

a.o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn

Peter Maydl



Unternehmensberater für F&E

Zivilingenieur für Bauwesen

Allgem. beeideter und gerichtl.  
zertifizierter Sachverständiger

Bürogemeinschaft Maydl&Pech

Friedrich Schmidt-Platz 4  
A-1080 Wien

Tel.: ++43-1-403 98 64

Fax: ++43-1-403 98 63

e-mail: p.maydl@netway.at

## **Ressourcen- effizienznachweis** (Musteranalyse)

eines fiktiven  
Büro/Wohngebäudes

### **Auftraggeber:**

Magistrat der Stadt Wien  
Magistratsabteilung 22  
Ebendorferstraße 4  
1082 Wien

Wien, 27.9.2001

GZ 0113  
7 Seiten, 3 Beilagen, Anhang

Bankverbindung:  
ERSTE Bank, Blz. 20111  
310068-06167

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 VORBEMERKUNG</b>	<b>2</b>
<b>2 ZIEL</b>	<b>2</b>
<b>3 ANNAHMEN UND VORAUSSETZUNGEN</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Gebäudegeometrie</b>	<b>3</b>
<b>3.2 Baustoff- und Bauteilkatalog</b>	<b>3</b>
<b>3.3 Angenommene Einheitspreise</b>	<b>3</b>
<b>3.4 Gewählte Bauteile</b>	<b>4</b>
<b>4 DURCHGEFÜHRTE BERECHNUNGEN</b>	<b>5</b>
<b>4.1 Kurzbeschreibung des Ablaufs</b>	<b>5</b>
<b>4.2 Variierbare Parameter – untersuchte Varianten</b>	<b>6</b>
<b>5 ERGEBNISSE</b>	<b>7</b>

### **BEILAGEN:**

Beilage 1: Auszug des Bauteilkataloges für eine Nutzungsdauer von 100 Jahren	1 Seite
Beilage 2: Bauteilübersicht	2 Seiten
Beilage 3: Folien der Präsentation	10 Seiten

### **ANHANG:**

Anhang: Beschreibung des Rechenmodells	5 Seiten
--	----------

## 1 Vorbemerkung

Unter nachhaltigem Wirtschaften versteht man das Bestreben, Wirtschaftsprozesse so zu steuern, daß die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation erfüllt werden, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu beeinträchtigen. Daraus resultieren 3 Dimensionen der Nachhaltigkeit:

- eine ökologische,
- eine ökonomische,
- eine soziale.

Die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit verfolgt im wesentlichen 3 Schutzziele:

- Schutz der Ökosysteme,
- Schutz der menschlichen Gesundheit,
- Schutz der natürlichen Ressourcen.

Da nachhaltiges Wirtschaften langfristige Überlegungen erfordert, bedeutet das auch, für den Bereich des „nachhaltigen Bauens“, Lebenszyklusbetrachtungen bei der Optimierung von Gebäuden anzustellen. Daraus ergeben sich folgende Ansatzpunkte:

- lange Nutzungsdauer: Abstimmung von Nutzungsdauer und Lebensdauer der Bauteile, Verlängerung der Nutzbarkeit von Gebäuden durch Anpaßbarkeit an veränderte Bedürfnisse;
- sparsamer Umgang mit natürlichen, insbesondere nicht erneuerbaren Ressourcen: Stoffe, Energie, Fläche; Ressourceneffizienz bedeutet, den auf die jeweilige Nutzung/Dienstleistung eines Produkts bezogenen Ressourcenverbrauch zu minimieren;
- Kreislaufwirtschaft: Vermeidung von Abfällen, Rückführung von Abfällen in den Stoffkreislauf (Rezyklierbarkeit von Baustoffen und Bauteilen), Verwendung von Recyclingbaustoffen bei Neuplanungen;
- Klimaschutz: Reduktion der klimarelevanten Emissionen in der Herstellung und Nutzung (Baustoffe, Bauteile, Gebäude);
- Vermeidung toxischer Emissionen in Herstellung und Nutzung;
- Minimierung der Gesamtkosten (d.s. Anschaffungs- und Folgekosten im Sinne der ÖNORM B 1801-3) über eine festzulegende kalkulatorische Nutzungsdauer.

## 2 Ziel

Die vorliegende Ressourceneffizienznachweis setzt bei der Überlegung an, den Verbrauch an Stoffen, Energie und Geld über eine frei wählbare Nutzungsdauer zu minimieren, da nur erhebliche Effizienzsteigerungen im Umgang mit den natürlichen Ressourcen langfristig die Umsetzung der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit ermöglichen.

Ziel derartiger Berechnungen in der Planungsphase ist es, den Verbrauch von Stoffen, Energie und Geld, getrennt für die Errichtungs- und die Nutzungsphase eines Gebäudes transparent zu machen, um in der Planungsphase möglichst früh Einsparpotentiale zu erkennen und in der weiteren Gebäudeplanung zu berücksichtigen. Zur besseren Vergleichbarkeit sowie zur künftigen Angabe von Referenzwerten (Definition eines Mindeststandards) wird der Ressourcenverbrauch auf die Dienstleistungseinheit „m<sup>2</sup> Nutzfläche“ bezogen.

Mit der vorliegenden „Musteranalyse“ soll aufgezeigt werden, welche Informationsmöglichkeiten Bauherrn und Planern zur Verfügung stehen, um ökologisch und ökonomisch optimierte Gebäude zu realisieren, die einer langfristigen Bedürfnisbefriedigung dienen.

### **3 Annahmen und Voraussetzungen**

#### **3.1 Gebäudegeometrie**

Als Grundlage für Gebäude-Vergleichsrechnungen wurde ein vereinfachtes Gebäude-Modell (Wohnhaus, Bürohaus) in Form eines prismatischen Körpers mit den Abmessungen 10 x 15 x 10 m herangezogen, was drei Geschoßen (Erdgeschoß und zwei Obergeschoße) entspricht (siehe Abbildung 3-1). Fenster- und Türöffnungen wurden mit 30 % bzw. 15 % der jeweils zugehörigen Wandfläche eingerechnet. Verkehrswege wurden der Einfachheit halber nicht berücksichtigt.

Beim Vergleich einzelner Bauteile (nicht gesamtes Gebäude) miteinander können die ermittelten (aufsummierten) Werte direkt miteinander verglichen und bewertet werden.

Beschränkt man sich nur auf den Vergleich und die Bewertung der Außenwände, ist dennoch zur Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs die Annahme einer Gebäudegeometrie notwendig. Für diesen Zweck wurde zusätzlich ein weiter vereinfachtes Gebäudemodell in Form eines prismatischen Körpers mit den Abmessungen 10 x 6 x 6 m herangezogen (ohne Innenwände und Geschoßdecken). Transmissionswärmeverluste werden nur über die Außenwände zugelassen. Die ermittelten Stoff- und Energieverbräuche dienen nur dem Vergleich der einzelnen Aufbauten untereinander.

#### **3.2 Baustoff- und Bauteilkatalog**

Die gewählten Wand- und Deckenaufbauten sind der beiliegenden Bauteilübersicht (Beilage 2) zu entnehmen. Der Baustoff- und Bauteilkatalog wurde im Zuge eines von WWFF und ITF geförderten Forschungsvorhabens der ARWAG Bauträger GmbH in Zusammenarbeit mit der TU Wien entwickelt, die Kennwerte (insbesondere Materialinput- sowie KEA-Werte) wurden laufend ergänzt und verbessert. Nähere Details sind auszugsweise in Beilage 1 enthalten.

#### **3.3 Angenommene Einheitspreise**

Zur Kostenermittlung ist anzumerken, daß für die einzelnen Aufbauten bzw. Bauteilschichten marktkonforme Einheitspreise aufgrund von Bauträger- und Industrieangaben angenommen wurden, fehlende Werte wurden geschätzt. Erfahrungsgemäß gibt es hier nicht unbeträchtliche Unterschiede, wenn Einheitspreise bei verschiedenen Quellen zu verschiedenen Zeiten abgefragt werden. Die Aufsummierung der aus Einheitspreisen und Ausmaßen ermittelten Bauteilkosten ermöglicht noch keine Angabe der Gesamtkosten, da hier Zusatzkosten wie Baustellengemeinkosten, diverse Overheads etc. noch nicht enthalten sind. Für die gegenständliche Verwendung des Rechenmodells stellt dies jedoch keine Einschränkung dar. Nähere Details sind auszugsweise in Beilage 1 enthalten.

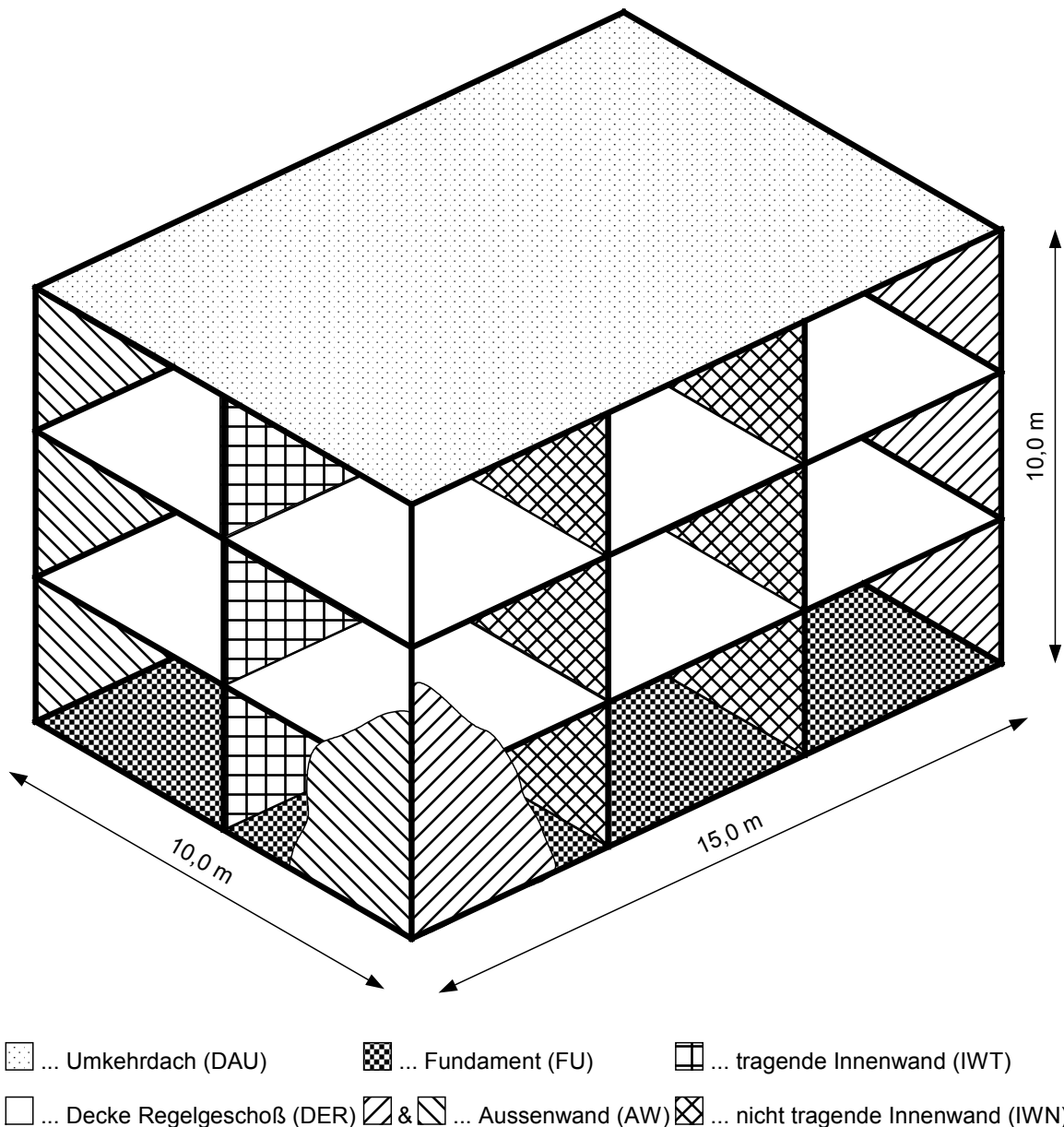


Abbildung 3-1: stark vereinfachtes Modell eines Mehrfamilienhauses

### 3.4 Gewählte Bauteile

Das in Abbildung 3-1 dargestellte Modell setzt sich aus folgenden Bauteilen zusammen, die im Rechenmodell berücksichtigt wurden (Schichtaufbauten dieser Bauteile sind in beiliegender Bauteilübersicht – Beilage 2 – enthalten):

Tabelle 3-1: Massen und Kosten der berücksichtigten Bauteile

Bauteil-Code	Bezeichnung des Bauteils	d [cm]	Vorkommen [m <sup>2</sup> ]	Kosten [ÖS/m <sup>2</sup> ]
FU13	Erdb. Boden (Ortbeton30+XPS4)	39,3	150,0	1.900,-
DAU04	Umkehrdach (Ortbeton18 +XPS20+Kies10)	57,1	150,0	2.000,-
DER01	Decke Regelgeschoß (Ortbeton16+TSD3)	27,2	300,0	1.050,-
AW11	Außenwand (Ortbeton18+EPS7)	26,8	350,0	1.950,-
IWT07	Innenwand tragend (Ortbeton15)	18,0	127,5	1.345,-
IWN41	Innenwand nicht tr. (DÜWA6,5)	8,5	170,0	730,-

Zu dem in Tabelle 3-1 angeführten Wandaufbau werden alternativ folgende Bauteile (Tabelle 3-2) zum Vergleich herangezogen:

Tabelle 3-2: Massen und Kosten der **alternativ** berücksichtigten Bauteile

Bauteil-Code	Bezeichnung des Bauteils	d [cm]	Vorkommen [m <sup>2</sup> ]	Kosten [ÖS/m <sup>2</sup> ]
AW61	Außenwand (Porotherm38)	42,0	350,0	1.280,-
AW65	Außenwand (Porotherm25+EPS6)	32,8	350,0	1.460,-

Die Nettogrundrißfläche (NGF) beträgt je nach Dicke der Außenwand ca. 387 m<sup>2</sup> bis ca. 410 m<sup>2</sup>.

## 4 Durchgeführte Berechnungen

### 4.1 Kurzbeschreibung des Ablaufs

Das Prinzip des Rechenmodell und die zugehörigen Abläufe der Berechnung werden im Anhang näher beschrieben. Kurzgefaßt läßt sich der Rechengang wie folgt darstellen (Abbildung 4-1):

**Gebäude-Geometrie**

- Geometrie
- Bauteile und Aufmaße

**Baustoff- und Bauteilkatalog**

- MI-Werte
- KEA-Werte
- Einheitspreise
- sonstige Kennwerte

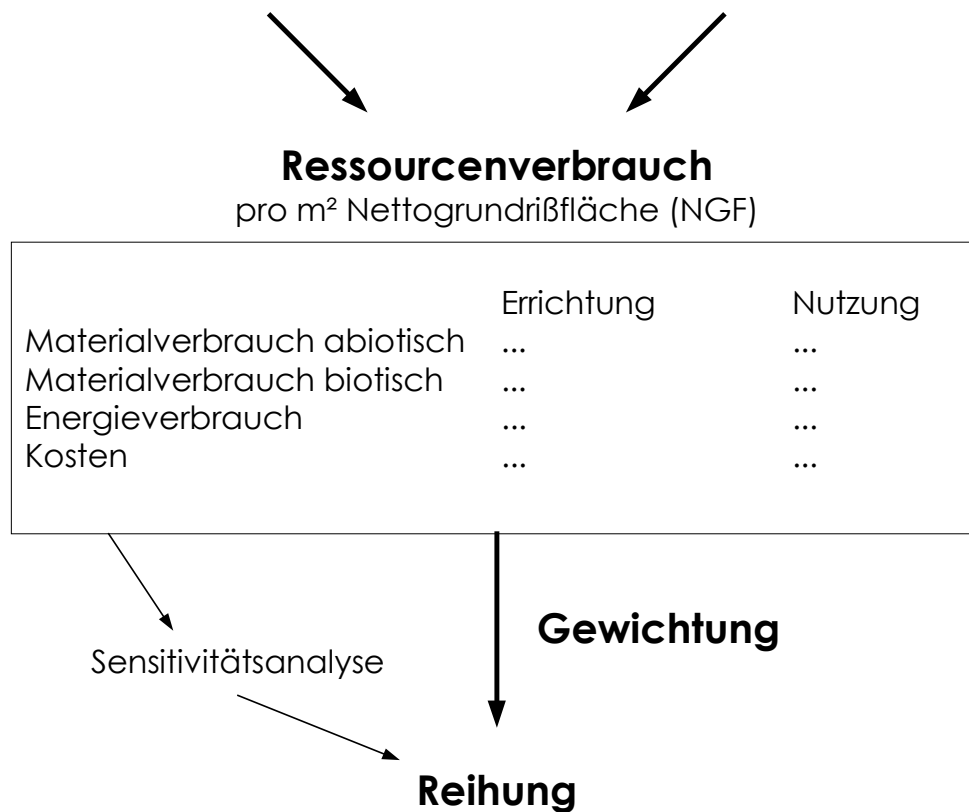


Abbildung 4-1: Übersicht über das Rechenmodell

**4.2 Variierbare Parameter – untersuchte Varianten**

Folgende Parameter können frei gewählt werden:

- Anzahl der Bauteile
- Kalkulatorische Nutzungsdauer
- Heizungstyp
- Nettogrundrißfläche (NGF)
- Heizwärmebedarf bzw. Ausgangsparameter für Berechnung nach ÖNORM B 8135
- Bau-/Nutzungsphase
- Materialverbrauch (MI-Werte)
  - abiotisch (= nicht erneuerbar)
  - biotisch (= erneuerbar)
- Energieverbrauch (MI- und KEA-Werte)
- Kosten.

Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über die untersuchten Varianten und die zugehörigen Gewichtungen:

Tabelle 4-1: Übersicht über die durchgeführten Berechnungen

Varianten	Aufbauten			Kalkulatorische Nutzungsdauer			Gewichtung									
	Gebäude mit AW 1	Gebäude mit AW 2	Gebäude mit AW 3	30 a	50 a	100 a	Errichtungsphase				Nutzungsphase					
							Mat.-abiot.	Mat.-biot.	Energie	Kosten	Mat.-abiot.	Mat.-biot.	Energie	Kosten		
Var. 1	o	-	-	o	-	-	*)				*)					
Var. 2	o	-	-	-	-	o	*)				*)					
Var. 3	W**)	W**)	W**)	-	-	o	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Var. 4	o	o	o	-	o	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Var. 5							1	1	1	2	1	1	1	2		
Var. 6							1	1	1	3	1	1	3	1		
Var. 7							1	1	1	1	2	2	2	2		
Var. 8							2	2	2	2	1	1	1	1		
Var. 9							0	0	1	1	0	0	1	1		
Var. 10							1	1	1	1	1	1	1	1		
Var. 11	1	1	1	2	1	1	1	2								
Var. 12	1	1	1	3	1	1	3	1								
Var. 13	o	o	o	-	-	o	1	1	1	1	2	2	2	2		
Var. 14	2	2	2	2	1	1	1	1								
Var. 15	1	1	1	1	0	0	0	0								
Var. 16	1	1	1	2	0	0	0	0								

\*) Da nur eine Gebäude-Variante bewertet wurde(→ keine Reihung), erübrigt sich eine Gewichtung.

\*\*) Da nur drei einzelne Bauteile bewertet wurden, wurde der Berechnung ein eigenes Gebäudemodell (→Würfel) gemäß Abschnitt 3.1 zugrunde gelegt.

Die Zahlen in den Spalten der Gewichtung stellen die Wertigkeiten der verschiedenen Kategorien untereinander dar.

## 5 Ergebnisse

Eine beispielhafte Darstellung der Ergebnisse ist der Beilage 3 zu entnehmen (=Folien der Präsentation gegenständlicher Berechnungen).

Wien, 27.9.2001



Ressourceneffizienznachweis "Musterhaus" - Bauteilauszug

Bauteil-Code	Bauteil-schicht-Code	Bauteile	d [cm]	ERRICHTUNG				NUTZUNG 100 Jahre				Beseit. Kosten [€/m²]	Lebens-dauer [a]	Anz.d. Erneue-rungen	U [W/(m²K)]
				MI abiot. [kg/m²]	MI biot. [kg/m²]	KEA [kWh/m²]	Kosten [€/m²]	MI abiot. [kg/m²]	MI biot. [kg/m²]	KEA [kWh/m²]	Barwert [€/m²]				
AW05		Außenwand (Ortbeton25+EPS6)	32,8	668	0	164	1600	87	0	54	2360	0			0,50
AW06		Außenwand (Ortbeton20+EPS10)	31,8	545	0	144	1460	97	0	81	2150	0			0,32
AW07		Außenwand (Ortbeton20+MW10+Alu)	37,5	764	8	244	2930	44	0	3	260	0			0,34
AW08		Außenwand (Ortbeton14+MW12+ETERNIT)	31,1	448	36	176	670	94	36	95	50	0			0,29
AW09		Außenwand (Ortbeton14+Zellulose10+ETERNIT)	31,1	395	44	248	670	41	44	166	50	0			0,29
AW11		Außenwand (Ortbeton18+EPS7)	26,8	493	0	127	1950	92	0	66	2360	0			0,45
	PMD2.02	Reibputz 2	0,2	6	0	2	0	18	0	6	0	0	30	3	
	PMT1.01	Glasfasergitter 1	-	1	0	3	0	3	0	9	0	0	30	3	
	WDE2.07	EPS-Platte (WVS) 70	7,0	4	0	12	700	12	0	35	2100	0	30	3	
	PML2.01	Klebespachtel (WVS) 1	0,1	3	0	1	0	9	0	3	0	0	30	3	
	MEB7.14	4Stk. Befestigungsmittel (WVS) (d=12mm, l=140mm) /m²	-	2	0	3	0	5	0	10	0	0	30	3	
	BSW3.18	Ortbetonwand (B300+70kg Stahl/m³) 180	18,0	455	0	105	1120	0	0	0	0	0	120	0	
	PMG1.15	Gipsputz 15	1,5	22	0	1	130	44	0	3	260	0	40	2	
AW32		Außenwand (Mantelbeton30+Kork)	34,0	440	112	124	580	84	0	10	660	0			0,44
AW33		Außenwand (Mantelbeton25+EPS8)	34,8	429	89	125	770	94	0	71	2030	0			0,30
AW34		Außenwand (Mantelbeton20+MW8+ETERNIT)	34,1	393	107	164	632	112	32	88	260	0			0,31
AW35		Außenwand (Mantelbeton20+MW8+Alu)	35,6	468	121	172	632	44	0	3	260	0			0,29
AW36		Außenwand (Mantelbeton20+MW12)	34,0	420	74	125	1865	319	0	119	3776	0			0,25
AW37		Außenwand (Mantelbeton20+EPS12)	33,8	348	74	115	715	101	0	91	326	0			0,23
AW51		Außenwand (Ziegelsplittbeton25+EPS15)	41,8	553	1	167	163	106	0	106	326	0			0,22
AW61		Außenwand (POROTHERM38)	42,0	504	49	234	1280	84	0	10	660	0			0,34
	PMK2.25	Kalk-Zementputz (60) 25	2,5	41	0	7	400	41	0	7	400	0	60	1	
	ZSH5.38	Hochlochziegel (WIENERBERGER POROTHERM) 380	38,0	410	49	220	750	0	0	0	0	0	120	0	
	PMM1.19	Kalk-Zementmörtel 19l/m²	-	31	0	5	0	0	0	0	0	0	120	0	
	PMG1.15	Gipsputz 15	1,5	22	0	1	130	44	0	3	260	0	40	2	
AW62		Außenwand (Ziegel45)	49,0	584	59	275	530	84	0	10	660	0			0,29
AW63		Außenwand (POROTHERM25)	29,0	340	33	155	1160	84	0	10	660	0			0,96
AW64		Außenwand (POROTHERM25+MW8)	35,1	369	33	178	1743	255	0	95	3209	0			0,33
AW65		Außenwand (POROTHERM25+EPS6)	32,8	313	33	165	1460	87	0	54	2360	0			0,37
	PMD2.02	Reibputz 2	0,2	6	0	2	0	18	0	6	0	0	30	3	
	PMT1.01	Glasfasergitter 1	-	1	0	3	0	3	0	9	0	0	30	3	
	WDE2.06	EPS-Platte (WVS) 60	6,0	4	0	10	700	11	0	30	2100	0	30	3	
	PML2.01	Klebespachtel (WVS) 1	0,1	3	0	1	0	9	0	3	0	0	30	3	
	MEB7.10	4Stk. Befestigungsmittel (WVS) (d=8mm, l=100mm) /m²	-	1	0	1	0	2	0	3	0	0	30	3	
	ZSH5.25	Hochlochziegel (WIENERBERGER POROTHERM) 250	25,0	265	33	142	630	0	0	0	0	0	120	0	
	PMB1.04	Dünnbettmörtel 4l/m²	-	12	0	4	0	0	0	0	0	0	120	0	
	PMG1.15	Gipsputz 15	1,5	22	0	1	130	44	0	3	260	0	40	2	
AW66		Außenwand (POROTHERM25+MW8+ETERNIT)	39,1	355	65	229	760	112	32	88	260	0			0,30
AW67		Außenwand (POROTHERM25+MW8+Alu)	40,6	430	79	237	760	44	0	3	260	0			0,29
AW71		Außenwand (LIGNOTREND7+MW12+ETERNIT)	25,1	117	71	123	100	117	71	123	100	0			0,26
AW72		Außenwand (LIGNOTREND7+MW12+Alu)	26,6	171	84	124	100	171	84	124	100	0			0,25
AW73		Außenwand (LIGNOTREND7+Zellulose12+ETERNIT)	25,1	64	78	195	100	64	78	195	100	0			0,26
AW74		Außenwand (LIGNOTREND7+Zellulose12+Alu)	26,6	139	92	203	100	139	92	203	100	0			0,25

## Ressourceneffizienznachweis "Musterhaus" - Bauteilübersicht

Bauteil-Code	Bauteile	d [cm]	Kosten [ÖS/m²]
FU13 150 m²	<b>Erd. Boden (Ortbeton30+XPS4)</b>	<b>39,3</b>	<b>öS 1.900,00</b>
	Zementestrich (B300) 50	5,0	öS 150,00
	Bewehrung 4kg/m²	-	öS 40,00
	Trennlage (PE-Folie) 0,2	0,0	öS 10,00
	XPS-Platte 40	4,0	öS 120,00
	Feuchtigkeitsabdichtung (Bitumenbahn) 3	0,3	öS 250,00
	Fundamentplatte (B300) 300	30,0	öS 1.330,00
DER01 300 m²	<b>Decke Regelgeschoß (Ortbeton16+TSD3)</b>	<b>27,2</b>	<b>öS 1.050,00</b>
	Zementestrich (B300) 50	5,0	öS 150,00
	Trennlage (PE-Folie) 0,2	0,0	öS 10,00
	Trittschalldämmplatte (Steinwolle) 40	4,0	öS 140,00
	Sandausgleich 20	2,0	öS 40,00
	Ortbetondecke (B300+90kg Stahl/m³) 160	16,0	öS 650,00
	Spachtelung 2	0,2	öS 60,00
AW11 Var. 1 350 m²	<b>Außenwand (Ortbeton18+EPS7)</b>	<b>26,8</b>	<b>öS 1.950,00</b>
	Reibputz 2	0,2	-
	Glasfasergitter 1	-	-
	EPS-Platte (VWS) 70	7,0	öS 700,00
	Klebespachtel (WVS) 1	0,1	-
	4Stk. Befestigungsmittel (WVS) (d=12mm, l=140mm) /m²	-	-
	Ortbetonwand (B300+70kg Stahl/m³) 180	18,0	öS 1.120,00
	Gipsputz 15	1,5	öS 130,00
AW61 Var. 2 350 m²	<b>Außenwand (POROTHERM38)</b>	<b>42,0</b>	<b>öS 1.280,00</b>
	Kalk-Zementputz 25	2,5	öS 400,00
	Hochlochziegel (WIENERBERGER POROTHERM) 380	38,0	öS 750,00
	Kalk-Zementmörtel 19l/m²	-	-
	Gipsputz 15	1,5	öS 130,00

## Ressourceneffizienznachweis "Musterhaus" - Bauteilübersicht

Bauteil-Code	Bauteile	d [cm]	Kosten [ÖS/m²]
AW65 Var. 3 350 m²	<b>Außenwand (POROTHERM25+EPS6)</b>	<b>32,8</b>	<b>öS 1.460,00</b>
	Reibputz 2	0,2	-
	Glasfasergitter 1	-	-
	EPS-Platte (WVS) 60	6,0	öS 700,00
	Klebespachtel (WVS) 1	0,1	-
	4Stk. Befestigungsmittel (WVS) (d=12mm, l=140mm) /m²	-	-
	Hochlochziegel (WIENERBERGER POROTHERM) 250	25,0	öS 630,00
	Dünnbettmörtel 4l/m²	-	-
	Gipsputz 15	1,5	öS 130,00
	IWT07 127,5 m²	<b>Innenwand tragend (Ortbeton15)</b>	<b>18,0</b>
Kalk-Zementputz 15		1,5	öS 160,00
Ortbetonwand (B225+70kg Stahl/m³) 150		15,0	öS 1.025,00
Kalk-Zementputz 15		1,5	öS 160,00
IWN41 170 m²	<b>Innenwand nicht tr. (DÜWA6,5)</b>	<b>8,5</b>	<b>öS 730,00</b>
	Gipsputz 10	1,0	öS 130,00
	Dünnwandstein 65	6,5	öS 470,00
	Kalk-Zementmörtel 5l/m²	-	-
	Gipsputz 10	1,5	öS 130,00
DAU04 150 m²	<b>Umkehrdach (Ortbeton18+XPS20+Kies10)</b>	<b>57,9</b>	<b>öS 2.000,00</b>
	Kiesschüttung (Umkehrdach) 100	10,0	öS 100,00
	XPS-Platte (Umkehrdach) 200	20,0	öS 480,00
	Feuchtigkeitsabdichtung (Bitumenbahn) 3	0,3	öS 165,00
	Feuchtigkeitsabdichtung (Bitumenbahn) 3	0,3	öS 165,00
	Feuchtigkeitsabdichtung (Bitumenbahn) 3	0,3	öS 165,00
	Gefällebeton (B225) 85	8,5	öS 190,00
	Ortbetondecke (B300+90kg Stahl/m³) 180	18,0	öS 675,00
	Spachtelung 5	0,5	öS 60,00

# Schema des Rechenmodells

## Gebäude-Geometrie

- Geometrie
- Bauteile und Aufmaße

## Baustoff- und Bauteilkatalog

- MI-Werte
- KEA-Werte
- Einheitspreise
- sonstige Kennwerte



## Ressourcenverbrauch

pro m<sup>2</sup> Nettogrundrißfläche (NGF)

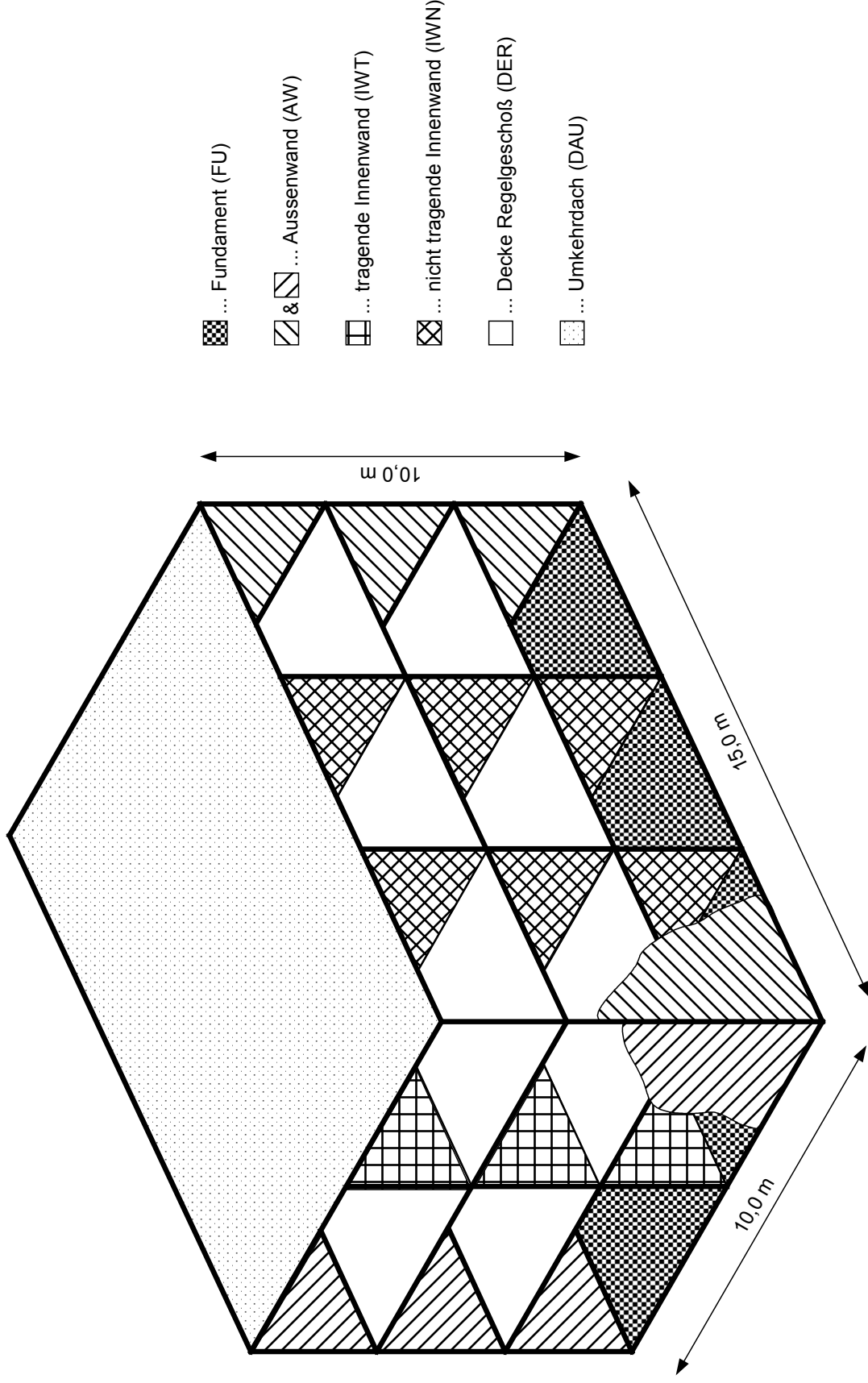
Materialverbrauch abiotisch	Errichtung	Nutzung
Materialverbrauch biotisch	...	...
Energieverbrauch	...	...
Kosten	...	...

**Gewichtung**

Sensitivitätsanalyse

**Reihung**

# Verwendetes Gebäudemodell



## Varierte Außenwände (Bauteilschichten)

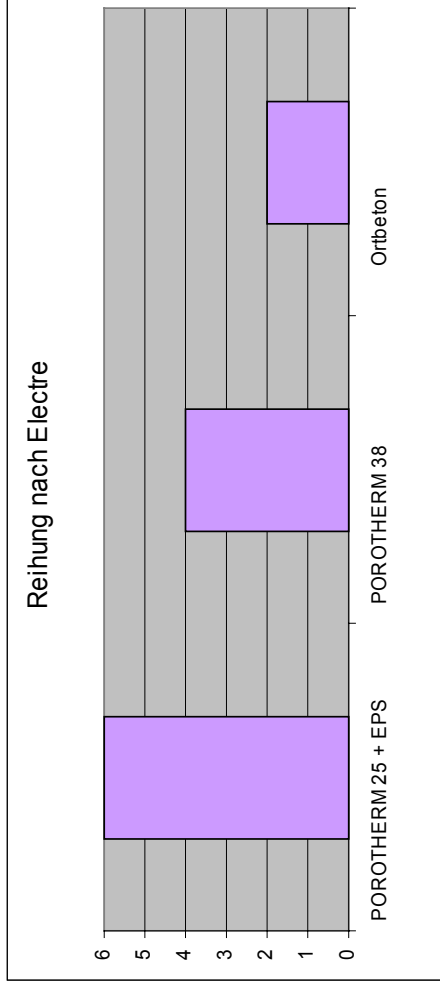
Bauteil-Code	Bauteile	d [cm]	Kosten [ÖS/m <sup>2</sup> ]
AW11	<b>Außenwand (Ortbe ton n18+EPS 7)</b>	26,8	<b>ÖS 1.950,00</b>
Var. 1	Reibputz 2	0,2	-
350 m <sup>2</sup>	Glasfasergitter 1	-	-
	EPS-Platte (WVS) 70	7,0	ÖS 700,00
	Klebeschichte (WVS) 1	0,1	-
	4Stk. Befestigungsmittel (WVS) (d=12mm, f=140mm) / m <sup>2</sup>	-	-
	Ortbe tonwand (B300+70kg Stahl/m <sup>2</sup> ) 180	18,0	ÖS 1.120,00
	Gipsputz 15	1,5	ÖS 130,00
AW61	<b>Außenwand (POROTHERM38)</b>	42,0	<b>ÖS 1.280,00</b>
Var. 2	Kalk-Zementputz 25	2,5	ÖS 400,00
350 m <sup>2</sup>	Hochlochziegel (WIENERBERGER POROTHERM) 380	38,0	ÖS 750,00
	Kalk-Zementmörtel 19l/m <sup>2</sup>	-	-
	Gipsputz 15	1,5	ÖS 130,00
AW65	<b>Außenwand (POROTHERM25+EPS 6)</b>	32,8	<b>ÖS 1.460,00</b>
Var. 3	Reibputz 2	0,2	-
350 m <sup>2</sup>	Glasfasergitter 1	-	-
	EPS-Platte (WVS) 60	6,0	ÖS 700,00
	Klebeschichte (WVS) 1	0,1	-
	4Stk. Befestigungsmittel (WVS) (d=12mm, f=140mm) / m <sup>2</sup>	-	-
	Hochlochziegel (WIENERBERGER POROTHERM) 250	25,0	ÖS 630,00
	Dünnbettmörtel 4l/m <sup>2</sup>	-	-
	Gipsputz 15	1,5	ÖS 130,00



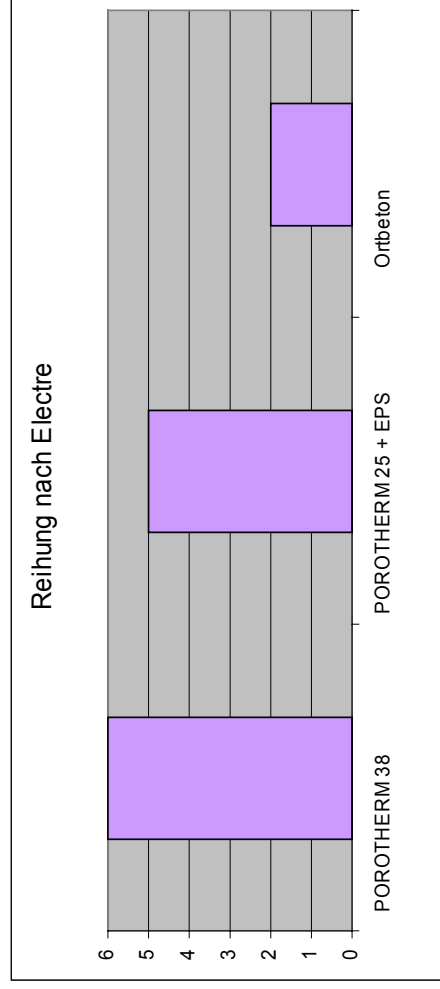
# 1. Reihung (nach ELECTRE)

→ Reihung der verschiedenen Bauteile bzw. Gebäudevarianten

**50 Jahre:**



doppelte  
Gewichtung auf  
**Errichtungsphase**  
(2222-1111)



doppelte  
Gewichtung auf  
**Nutzungsphase**  
(1111-2222)

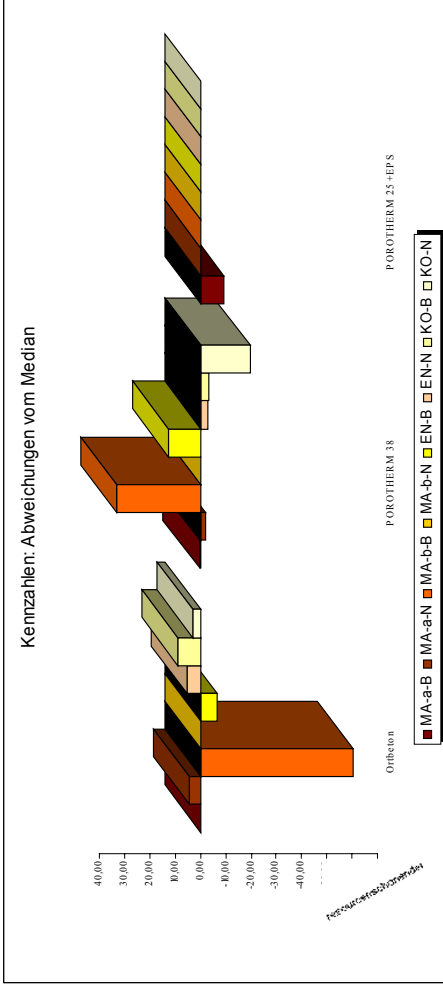


## 2. Grundlagen (Erläuterungen) zur Reihung

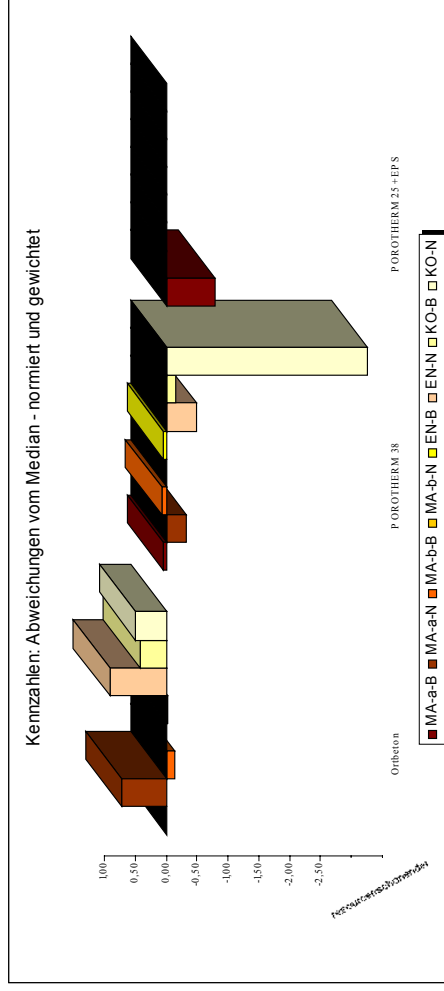
- Abweichung der verschiedenen Kennzahlen vom Median

→ **Welche Kennzahl hat welchen Einfluß?**

**100 Jahre:**



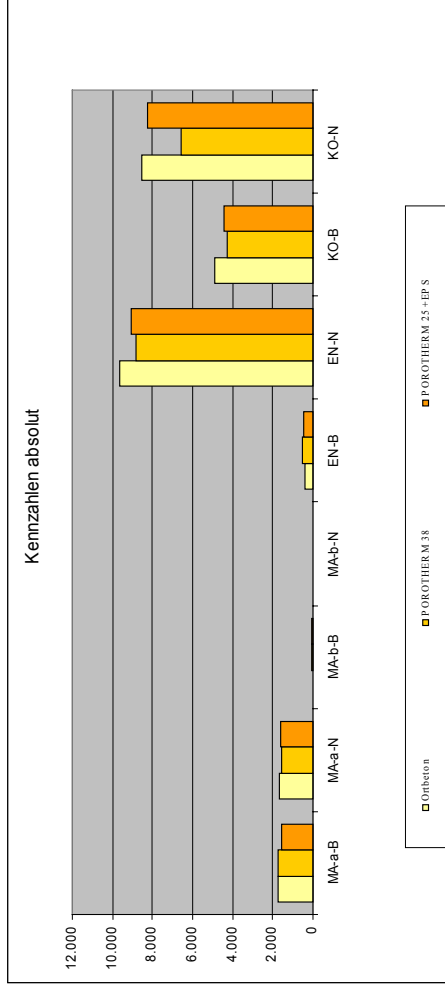
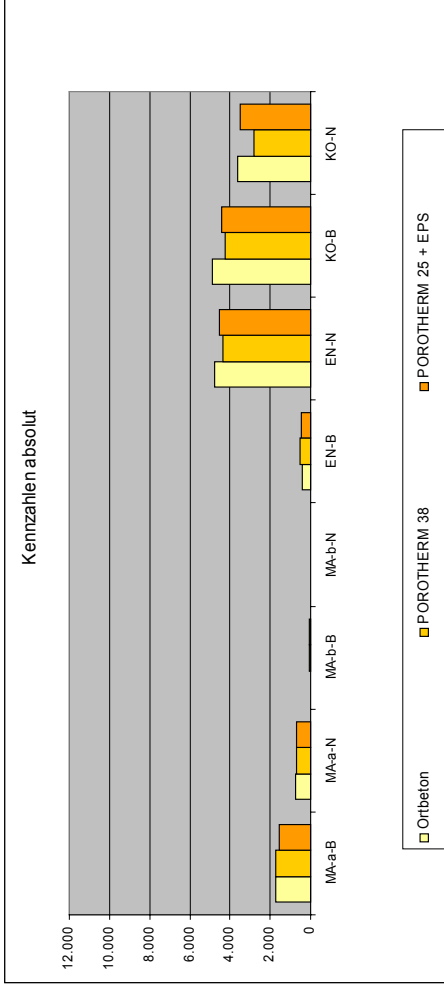
Absolute Werte



Doppelte  
Gewichtung auf  
**Nutzungsphase**  
(11111-2222)

## 2. Grundlagen (Erläuterungen) zur Reihung

- Absolut-Werte der Kennzahlen
- **Absolute Werte:**

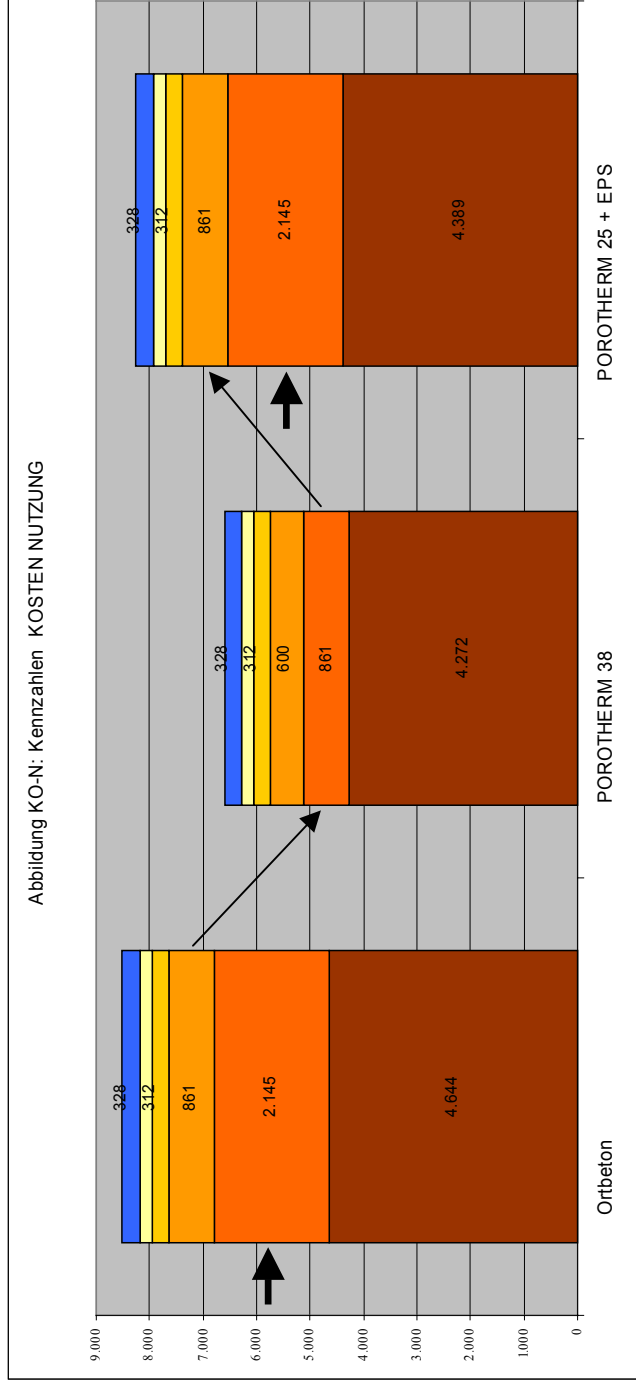


### 3. Detailinformation (Kennzahl)

... zu den jeweiligen Kennzahlen innerhalb der verschiedenen Varianten  
 → **Welcher Bauteil hat welchen Einfluß?**

OB	P38	P25
Ort beton	P-OROTHERM 38	P-OROTHERM 25 + EPS
ET	ET	ET
AW11	DAU04	AW65
DAU04	AW61	DAU04
DER01	DER01	DER01
IWN41	IWN41	IWN41
Sonstige	Sonstige	Sonstige
8.520	6.602	8.265

100 Jahre Nutzungsdauer  
 (Absolute Werte  
 → keine Gewichtung)



# 4. Detailinformation (Bauteil)

→ Wie sind die Bauteile zu optimieren?

Bauteil-Code	Bauteil-schicht-Code	Bauteile	d [cm]	ERRICHTUNG			NUTZUNG			Beseit. Kosten [€/m <sup>2</sup> ]	Lebensdauer [a]
				MI abiot. [kg/m <sup>2</sup> ]	KEA [kWh/m <sup>2</sup> ]	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]	MI abiot. [kg/m <sup>2</sup> ]	KEA [kWh/m <sup>2</sup> ]	Barwert [€/m <sup>2</sup> ]		
<b>FUNDAMENTE &amp; ERDBERÜHRTE BÖDEN</b>											
FU01		Streifenfundament 400	40	882	0	28	0	0	0	0	0
FU02		Streifenfundament 500	50	1103	0	35	0	0	0	0	0
FU11		Erdb. Boden (Ortbe to n30+Perlit6)	41,6	823	3	104	1990	0	0	0	0
FU12		Erdb. Boden (Ortbe to n25+XPS11)	40,6	708	3	110	660	0	0	0	0
FU13		Erdb. Boden (Ortbe to n30+XPS4)	39,3	830	2	102	1900	0	0	0	0
	ESZ3.50	Zementestrich (B300) 50	5,0	120	0	5	150	0	0	0	80
	MEB1.04	Bewehrung (80) 4kg/m <sup>2</sup>	-	14	0	28	40	0	0	0	80
	ABT6.02	Trennlage (PE-Folie) (80) 0,2	0,0	1	0	3	10	0	0	0	80
	WDX1.04	XPS-Platte 40	4,0	2	0	7	120	0	0	0	80
	ABF1.30	Feuchtheitsabdichtung (Bitumenbahn) 3,0	0,3	3	2	30	250	0	0	0	80
	BSP3.30	Fundamentplatte (B300) 300	30,0	689	0	29	1330	0	0	0	120
FU21		Erdb. Boden (Ortbe to n16+Gefälle 4)	19,0	435	0	18	0	0	0	0	0
FU22		Erdb. Boden (Ortbe to n90+Gefälle 8)	106,0	2417	0	98	190	0	0	0	0
FU23		Erdb. Boden (Ortbe to n25+Gefälle 7)	32,0	733	0	30	0	0	0	0	0
FU26		Erdb. Boden (Ortbe to n30+Asphaltbe to n3)	33,0	745	0	84	1330	0	0	0	0
FU31		Erdb. Boden (Magerbe to n12+XPS10)	40,3	615	2	64	500	0	0	0	0
FU41		Erdb. Boden (Rollierung 20+Unterbe to n15)	40,4	655	2	58	410	0	0	0	0
FU42		Erdb. Boden (Rollierung 30+Unterbe to n10+XPS 5+TS)	54,3	693	2	61	610	0	0	0	0
FU43		Erdb. Boden (Rollierung 20+Unterbe to n20+TSD3+MT)	55,9	702	37	92	370	3	20	11	0
FU46		Erdb. Boden (Rollierung 20+Ortbe to n40)	65,1	1257	0	61	160	0	0	0	0
FU51		Erdb. Boden (Unterbe to n15+XPS 10+TSD3+Scheiffb.)	35,3	356	32	82	350	4	20	14	0
FU52		Erdb. Boden (Unterbe to n25+XPS4)	35,3	689	2	83	660	0	0	0	0
FU53		Erdb. Boden (Unterbe to n25)	31,0	669	0	18	250	0	0	0	0
FU54		Erdb. Boden (Unterbe to n15+TSD3)	24,6	494	3	108	890	0	0	0	0
FU55		Erdb. Boden (Unterbe to n15)	21,0	459	0	14	250	0	0	0	0
FU56		Erdb. Boden (Unterbe to n15+TSD8)	29,6	517	3	117	1070	0	0	0	0
FU57		Erdb. Boden (Unterbe to n15+XPS4+TSD3)	28,6	496	3	115	1010	0	0	0	0

# Übersicht über die durchgeführten Berechnungen

Varianten	Aufbauten			Kalkulatorische Nutzungsdauer			Gewichtung									
	Gebäude mit AW 1	Gebäude mit AW 2	Gebäude mit AW 3	30 q	50 q	100 q	Errichtungsphase				Nutzungsphase					
							Mt.abiot.	Mt.biot.	Energie	Kosten	Mt.abiot.	Mt.biot.	Energie	Kosten		
Var. 1	0	-	-	0	-	-	*)									
Var. 2	0	-	-	-	-	0	*)									
Var. 3	W**)	W**)	W**)	-	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Var. 4							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Var. 5							1	1	1	2	1	1	1	1	2	
Var. 6	0	0	0	-	0	-	1	1	1	3	1	1	1	3	1	
Var. 7							1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Var. 8							2	2	2	2	1	1	1	1	1	
Var. 9							0	0	1	1	0	0	1	1	1	
Var. 10							1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Var. 11							1	1	1	2	1	1	1	1	2	
Var. 12							1	1	1	3	1	1	1	3	1	
Var. 13	0	0	0	-	-	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Var. 14							2	2	2	2	1	1	1	1	1	
Var. 15							1	1	1	1	0	0	0	0	0	
Var. 16							1	1	1	2	0	0	0	0	0	

\*) Da nur eine Gebäude-Variante bewertet wurde (→ keine Reihung), erübrigt sich eine Gewichtung.  
 \*\*) Da nur drei einzelne Bauteile bewertet wurden, wurde der Berechnung ein eigenes Gebäudemodell (→ Würfel) gemäß Abschnitt 3.1 zugrunde gelegt.

# ANHANG

# 1 Beschreibung des Rechenmodells

## 1.1 Übersicht

Mit Hilfe des im Rahmen des Projektes „Virtueller Technologiepark - Ressourcenschonendes Bauen“ entwickelten Rechenmodells können verschiedene Bauvarianten eines Gebäudes bezüglich Ressourcenverbrauch (Stoffe, Energie, Kosten) sowohl in der Errichtungs- als auch in der Nutzungsphase untersucht und bewertet werden. Damit steht ein Instrument zur Verfügung, Gebäude in der Planungsphase ökologisch und ökonomisch zu optimieren.

Um eine Bewertung von Bauteilen oder auch ganzen Gebäuden durchführen zu können, werden anhand des Rechenmodells folgende Kennzahlen aufsummiert und berücksichtigt:

- Materialverbrauch (MI-Werte)
  - abiotisch (= nicht erneuerbar)
  - biotisch (= erneuerbar)
- Energieverbrauch (MI- und KEA-Werte)
- Kosten.

Diese werden jeweils für die Errichtungs- und Nutzungsphase getrennt ermittelt (siehe Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Im Rechenmodell berücksichtigte Parameter

Kennzahl (bezogen auf NGF)	Parameter	
	Errichtung	Nutzung (Wartung, Instandsetzung und Betrieb)
<b>Materialfluß (abiotisch)</b> in [kg/m <sup>2</sup> ]	- $\Sigma$ MI-Werte gemäß Bauteilkatalog	- $\Sigma$ MI-Werte zufolge Wiederherstellung der Bauteile bzw. Bauteilschichten ( $\rightarrow$ Lebensdauer) - $\Sigma$ MI-Werte des Energieträgers für die Beheizung während der Nutzungsdauer
<b>Materialfluß (biotisch)</b> in [kg/m <sup>2</sup> ]	- $\Sigma$ MI-Werte gemäß Bauteilkatalog	- $\Sigma$ MI-Werte zufolge Wiederherstellung der Bauteile bzw. Bauteilschichten ( $\rightarrow$ Lebensdauer) - $\Sigma$ MI-Werte des Energieträgers für die Beheizung während der Nutzungsdauer
<b>Energieverbrauch</b> in [kWh/m <sup>2</sup> ]	- $\Sigma$ KEA-Werte gemäß Bauteilkatalog	- $\Sigma$ KEA-Werte zufolge Wiederherstellung der Bauteile bzw. Bauteilschichten ( $\rightarrow$ Lebensdauer) - Heizenergie für die Nutzungsdauer gemäß ÖNORM B 8135 - $\Sigma$ KEA-Werte des Energieträgers für die Beheizung während der Nutzungsdauer
<b>Kosten</b> in [ATS/m <sup>2</sup> ]	- $\Sigma$ Bauwerkskosten (Rohbau der definierten Bauteile, Ausbau teilweise)	- $\Sigma$ Baustoffkosten zufolge Wiederherstellung der Bauteile bzw. Bauteilschichten ( $\rightarrow$ Lebensdauer) - $\Sigma$ Kosten des Energieträgers für die Beheizung während der Nutzungsdauer

NGF: Nettogrundrißfläche

Die Verwendung von MI- und KEA-Werten (zwei selbständige Bewertungsansätze) wurde bewußt gewählt, da MI-Werte gute Aussagen über den Ressourcenverbrauch und KEA-Werte entsprechende Angaben über den Energieverbrauch erlauben (→ wesentliche ökologische Indikatoren). Die gleichzeitige Verwendung von MI- und KEA-Werten läßt eine Differenzierung und Optimierung des Ressourcenverbrauchs von Material und Energie zu.

Im MIPS-Konzept werden fossile Energieträger in Anbetracht der langen Regenerationszyklen den abiotischen Stoffen zugeordnet; der Verbrauch an elektrischer Energie wird dagegen getrennt erfaßt. Das KEA-Konzept (Kumulierter Energieaufwand des VDI) berücksichtigt den gesamten Energieverbrauch getrennt nach Produktionsenergie und materialimmanenter Energie.

Für die Phase „Errichtung“ werden die Stoff- und Energieströme der Baustoffproduktion „bis zum Werkstor“ erfaßt (derzeit noch ohne Transport und Versetzen vor Ort). Während der Phase „Nutzung“ wird der Stoff- und Energieverbrauch durch Faktoren entsprechend der mittleren Nutzungsdauer berücksichtigt. Der Heizenergieaufwand kann entweder mittels der Energiekennzahl, die im Zuge der Planung eines Gebäudes ermittelt wird, oder gemäß ÖNORM B 8135 (Heizlastberechnung) anhand des vorliegenden Rechenmodells in die Bewertung einfließen.

Werte für Schadstoffe (z.B. Ökotoxizität und Humantoxizität), Rückbau und Rezyklierbarkeit werden nicht erfaßt.

In der Berechnung werden weiters mangels Datengrundlagen nicht berücksichtigt: Innenausbau (Wand- und Bodenbeläge, Türstöcke, Beschläge etc.) und die Haustechnik. Da nicht alle Bauteile (inkl. dazugehörige Werte des Ressourcenverbrauchs) einbezogen werden, stellt das Ergebnis keinen Absolutwert dar, sondern einen Relativwert für die zu vergleichenden Gebäude- bzw. Bauteilvarianten.

Für die praktische Anwendung des Programms sind die Angaben aus Tabelle 1-2 erforderlich.

Tabelle 1-2: Projektrelevante Parameter

Parameter	Einheit
Baustoffangaben (Aufbauten) für Fundamente, Außenwände, Stützen (konstruktive Elemente), Zwischenwände, Decken, Stiegen und Dach	-
Massenermittlung für o.a. Bauteile	[m <sup>2</sup> ], [lfm]
Kalkulatorische Nutzungsdauer	[a]
Nettogrundrißfläche (NGF)	[m <sup>2</sup> ]
Brutto-Rauminhalt der beheizten Gebäudeteile	[m <sup>3</sup> ]
Heizungstyp (1: Holz/Biomasse; 2: Erdgas; 3: Heizöl extra leicht; 4: elektrischer Strom; 5: Fernwärme)	-
Heizgradtage HGT <sub>20/12</sub> (gemäß ÖNORM B 8135)	[K·d]
Spez. Lüftungswärmeverlust (gemäß ÖNORM B 8135)	[W/m <sup>2</sup> ·K]
Wärmeverlustkoeffizient (gemäß ÖNORM B 8135)	[W/m <sup>2</sup> ·K]
Gewichtung von - Materialverbrauch, Energieverbrauch und Kosten bzw. - Errichtungs- und Nutzungsphase	[%]



In Abbildung 1-1 wird eine Übersicht über das Rechenmodell gegeben.

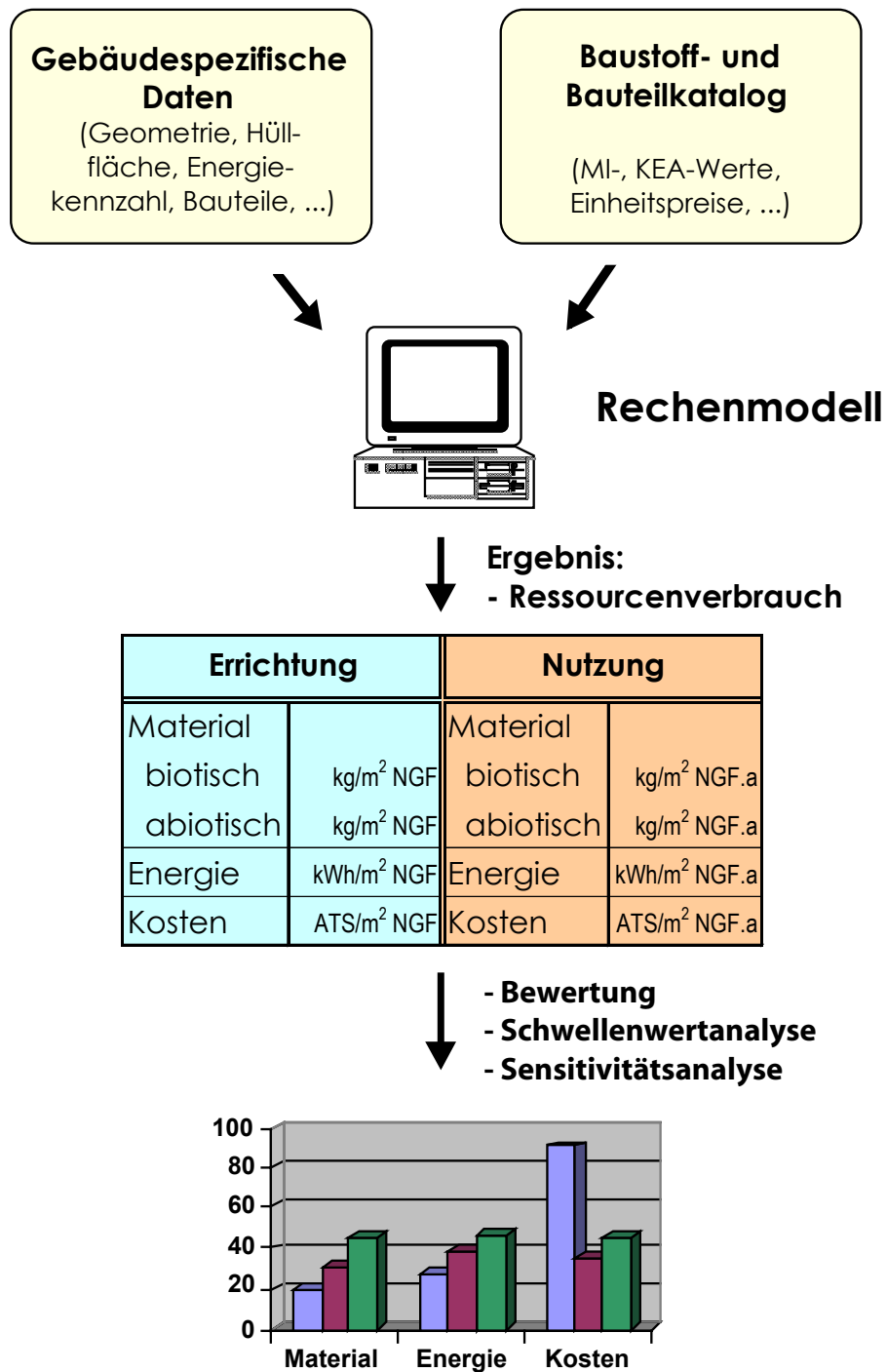


Abbildung 1-1: Schema des Rechenmodells zur Optimierung des Ressourcenverbrauchs während der Errichtungs- und Nutzungsphase

## 1.2 Baustoff- und Bauteilkatalog

Nach umfangreichen Auswertungen von Literatur- und Produzentenangaben wurde im Rahmen des genannten Forschungsprojekts ein Katalog mit den wichtigsten Baustoffen erstellt, der auf der Basis des am Wuppertal-Instituts entwickelten MIPS-Konzepts und des KEA-Konzepts des VDI folgende ressourcenrelevante Angaben enthält:

- $M_{\text{abiot.}}$  Materialinput abiotisch (= nicht erneuerbar)
- $M_{\text{biot.}}$  Materialinput biotisch (= erneuerbar)
- KEA kumulierter Energieaufwand

Die weiteren im MIPS-Konzept enthaltenen Ressourcenkategorien Wasser, Luft, Bodenoberfläche und elektrische Energie werden in Anbetracht der für österreichische Verhältnisse geringeren Relevanz im Vergleich mit dem Materialinput nicht erfaßt. Der Baustoffkatalog wird weiters durch technologisch relevante Kennwerte wie U-Wert oder mittlere Lebensdauer ergänzt.

Aufbauend auf diesem Baustoffkatalog wurde ein Bauteilkatalog entwickelt, der auszugsweise in Beilage 1 wiedergegeben ist. Zum Ressourcenverbrauch in der Nutzungsphase wurden dazu folgende Annahmen getroffen:

### 1.2.1 Kalkulatorische Nutzungsdauer

Die kalkulatorische Nutzungsdauer eines Bauwerks ist frei wählbar. Unterstellt man die Lebensdauer eines Bauteils mit beispielsweise 50 Jahren, so bedeutet dies, daß für eine kalkulatorische Nutzungsdauer von 100 Jahren der Bauteil zweimal hergestellt werden muß und der Material- und Energieverbrauch somit zweimal anfällt. Bei einzelnen Bauteilschichten, die nicht einzeln erneuert werden können, richtet sich die Nutzungsdauer nach der kürzesten Lebensdauer der einzelnen Schichten. Die getroffenen Annahmen erfolgten nach bestem Wissen und Gewissen unter Zugrundelegung aktueller Literaturangaben. Eine Verbesserung bzw. Präzisierung kann jederzeit vorgenommen werden.

### 1.2.2 Quellen der MI- und KEA-Werte

Diese Werte wurden aus allgemein zugänglichen Ökobilanzen mit vergleichbarem Bilanzrahmen entnommen oder abgeschätzt. Die Abschätzungen entsprechen dem derzeitigen Stand des Wissens oder basieren auf derzeit vorhandenen Ökobilanzen und können sich nach genauerer Untersuchung gegebenenfalls ändern.

Die Werte in der Berechnung wurden den Tabellen der entsprechenden Web-Seiten für MIPS- bzw. KEA-Werte entnommen.

## 1.3 Gewichtung und Reihung:

Anhand der Gewichtung der jeweiligen Kriterien (Materialverbrauch, Energieverbrauch und Kosten) und Errichtungs- bzw. Nutzungsphase können Prioritäten gesetzt werden (z.B. ökologische oder ökonomische Projektziele), die sich in der Reihung der Varianten niederschlägt. Wenn die Gewichtung nicht angegeben wird, werden die Kriterien als gleichwertig behandelt.

Die Ermittlung der Reihung der angegebenen Varianten erfolgt mit Hilfe zweier unterschiedlicher Bewertungsmodelle (AHP und ELECTRE):

- AHP (Analytical Hierachy Process) ist ein kardinales Verfahren, das der Reihung die quantitativen Ausprägungen und damit auch die Intensität der Unterschiede der Berechnung einer Bewertungskennzahl als Basis für die Reihung zugrunde legt.
- ELECTRE (Elimination et choix traduisant la réalité) ist in ordinales Verfahren, das eine Reihung der betrachteten Varianten aufbaut und nur die Plazierung in der Reihung berücksichtigt, nicht aber die Intensität der Unterschiede in den Kennzahlen der Varianten. Dies hat den Vorteil, daß ein betragsmäßig enormer Vorteil einer Variante bezüglich eines Kriteriums nicht Schwächen in allen anderen Varianten ausgleichen kann.

Anhand einer Schwellenwertanalyse kann deutlich gemacht werden, inwieweit Änderungen der Gewichtung Auswirkungen auf die Reihung (nach ELECTRE) der untersuchten Varianten haben bzw. wie sehr diese Reihung von der jeweiligen Gewichtung abhängig oder unabhängig ist. Die Gewichtung (→ Projektziele) wird meist vorgegeben.

Anhand einer Sensitivitätsanalyse wird deutlich, inwieweit Änderungen der Kennzahlen (Material- und Energieverbrauch, Kosten) Auswirkungen auf die Reihung (nach ELECTRE) der untersuchten Varianten haben. Damit kann u.a. die Frage geklärt werden: „Um wieviel müssen die Kosten einer Variante gesenkt werden, um als erstes gereiht zu werden – bei gleichgehaltenem Material- und Energieverbrauch?“

Diese Vergleichsrechnungen ermöglichen eine Stärken-/Schwächenanalyse der jeweils erstgereihten Variante.