



Fenster – ihre Relevanz aus Sicht Nachhaltigkeit

Roland Hischier

Leiter «Advancing Life Cycle Assessment» Gruppe, Empa, St. Gallen
Präsident Vorstand, Verein ecoinvent, Zürich

- n Nachhaltigkeit
- n Wie ist Nachhaltigkeit messbar ?
- n Fenster ... im Kontext Gebäude
- n Schlussfolgerungen
- n Fragen ...





**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS**



Was meint «Nachhaltigkeit» ?

«Wir haben die Erde **nicht** von
unseren Eltern **geerbt**, sondern von
unseren Kindern ausgeliehen.»

(altes Indianersprichwort ... Sitting Bull ?)



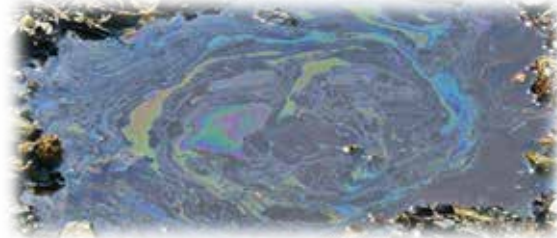
*... aus Gleichberechtigung zukünftigen Generationen
leiten sich die **Forderungen nach Ressourcen- und Umweltschutz** ab.*

Quelle der Bilder: Webseite des Julie Ann Wrigley Global Institute of Sustainability (sustainability.asu.edu)

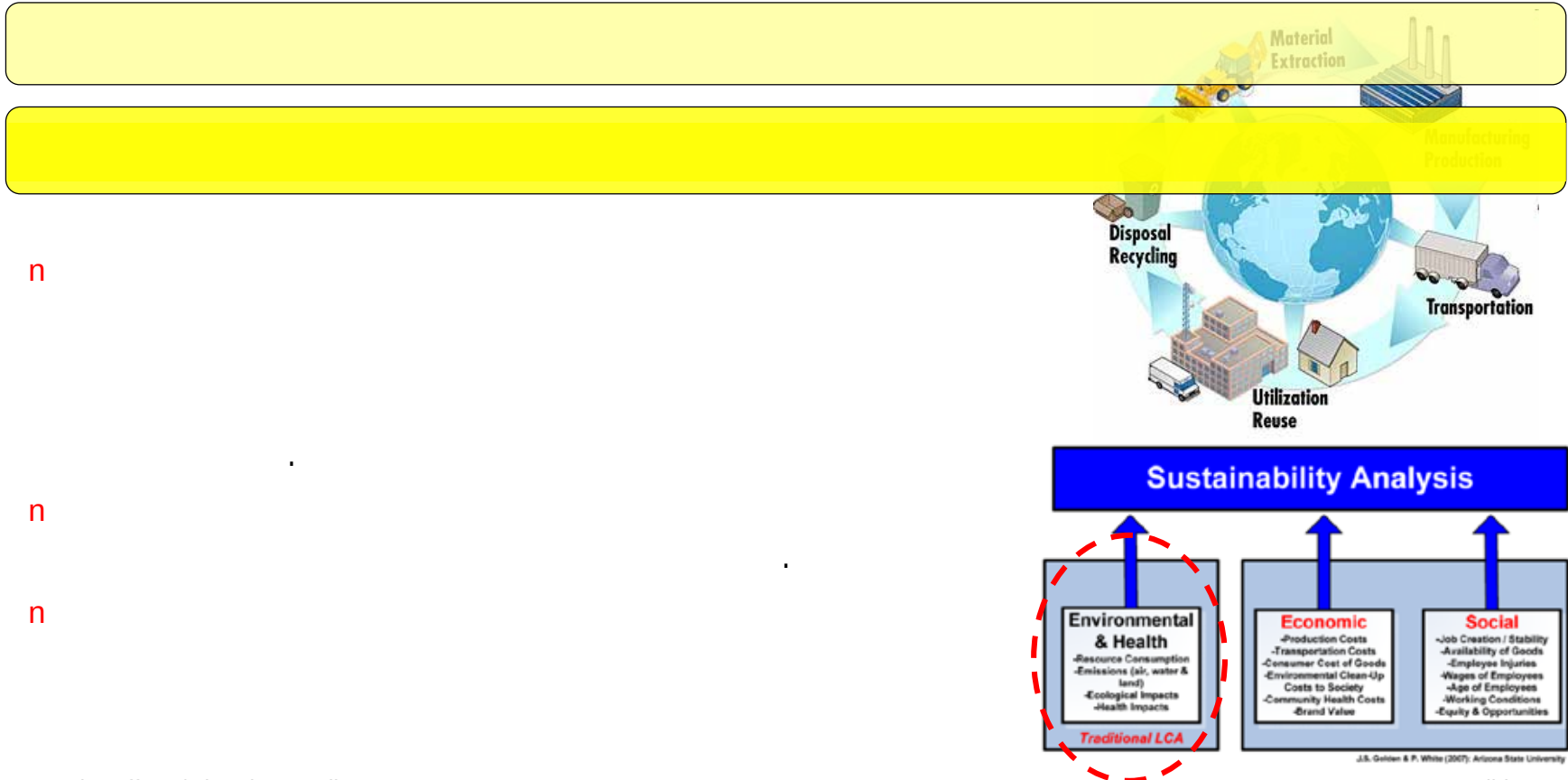
«Ökologie» ...

... mit zwei Hauptthemen :

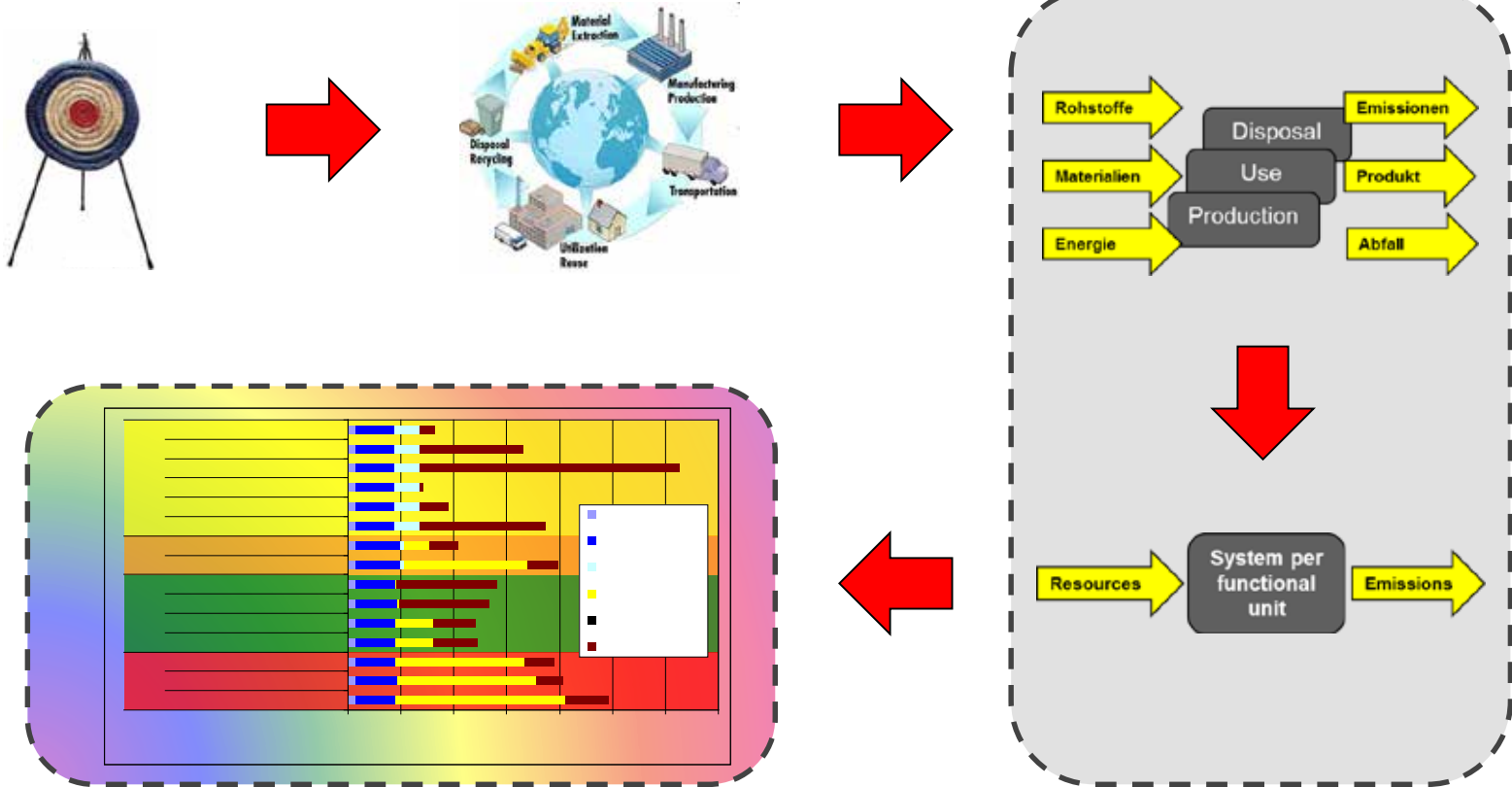
Umwelt als **Quelle**



«Lebenszyklusdenken» ...



Methode der Ökobilanz





*... zurück zu unserem Objekt, dem **Fenster** ...*

Photo by Daniel von Appen on Unsplash

Welches ist «beste» Fenster?

ein einfacher, ökologischer Vergleich



... ?

Ökologie eines Fensters

Woher Daten nehmen für einen solchen Vergleich?

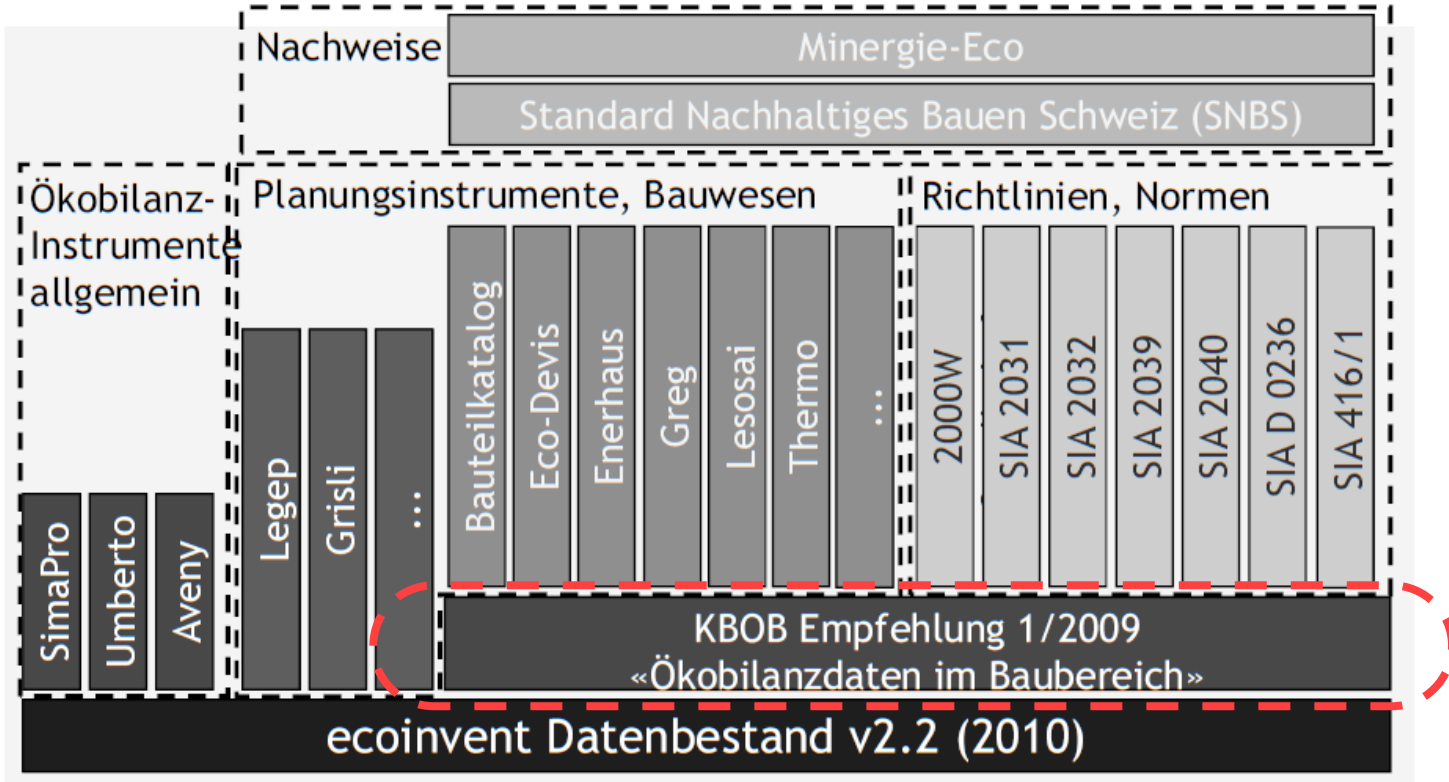
Anforderungen an Daten

- n **Relevanz:** die für Schweiz wichtigen Baustoffe & Bauteile sind bilanziert ;
- n **Konsistenz:** die Baustoffe müssen mit derselben Methodik und in ähnlicher Detaillierung bilanziert sein ;
- n **Aktualität:** die Daten sollen “heutige” Situation abbilden ;
- n **Unabhängigkeit:** die Daten sollen unabhängig von Partikularinteressen erhoben und modelliert sein ; und
- n **Qualität:** die Daten sollen Qualitätsprüfung unterzogen sein.



Ökologie eines Fensters

Woher Daten nehmen für einen solchen Vergleich?



Ökologie eines Fensters

Datenquellen ...



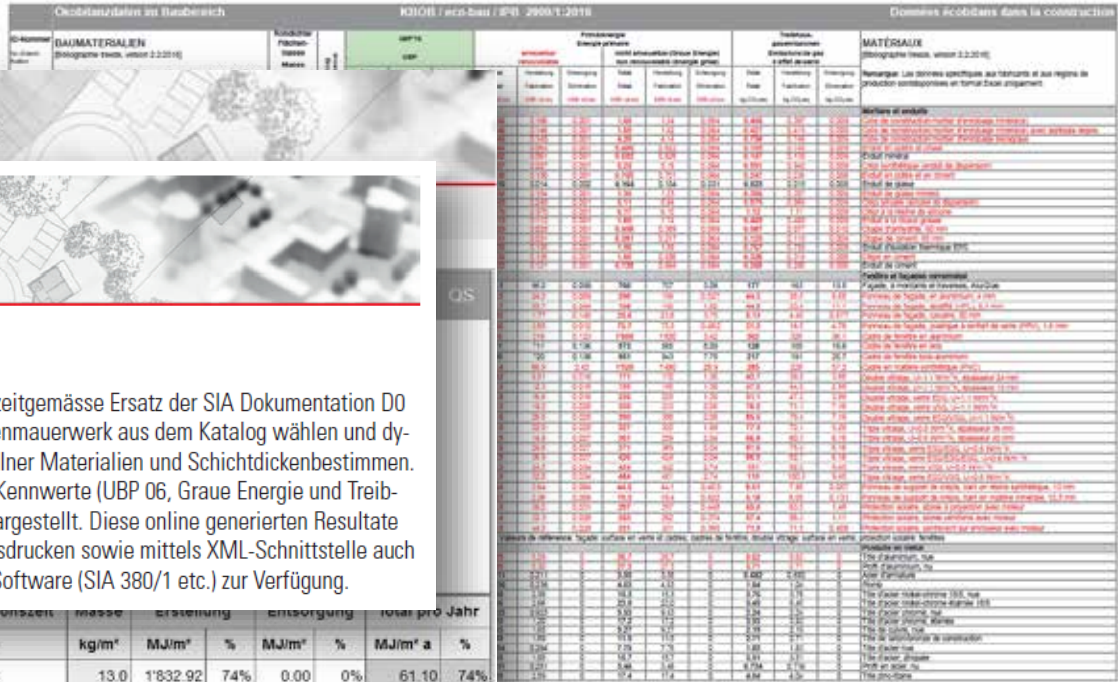
BAUTEILKATALOG.CH

Kostenlose Basisfunktion des Bauteilkatalogs:

Der webbasierte und dynamische Bauteilkatalog ist der zeitgemässe Ersatz der SIA Dokumentation DO 123. Der Internet-Benutzer kann Bauteile z.B. Zweischalenmauerwerk aus dem Katalog wählen und dynamisch die Ausführungsvariante durch das Ändern einzelner Materialien und Schichtdicken bestimmen. Per Mausklick werden U-Wert und aktuelle ökologische Kennwerte (UBP 06, Graue Energie und Treibhauseffekt) berechnet und tabellarisch, sowie grafisch dargestellt. Diese online generierten Resultate stehen dem Anwender einerseits im PDF-Format zum Ausdrucken sowie mittels XML-Schnittstelle auch elektronisch (download) für entsprechend ausgerüstete Software (SIA 380/1 etc.) zur Verfügung.

Nr.	Material / Schicht	Schichtdicke m	Lambda W/mK	Amortisationszeit a	Masse kg/m²	Erstellung MJ/m²	Entsorgung %	UBP 06 MJ/m²	UBP 06 %	Graue Energie MJ/m² a	Graue Energie %
1	Fensterrahmen Aluminium [m2]	0	0	30	13.0	1'832.92	74%	0.00	0%	61.10	74%
2	3-IV Verglasung [m2]	0	0	30	22.5	650.45	26%	6.85	100%	21.91	26%
Gesamt					35	2'483.37	100%	6.85	0%	83.01	100%

Graue Energie



KBOD / KBOD-Bau / KBOD 2006/1-2016

BAUMATERIALIEN (Baumaterialien, Version 2.2.2016)

MATERIALIEN (Materialien, Version 2.2.2016)

Navigation: Les données sont classées par matériaux et par région de production correspondante en temps réel (en temps réel).

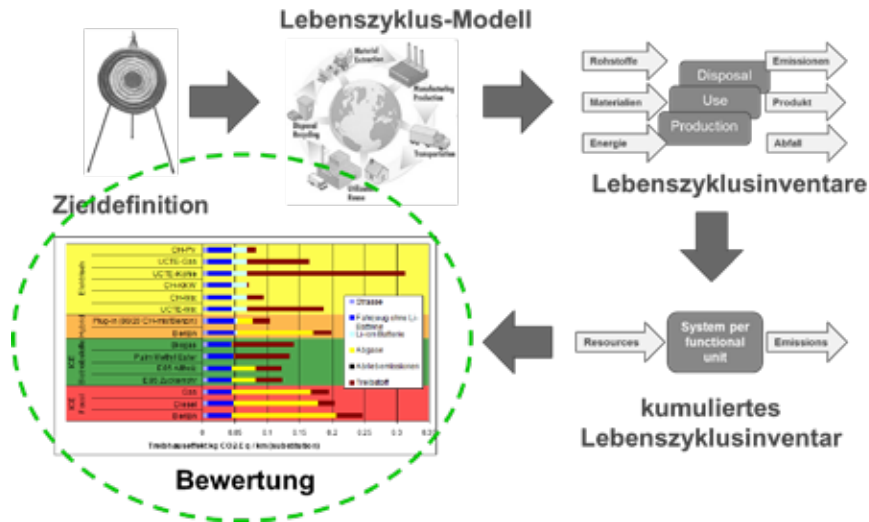
Produit		Description		Caractéristiques		Caractéristiques		Caractéristiques		Caractéristiques	
Nr.	Nom	Code	Description	Unité	Valeur	Unité	Valeur	Unité	Valeur	Unité	Valeur
1	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
2	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
3	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
4	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
5	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
6	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
7	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
8	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
9	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
10	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
11	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
12	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
13	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
14	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
15	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
16	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
17	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
18	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
19	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
20	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
21	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
22	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
23	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
24	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
25	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
26	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
27	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
28	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
29	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
30	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
31	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
32	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
33	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
34	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
35	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
36	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
37	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
38	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
39	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
40	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
41	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
42	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
43	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
44	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
45	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
46	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
47	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
48	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
49	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
50	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
51	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
52	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
53	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
54	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
55	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
56	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
57	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
58	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
59	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
60	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
61	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
62	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
63	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
64	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
65	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
66	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
67	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
68	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
69	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
70	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
71	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
72	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
73	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
74	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
75	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
76	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
77	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
78	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
79	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
80	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
81	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
82	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
83	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
84	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
85	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
86	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
87	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
88	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
89	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
90	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
91	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
92	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
93	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
94	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
95	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
96	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
97	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
98	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
99	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35
100	Aluminium	100	Aluminium	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35	kg	1.35

Ökologie eines Fensters

Woher Daten nehmen für einen solchen Vergleich?

Was repräsentieren die Resultate ?

Indikatoren



n **Primärenergie (nicht erneuerbar/gesamt)**

- n im Baubereich etablierter Kennwert
- n verwendet von eco-bau & SIA
- n kompatibel mit Ziel 2000 W Gesellschaft

n **Treibhausgas-Emissionen**

- n Kennwert für Klimaerwärmung
- n kompatibel mit Ziel 2000 W Gesellschaft

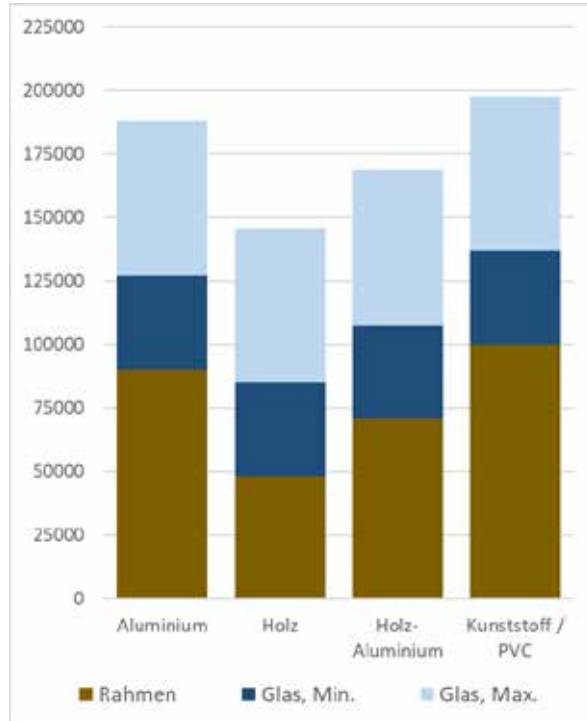
n **Methode ökologische Knappheit (UBP'13)**

- n vollständiges Bild der Umweltauswirkungen
- n entspricht Anspruch von *true and fair view*
- n basiert auf Schweizer Umweltgesetzgebung

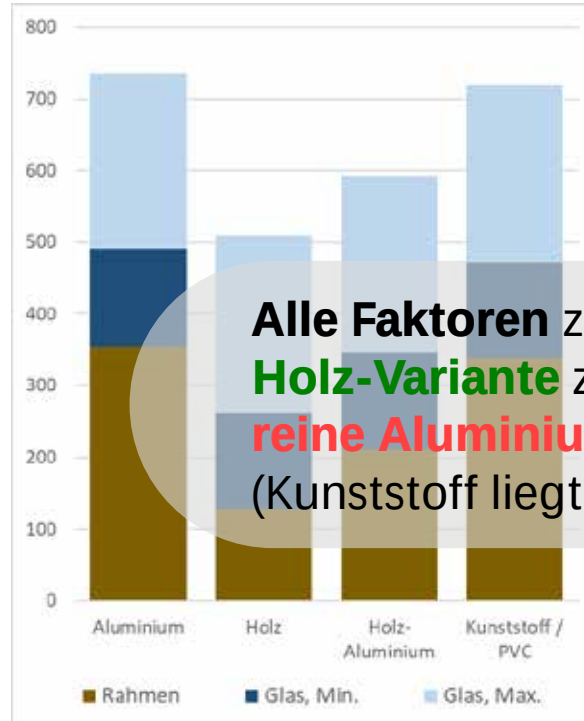
Welches ist «beste» Fenster?

ein einfacher, ökologischer Vergleich

UBP pro m² Fenster



MJ-Eq. pro m² Fenster



kg CO₂-Eq. pro m² Fenster

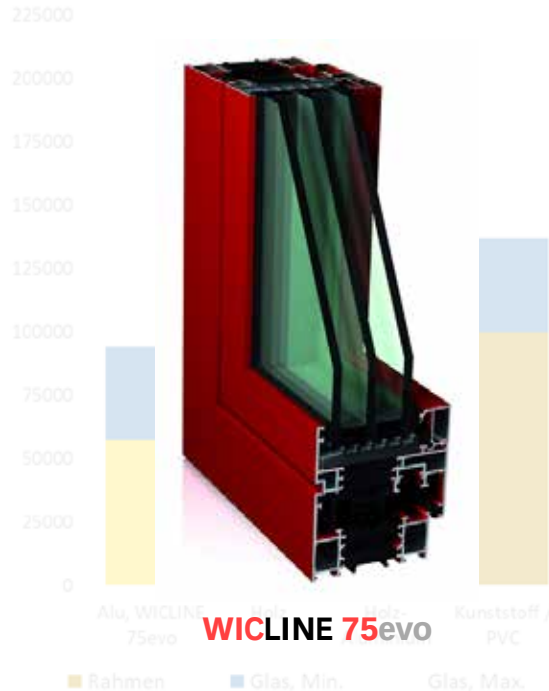


Alle Faktoren zeigen in etwa gleiches Bild ;
Holz-Variante zeigt tiefste Werte ;
reine Aluminium-Variante hat höchste Werte
(Kunststoff liegt zweimal etwa gleichauf ...).

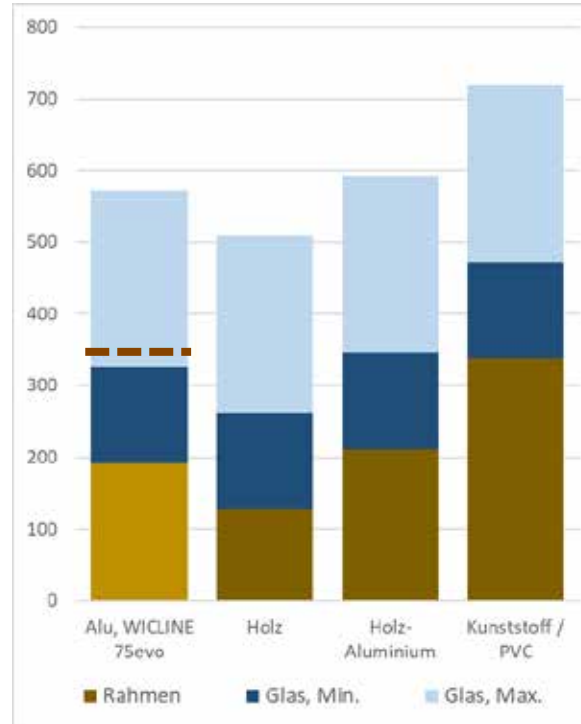
Welches ist «beste» Fenster?

ein einfacher, ökologischer Vergleich

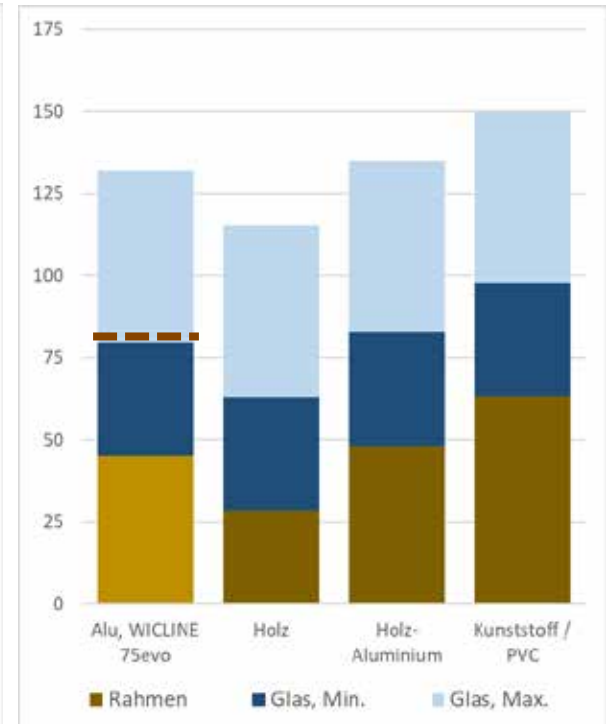
UBP pro m² Fenster



MJ-Eq. pro m² Fenster



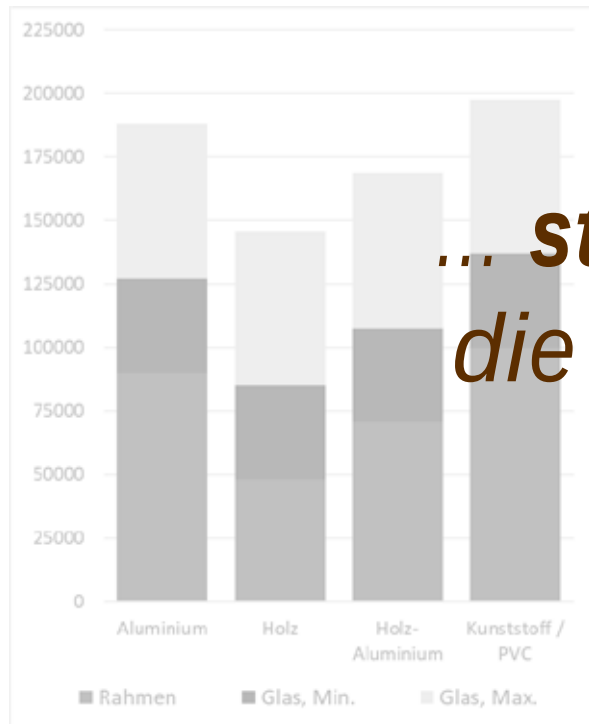
kg CO₂-Eq. pro m² Fenster



Welches ist «beste» Fenster?

ein einfacher, ökologischer Vergleich

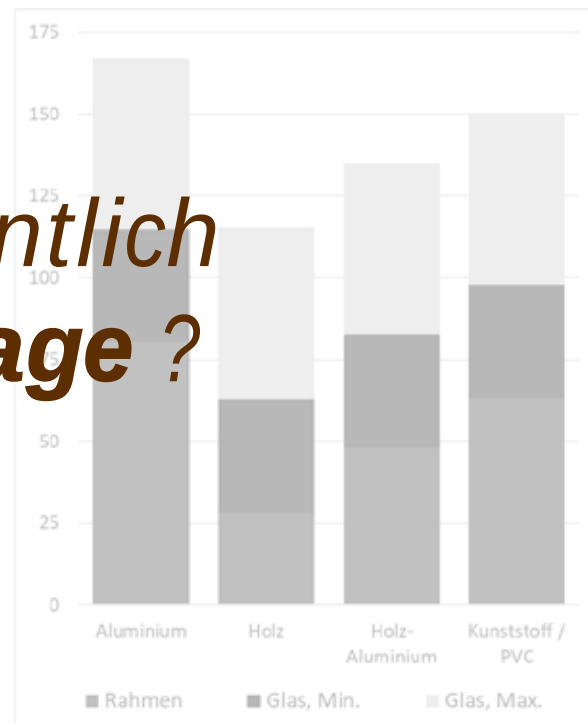
UBP pro m² Fenster



MJ-Eq. pro m² Fenster



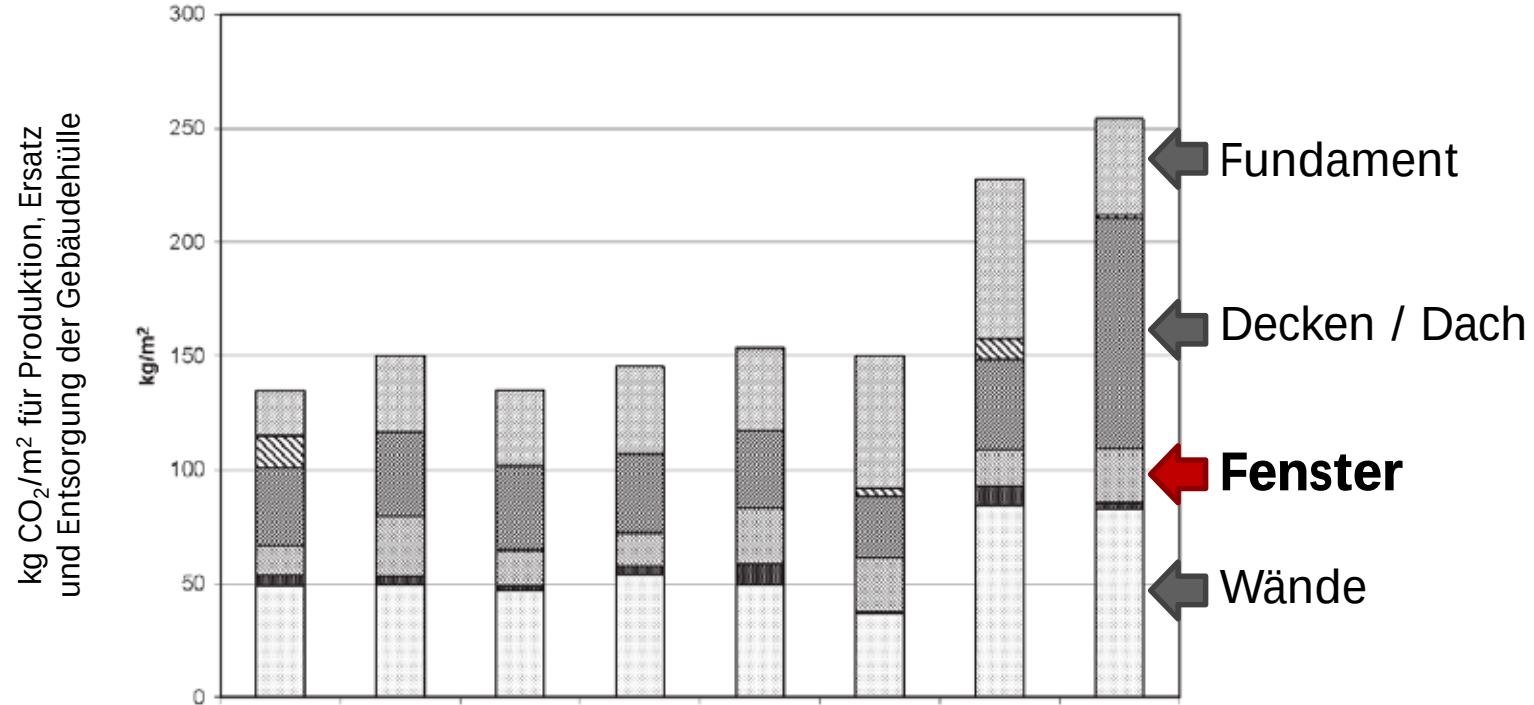
kg CO₂-Eq. pro m² Fenster



*... stellen wir eigentlich
die «richtige» Frage ?*

Relevanz der Fenster im Gebäude

Beispiel #1 – «Friedenspromenade München»



Relevanz der Fenster im Gebäude

Beispiel #2 – «Bau und Betrieb eines Einfamilienhauses»



Fertighaus «FUTURA»

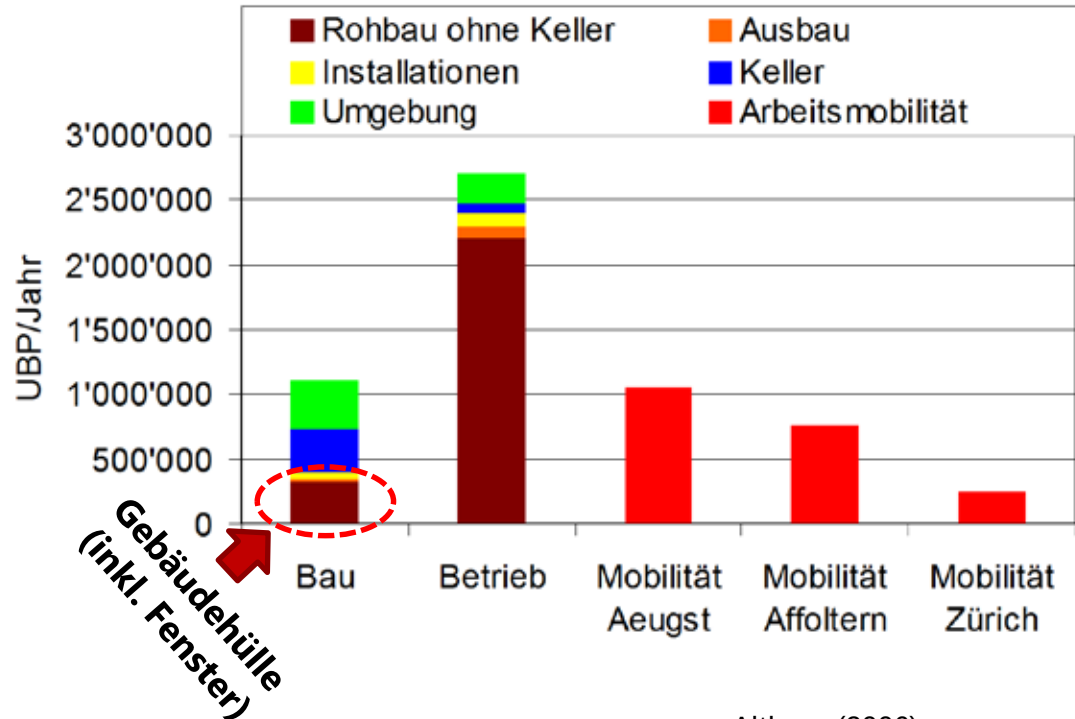
Holzbau, Vorfabriziert

Passivhausstandard

($E_h:64$, $E_{ww}:60$, $E_e:60$ MJ/m²a)

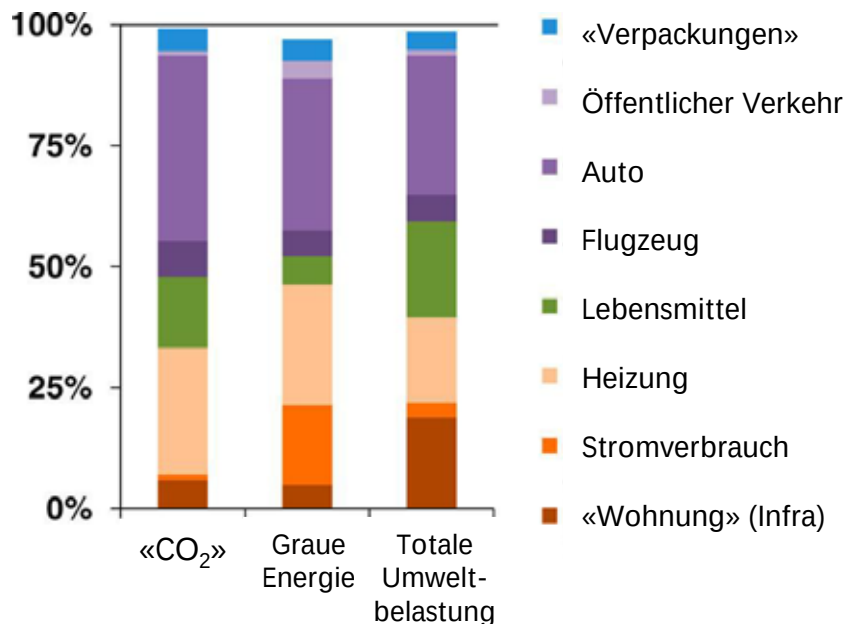
Wohn- & Arbeitszimmer Parterre

3 Schlafzimmer im oberen Stock



Relevanz der Fenster im Gebäude

Beispiel #3 – «Umweltbelastung unserer Lebensweise»



- n Verkehr (Auto), Lebensmittel und Heizung mit höchstem Anteil ;
- n ... Heizung beeinflusst durch «Wohnung» (Infra) ;
- n Zentrales Element dort ist die Isolation – bei der Wand, aber auch durch Fenster (U-Wert) ...

- n Mit der **Ökobilanz** verfügen wir über **ideales Tool** für die **Messung der ökologischen Nachhaltigkeit** ;
- n die **Betriebsphase eines Gebäudes** (d.h. Energiebedarf, Unterhalt) ist **ökologisch der relevanteste Teil** ;
- n eine Optimierung der Baumaterialien hat nur einen bescheidenen Effekt auf Gesamtbelastung – Fenster machen dabei wiederum nur kleinen Anteil aus ;
- n **Ökologisch(st)e Fenster** = Fenster, welches **alle Anforderungen** (k-Wert aber auch Ästhetik, Grösse, etc.) **ideal erfüllt** !

