

Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung

Lebenszykluskosten = Life Cycle Costs (LCC)

Ökobilanz = Life Cycle Assessment (LCA)

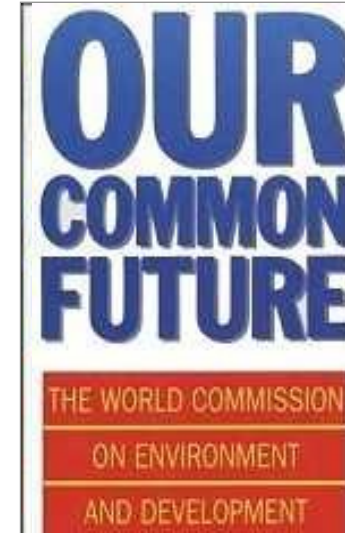
,

Dipl. Ing. Architekt Holger König

Von der Vision zu konkretem Handeln

Brundtland Commission, Sustainable development

"development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs".



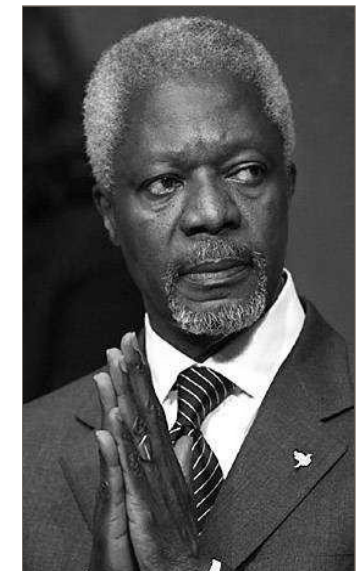
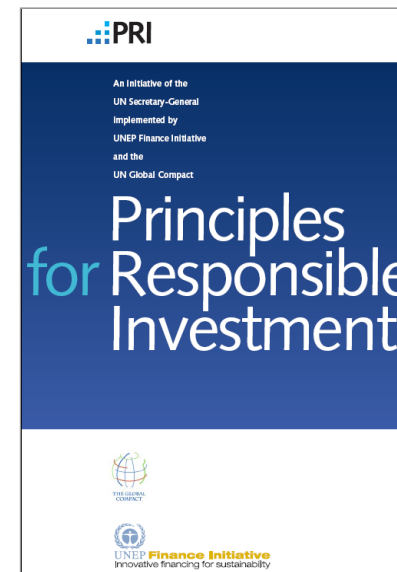
1987

Norwegian Prime-Minister
Gro Harlem Brundtland

2006

Kofi A. Annan

„... The predominant factor has been the absence of a set of common guidelines that investors can use to assess risks and opportunities fully. The Principles for Responsible Investment respond to this need.“...

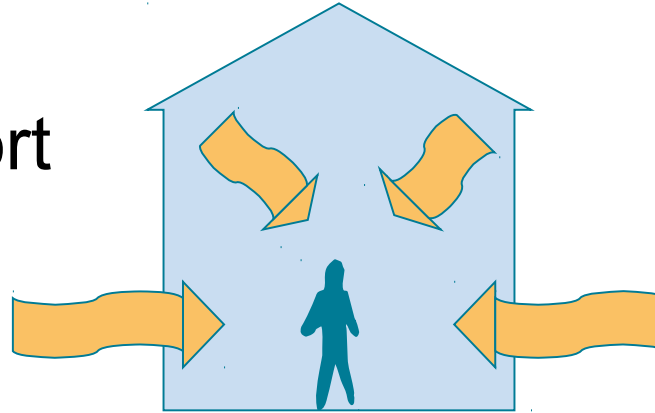


Das Nachhaltigkeitsdreieck



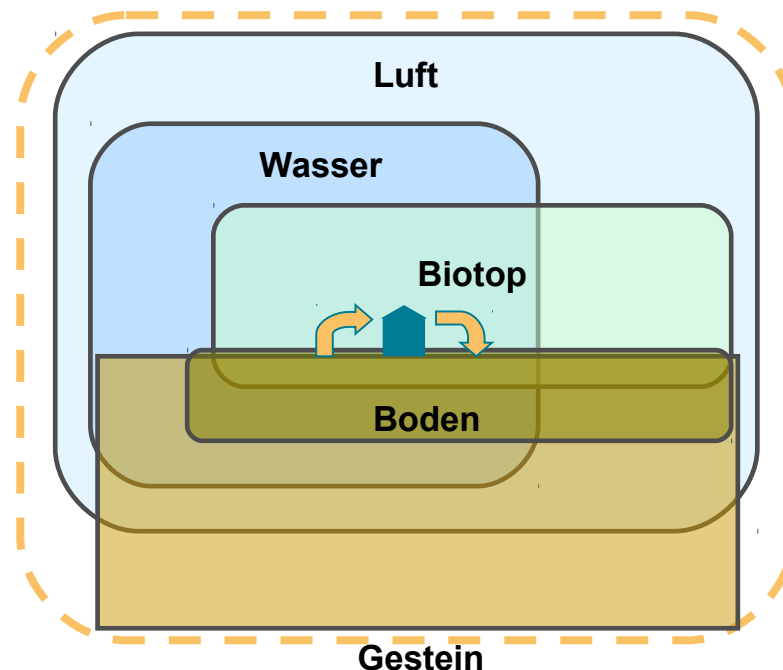
Ökologie und Gesundheit

- Gesundheit, Komfort



- Egoismus

- Ökologie, Umwelt



- Altruismus

Ökologische Qualität

Ökologische Qualität

01	00	Treibhauspotential (GWP)
01	01	Gesamt-GWP Wert (und Referenzwert)
02	00	Ozonschichtzerstörungspotenzial
03	00	Ozonbildungspotenzial
03	01	Gesamt-POCP-Wert
04	00	Versauerungspotenzial (AP)
04	01	Gesamt-AP Wert (und Referenzwert)
05	00	Überdüngungspotenzial (EP)
06	00	Risiken für die lokale Umwelt
07	00	Sonstige Wirkungen auf die lokale Umwelt
07	01	Lichtverschmutzung
07	02	Feinstaubemissionen
08	00	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt
09	00	Mikroklima
10	00	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PEne)
11	00	Gesamt-PE (PEgesG) / Anteil erneuerbarer PE (PEe)
12	00	Sonstiger Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen
12	01	n.n
13	00	Abfall nach Abfallkategorien
13	01	Baustellenabfälle
13	02	Abfälle je Abfallkategorie im Lebenszyklus
14	00	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen
14	01	Wassergebrauchskennwert
14	02	Trinkwasserbedarf / Abwasseraufkommen durch Mitarbeiter
14	03	Trinkwasserbedarf / Abwasseraufkommen durch Reinigung
14	04	Trinkwasserbedarf für Bewässerung
14	05	Abwasseraufkommen durch abgeleitetes Regenwasser
15	00	Flächeninanspruchnahme

■ 15 Steckbriefe
3 zurückgestellt

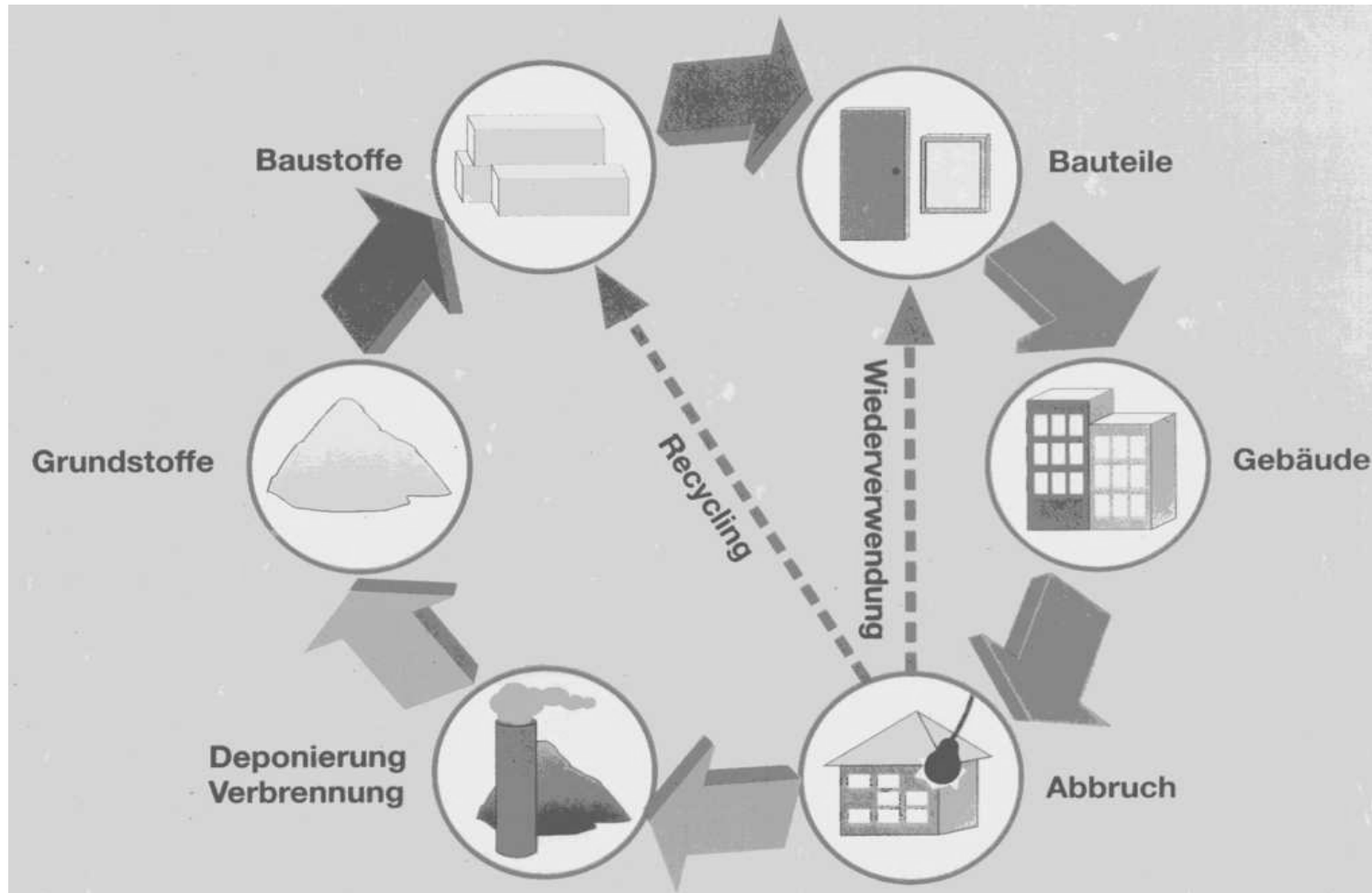
■ 19 Kriterien
5 zurückgestellt



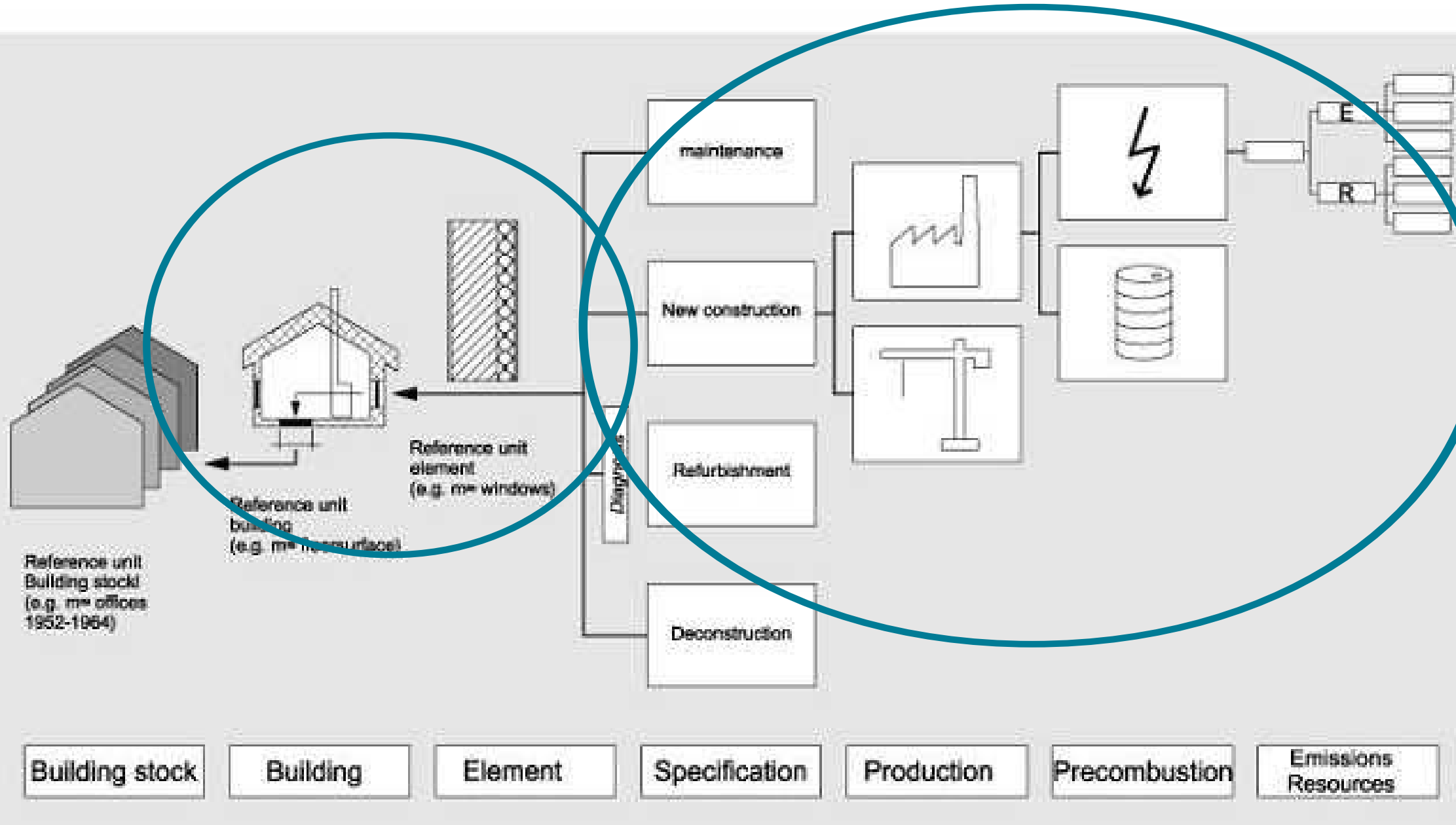
Kriteriengruppe: Ökologische Qualität

Ökologische Qualität	Wirkungen auf globale und lokale Umwelt	1	Treibhauspotential (GWP)
		2	Ozonschichtzerstörungspotential (ODP)
		3	Ozonbildungspotential (POCP)
		4	Versauerungspotential (AP)
		5	Überdüngungspotential (EUT)
		6	Risiken für lokale Umwelt
		7	Sonstige Wirkungen auf die lokale Umwelt
		8	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt
		9	Mikroklima
	Ressourcen-inanspruch-nahme und Abfall-aufkommen	10	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE _{ne})
		11	Primärenergiebedarf erneuerbar (PE _e)
		12	Sonstiger Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen
		13	Abfall nach Abfallkategorien
		14	Frischwasserverbrauch Nutzungsphase
		15	Flächeninanspruchnahme

Der Energie- und Stoffweg – vom Rohstoff zum Gebäude, über die Nutzung bis zum Rückbau



Problem 1: Betrachtungsraum und Phase



Von der Wiege bis zur Bahre

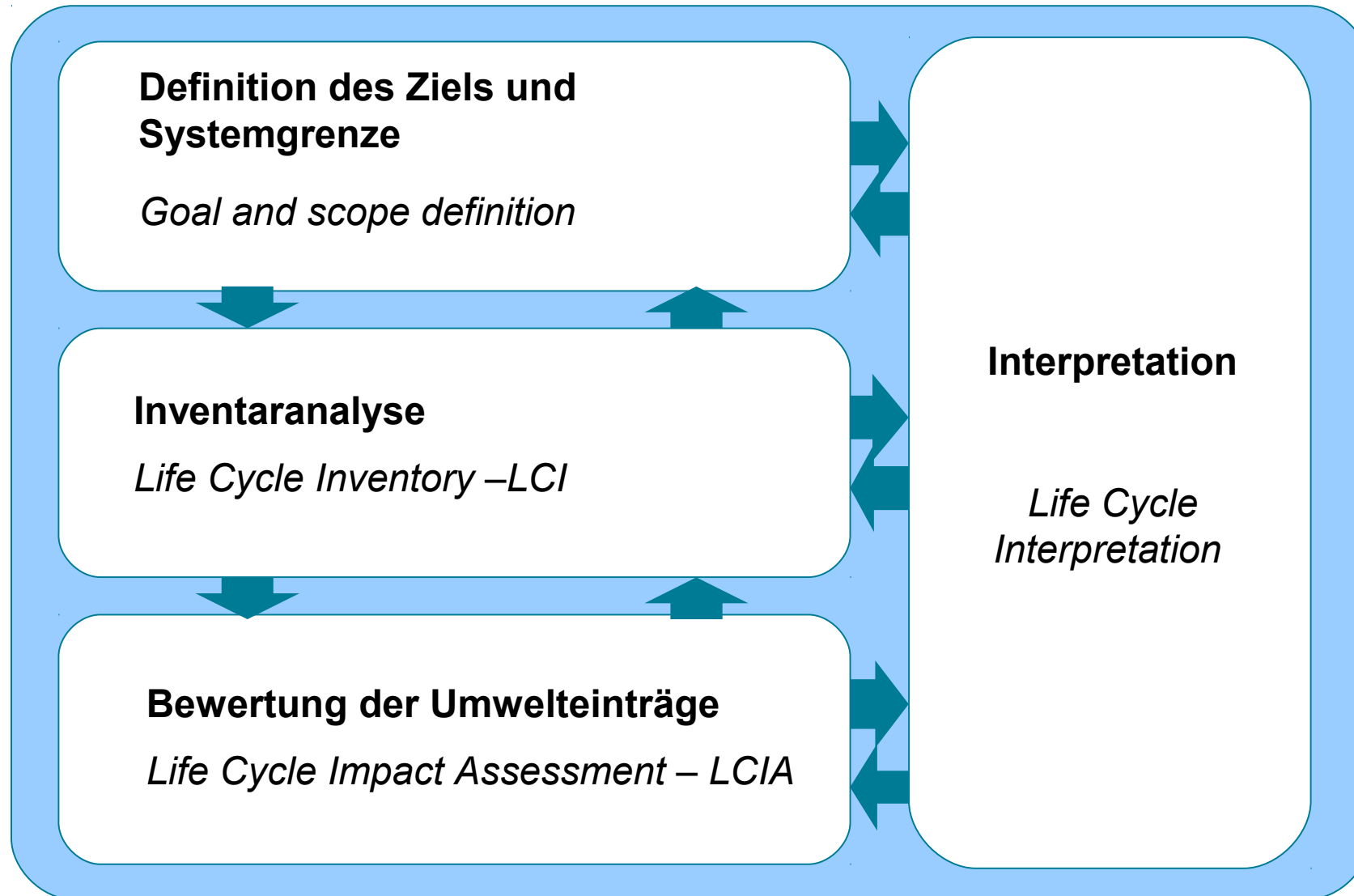
From cradle to grave

Von der Wiege bis zum

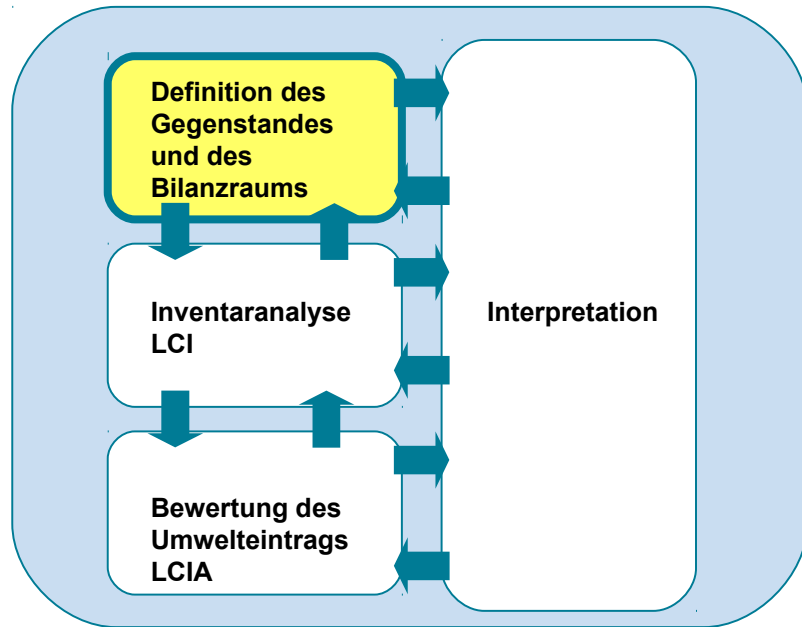
Werktor

From cradle to grate

Life Cycle Assessment in ISO 14040 und -44



Definition des Gegenstandes und des Betrachtungsraums der LCA : Produktion von 1 t Ziegelsteine

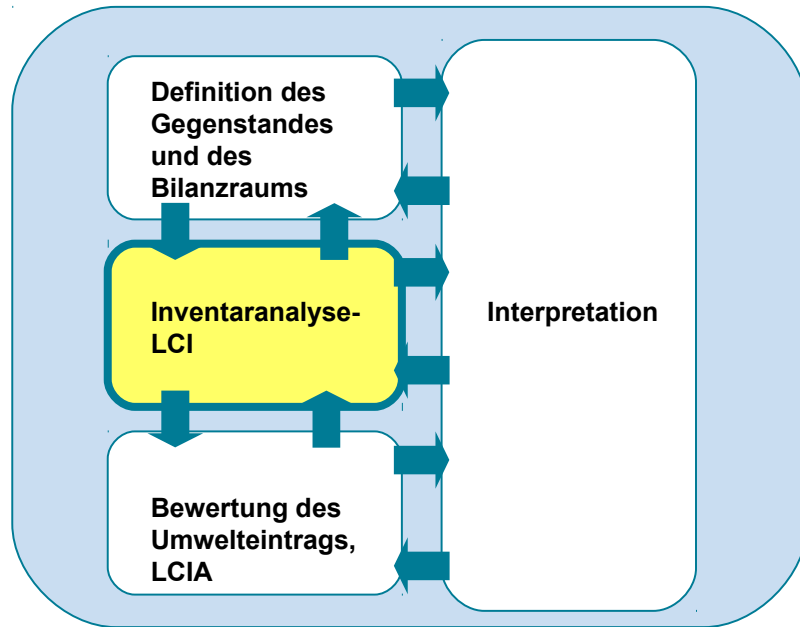


Von der Wiege

Bis Werk-
tor aufgel.

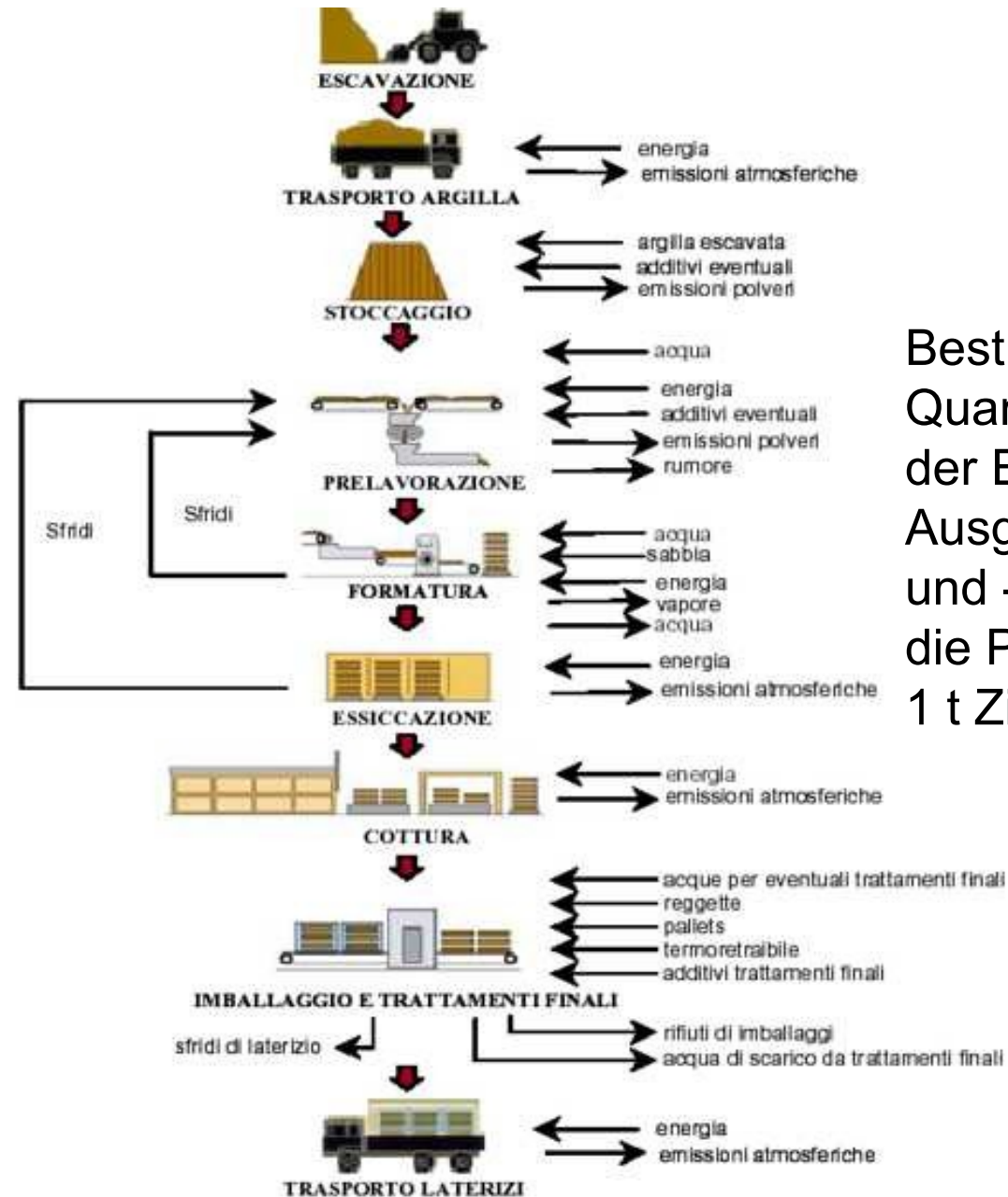
Inventaranalyse LCI, Produktionsphase

- Flussdiagramm mit allen Elementen des Produktionsaufwands



➔ **Lavorazione X** ➔

INPUT	Quantità	OUTPUT	Quantità
Materiale A	kg	Prodotto	kg
Materiale B	kg	Emissioni in aria	kg
Vettore di energia A..		Emissioni in acqua	kg
Vettore di energia B..		Emissioni nel terreno	kg
		Coprodotto	kg
		Sottoprodotto	kg

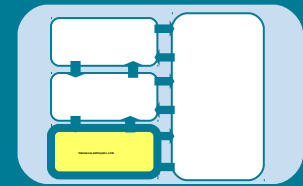


Von der Wiege

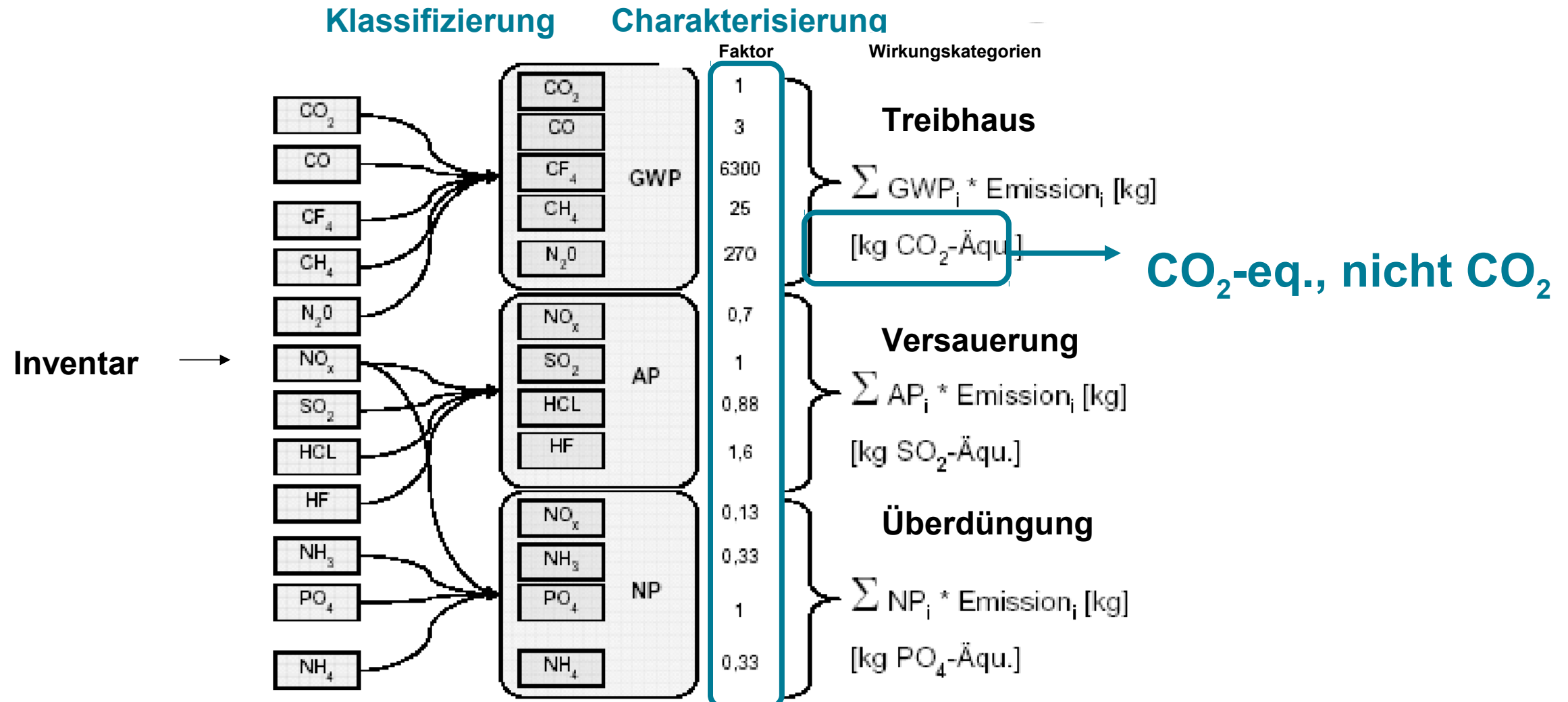
Bestimmung und Quantifizierung der Eingangs- und Ausgangsstoffe und -energien, für die Produktion von 1 t Ziegelsteine

**Bis Werk-
tor aufgel.**

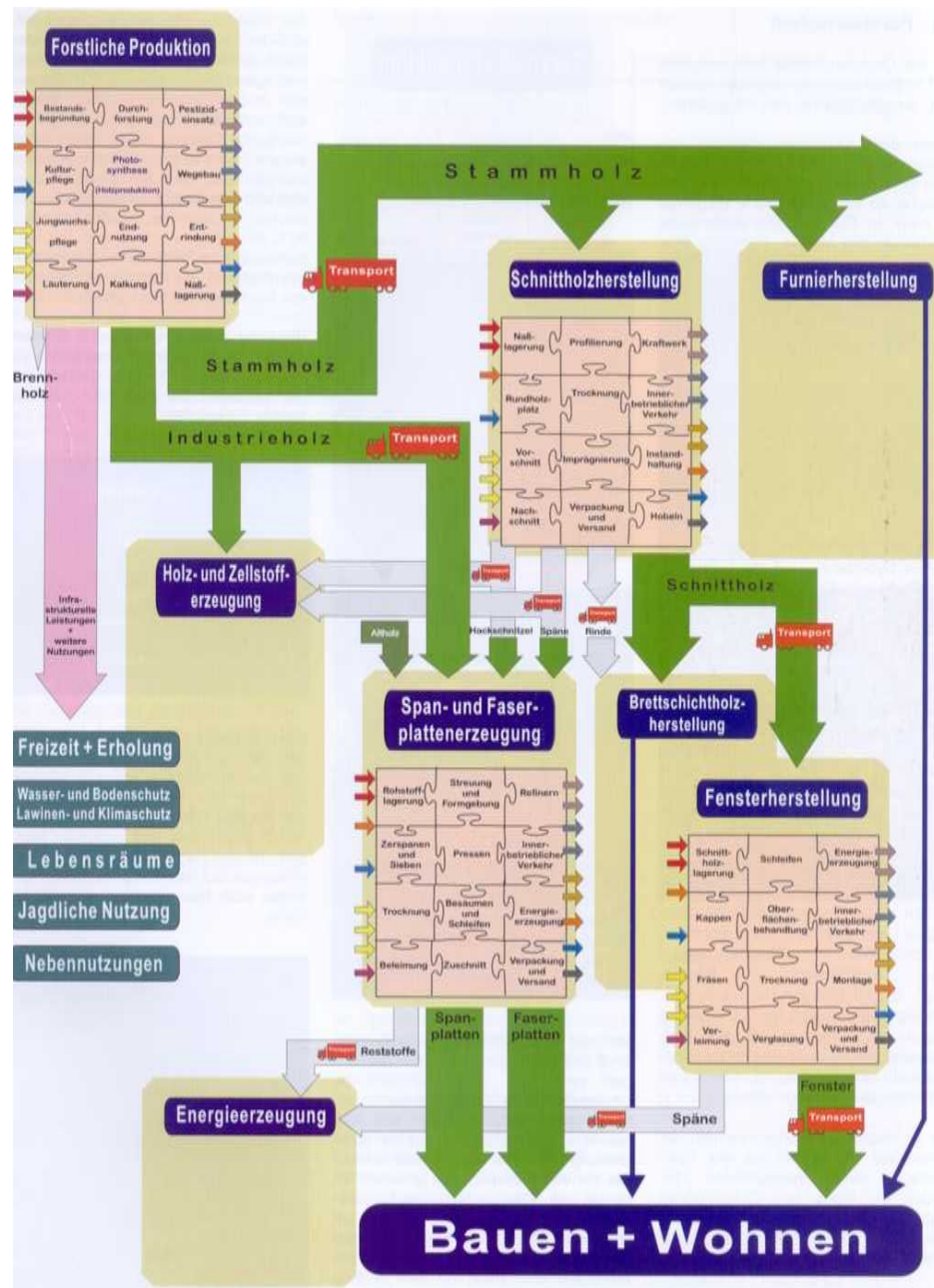
LCIA: Klassifizierung und Charakterisierung



- Die Ergebnisse des Inventars werden gewichtet und verschiedenen Wirkungskategorien zugeordnet (Charakterisierung)



Produktionsweg Holz – Holzwerkstoffe als Basis für die Ökobilanz

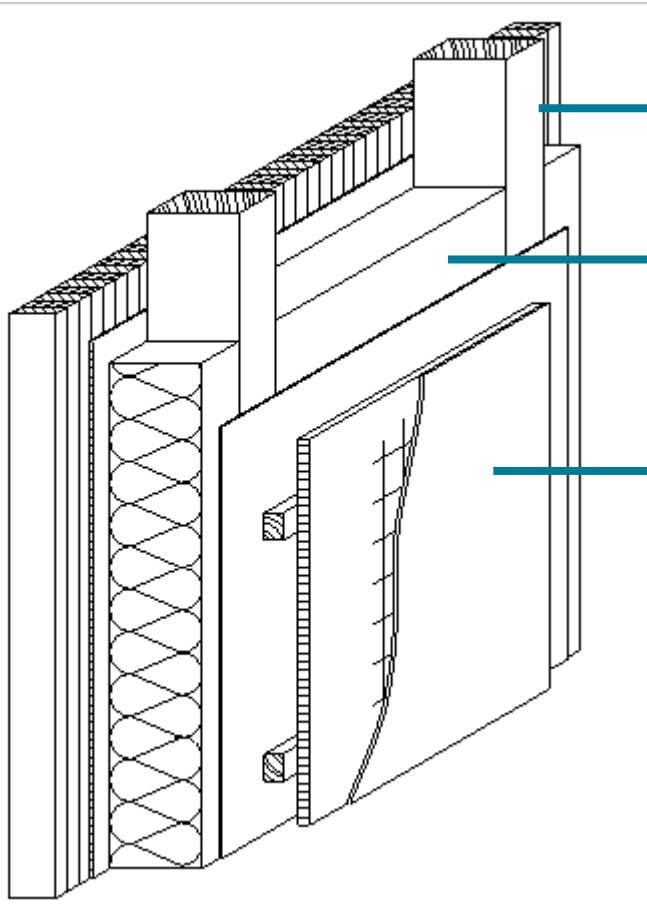


Daten für Planer: Konstruktions-Elemente mit Ökobilanzdaten

Datenbank: Ökobilanzmodule

Sachbilanz

Input/Output
Material und
Energie



LEGEP Sachbilanzen

Bezeichner:

- S Bitumendichtungsbahn
- S Bitumenschweißbahn G 200 S4
- S Bitumenschweißbahn PYE-PV 200 S5 rs
- S Blähperlit 0 - 1 mm
- S Blähperlit 0 - 3 mm
- S Blähschiefersand 0 - 2
- S Blähvermiculit 0 - 2mm
- S Blasstahl
- S Blei
- S Borax
- S Bordenschiefer
- S Borsäure
- S Brandschutzputz
- S Branntkalk, Feinkalk (S
- S Branntkalk, Feinkalk (S
- S Braunkohlen-Staub

LEGEP Sachbilanz: Kalkhydrat

Werte	Bezeichner	Einheit	Menge	Typ	Art
Rezeptur	\$ CO2 Kohlendioxid p	kg	430,00000000	↓	
	\$ Erdgas frei UCPT E, D	m3	78,93723280	↑	
	\$ Naturkalk, gebrochen, gewaschen	t	1,38000000	↑	
	\$ Partikel p	kg	0,03190000	↓	
	\$ Strom Mittelspannung - Bezug in UCPT E	TJ	0,00008104	↑	
	\$ Wasser	kg	243,00000000	↑	

LEGEP Sachbilanz: Kalkhydrat

Bezeichner: Kalkhydrat

Einheit: t

Typ: Bewertete kumulierte Sachbilanz

Herkunft: BUW

Parameter	Wert	Einheit
CO2	472,822200	0,000000
SO2	0,268693	0,000000
Ozonschicht	0,000024	0,000000
Abiotisch	66,865800	0,000000
Überdüngung	0,021860	0,000000
Sommersmog	0,048338	0,000000
Schwermetall	0,000219	0,000000
Radioaktivität	12926,130000	0,000000
Ecopoints	0,157681	0,000000
PEIE	22,146300	0,000000
PEINE	4328,141000	0,000000

Wirkungs-bilanz

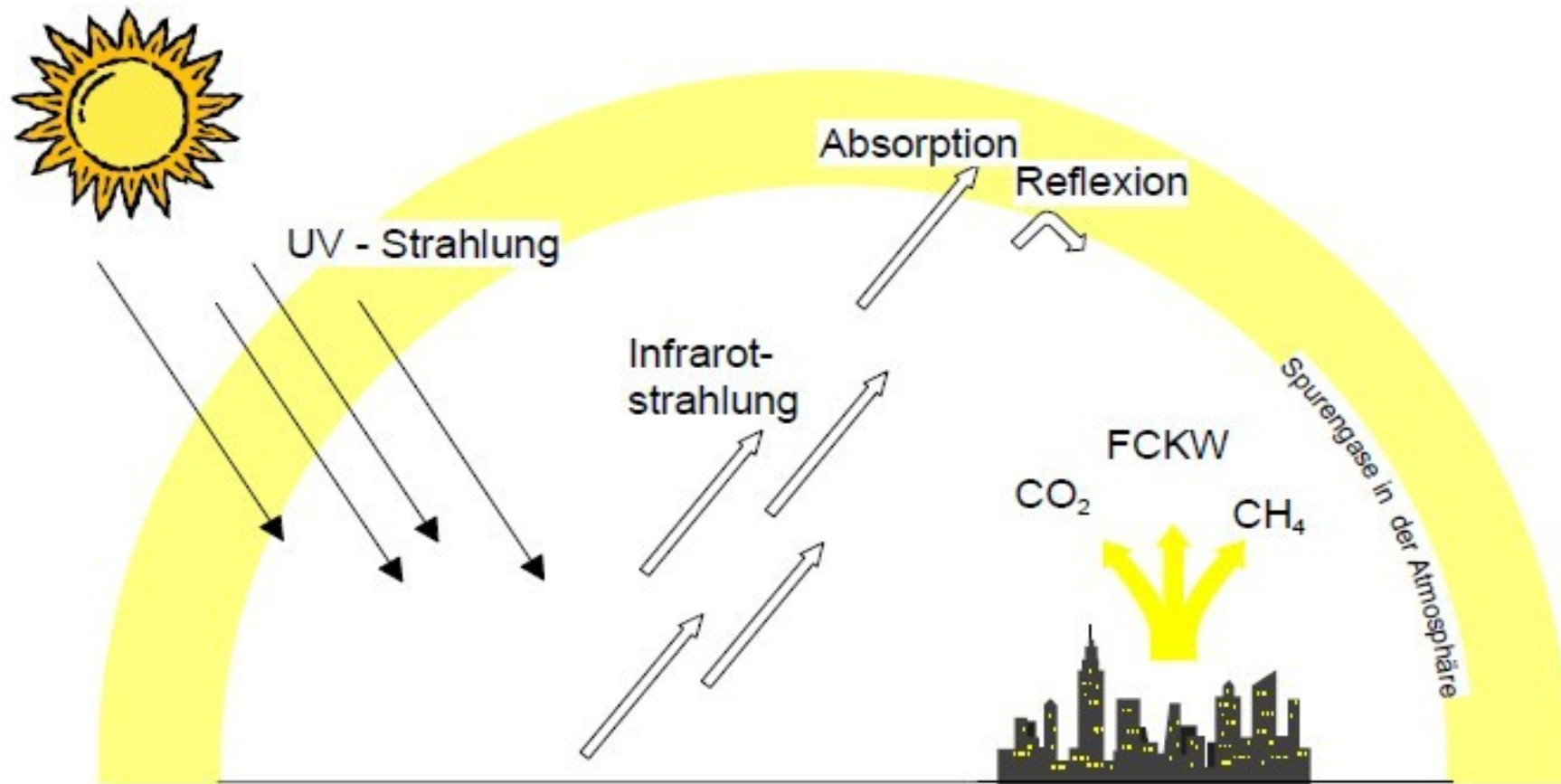
Neu berechnen

Generisch ←
Spezifisch ←

LCA: CO₂-äq., SO₂-äq., PEI /m²

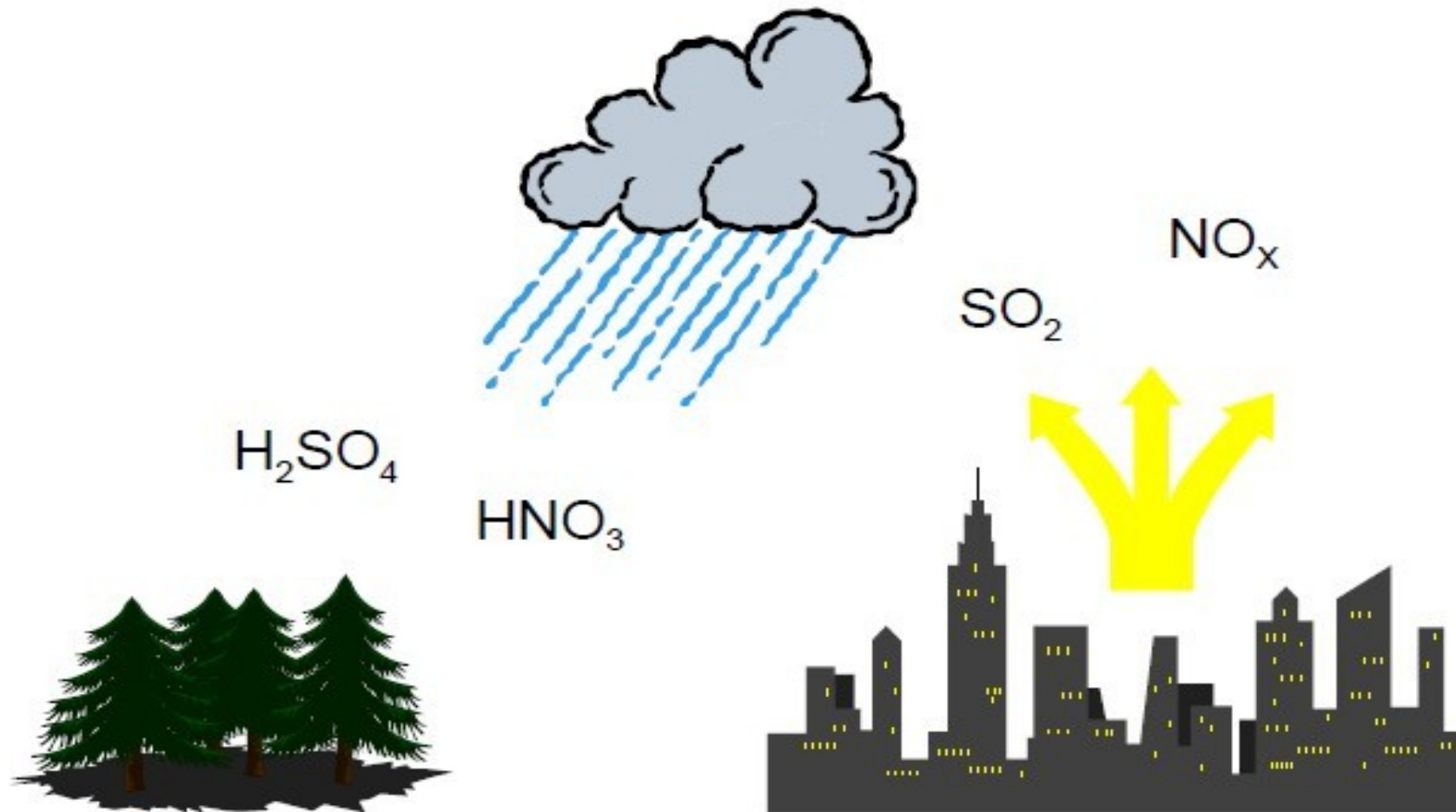
Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP)

Potentieller Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten



Bildquelle: Kreißig, J.; Kümmel, J.: Baustoff-Ökobilanzen. Wirkungsabschätzung und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie. Hrsg. Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V. 1999 in: Albrecht, S. u.a.: ÖkoPot -Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern. Abschlussbericht zum BMBF-Projekt FKZ 0330545, Stuttgart, 2008

Versauerungspotenzial (Acidification Potential, AP)

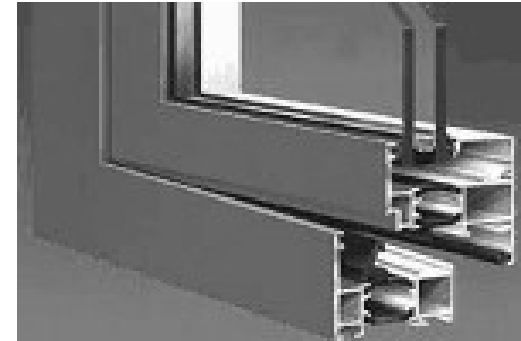


Bildquelle: Kreißig, J.; Kümmel, J.: Baustoff-Ökobilanzen. Wirkungsabschätzung und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie. Hrsg. Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V. 1999 in: Albrecht, S. u.a.: ÖkoPot -Ökologische Potenziale durch Holznutzung gezielt fördern. Abschlussbericht zum BMBF-Projekt FKZ 0330545, Stuttgart, 2008

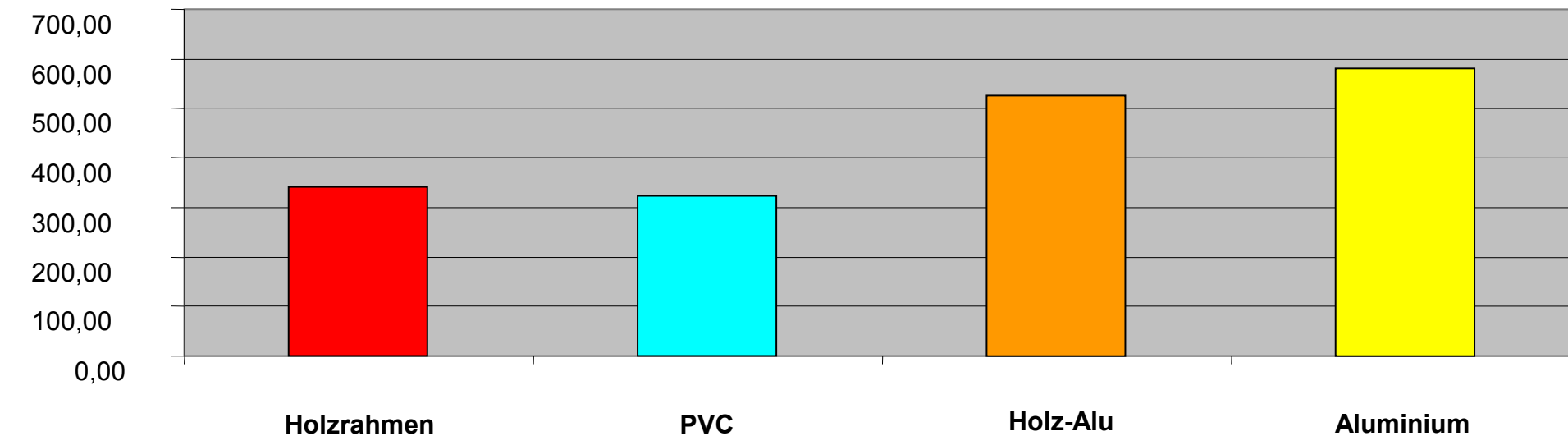
Elementevergleich

Fenster mit Verglasung, 0,5-2 m², U_g=1,1 W/m²xK

- Kosten €/m²

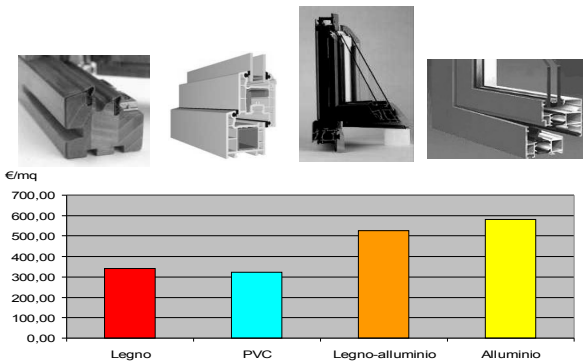
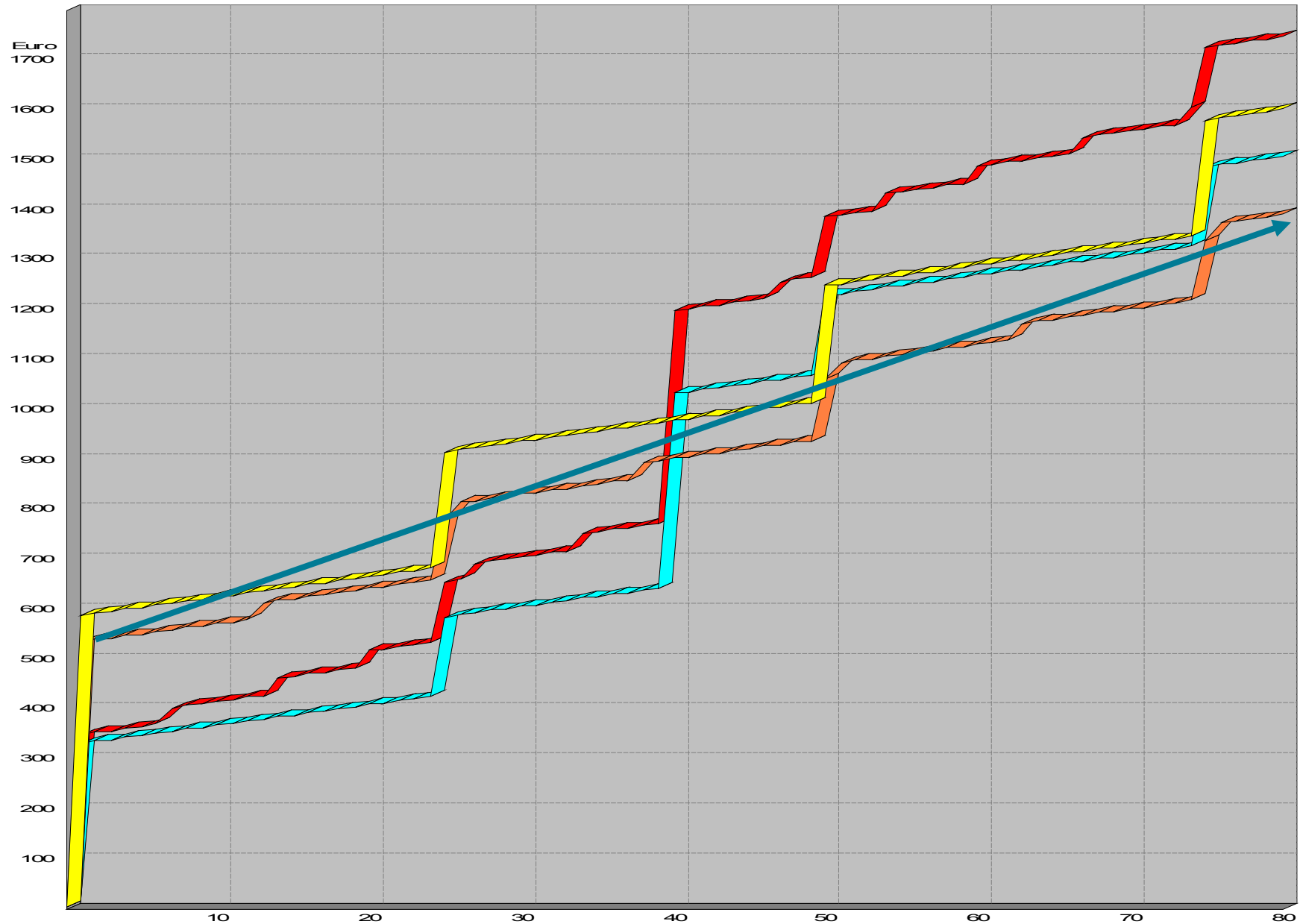


€/mq



Elementevergleich: Fenster

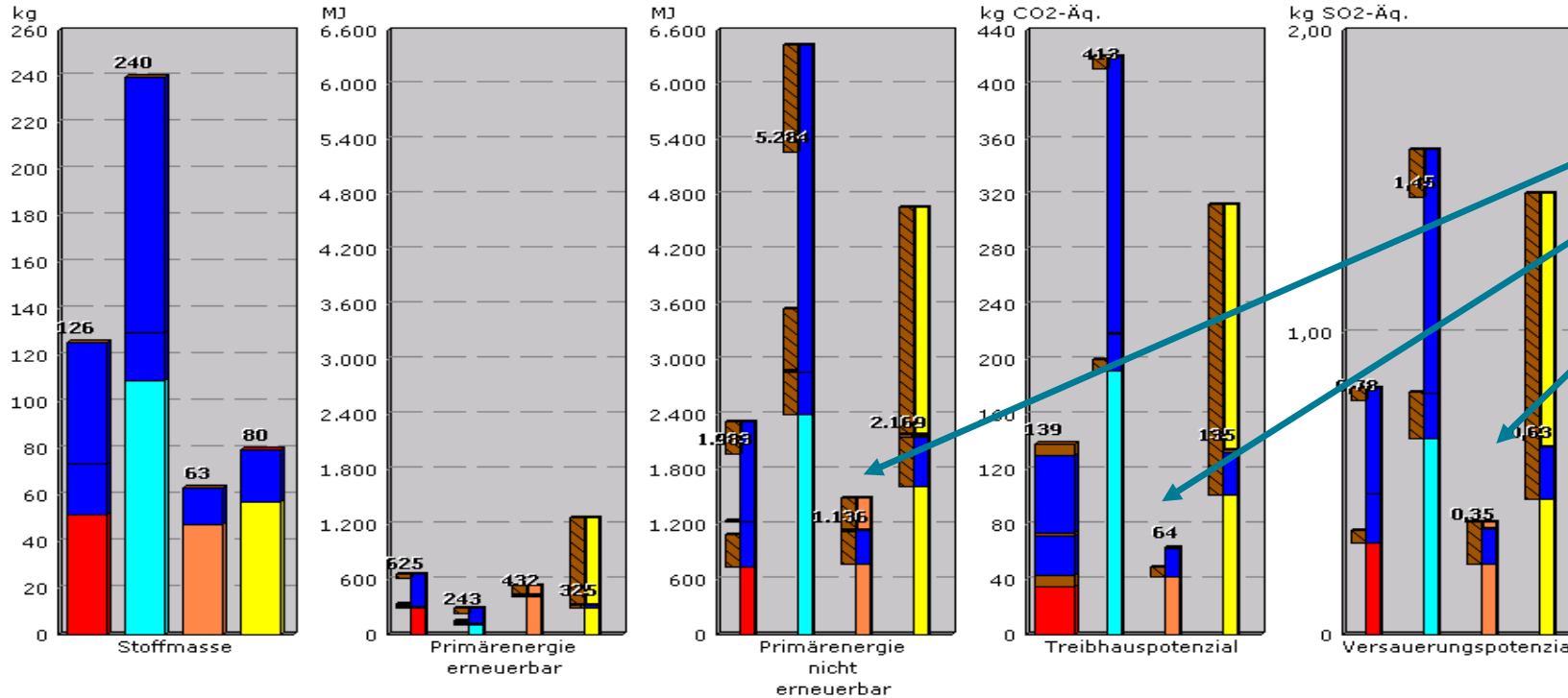
- LCC €/m²
- 80 Jahre



Ökobilanz – vier Fensterkonstruktionen

BEST-WERTE

Betrachtungszeitraum 50 a (Ökobau.dat 4/2010)



- AW Fenster Fi, 1-flügelig, Fe-Bänke, 2,0-3,0 m², ohne Sprossen, Uw=0,88
- AW Fenster KST, 1-flügelig, 2,0-3,0 m² Passivh., Uw ca. 0,7
- AW Fenster Alu-Holz, 2,0-3,0 m², Passivhaus geeignet, Uw ca. 0,88
- AW Fenster Alu 2,0-3,0 m², Passivhaus geeignet, Uw ca. 0,90

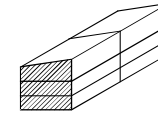
Umweltbelastung von vier Fensterbauteilen

Phase: Herstellung Holzkonstruktion (rot), Kunststoffkonstruktion (türkis), Holz-Aluminiumkonstruktion (orange), Aluminiumkonstruktion (gelb)

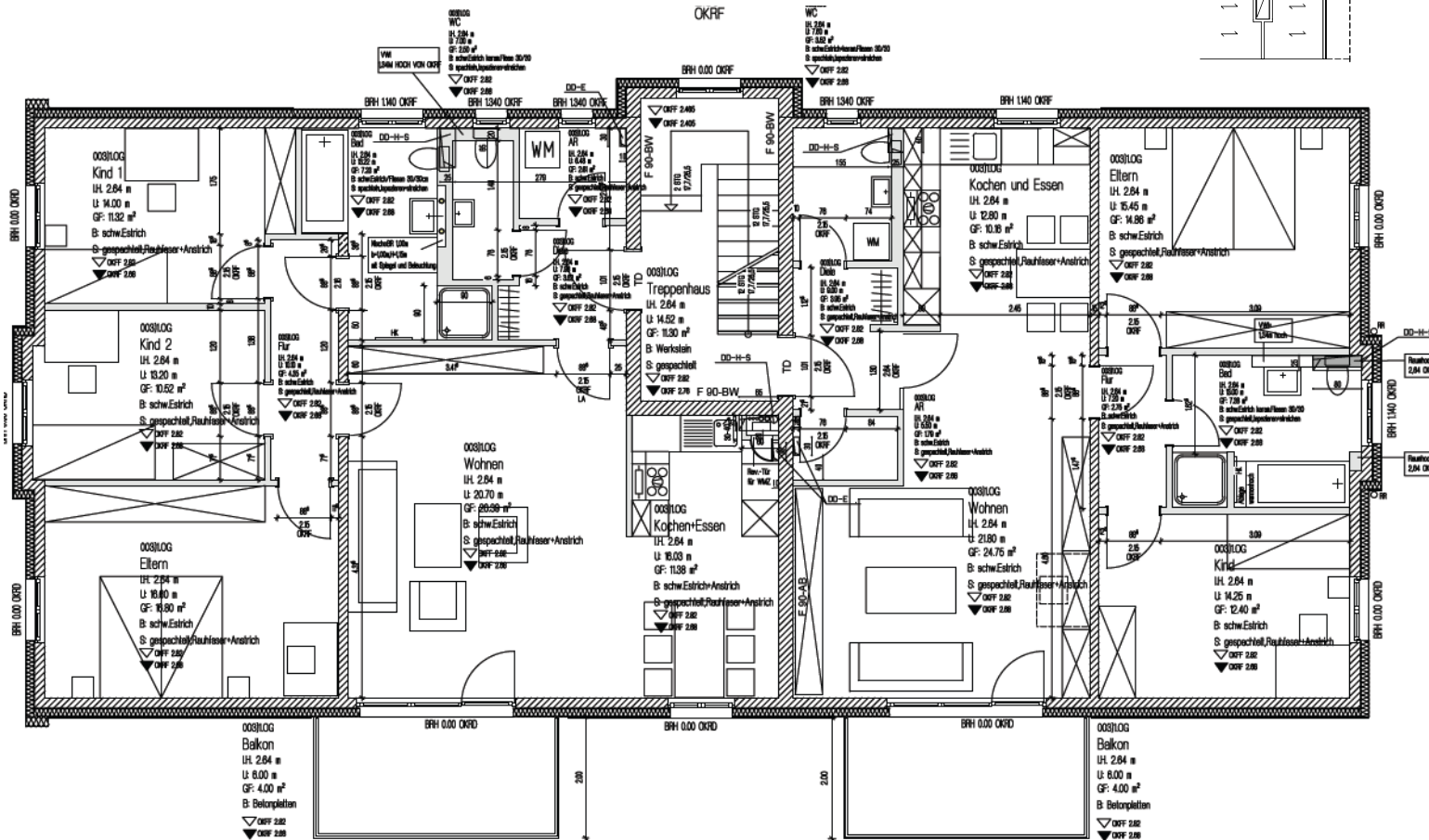
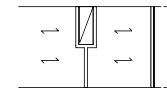
Phase: Instandsetzung (blau), Entsorgung (braun)

MFH-Steildach-3Ge-DG-ohne Keller

- MFH, 2 Spänner, 7 WE

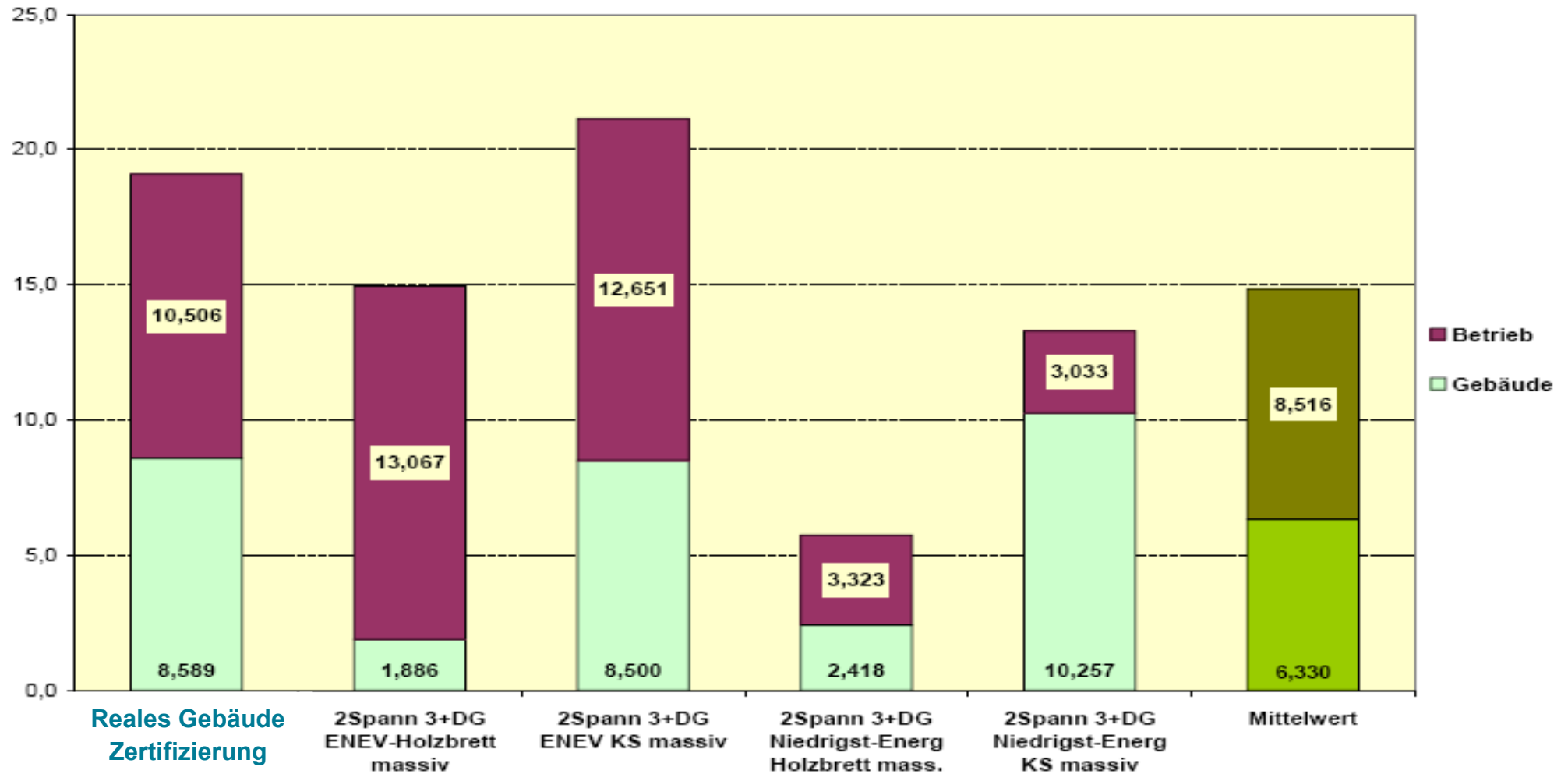


Geschosswohnungsbau
Zeile

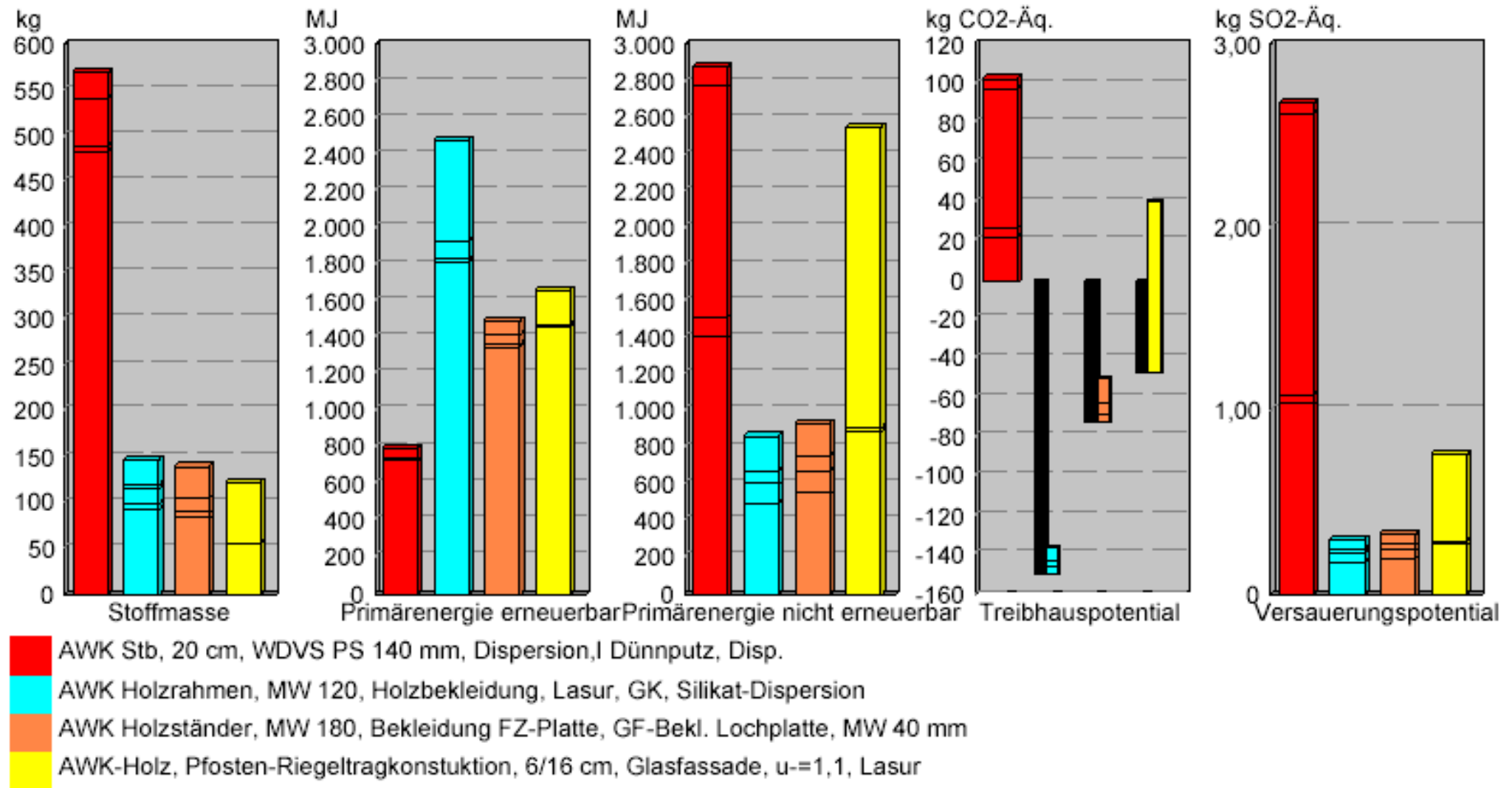


MFH - Varianten Energie und Material

MFH-SD, 2-Spänner, 3 Geschosse + DG, Vergleich: Gebäude und Betrieb
Indikator: [Treibhauspotenzial](#) [kg CO₂ äqval./m²NGF/a] (a= 50 Jahre)



Umweltbelastung vier Bauteile Herstellung/Instandsetz.



Ökonomische Qualität

Ökonomische Qualität	
16 00	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
16 01	Erstellungskosten des Gebäudes
16 02	Folgekosten des Gebäudes
16 03	Rückbau- und Entsorgungskosten des Gebäudes
16 04	Erstellungskosten des Referenzgebäudes
16 05	Folgekosten des Referenzgebäudes
16 06	Rückbau- und Entsorgungskosten des Referenzgebäudes
17 00	Wertstabilität
17 01	Flächeneffizienz
17 02	Modularität des Gebäudes
17 03	Räumliche Struktur des Gebäudes
17 04	Elektro- und Medienversorgung
17 05	Heizung, Klimatisierung, Wasserver- und Entsorgung

■ 2 Steckbriefe
0 zurückgestellt

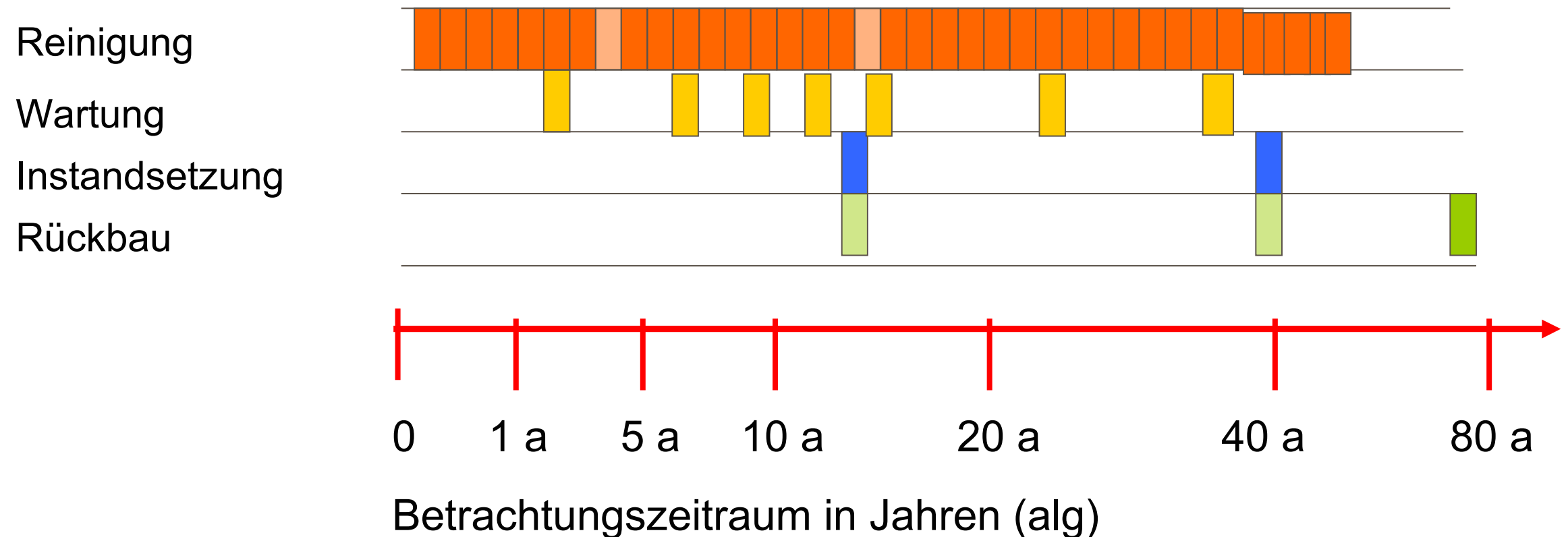
■ 7 Kriterien
0 zurückgestellt



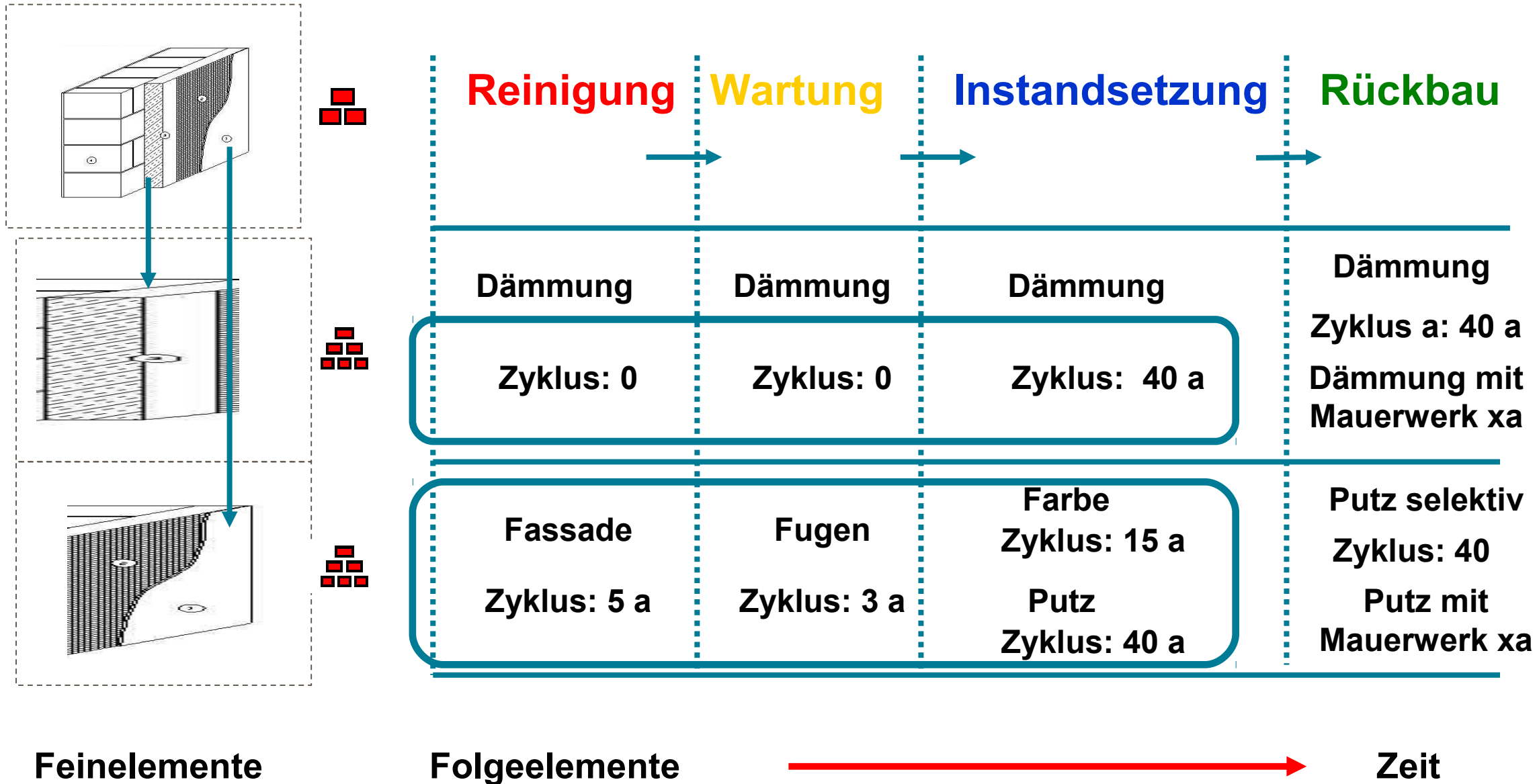
Zyklen von Dienstleistungen für das Gebäude (exemplarisch)

Serviceleistung

Relative Häufigkeit



Datenbank mit Lebenszykluselementen



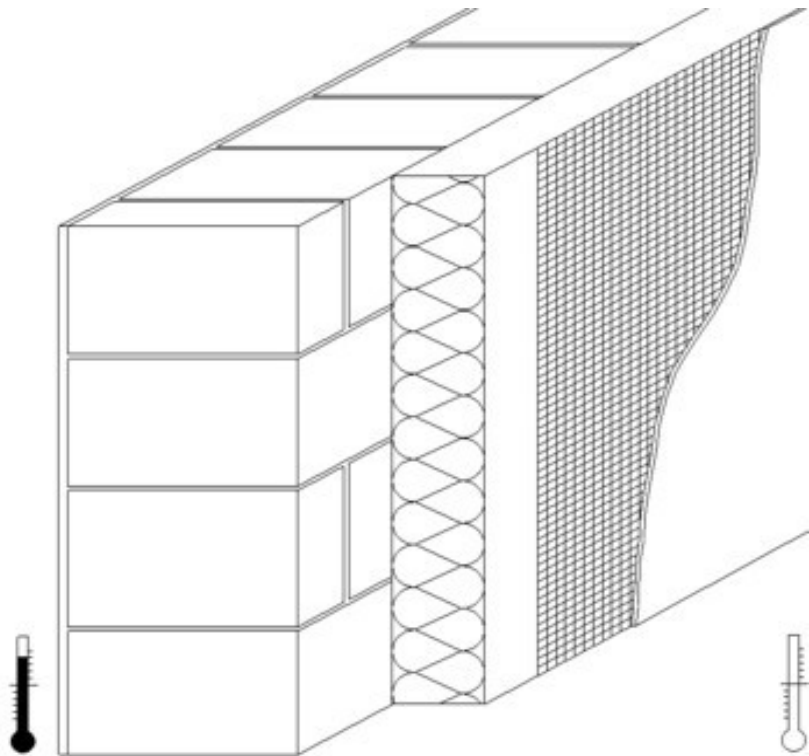
Leitfaden “Nachhaltiges Bauen” des BMVBS

	Bauteil / Bauteilschicht , Kursivdruck Erweiterung der Tabelle des „Leitfadens“ um weitere Bauteile oder Materialgruppen	Lebenserwartung von - bis [a]	mittlere Lebenserwartung [a]	Abweichung (a)	Zyklus	KGR nach DIN 276
1 Tragkonstruktion	1.1 Fundament Beton	80 - 150	100			320
	1.2 Außenwände/-stützen					330
2	1. Beton, bewehrt, bewittert	60 - 80	70	+10		331.2 333.2
	2. Naturstein, bewittert	60 - 250	80			331.1 333.1
	3. Ziegel, Klinker, bewittert	80 - 150	90			331.1 333.1
	4. Beton, Betonstein, Ziegel, Kalksandstein, bekleidet	100 - 150	120			
1	5. Leichtbeton, bekleidet	80 - 120	100			331.2 333.2
	6. Verfugung, Sichtmauerwerk	30 - 40	35	+15	0,02	



(Guideline for sustainable Building“/„Leitfaden Nachhaltiges Bauen“, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2001.)

Konstruktionen und Information



Außenwandkonstruktion aus
Kalksandstein, d=24 cm,
Wärmedämmverbundsystem
Mineralwolle 100 mm mit
Silikatbeschichtung, innen
Gipsputz mit Tapete

Erstellung

Folgekosten

-Reinigung

-Wartung

-Instandsetzung

-Rückbau

Bauphysik

Umwelt

Gesundheit

PREIS € pro m²

**PREIS € pro
m²/Zyklus**

U-Wert: W/m²K

**LCA: CO₂-äq,
SO₂-äq, PEI /m²
Deponieklasse**

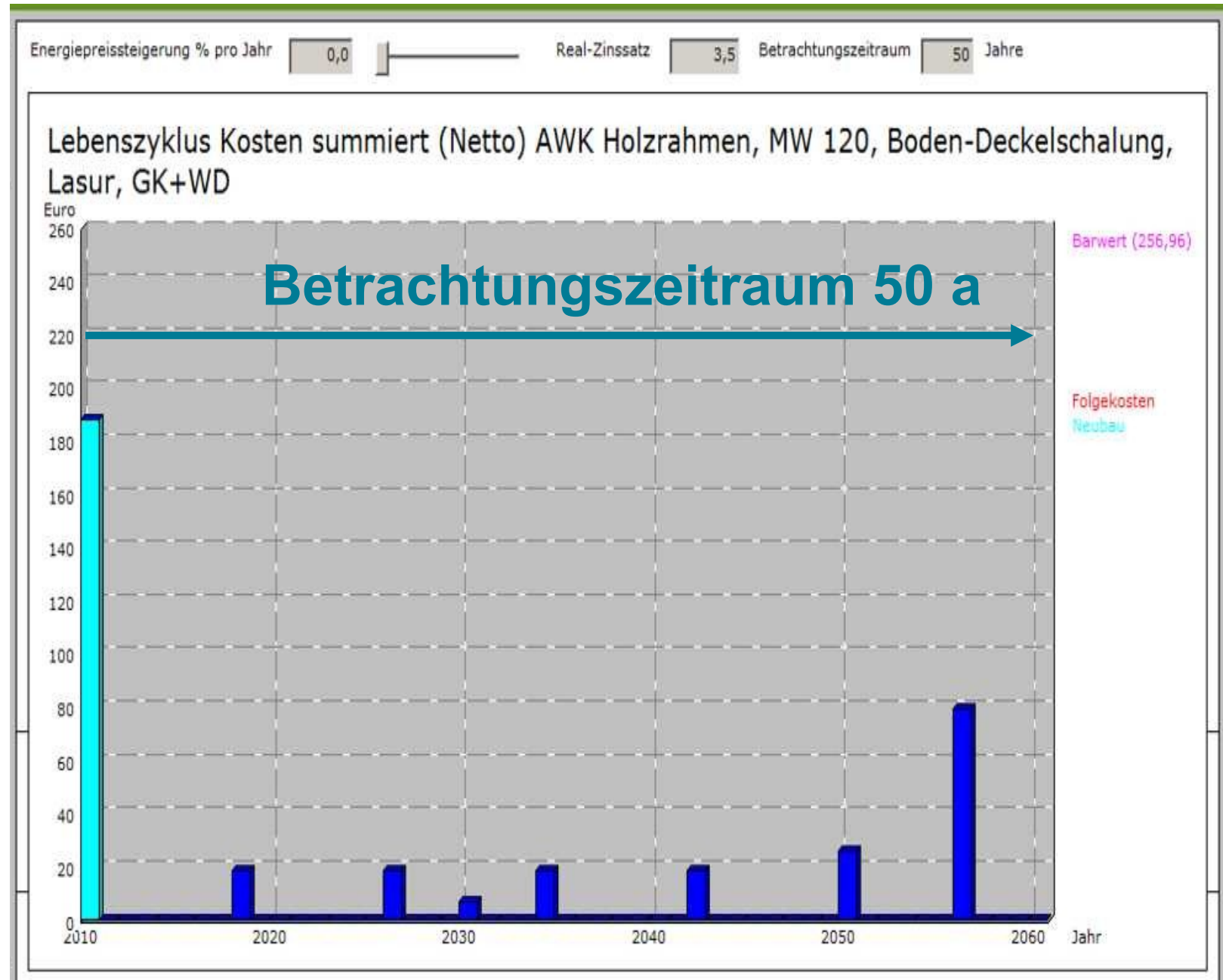
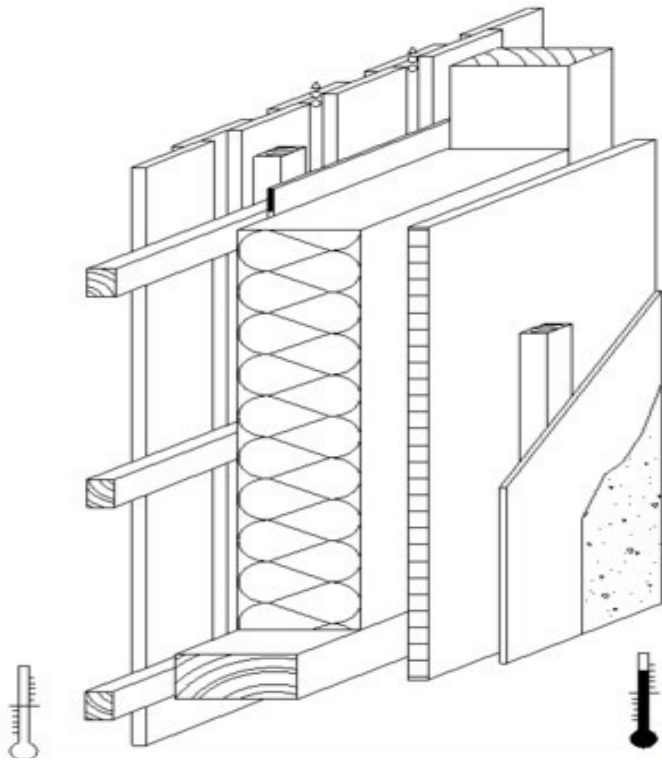
**Risiken/
Inhaltsstoffe**

Kostenermittlung statisch für 50 a

■ Herstellung 1 x €	188,00
■ Anstrich außen alle 8 a = 5x 12,50€	62,50
■ Schalung 1x 40a =	79,66
■ Rückbau Schalung 1 x 40 a =	7,80
■ Wartung Fugen und erneuern 1 x 20 a= 2 x 7,30	14,60
■ Silikatanstrich innen alle 8a = 5 x 6,46€	32,30
■ Summe Folgekosten €	196,86
■ Summe Gesamtkosten €	384,88

Ohne Rückbau und Entsorgung nach 50 a

Folgekosten grafisch 50 a



Abzinsung, Diskontsatz

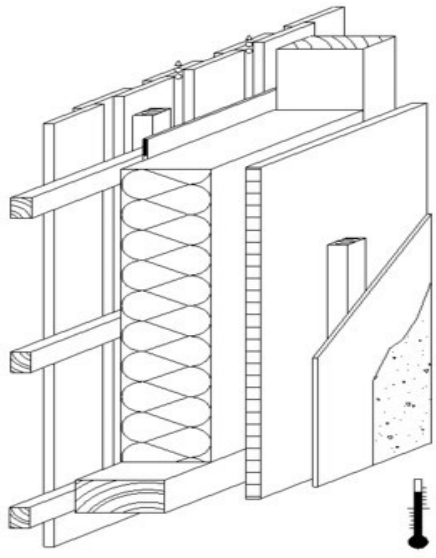
- Kosten einmalig
- Reinigung täglich, wöchentlich
- Energie monatlich, jährlich,
- Wartung halbjährlich, zweijährig
- Instandsetzung alle 5- 8 Jahre

- Unterschiedliche Kapitalabflüsse

Einfluss des Diskontsatzes

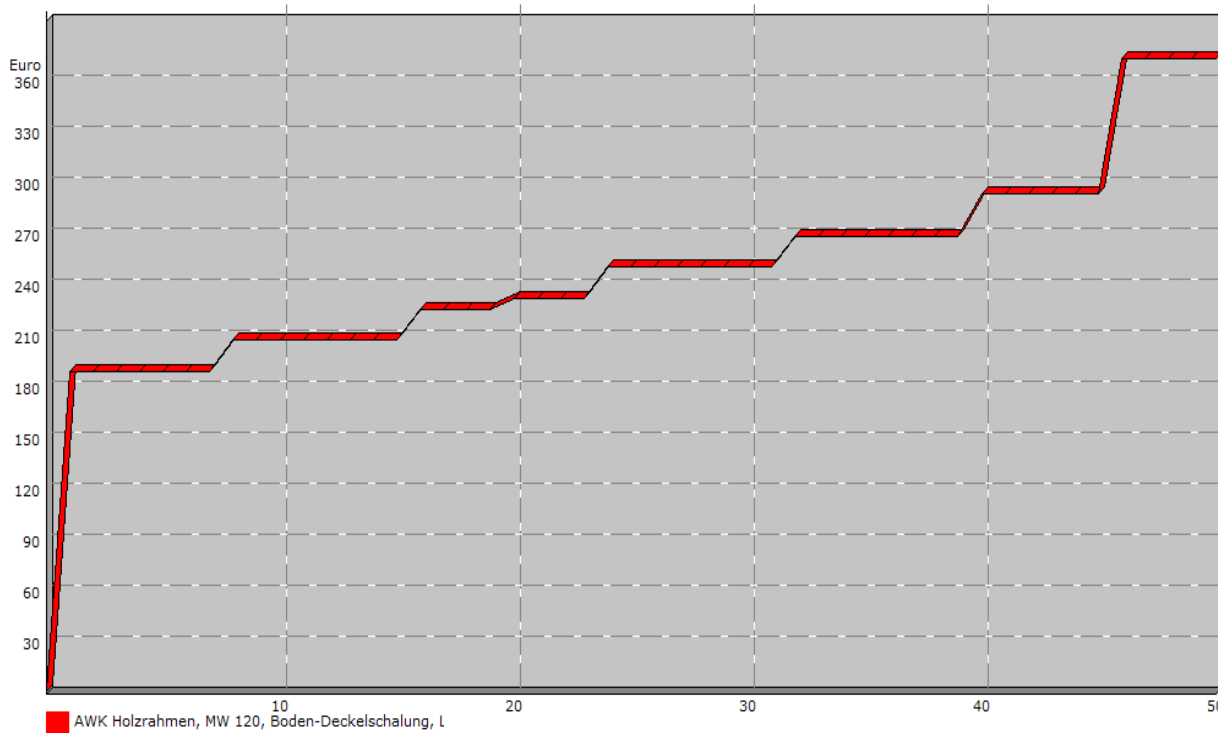
- Der Diskontsatz berücksichtigt den Zinsgewinn durch spätere Mittelabflüsse.
- Je nach Höhe des Diskontsatzes haben spätere Mittelabflüsse z.B. Abbruch und Entsorgung einen geringeren Einfluss auf die Gesamtlebenszykluskosten.
- Elementvergleiche und Gebäudevergleiche können in LEGEP mit 0% bis x Prozent gerechnet

LCC dynamisch Barwert -Annuität

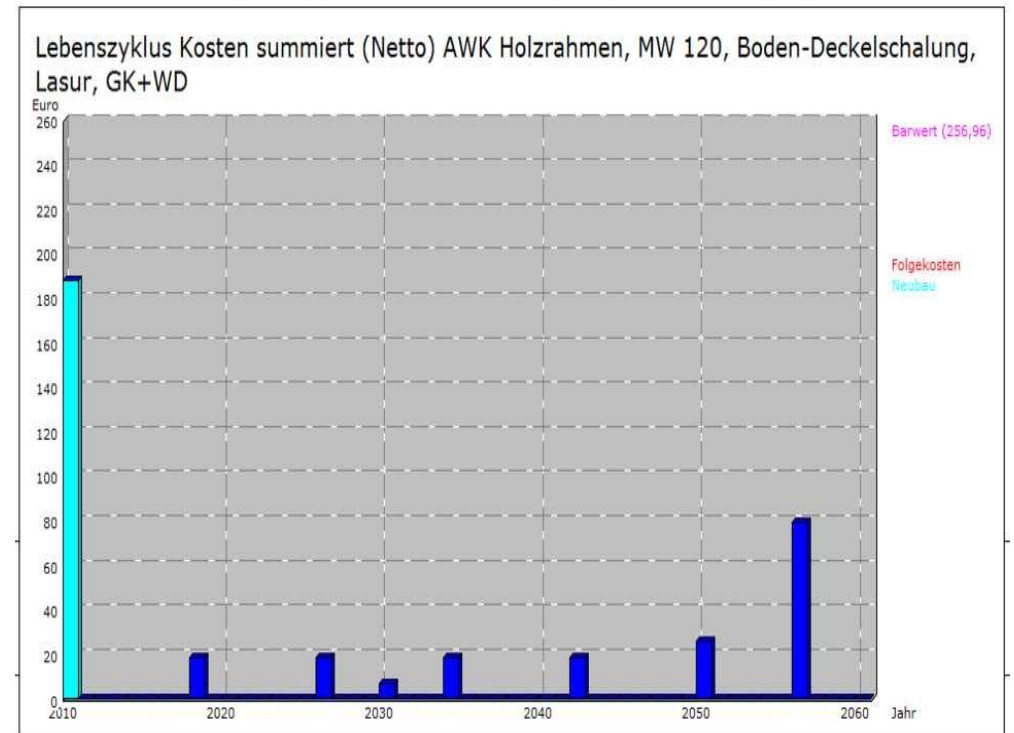


- **Lebenszykluskosten statisch 384,88 €**
- **Barwert bei 3,5% Realzins 256,96 €**
- **Annuität bei 50 a 10,95 €/a**

Betrachtungszeitraum 50 a, Energiepreissteigerung 0%, Barwertzins 0%

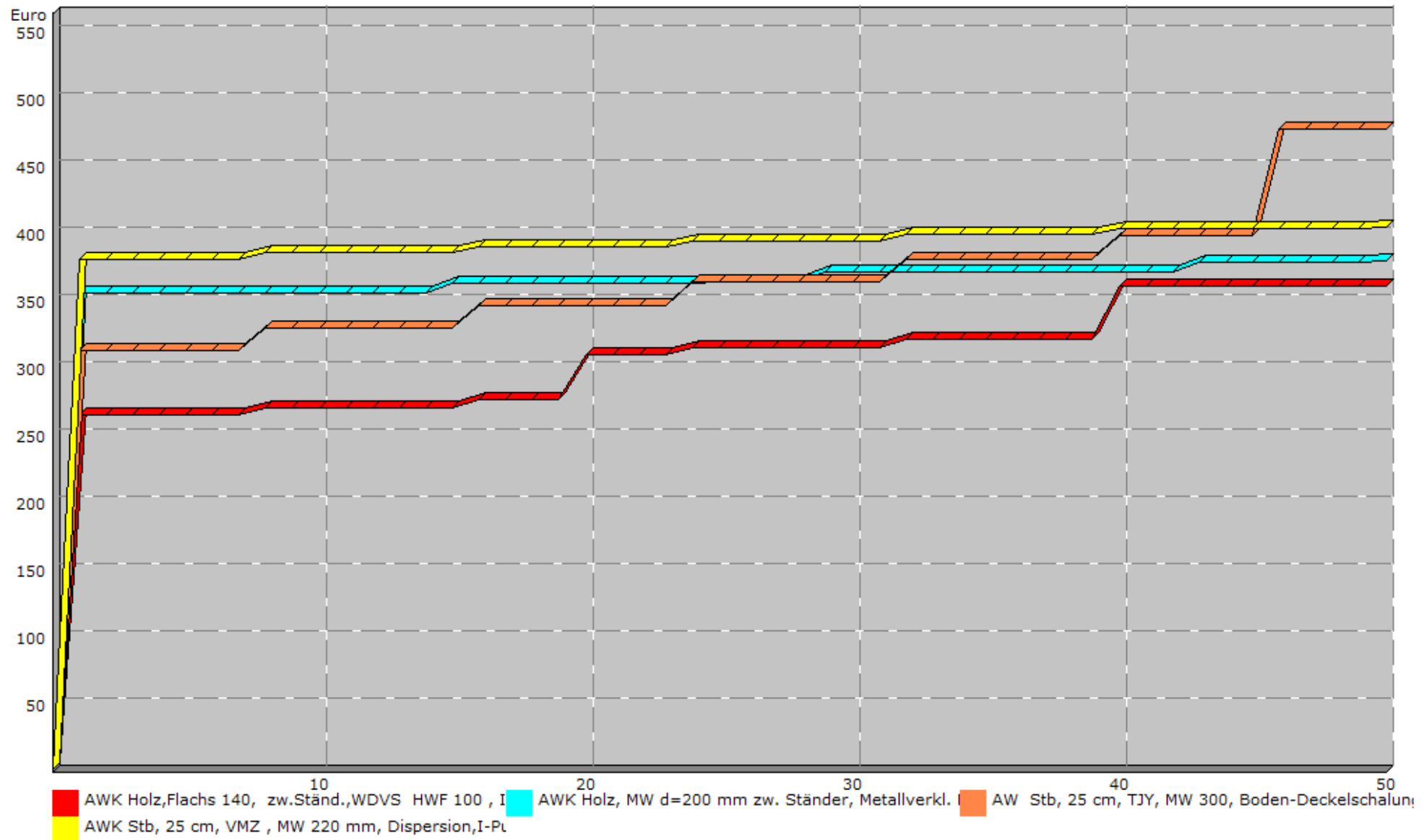


Energiepreissteigerung % pro Jahr Real-Zinssatz Betrachtungszeitraum Jahre



Bauteilvergleich, statisch, 50 a

Betrachtungszeitraum 50 a, Energiepreissteigerung 0%, Barwertzins 0%



Werkstätte für behinderte Menschen, Lindenberg

Architekt Lichtblau, München

Zwei Lösungen

- **Standard:** Stb-Konstruktion, Mineralische Bausteine, MW, Dämmung Standard EnEV
- **Solarbau:** Holzkonstruktion, Brettstapel, Zellulosedämmung, Dämmung Standard SOLARBAU Benchmark: Heizbedarf 40 kWh/m², Endenergie (m.Beleuchtung): 70 kWh/m², PE: 100 kWh/m²

Räume:

- Verwaltung/Büros, Cafeteria, Werkstraße, Werkstätten



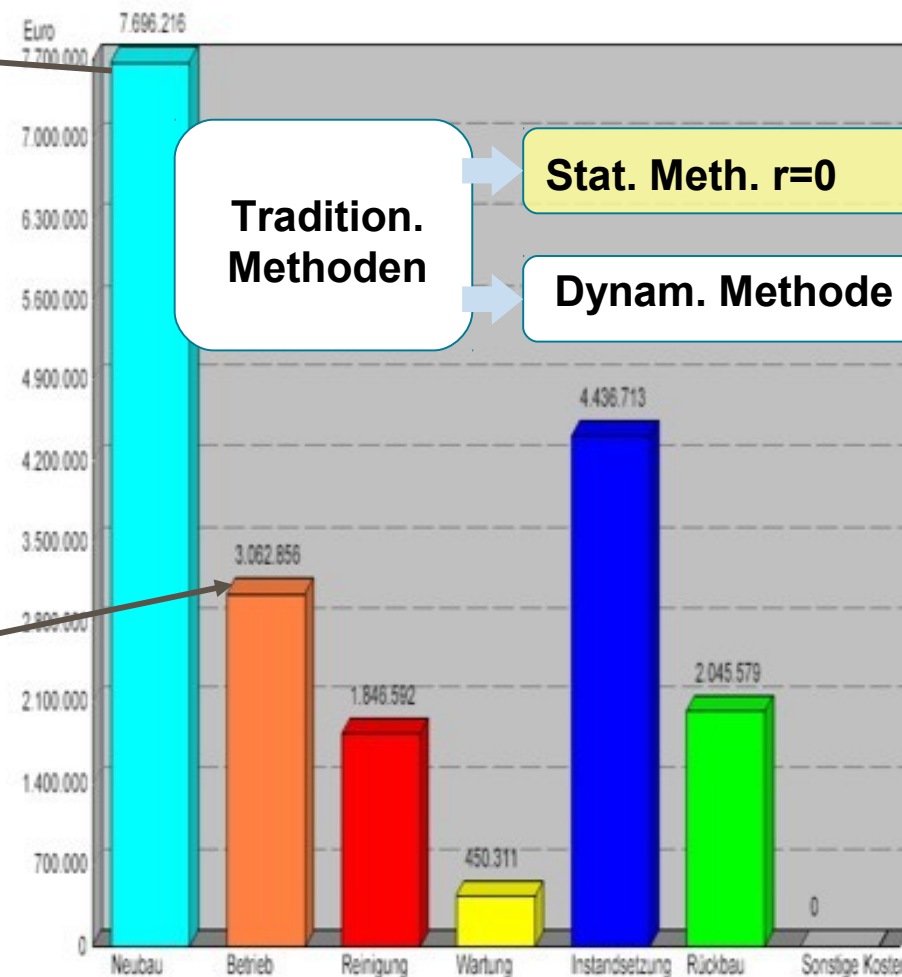
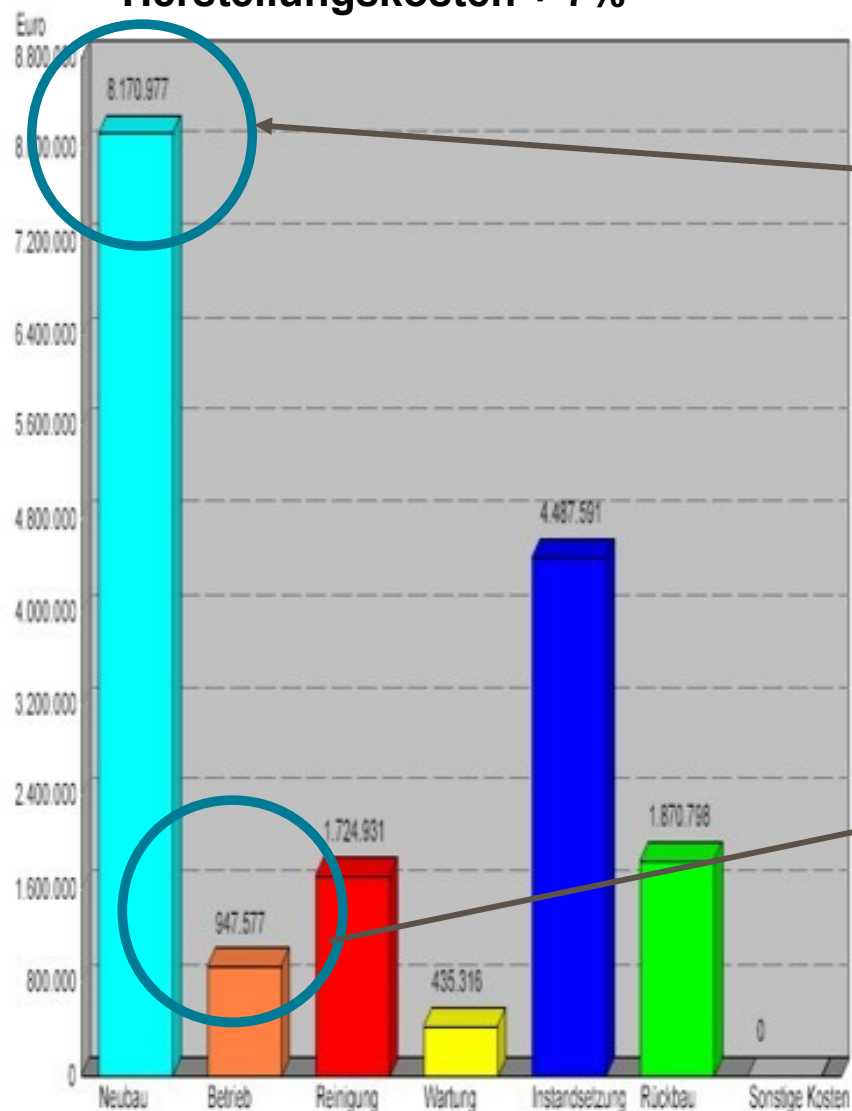
Lebenszykluskosten Vergleich

Neubau- und Nutzungskosten nach DIN 276/ DIN 18960

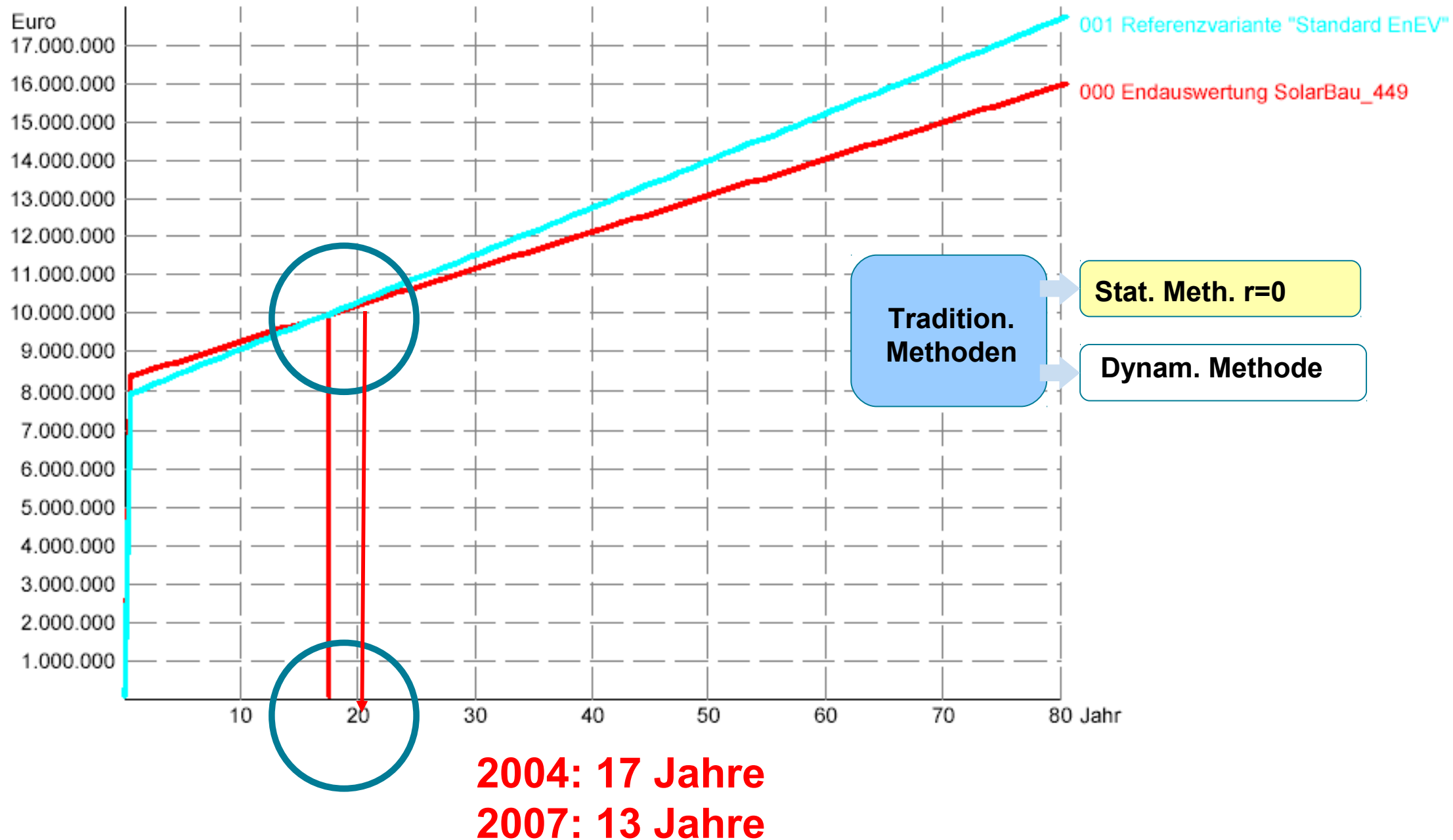
Solarbau

Standardbau

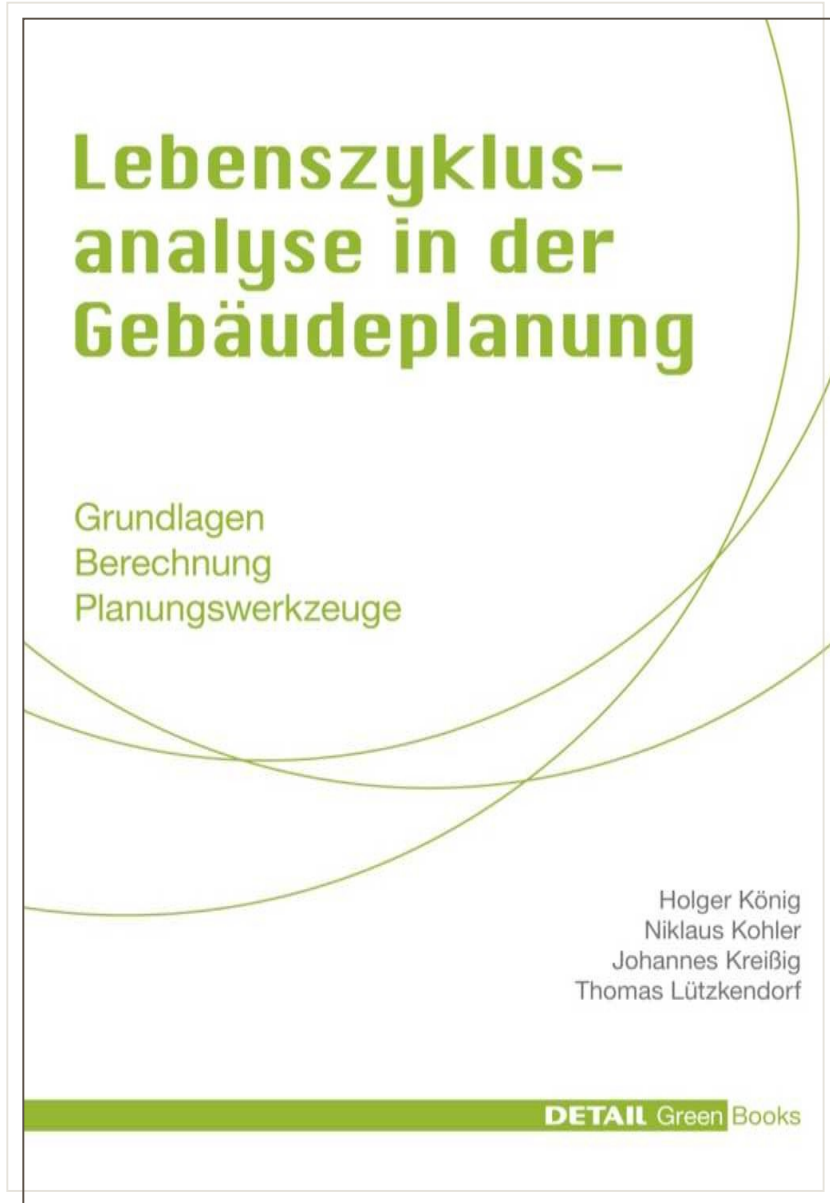
Herstellungskosten + 7%



Lebenszykluskosten, Amortisation



Lebenszyklus und Gebäude



Holger König

Niklaus Kohler

Johannes Kreißig

Thomas Lützkendorf

Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung

Detail-Verlag

ISBN 978-3-920034-30-0

LEGEP - Lebenszyklusgebäudeplanung



Legep

Integrale Programmsoftware und Datenbank

- **Kostenplanung**
- **Wärme und Energieberechnung**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Lebenszykluskosten**
- **Ökobilanz**

www.legep.de

www.legep-software.de

LEGep[®]

Lebenszyklus Gebäude Planung

Ein Werkzeug für die integrierte Lebenszyklusanalyse

gefördert von:



Dipl. Ing. Architekt Holger König