

**15. Fachkongress der Energiebeauftragten in Regensburg**  
**Die Gesamtkostenberechnung als Instrument zur wirtschaftlichen Optimierung**  
**Dipl.-Ing. Mathias Linder, Frankfurt**

## **Die Gesamtkostenberechnung als Instrument zur wirtschaftlichen Optimierung**

Oberster Planungsgrundsatz bei Neubau, Unterhaltung und Betrieb von Gebäuden ist es, im Sinne der Nachhaltigkeit die Gesamtkosten (Summe aus Investitionskosten, Betriebskosten und Folgekosten) bei gegebener Nutzungsqualität zu minimieren. Die Schwierigkeit besteht darin, dass es zwischen den einzelnen Kostenarten zahlreiche Abhängigkeiten gibt.

Deshalb wurde in der Abteilung Energiemanagement des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt a.M. ein Rechenmodell entwickelt, das bereits zu einem möglichst frühen Planungszeitpunkt alle relevanten Kosten für die verschiedenen Varianten gegenüberstellt. Dieses Verfahren zur Gesamtkostenberechnung wurde als Excel-Arbeitsmappe programmiert und steht unter der Adresse [www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement](http://www.stadt-frankfurt.de/energiemanagement) allen interessierten Nutzern zur Verfügung. Mit der Amtsverfügung des Hochbauamtes Nr. 23/2007 wurde festgelegt, dass das Verfahren für alle Kostenschätzungen und -berechnungen ab 250.000 € angewendet werden soll.

Die Gesamtkostenberechnung besteht aus den eigentlichen Berechnungstabellen als Excel-Tool, Hilfetabellen und einer Erläuterung dazu. Das Verfahren wird hier am Beispiel der Grundschule Preungesheim erläutert.



Abbildung 0: Grundschule Preungesheim

Die weißen Felder auf den Formularen sind Eingabefelder. Die hier einzufügenden Werte müssen der Planung bzw. können auch den Hilfe-Tabellen entnommen werden. Bei den grau unterlegten Feldern hingegen handelt es sich um Ausgabefelder. Sind allerdings schon Daten aus anderen Berechnungen vorhanden, können diese auch in die grauen

Ergebnisfelder eingetragen werden. Gegebenenfalls müssen dann andere Formeln, z.B. für spezifische Daten angepasst werden.

<b>1. Gesamtkosten</b>							
Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement							
<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichnung	<b>Grundschule Preungesheim</b>			A2	Unterab.	
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugendhaus, Turnhalle</b>			A4	Str.-Nr.	
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>			A6	Haus-Nr.	
A7	Betrachtungszeitraum	40	a	A8	Währung	€	
A9	Kapitalzins	3,5%		A10	Annuitätsfaktor	0,05	
A11	Preissteigerung Ene./son.	5%	3%	A12	Mittelwertfaktor Ene./son.	2,55	
						1,70	
<b>B. Varianten</b>							
Bezeichnung							
B0	EnEV	<b>EnEV</b>					
B1	EnEV - 30%	<b>EnEV - 30%</b>					
B2	Passivhaus	<b>Passivhaus</b>					
B3	Variante 3						
B4	Variante 4						
<b>C. Kenngrößen</b>							
		EnEV	EnEV - 30%	Passivhaus	Variante 3	Variante 4	
C1	Bezugsfläche (NGF)	6.723	6.723	6.723	6.723	6.723	
C2	Personenzahl	550	550	550	550	550	
C3	spez. Heizwärmebedarf	172	104	17			
C4	Heizzahl Kessel+Verteilung	90%	90%	87%			
C5	spez. Strombezug	14	13	13			
C6	spez. CO2-Emissionen	49	34	11			
C7	spez. Trinkwasserbezug	3,87	3,87	3,87			
						m <sup>2</sup>	
						P	
						kWh/m <sup>2</sup> a	
						%	
						kWh/m <sup>2</sup> a	
						kg/m <sup>2</sup> a	
						m <sup>3</sup> /P a	
<b>D. Kapitalkosten</b>							
		EnEV	EnEV - 30%	Passivhaus	Variante 3	Variante 4	
D1	Investitionskosten (DIN 276)	19.671.071	20.109.911	21.846.895			
D2	Zuschüsse/Erlöse						
D3	Eigenkapitaleinsatz	19.671.071	20.109.911	21.846.895	0	0	
D4	<b>Kapitalkosten</b>	<b>921.143</b>	<b>941.692</b>	<b>1.023.031</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
D5	<b>spez. Kapitalkosten</b>	<b>137</b>	<b>140</b>	<b>152</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
						€/a	
						€/m <sup>2</sup> a	
<b>E. mittl. Betriebskosten</b>							
		EnEV	EnEV - 30%	Passivhaus	Variante 3	Variante 4	
E1	Personal+Reinigungskosten	81.477	81.477	81.477			
E2	Wartung+Instandhaltung	203.053	207.036	223.423			
E3	Heizkosten	88.106	55.742	5.710	0	0	
E4	Stromkosten	27.030	24.460	24.800			
E5	Wasserkosten	8.246	8.246	8.246			
E6	Verwaltung+Versicherung						
E7	<b>heutige Betriebskosten</b>	<b>407.911</b>	<b>376.960</b>	<b>343.654</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
E8	<b>mittl. Betriebskosten</b>	<b>791.007</b>	<b>708.671</b>	<b>609.764</b>			
E9	<b>spez. Betriebskosten</b>	<b>118</b>	<b>105</b>	<b>91</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
						€/a	
						€/a	
						€/a	
						€/a	
						€/a	
						€/a	
						€/m <sup>2</sup> a	
<b>F. Umweltfolgekosten</b>							
		EnEV	EnEV - 30%	Passivhaus	Variante 3	Variante 4	
F1	CO2-Emissionen (50 €/to)	16.636	11.294	7.184	0	0	
F2	Trinkwasser (1 €/m <sup>3</sup> )	2.130	2.130	2.130	0	0	
F3	<b>Umweltfolgekosten</b>	<b>18.766</b>	<b>13.425</b>	<b>9.314</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
F4	<b>spez. Umweltfolgekost.</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
						€/a	
						€/a	
						€/a	
						€/m <sup>2</sup> a	
<b>G. Gesamtkosten</b>							
		EnEV	EnEV - 30%	Passivhaus	Variante 3	Variante 4	
G1	<b>Gesamtkosten</b>	<b>1.730.916</b>	<b>1.663.788</b>	<b>1.642.109</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
G2	<b>spez. Gesamtkosten</b>	<b>257</b>	<b>247</b>	<b>244</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
G2	<b>Amortisationszeit (Basis: Variante 1)</b>		<b>5,6</b>	<b>14,8</b>			
						€/a	
						€/m <sup>2</sup> a	
						a	
(alle Kosten sind Bruttokosten incl. MWSt.)							

Abbildung 1: Blatt 1. Gesamtkosten

Damit die Excel-Berechnung leichter nachvollziehbar ist, wurde die Rechenvorschrift jeweils in der Kopfzeile angegeben. Damit die Werte aus unterschiedlichen Projekten miteinander

vergleichbar sind, werden in allen Berechnungsblättern spezifische Werte berechnet. Sie ergeben sich aus der Division des absoluten Wertes durch die Energie-Bezugsfläche bzw. die Personenzahl.

### **1. Gesamtkosten**

In diesem Formular können für verschiedene Varianten der Bauausführung die Gesamtkosten berechnet werden. Diese setzen sich aus den Kapitalkosten, den Betriebskosten und den Umweltfolgekosten zusammen. Zur Charakterisierung des Gebäudes sind darüber hinaus wesentliche Kenngrößen des Gebäudes mit aufgeführt, die Grundlage für die Gesamtkostenermittlung waren. Damit fasst dieses Blatt alle wesentlichen Ergebnisse der anderen Rechenblätter (Tabellen) zusammen.

Zunächst ist der Betrachtungszeitraum, der Kapitalzins und die Preissteigerungsrate einzugeben. Der Betrachtungszeitraum kann der VDI 2067 oder der dem Verfahren beigegebenen Hilfetabelle entnommen werden. Diese sind aber gemäß der eigenen Erfahrung je nach Projekt anzupassen.

Mit dem Verfahren können bis zu fünf verschiedene Varianten betrachtet werden, Für jede Variante gibt es zu jedem Bearbeitungskapitel je ein Rechenblatt (Tabellen U-Werte 2.1 – 2.5, Tabellen Kosten 3.1-3.5, Tabellen Heizbedarf 4.1-4.5, Tabellen Heizzahl 5.1-5.5, Tabellen Strombedarf 6.1-6.5, Tabellen Wasserbedarf 7.1-7.5).

Bei den Kenngrößen müssen nur die Bezugsfläche (Nettogeschossfläche) und die mittlere Personenzahl während der Nutzungszeit eingegeben werden. Die übrigen Kenngrößen (spez. Heizwärmebedarf, Heizzahl, spez. Strombezug, spez. CO<sub>2</sub>-Emissionen und spez. Trinkwasserbezug) werden in den übrigen Blättern berechnet.

Anschließend werden die Kapitalkosten der Varianten berechnet. Dazu werden die Investitionskosten aus dem entsprechenden Rechenblatt 3.1 – 3.5 abzüglich eventueller Zuschüsse (zum Beispiel Fördermittel) mit dem Annuitätsfaktor multipliziert und schließlich auf die Fläche bezogen.

Dann werden die heutigen Betriebskosten (Wartungs- und Instandhaltungskosten, Heizkosten, Stromkosten, Wasserkosten) aus den andern Rechenblättern übertragen. Zusätzlich können hier die Kosten für Personal, Reinigung, Verwaltung und Versicherung eingetragen werden. Dazu sind Daten in den Hilfetabellen zu Tabelle 1 enthalten. Die Summe der heutigen Betriebskosten wird mit dem Mittelwertfaktor multipliziert und man erhält man die mittleren Betriebskosten über den Betrachtungszeitraum. Diese Werte werden wiederum auf die Fläche bezogen.

Schließlich können mit dem Verfahren auch Umweltfolgekosten berücksichtigt werden. Das Hochbauamt der Stadt Frankfurt rechnet mit 50 € pro Tonne CO<sub>2</sub> und mit 1 €/m<sup>3</sup> Wasser.

In der Summe ergeben sich die Gesamtkosten der Varianten, die das entscheidende Bewertungskriterium über die betrachtete Nutzungsdauer darstellen. Außerdem wird die dynamische Amortisationszeit der Mehrkosten gegenüber der Variante 1 berechnet.

### **2. Kosten und U-Werte von Bauteilen**

In diesem Hilfs-Blatt wird für jedes Außenbauteil der Schichtenaufbau mit den Parametern Dicke, Preis/Volumen und lambda eingetragen. Daraus kann ein spezifischer Bauteilpreis in €/m<sup>2</sup>, und der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) berechnet werden. Detailliertere Berechnungen können aus anderen Programmen übernommen werden (z.B. komplexere Wandaufbauten aus dem PHPP etc.), oder Berechnungen weiterer Bauteile durch kopieren und einfügen ergänzt werden. Für jede Variante ist ein eigenes Blatt angelegt (2.1 bis 2.5). Für alle Tabellen werden als Vorgabe zunächst die Werte der Tabelle 2.1 übernommen. So müssen für weitere Varianten nur die Änderungen gegenüber der Variante 2.1 eingegeben werden.

### 2.3 Kosten und U-Werte von Bauteilen

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement

A. Allgemeine Daten			
A1	Liegenschaftsbezeichn.	<b>Grundschule Preungesheim</b>	A2 UA.
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugenhaus, Turnhalle</b>	A4 Str-Nr.
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>	A6 Hs-Nr.
A7	Passivhaus	<b>Passivhaus</b>	

B. Bauteilname:		<b>Bodenplatte</b>				
Nr.	Schichtmaterial (von innen nach außen)	Dicke s (cm)	Preis/V (€/m³)	Preis/A (€/m²)	lambda (W/mK)	s/lambda (m²K/W)
1	Lino	0,0	0	0,00	0,00	0,00
2	Zementestrich	5,0	0	0,00	1,40	0,04
3	Dämmung	20,0	0	0,00	0,04	5,71
4	Stahl-Betonplatte	30,0	0	0,00	2,30	0,13
5		0,0	0	0,00	0,00	0,00
6		0,0	0	0,00	0,00	0,00
7		0,0	0	0,00	0,00	0,00
<b>Summen:</b>	<b>Dicke(cm):</b>	<b>55,0</b>	<b>Preis/m²:</b>	<b>0,00</b>	<b>s/lambda:</b>	<b>5,88</b>
<b>Wärmedurchgangszahl:</b>		1 / ( Ri + Ra + s/lambda ) =				
<b>U-Wert =</b>		1 / ( 0,17 0,00 5,88 ) = <b>0,17</b> W/m²K				

C. Bauteilname:		<b>Boden nach außen</b>				
Nr.	Schichtmaterial (von innen nach außen)	Dicke s (cm)	Preis/V (€/m³)	Preis/A (€/m²)	lambda (W/mK)	s/lambda (m²K/W)
1	Lino	0,0	0	0,00	0,00	0,00
2	Zementestrich	4,0	0	0,00	1,40	0,03
3	Stahlbeton	30,0	0	0,00	2,30	0,13
4	Dämmung	26,0	0	0,00	0,04	6,50
5	Träger	7,0	0	0,00	0,10	0,70
6		0,0	0	0,00	0,00	0,00
7		0,0	0	0,00	0,00	0,00
<b>Summen:</b>	<b>Dicke(cm):</b>	<b>67,0</b>	<b>Preis/m²:</b>	<b>0,00</b>	<b>s/lambda:</b>	<b>7,36</b>
<b>Wärmedurchgangszahl:</b>		1 / ( Ri + Ra + s/lambda ) =				
<b>U-Wert =</b>		1 / ( 0,17 0,04 7,36 ) = <b>0,15</b> W/m²K				

D. Bauteilname:		<b>Wand gegen außen</b>				
Nr.	Schichtmaterial (von innen nach außen)	Dicke s (cm)	Preis/V (€/m³)	Preis/A (€/m²)	lambda (W/mK)	s/lambda (m²K/W)
1	Stahlbeton	25,0	0	0,00	2,30	0,11
2	Dämmung oder Faserplatte	24,0	0	0,00	0,04	6,86
3	Hohlraum	2,0	0	0,00	0,11	0,18
4	Vormauerschale	11,5	0	0,00	0,96	0,12
5		0,0	0	0,00	0,00	0,00
6		0,0	0	0,00	0,00	0,00
7		0,0	0	0,00	0,00	0,00
<b>Summen:</b>	<b>Dicke(cm):</b>	<b>62,5</b>	<b>Preis/m²:</b>	<b>0,00</b>	<b>s/lambda:</b>	<b>7,27</b>
<b>Wärmedurchgangszahl:</b>		1 / ( Ri + Ra + s/lambda ) =				
<b>U-Wert =</b>		1 / ( 0,13 0,04 7,27 ) = <b>0,13</b> W/m²K				

Abbildung 2: Blatt 2.3. U-Werte für Variante 3 – Passivhaus

### 3.3 Investitions- und Wartungskosten

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement

<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichn.	<b>Grundschule Preungesheim</b>			A2	Unterab..	
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugendhaus, Turnhalle</b>			A4	Str-Nr.	
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>			A6	Haus-Nr.	
A7	Passivhaus	<b>Passivhaus</b>					
A8	Bezugsfläche (NGF)	6.723 m <sup>2</sup>	A9	Personenzahl	550	P	
<b>B. Kosten nach DIN276</b> (Fassung Juni 1993)							
(alle Kosten netto)			<b>Investition</b>	<b>Invest./NGF</b>	<b>Wartung</b>	<b>Wartung</b>	
			(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)	
100	<b>Grundstück</b>		3.231.960	0			
200	<b>Herrichten und Erschließen</b>		411.744	61			
<b>300 Bauwerk -</b>		<b>Menge</b>	<b>sp. Preis</b>	<b>Investition</b>	<b>Invest./NGF</b>	<b>Wartung</b>	<b>Wartung</b>
<b>Baukonstruktion</b>		(m <sup>2</sup> )	(€/m <sup>2</sup> )	(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
310	Baugrube	0	0	203.223	30		
320	Gründung: Fundamente	0	0	0	0		
Gründung: Bodenaufbauten		(m <sup>2</sup> )	(€/m <sup>2</sup> )	(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
	Bodenplatte	2.080	492	1.024.075	152	1,0%	10.241
	Boden nach außen	250	0	0	0	1,0%	0
	Bodenplatte TH	1.350	0		0	1,0%	0
330	<b>Außenwände</b>	(m <sup>2</sup> )	(€/m <sup>2</sup> )	(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
	Summe	2.800	849	2.377.617	354	1,0%	23.776
	Wand gegen Keller/Erde	1.250		0	0	1,0%	0
	Außenfenster und Türen	1.500		0	0	1,5%	0
	Holzfassade	1.600		0	0	1,0%	0
	Pfosten-Riegel-Fassade	300		0	0	1,0%	0
340	<b>Innenwände</b>	(m <sup>2</sup> )	(€/m <sup>2</sup> )	(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
	Flächen Technik	250		0	0	1,0%	0
	Summe	0		1.931.725	287	1,0%	19.317
350	<b>Decken</b>	(m <sup>2</sup> )	(€/m <sup>2</sup> )	(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
	oberste Geschoßdecke	0	0	0	0	1,0%	0
	sonstige Geschoßdecken	0	0	1.126.252	168	1,0%	11.263
360	<b>Dächer</b>	(m <sup>2</sup> )	(€/m <sup>2</sup> )	(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
	Dach gegen außen	3.000		1.114.134	166	1,0%	11.141
	Dach TH	1.300			0	1,0%	0
370	- 390 sonstige Baukonstruktion			230.095	34	0,0%	0
<b>300</b>	<b>Summe Baukonstruktion</b>			<b>8.007.122</b>	<b>1.191</b>	<b>0,9%</b>	<b>75.738</b>
<b>400 Bauwerk- Technische Anlagen</b>				<b>Investition</b>	<b>Invest./NGF</b>	<b>Wartung</b>	<b>Wartung</b>
				(€)	(€/m <sup>2</sup> )	(%/a)	(€/a)
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen			513.308	76	1,5%	7.700
420	Wärmeversorgungsanlagen			259.686	39	3,0%	7.791
430	Lufttechnische Anlagen			598.628	89	3,5%	20.952
440	Starkstromanlagen			701.659	104	1,5%	10.525
450	Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen			146.525	22	3,0%	4.396
460	Förderanlagen			208.997	31	3,5%	7.315
470	- 490 sonstige Technische Anlagen			298.000	44	3,0%	8.940
<b>400</b>	<b>Summe Technische Anlagen</b>			<b>2.726.804</b>	<b>406</b>	<b>2,5%</b>	<b>67.618</b>
500	<b>Außenanlagen</b>			1.278.287	190	3,0%	38.349
600	<b>Ausstattung und Kunstwerke</b>			726.749	108	1,5%	10.901
700	<b>Baunebenkosten</b>			2.450.865	365		
<b>Zur Aufrundung und für Unvorhergesehenes</b>				0	0		
<b>C. Summe Investition u. Wartung</b>		<b>netto</b>		<b>18.833.530</b>	<b>2.801</b>	<b>1,0%</b>	<b>192.606</b>
C2	Mehrwertsteuer	16%		3.013.365	448		30.817
C3		<b>brutto</b>		<b>21.846.895</b>	<b>3.250</b>	<b>1,0%</b>	<b>223.423</b>

Abbildung 3: Blatt 3.3. Investitions- und Wartungskosten für Variante 3 – Passivhaus

### 3. Investitions- und Wartungskosten

In diesem Blatt werden die Baukosten nach DIN 276 zusammengestellt. Die Kosten der Bauteile sind das Produkt aus den Bauteilflächen und den spezifischen Preisen. Dabei werden die spezifischen Preise der Außen-Bauteile direkt aus dem 2. Blatt übertragen, können aber auch individuell eingetragen werden. Es können auch die Gesamtkosten je Bauteil eingegeben werden und die spezifischen Flächenkosten dann rückwärts berechnet werden.

Die Kosten werden zum Vergleich mit anderen Projekten wiederum auf die Nettogeschossfläche (EBF) bezogen. Außerdem wird ein prozentualer Ansatz für die jährlichen Wartungskosten nach VDI vorgeschlagen und berechnet. Dafür stehen wiederum entsprechende Hilfe-Tabellen zur Verfügung. Für jede Variante ist ein eigenes Blatt angelegt (3.1 bis 3.5). Für alle Tabellen werden als Vorgabe zunächst die Werte der Tabelle 3.1 bzw. 2.x übernommen. So müssen für weitere Varianten nur die Änderungen gegenüber der Variante 3.1 eingegeben werden.

### 4. Heizwärmebedarf

In diesem Blatt wird der Heizwärmebedarf des Gebäudes berechnet. Das Rechenverfahren wurde aus dem Leitfaden Heizenergie im Hochbau des Landes Hessen übernommen (DIN 832, wie DIN 18599). Das Rechenverfahren nach Leitfaden erfordert deutlich weniger Eingabeaufwand als die Berechnung nach Energiesparverordnung (EnEV) und erzeugt gleichzeitig realitätsnähere Ergebnisse. Es ist daher für Wirtschaftlichkeitsberechnungen besser geeignet als die EnEV. Für Passivhäuser oder vergleichbare Standards können einzelne Daten mit den Werten aus der Tabelle Heizwärme des Passivhaus-Projektierungs-Pakets (PHPP) ersetzt werden (U-Werte, GTZ, energetisch wirksamer Luftwechsel, Gewinnfaktor, solare Einstrahlung).

Als Standard wird die mittlere Raumtemperatur des Gebäudes eingegeben. Für verschieden temperierte Zonen wird die mittlere Temperatur berechnet. Die Länge der Heizperiode und die Heizgradtage können z.B. gemäß PHPP oder IWU Klimadaten angepasst werden. Zunächst wird die Transmission als Produkt aus Flächen, U-Werten, Außenluftfaktor und Gradtagszahl berechnet. Die Flächen und U-Werte für die Außenbauteile werden direkt aus den vorigen Rechenblättern übernommen, können aber auch selber eingegeben oder editiert werden (auch das Einfügen weiterer Zeilen ist möglich). Nur die Fensterflächen je nach Orientierung und die zugehörigen U-Werte müssen hier noch neu eingegeben werden. Die Lüftungswärmeverluste ergeben sich als Produkt aus Nettovolumen (Standard: EBF x 3 m, gegebenenfalls anpassen), Luftwechselzahl, spezifischer Wärme und Gradtagszahl. Hier muss neben der mittleren Raumhöhe nur die Luftwechselzahl aus den Hilfetabellen oder z.B. aus der Tabelle Heizwärme aus dem PHPP übernommen werden. Für Lüftungsanlagen kann aber auch in dem Feld Luftwechselzahl eine eigene Berechnung über die Nutzungs- und Nichtnutzungszeiten erfolgen. Mit diesen Werten kann bereits der Wärmebedarf nach DIN 4701 berechnet werden.

Die freie Wärme ergibt sich aus der Abwärme durch Elektrizität (aus den Tabellen 6.1 – 6.5), der Personenzahl sowie die solare Einstrahlung. Hier muss nur die mittlere Aufenthaltsdauer der Personen und der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster eingetragen werden. Alle übrigen Parameter stammen aus Standard-Werten oder den übrigen Berechnungsblättern (z.B. Stromverbrauch 6.1-6.5).

Aus den genannten Daten kann dann der spezifische Heizwärmebedarf berechnet werden. Gleichzeitig erfolgt eine Überprüfung, ob der Grenzwert des Leitfadens (für die meisten öffentlichen Gebäude: 75 kWh/m<sup>2</sup>a) eingehalten werden kann.

Für jede Variante ist ein eigenes Blatt angelegt (4.1 bis 4.5). Für alle Tabellen werden als Vorgabe zunächst die Werte der Tabellen 2.x und 3.x übernommen sowie die Werte der Tabelle 4.1 (Fenster etc.). So müssen für weitere Varianten nur die Änderungen gegenüber der Variante 4.1 eingegeben werden.

### 4.2 Heizwärmebedarf

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt Frankfurt auf der Basis des Leitfadens Heizenergie im Hochbau des Landes Hessen

<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichn.	<b>Grundschule Preungesheim</b>			A2	Unterab..	
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugenhaus, Turnhalle</b>			A4	Str.-Nr.	
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>			A6	Haus-Nr.	
A7	EnEV - 30%	<b>EnEV - 30%</b>					
A8	Energiebezugsfläche	5.396	m <sup>2</sup>	A9	Raumtemperatur	20	°C
A10	Länge der Heizperiode	219	d/a*	A11	Gradtagszahl Kd/a	3.378	Kd/a*
<b>E. Transmission</b>							
		Fläche x	U-Wert x	AL-Faktor x	GTZx0,024	= Verlust	sp. Verlust
		(m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> K)	(-)	(kKh/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m <sup>2</sup> a*)
E1	Bodenplatte	2.729	0,35	0,5	81,1	38.809	7,2
E2	Boden nach außen	253	0,25	1,0	81,1	5.132	1,0
E3	Wand gegen außen	3.399	0,25	1,0	81,1	67.539	12,5
E4	Wand gegen Keller/Erde	611	0,37	0,5	81,1	9.119	1,7
E5	Wärmebrücke	11.109	0,05	1,0	81,1	45.032	8,3
E6	Dach gegen außen	2.973	0,20	1,0	81,1	47.724	8,8
E7	Fenster horizontal	0	1,70	1,0	81,1	0	0,0
E8	Fenster Süd	456	1,70	1,0	81,1	62.844	11,6
E9	Fenster Ost	288	1,70	1,0	81,1	39.649	7,3
E10	Fenster West	251	1,70	1,0	81,1	34.566	6,4
E11	Fenster Nord	149	1,70	1,0	81,1	20.559	3,8
E14	<b>Summe Transmission</b>	<b>22.218</b>	m <sup>2</sup>			<b>370.973</b>	<b>68,8</b>
<b>F. Lüftung</b>							
		Volumen x	Luftw. x	sp. Wärme	GTZx0,024	= Verlust	sp. Verlust
		(m <sup>3</sup> )	(1/h)	(Wh/m <sup>3</sup> K)	(kKh/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m <sup>2</sup> a*)
F1	<b>Lüftung</b>	13.288	0,9	0,33	81,1	332.603	61,6
G1	<b>Bruttonutzwärmebedarf = Summe Transmission + Lüftung</b>					<b>703.576</b>	<b>130,4</b>
G2	<b>Wärmebedarf nach DIN 4701</b>		<b>278 kW</b>				
<b>H. Freie Wärme</b>							
		Fläche	Stromv. x	Faktor fe x	HT/365	= Gewinn	sp.Gewinn
		(m <sup>2</sup> )	(kWh/m <sup>2</sup> a)	(-)	(a/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m <sup>2</sup> a*)
H1	Abwärme Elektrizität	5.396	12,5	0,7	0,60	28.358	5,3
		Personen x	Wärmea. x	Aufenthalt x	HTx0,001	= Gewinn	sp.Gewinn
		(P)	(W/P)	(h/d)	(d/a*)	(kWh/a*)	(kWh/m <sup>2</sup> a*)
H2	Abwärme Personen	550	70	5	0,22	42.158	7,8
<b>Solare Einstrahlung</b>							
		Fläche x	g-Wert x	f <sub>i</sub> x f <sub>b</sub> x	Globalstrahl.	= Gewinn	sp.Gewinn
		(m <sup>2</sup> )	(-)	(-)	(kWh/m <sup>2</sup> a*)	(kWh/a*)	(kWh/m <sup>2</sup> a*)
H4	durch horiz. Fenster	0	0,52	0,57	331	0	0,0
H5	durch Süd-Fenster	456	0,52	0,57	353	47.458	8,8
H6	durch Ost-Fenster	288	0,52	0,57	212	17.982	3,3
H7	durch West-Fenster	251	0,52	0,57	217	16.046	3,0
H8	durch Nord-Fenster	149	0,52	0,57	121	5.322	1,0
H9	<b>Summe Strahlung</b>	<b>1.144</b>	m <sup>2</sup>			<b>86.807</b>	<b>16,1</b>
H10	<b>Freie Wärme = Abwärme Elektrizität + Personen + Strahlung</b>					<b>157.323</b>	<b>29,2</b>
H12	Gewinnfaktor	1 - (0,3 x	Freie Wärme /	Bruttonutz.) =	Gewinnfaktor		
		1 - (0,3 x	157.323	703.576	<b>0,93</b>		
<b>Wärmegewinn</b>							
			Freie W. x	Gewinnfak. =	Gewinn	sp.Gewinn	
H13	Wärmegewinn		157.323	0,93	<b>146.769</b>	<b>27,2</b>	
<b>I. Heizwärmebedarf</b>							
			Brutton.-	Wärmegew.=	Bedarf	sp. Bedarf	
I1	Heizwärmebedarf		703.576	146.769	<b>556.807</b>	<b>103,2</b>	
K1	Grenzwert Heizwärmebedarf					<b>75,0</b>	
K2	Grenzwert erreicht?					<b>nein</b>	

Abbildung 4: Blatt 4.2. Heizwärmebedarf für Variante 2 – EnEV-30%

### 5.2 Heizzahl, Heizkosten und Heizungsemission

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt Frankfurt auf der Basis des Leitfadens Heizenergie im Hochbau des Landes Hessen

<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichn.	<b>Grundschule Preungesheim</b>			A2	Unterab..	
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugenhaus, Turnhalle</b>			A4	Str-Nr.	
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>			A6	Haus-Nr.	
A7	EnEV - 30%	<b>EnEV - 30%</b>					
A8	Energiebezugsfläche	6.723	m <sup>2</sup>	A9 spez. Heizwärmebed.	104	kWh/m <sup>2</sup> a	
$\text{Heizbed. x Fläche + WW-Bed. x Personen = Bedarf sp. Bedarf}$ $\text{(kWh/m}^2\text{a) (m}^2\text{) (kWh/P a) (P) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
A10	Wärmebedarf	104	6.723	100	550	754.410	112,2
<b>B. Warmwasserspeicher</b>							
$\text{Fläche x U-Wert x delta T x 1,5x8,76 = Verlust sp. Verlust}$ $\text{(m}^2\text{) (W/m}^2\text{K) (K) (kh/a) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
B8	Speicherverlust	8,00	0,45	40	13,14	1.892	0,3
<b>C. Heizungsverteilung</b>							
$\text{Länge x U*-Wert x delta T x HTx0,024= Verlust sp. Verlust}$ $\text{(m) (W/mK) (K) (kh/a) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
C10	Heiz.-verteilverlust	50	0,20	45	5,26	2.365	0,4
<b>E. Warmwasserverteil.</b>							
$\text{Länge x U*-Wert x delta T x bZx0,365= Verlust sp. Verlust}$ $\text{(m) (W/mK) (K) (kh/a) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
E8	Zirkulationsverlust	30	0,20	20	4,38	526	0,1
E9	<b>Verteilungsverlust = Speicherverlust + Heizungsverteilverlust + Zirkulationsverlust</b>					4.783	0,7
<b>F. Wärmeerzeugung</b>							
$\text{Wärmeleist. x Vollnutz. = Wärmeerz. sp. Erzeug.}$ $\text{(kW) (h/a) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
<b>Blockheizkraftwerk</b>				0	0	0	0,0
<b>Kesselanlage</b>							
$\text{(Wärmeb.- BHKW-W. + Verteilv.) / Kess.Leist= Vollnutz.}$ $\text{(kWh/a) (kWh/a) (kWh/a) (kW) (h/a)}$							
F9	Vollbenutzungsstunden	754.410	0	4.783	356	2.130	
$\text{(Abgastemp. - Lufttemp.) x sigma / CO2-Geh Abgasv.}$ $\text{(}^\circ\text{C) (}^\circ\text{C) (1/K) (%) (%)}$							
F8	Abgasverlust	160	15	0,48	12,0	2,9	
$\text{(Abgasv. x 0,01 + Bereitv.) x Wärmeb.= Verlust sp. Verlust}$ $\text{(\%)(\%)(-)(kWh/a) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
F11	Betriebsverlust	2,9	x 0,01 +	0,020	754.410	36.966	5,5
$\text{Bereitverl. x (Bereitschaft- Vollnutzung)x Kess..Leist.= Verlust sp. Verlust}$ $\text{(-)(h/a) (h/a) (kW) (kWh/a) (kWh/m}^2\text{a)}$							
F12	Bereitschaftsverlust	0,020	8.760	2.130	356	47.256	7,0
F13	<b>Wärmeerzeugungsverlust = Betriebsverlust + Bereitschaftsverlust</b>					84.222	12,5
<b>G. Endenergieverbrauch</b>							
						(h/a) Verbrauch sp. Verbr.	
G1	Wärmeerzeugungsverlust					84.222	12,5
G2	Endenergieverbrauch BHKW	0	kW	x	0	0	0,0
G3	Endenergieverbrauch	356	kW	x	2.130	759.193	112,9
<b>Endenergieverbrauch gesamt</b>						843.415	125,5
<b>H. Heizzahl Kessel</b>							
$\text{Wärmebed / (Wärmebed + Verluste) = Heizzahl}$ $\text{(kWh/m}^2\text{a) (kWh/m}^2\text{a) (kWh/m}^2\text{a) (-)}$							
H1	Heizzahl Kessel + Verteilung	112,2	112,2	12,5		0,90	
H2	Grenzwert Heizzahl						0,80
H3	Grenzwert erfüllt?						ja
<b>I. Heizkosten</b>							
$\text{Leistung x Leist.-preis + Endenergie x Arbeit.-preis= Kosten sp. Kosten}$ $\text{(kW) (€/kW,a) (kWh/a) (€/kWh) (€/a) (€/m}^2\text{a)}$							
I1	Heizkosten (brutto)	356	40,02	843.415	0,049	55.742	8,3
<b>K. Emissionen</b>							
$\text{Endenerg. x sp.Emiss.= Emission sp. Emiss.}$ $\text{(MWh/a) (kg/MWh) (kg/a) (kg/m}^2\text{a)}$							
K2	CO2-Emissionen			843,4	200	168.683	25,1

Abbildung 5: Blatt 5.2. Heizzahl, -kosten und -emissionen für Variante 2 – EnEV-30%



## 5. Heizzahl, Heizkosten und Heizemissionen

Im nächsten Blatt wird die Heizzahl, also der Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage berechnet. Zusammen mit dem Heizenergiebedarf aus dem letzten Berechnungsblatt können daraus die Heizungskosten und Heizungsemissionen berechnet werden.

Hier muss zunächst der Warmwasserbedarf eingegeben werden (sofern die Erwärmung mit der Heizungsanlage erfolgt, elektrische Warmwassererzeugung wird in den Tabellen 6.x berücksichtigt). Die Daten zum Speicher, zur Heizungs- und zur Warmwasserverteilung können der Planung entnommen werden. Daraus folgt der Verteilungsverlust, wenn die Verteilungen nicht in der thermischen Hülle liegen, bzw. im Sommer für die WW-Verteilung.

Danach kann ein Blockheizkraftwerk berücksichtigt werden. Die Wärmeleistung und die Vollbenutzungsstunden müssen der Planung entnommen werden. Die Kesselleistung wird direkt aus dem Wärmebedarf (s. voriges Blatt) übernommen. Für größeren WW-Bedarf etc. kann ein abweichender Wert eingetragen werden. Mit den daraus errechneten Vollbenutzungsstunden für den Kessel können der Betriebsverlust und der Bereitschaftsverlust berechnet werden. Dann wird aus den vorherigen Daten der Endenergieverbrauch für BHKW und Kessel berechnet. Dafür wird die Gas-Leistung des BHKW benötigt.

Im nächsten Schritt wird die Heizzahl für Kessel und Verteilung berechnet und mit dem Grenzwert nach Leitfaden verglichen. Mit den Konditionen des Energieversorgers (Leistungspreis und Arbeitspreis) werden dann die Heizkosten berechnet. Im Falle Betrachtung mit BHKW ist allerdings der Gas-Einsatz für das BHKW bereits enthalten.

Schließlich werden mit den tabellierten Emissionsfaktoren nach [www.gemis.de](http://www.gemis.de) noch die Emissionen des Heizsystems berechnet.

Für jede Variante ist ein eigenes Blatt angelegt (5.1 bis 5.5). Für alle Tabellen werden als Vorgabe zunächst die Werte der Tabellen 4.x (Bedarfwerte) übernommen sowie die Werte der Tabelle 5.1 Heizungsdaten. So müssen für weitere Varianten nur die Änderungen gegenüber der Variante 5.1 eingegeben werden.

## 6. Strombedarf, Stromkosten und Stromemissionen

In diesem Blatt werden der Strombedarf, die Stromkosten sowie die resultierenden äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Kraftwerk berechnet. Die Systematik der Berechnung wurde aus dem "Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau" des Landes Hessen entnommen. Der Strombedarf ergibt sich stets als Produkt aus Leistung und Volllaststunden. Wie in den anderen Formblättern kann der spezifische Strombedarf wieder als Quotient aus dem jährlichen Strombedarf und der Energiebezugsfläche errechnet werden.

Für die Beleuchtung wurden die spezifischen Installationsleistungen (in W/m<sup>2</sup>) und die Volllaststunden für typische Fälle aus dem Leitfaden in die Hilfetabellen übernommen. Außerdem existieren hier Grenz- und Zielwerte deren Einhaltung überprüft werden kann.

Für die Lüftung und Klimatisierung sind ebenfalls Richtwerte für die Volllaststunden in den Hilfetabellen hinterlegt. Für die Kombination aus Lüftung und Klimatisierung existieren wiederum Grenz- und Zielwerte. Hier können auch die Vorgaben für ein Passivhaus oder der DIN 13779 eingetragen und für die Berechnung verwendet werden. Der Grenzwert für die Hilfsenergie Heizung (Pumpen und Brenner) liegt bei 0,8 kWh/m<sup>2</sup>a oder für die Leistung bei 1% der Kesselleistung.

In analoger Weise werden die Bereiche diverse Haustechnik (z.B. Transport und Kommunikation), Arbeitshilfen (z.B. PCs und Kaffeemaschinen), zentrale Dienste (z.B. Küchen) und elektrische Warmwasserbereitung erfasst.

Im nächsten Schritt kann die Eigenstromerzeugung z.B. durch ein BHKW oder eine Photovoltaikanlage berücksichtigt werden, wobei angegeben werden muss, welcher Teil im Hausnetz verbraucht wird und welcher Teil in das Netz des Versorgers (EVU) rückgespeist wird. Für die Berechnung der bezogenen Leistung aus dem EVU-Netz wird ein Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt, der wiederum projektspezifisch angepasst werden kann.

Mit den Konditionen des Stromversorgers (Leistungspreis, Arbeitspreis HT und NT, Einspeisevergütung) können dann die Stromkosten berechnet werden.

### 6.3 Strombedarf, Stromkosten und Stromemissionen

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt Frankfurt auf der Basis des Leitfadens elektrische Energie im Hochbau des Landes Hessen

<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichn.	<b>Grundschule Preungesheim</b>			A2	Unterab..	
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugenhaus, Turnhalle</b>			A4	Str-Nr.	
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>			A6	Haus-Nr.	
A7	Passivhaus	<b>Passivhaus</b>					
A8	Energiebezugsfläche	6.723	m <sup>2</sup>	A9	Nutzungszeit	2.000	h/a
<b>B. Beleuchtung</b>							
(Mittelwerte für Gebäude/Betriebseinheit)							
B1	Tageslichtnutzung	<b>meist</b>		Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
B2	Beleuchtungsstärke	300	lux	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
B3	Beleuchtung	4,9	W/m <sup>2</sup>	32,8	500	16.387	2,4
<b>C. Lüftung</b>							
C1	Luftvolumenstrom	12	m <sup>2</sup> /P	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
C2	Lüftung	11.000	m <sup>3</sup> /h	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
C2	Lüftung	0,45	Wh/m <sup>3</sup>	4,95	1.050	5.198	0,8
<b>D. Klimatisierung</b>							
D1	Kälteleistung	0	kW(th)	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
D2	Klimatisierung			(kWel)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
D2	Klimatisierung			0,0	0	0	0,0
Summe Lüftung + Klima						5.198	0,8
<b>E. Hilfsenergie Heizung</b>							
(Brenner, Pumpen etc.)							
E1	Wärmebedarf (Heiz. + WW.)	25	kWh/m <sup>2</sup> a	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
E2	Hilfsenergie Heizung			(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
E2	Hilfsenergie Heizung			1,1	1.000	1.100	0,2
<b>F. Diverse Haustechnik</b>							
(Transport, Kommunikation)							
F1	Transportleistung	0	to*m/d	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
F2	diverse Haustechnik			(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
F2	diverse Haustechnik			0,0	0	0	0,0
<b>G. Arbeitshilfen</b>							
(PCs, Kaffeemaschinen)							
G1	Anzahl PC-Arbeitsplätze	50	-	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
G2	PC-Arbeitsplätze	100	W/Arbeitspl.	(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
G3				5,0	1.050	5.250	0,8
G3				0,0	0	0	0,0
<b>H. Zentrale Dienste</b>							
(zentr. EDV, Waschm.)							
H1	Küche: Essen/Tag	350	E/d	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
H2	Küchen			(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
H2	Küchen			75,0	585	43.875	6,5
H3				0,0	0	0	0,0
H4				0,0	0	0	0,0
<b>I. Warmwasser (elektr.)</b>							
I1	Warmwasserbedarf (elekt.)	0	m <sup>3</sup> /P a	Leistung x	Volllast =	Bedarf	sp. Bedarf
I2	Warmwasserbereitung			(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
I2	Warmwasserbereitung			67,0	210	14.070	2,1
<b>K. Summe Strombedarf</b>							
K1				Leistung		Bedarf	sp. Bedarf
K1				185,8		85.879	12,8
<b>L. Eigenstromerzeugung</b>							
L1	Blockheizkraftwerk			Leistung x	Volllast =	Arbeit	sp. Arbeit
L2	Stromeinspeisung in das Hausnetz			(kW)	(h/a)	(kWh/a)	(kWh/m <sup>2</sup> a)
L2	Stromeinspeisung in das Hausnetz			0,0	0	0	0,0
L3	Stromeinspeisung in das Stadtwerkenetz					0	0,0
L4	Strombezug aus dem Stadtwerkenetz			158,0		85.879	12,8
<b>M. Stromkosten</b>							
M0	Vertrag: Highpower 1	Leistung x	Leist.-preis+	Arbeit x	Arb.preis	Kosten	sp. Kosten
M1	Leistungsbezugskosten	(kW)	(€/kW,a)	(kWh/a)	(€/kWh)	(€/a)	(€/m <sup>2</sup> a)
M1	Leistungsbezugskosten	158,0	97,53			15.405	2,3
M2	Strombezugskosten Hochtarif			68.703	0,109	7.516	1,1
M3	Strombezugskosten Niedertarif			17.176	0,109	1.879	0,3
M4	Einspeisevergütung			0	0,030	0	0,0
M5	Stromkosten = Leistungsk. + Bezug HT + NT - Einspeisevergütung					24.800	3,7
<b>N. Kraftwerksemission</b>							
(Strombez.- Einspeis.)x							
N1	äquivalente CO2-Emissionen			sp.Emis. =	Emission	sp. Emis.	
N1	äquivalente CO2-Emissionen			(kWh/a)	(kg/a)	(kg/m <sup>2</sup> a)	
N1	äquivalente CO2-Emissionen			85.879	0	58.398	8,7

Abbildung 6: Blatt 6.2. Strombedarf, -kosten und -emissionen für Variante 3 – Passivhaus

### 7.1 Wasserbedarf und Wasserkosten

Konzeption und Gestaltung: Hochbauamt der Stadt Frankfurt, Abteilung Energiemanagement

<b>A. Allgemeine Daten</b>							
A1	Liegenschaftsbezeichn.	<b>Grundschule Preungesheim</b>			A2 Unterab..		
A3	Gebäudebezeichnung	<b>Grundschule, KT, Jugenhaus, Turnhalle</b>			A4 Str.-Nr.		
A5	Straße	<b>Boskoopstraße</b>			A6 Haus-Nr.		
A4	EnEV	<b>EnEV</b>					
A5	Energiebezugsfläche	6.723	m <sup>2</sup>	A6 Personenzahl	550	P	
<b>B. Wasserbedarf</b>							
		Spülmeng. x	Spülhäuf. x	Nutztage x	Pers x 0,001	= Bedarf	sp. Bedarf
		(l/Spül.)	(Spül./P,d)	(d/a)	(Pm <sup>3</sup> /l)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)
B1	Toiletten	6	0,50	195	0,55	322	0,59
B2	Urinale	3,0	1,50	195	0,55	483	0,88
		Durchfluß x	Dauer x	Nutztage x	Pers x 0,001	= Bedarf	sp. Bedarf
		(l/min)	(min/P,d)	(d/a)	(Pm <sup>3</sup> /l)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)
B3	Handwaschbecken	3	2,0	195	0,55	644	1,17
B4	Duschen	10	0,200	195	0,55	215	0,39
		Menge x	Häufigkeit x	Nutztage x	0,001	= Bedarf	sp. Bedarf
		(l/Nutz.)	(Nutz./d)	(d/a)	(m <sup>3</sup> /l)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)
B5	Waschmaschine			195	0,001	0	0,00
B6	Spülmaschine			195	0,001	0	0,00
		Durchfluß x	Dauer x	Nutztage x	0,001	= Bedarf	sp. Bedarf
	sonst. Dauerverbraucher	(l/min)	(min/d)	(d/a)	(m <sup>3</sup> /l)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)
B7	Küche	20	120	195	0,001	468	0,85
B8				195	0,001	0	0,00
		Menge x	Häufigkeit x	Nutztage x	0,001	= Bedarf	sp. Bedarf
	sonst. Einzelverbraucher	(l/Nutz.)	(Nutz./d)	(d/a)	(m <sup>3</sup> /l)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)
B9	Freiflächenbewässerung			0	0,001	0	0,00
B10				0	0,001	0	0,00
						Bedarf	sp. Bedarf
						(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)
B11	<b>Summe Wasserbedarf</b>					<b>2.130</b>	<b>3,87</b>
<b>C. Wasserangebot</b>							
		Niederschlagsmenge x	Fläche x	Abflußbeiw.	= Angebot	sp. Angebot	
	Regenwasserflächen	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a)	(m <sup>2</sup> )	(-)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)	
C1	oberste Geschoßdecke	0,663	0		0	0,00	
C2	Dach gegen außen	0,663	3.000		0	0,00	
		Ertrag x	Nutzzeit x	0,001	= Angebot	sp. Angebot	
	sonst. Quellen	(l/h)	(h/a)	(m <sup>3</sup> /l)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)	
C4		0,0	8.760	0,001	0	0,00	
					Menge	sp. Menge	
					(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /P a)	
C5	<b>Summe Wasserangebot</b>				<b>0</b>	<b>0,00</b>	
C6	davon genutzt durch				<b>0</b>	<b>0,00</b>	
C7	<b>Trinkwasserbezug = Wasserbedarf - genutztes Angebot</b>				<b>2.130</b>	<b>3,87</b>	
C8	davon nicht in Kanal eingeleitete Menge (sep. Wasseruhr)				<b>0</b>	<b>0,00</b>	
C9	<b>Kanaleinleitung = Trinkwasserbezug - nicht eingeleitete Menge</b>				<b>2.130</b>	<b>3,87</b>	
<b>D. Wasserkosten</b>							
		W.-Bezug x	W.-Preis +	Kan.-Einleit. x	Kan.-Gebühr	= Kosten	sp. Kosten
		(m <sup>3</sup> /a)	(€/m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /a)	(€/m <sup>3</sup> )	(€/a)	(€/P,a)
D1	Wasserkosten	2.130	2,11	2.130	1,76	<b>8.246</b>	<b>14,99</b>

Abbildung 7: Blatt 7.1. Wasserbedarf und -kosten für Variante 1 – EnEV

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich wieder einfach über den vorgegebenen Emissionsfaktor berechnen.

Für jede Variante ist ein eigenes Blatt angelegt (6.1 bis 6.5). Für alle Tabellen werden als Vorgabe zunächst die Werte der Tabelle 6.1 übernommen. So müssen für weitere Varianten nur die Änderungen gegenüber der Variante 6.1 eingegeben werden..

### **7. Wasserbedarf und Wasserkosten**

Für die Berechnung von Wasserbedarf und Wasserkosten steht ein weiteres Kalkulationsblatt zur Verfügung (s. Tabelle 7). Der Wasserbedarf und die Wasserkosten werden im Gegensatz zu den anderen Werten nicht auf die Fläche sondern auf die Personenzahl bezogen.

Der Bedarf für die Toilettenspülung berechnet sich als Produkt aus der Spülmenge ( $I/Sp.$ ), der Spülhäufigkeit ( $Sp./P,d$ ), den Nutzungstagen ( $d/a$ ) und der Personenzahl ( $P$ ). Typische Werte für die Spülhäufigkeit sind in den Hilfetabellen enthalten. Analog kann der Bedarf für Urinale, Handwaschbecken, Duschen, Waschmaschine, Spülmaschine, Ausgussbecken und Freiflächenbewässerung berechnet werden.

Weiterhin kann das Wasserangebot durch Regenwassernutzung (die Dachfläche wird automatisch übernommen) und sonstige Quellen (z.B. Brunnen) berücksichtigt werden.

Mit den Konditionen des Wasserversorgers (Trinkwasserpreis und Kanaleinleitungsgebühr) ergeben sich die Wasserkosten.

Für jede Variante ist ein eigenes Blatt angelegt (7.1 bis 7.5). Für alle Tabellen werden als Vorgabe zunächst die Werte der Tabelle 7.1 übernommen. So müssen für weitere Varianten nur die Änderungen gegenüber der Variante 7.1 eingegeben werden.

### **Fazit**

Mit der Gesamtkostenberechnung steht ein differenziertes, aber leicht zu bedienendes Verfahren für Wirtschaftlichkeitsanalysen in allen Bereichen des Facility-Management zur Verfügung. Berechnungen aus anderen Programmen können leicht verwendet und eingepflegt werden.