wert 64% (mit Argon gefüllt)	1'100
2-fach Isolierverglasung mit U_g 1,4 W/m ² K und g-Wert 63% (mit Luft gefüllt)	5'000
Doppelverglasung mit U_g 2.9 W/m ² K und g-Wert 79%	18'400
Einfachverglasung mit U_g 5.7 W/m ² K und g-Wert 87%	63'400

* gerundete Werte

dunkelgrün ökologisch interessant (1. Stufe)

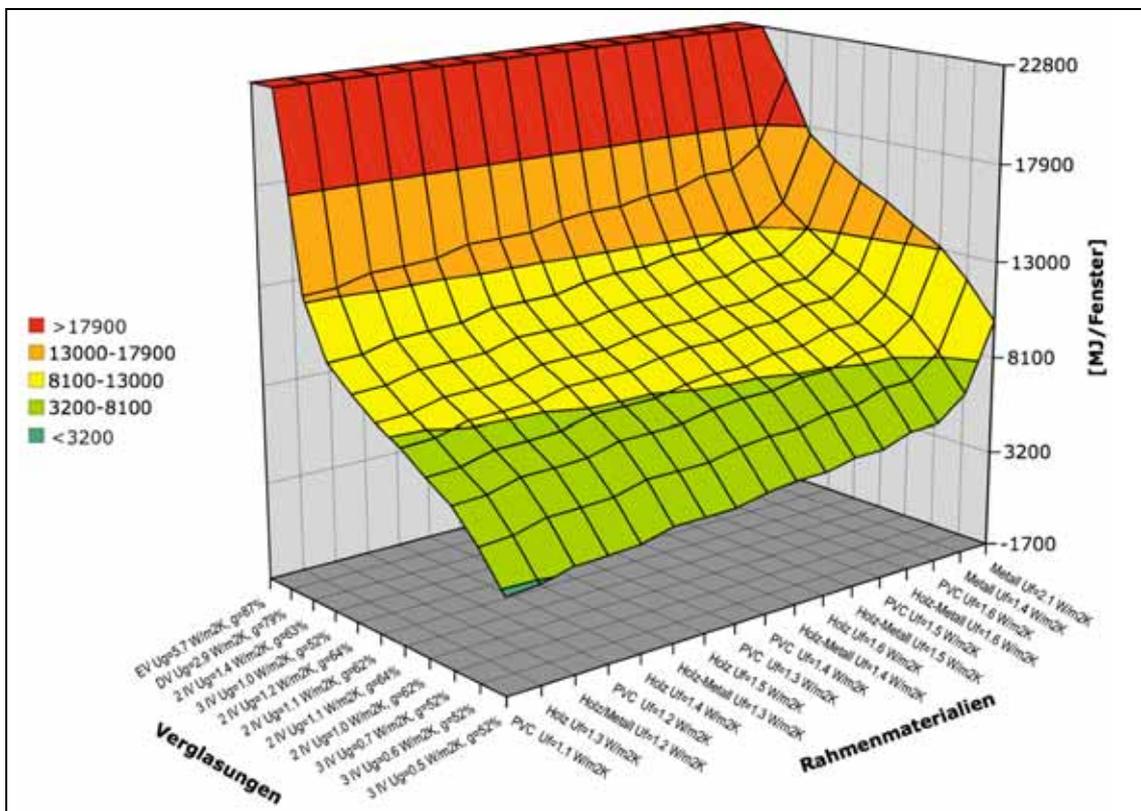
hellgrün ökologisch bedingt interessant (2. Stufe)

Rahmen-Verglasungs-Kombinationen werden als ökologisch interessant gekennzeichnet, wenn sowohl das Rahmenmaterial als auch die Verglasung die Kriterien der 1. Stufe erfüllen. Bei den in der zweiten Stufe gekennzeichneten Kombinationen erfüllen das Rahmenmaterial, die Verglasung oder beide Bauteile nur die Kriterien der Stufe 2. Aus Abbildung 3 ist die Gesamtenergiebilanz für die Kombination aller berechneten Rahmenmaterialien und Verglasungstypen ablesbar.

Aus den Berechnungen der Gesamtenergiebilanz der Fenster ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Holz-Metall- und Kunststoffrahmen müssen für eine vergleichbare Gesamtenergiebilanz einen um ca. 0.2 W/m²K niedrigeren U_F-Wert aufweisen als Holzrahmen. Metallrahmen sind wegen der schlechten U_F-Werte (Wärmeverluste) und der hohen Grauen Energie deutlich energieintensiver als Holz-, Holz-Metall- und PVC-Profile.
- Die Verglasung ist aus energetischer Sicht der wichtigste Teil am Fenster. Bei Verglasungen mit niedrigem U_g-Wert und hohem Gesamtenergiedurchlass g lassen sich auch Energiegewinne realisieren.
- Argon und Luft als Füllgase sind bei der Grauen Energie einer Verglasung vernachlässigbar (Grauenergieanteil < 1 %). Mit Krypton als Füllgas steigt der Anteil auf 10 bis 20 %. Der Mehraufwand an Grauer Energie wird aber durch den um 0.1 – 0.2 W/m²K niedrigeren U_g-Wert in kurzer Zeit amortisiert. Mit Xenon als Füllgas (Grauenergieanteil Verglasung bis 75 %) ist eine energetische Amortisation auch bei einer Lebensdauer der Verglasung von 30 Jahren nicht mehr möglich.

Abbildung 3: Gesamtenergiebilanz für Rahmen-Verglasungs-Kombinationen



i www.eco-bau.ch

ii www.crb.ch

iii Ökobilanzdaten im Baubereich; KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung 2007/1, www.kbob.ch

iv www.ecoinvent.ch

v Althaus H.J., Kellenberger D., Lehmann M.; Ökobilanzdaten zu Baustoffen und Komponenten, Teilbericht zu Baustoffen und Komponenten, Finale Version 1.0; Auftrag des Bundesamt für Energie (BfE) und Amt für Hochbauten (AHB) der Stadt Zürich, 29.6.2006

vi Kasser, U., Pöll, M.; Harmonisierung von Grauenenergiedaten im Baustoffbereich; Büro für Umweltchemie Zürich, 1998.

vii <http://ecb.jrc.it>