

24. Deutscher Fachkongress für kommunales Energiemanagement  
am 1. und 2. April 2019 in Wiesbaden

**Energetische Standards bei der Sanierung von öffentlichen Gebäuden  
Erarbeitung und Umsetzung von Leitlinien in Frankfurt a.M.**

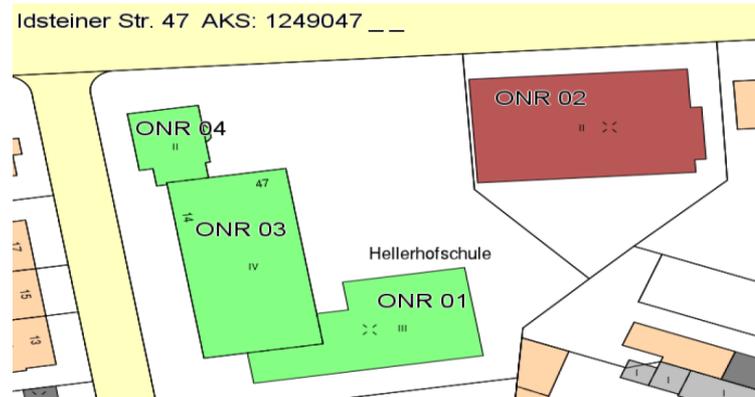
Dipl.-Ing. Mathias Linder

Abteilungsleiter Energiemanagement

STADT  FRANKFURT AM MAIN  
Amt für Bau und Immobilien  
Abteilung Energiemanagement

# Kommunale Gebäude in Frankfurt a.M.

- Liegenschaften mit städtischer Nutzung: 1.091
- Gebäude mit städtischer Nutzung: 2.726
- Nutzungsarten: Schulen, Kindertagesstätten, Bäder, Sportanlagen, Verwaltungsgebäude, Museen, Feuerwachen, Städtische Bühnen, Zoo und Palmengarten



# Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt a.M.

- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen alle fünf Jahre um 10 %
- Reduktion des Energiebedarfs bis 2050 um 50 % gegenüber 1990
- Volle Deckung des Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen bis 2050 (50 % Stadtgebiet, 50 % Region)



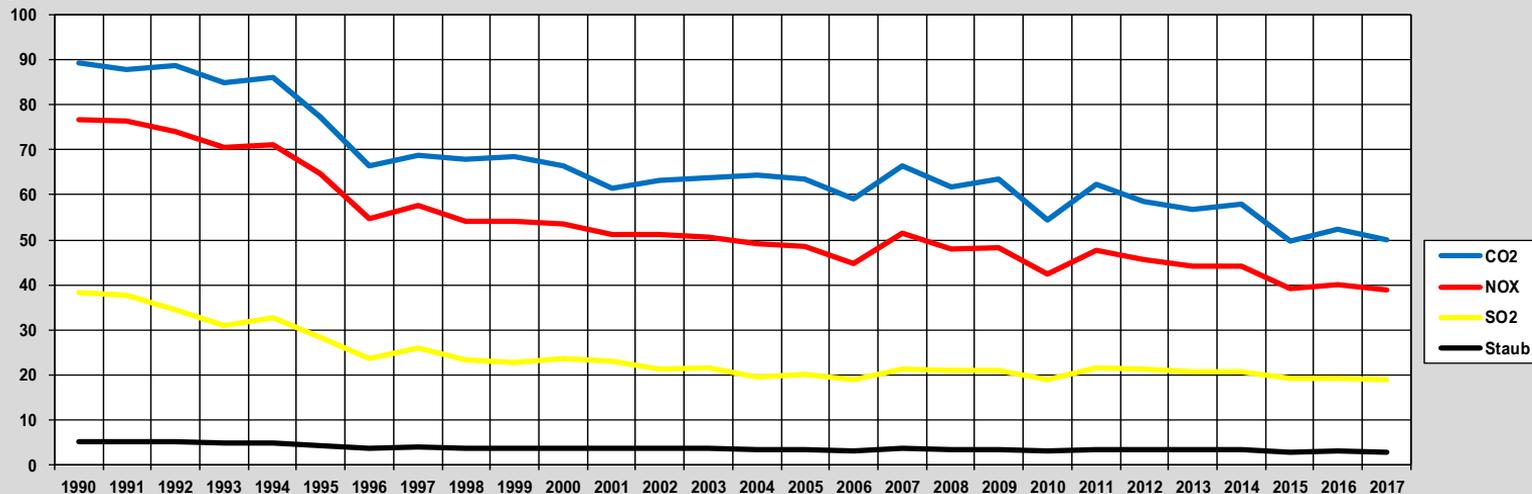
# Emissionsentwicklung spezifisch 1990-2017

Emissionen	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017/1990	
SO <sub>2</sub> -Heiz	21	19	18	15	17	13	10	11	10	10	10	9	8	9	8	8	8	8	8	9	7	9	8	8	8	7	7	7	g/m <sup>2</sup> a	-66%
SO <sub>2</sub> -Strom	18	19	16	16	16	15	14	15	13	12	13	14	13	13	11	12	11	13	13	12	12	13	13	13	12	13	12	12	g/m <sup>2</sup> a	-32%
SO <sub>2</sub>	38	38	34	31	33	28	24	26	23	23	23	23	21	22	20	20	19	21	21	21	19	22	21	21	19	19	19	g/m <sup>2</sup> a	-51%	
NO <sub>x</sub> -Heiz	38	36	39	36	37	32	25	25	26	27	25	20	24	23	24	23	21	24	20	22	17	20	17	16	17	12	14	13	g/m <sup>2</sup> a	-66%
NO <sub>x</sub> -Strom	38	40	35	34	34	32	30	33	28	27	29	31	27	28	25	26	24	28	28	26	25	28	29	28	27	27	26	26	g/m <sup>2</sup> a	-32%
NO <sub>x</sub>	77	76	74	71	71	65	55	58	54	54	54	51	51	51	49	49	45	52	48	48	42	48	46	44	44	39	40	39	g/m <sup>2</sup> a	-49%
Staub-Heiz.	2,8	2,6	2,8	2,6	2,7	2,3	1,8	1,9	2,0	2,0	1,9	1,6	1,8	1,8	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	1,4	1,7	1,5	1,4	1,5	1,2	1,3	1,2	g/m <sup>2</sup> a	-57%
Staub-Strom	2,5	2,6	2,3	2,2	2,2	2,1	1,9	2,1	1,8	1,7	1,8	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,7	1,6	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	g/m <sup>2</sup> a	-32%
Staub	5,3	5,2	5,1	4,8	4,9	4,4	3,8	4,0	3,8	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,5	3,2	3,6	3,4	3,5	3,1	3,5	3,3	3,2	3,3	2,9	3,0	2,9	g/m <sup>2</sup> a	-45%
CO <sub>2</sub> -Heiz.	56	53	58	55	57	49	41	40	44	45	42	35	40	40	43	42	39	42	38	41	33	39	34	33	35	27	30	28	kg/m <sup>2</sup> a	-50%
CO <sub>2</sub> -Strom	31	33	29	28	28	26	24	27	23	22	23	25	22	23	20	21	19	23	23	21	21	23	23	23	22	22	21	21	kg/m <sup>2</sup> a	-32%
CO <sub>2</sub> -Wasser+Kanal	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,7	1,4	1,3	1,4	1,1	1,0	1,0	0,9	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	kg/m <sup>2</sup> a	-68%
CO <sub>2</sub>	89	88	89	85	86	77	66	69	68	68	66	61	63	64	64	64	59	66	62	64	54	62	58	57	58	50	52	50	kg/m <sup>2</sup> a	-44%

NO<sub>x</sub>,SO<sub>2</sub>,Staub: g/m<sup>2</sup>a

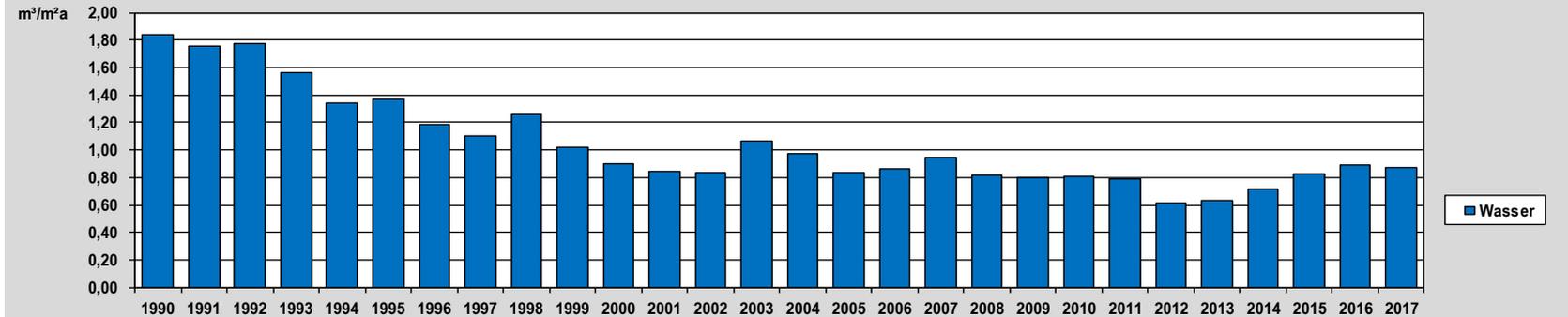
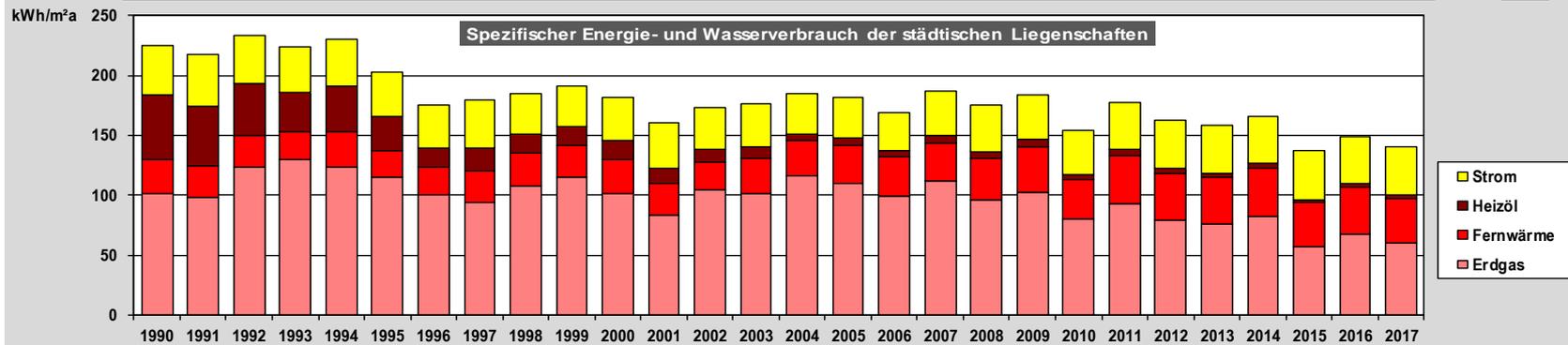
CO<sub>2</sub>: kg/m<sup>2</sup>a

Spezifische globale Schadstoffemissionen der städtischen Liegenschaften



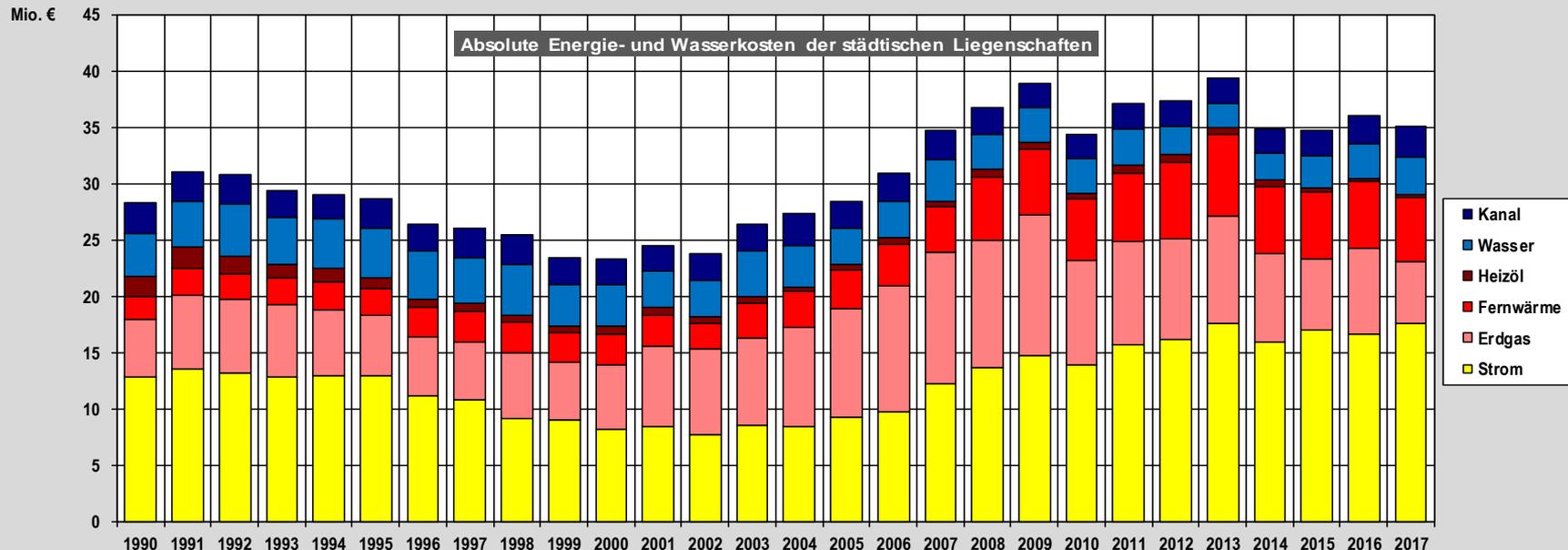
# Verbrauchsentwicklung spezifisch 1990-2017

Verbrauch	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017/1990	
Strom	41	43	40	39	39	37	35	40	34	34	37	38	34	36	33	34	32	37	39	38	37	39	40	40	39	41	40	41	kWh/m²a	-1%
Erdgas	101	98	124	130	124	115	100	94	108	115	102	84	105	102	116	109	99	112	96	103	81	93	79	76	83	58	68	61	kWh/m²a	-40%
Fernwärme	29	27	27	23	30	22	23	27	27	27	28	26	23	29	29	32	32	32	36	38	32	39	39	39	40	36	39	37	kWh/m²a	28%
Heizöl	54	50	43	33	38	29	17	19	16	15	15	12	11	10	6	6	5	6	5	6	4	6	4	3	4	3	2	3	kWh/m²a	-95%
Heizenergie	184	175	193	186	191	166	140	139	151	157	146	122	139	141	152	148	137	150	137	147	117	139	123	118	126	96	110	100	kWh/m²a	-45%
Wasser	1,84	1,76	1,78	1,57	1,34	1,37	1,18	1,10	1,26	1,02	0,90	0,85	0,84	1,07	0,98	0,83	0,86	0,95	0,82	0,80	0,81	0,79	0,62	0,63	0,71	0,82	0,89	0,87	m³/m²a	-53%



# Kostenentwicklung absolut 1990-2017

Kosten (brutto)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017/1990		
<b>Strom</b>	12,8	13,6	13,2	12,9	13,0	13,0	11,2	10,8	9,2	9,1	8,2	8,5	7,7	8,6	8,5	9,3	9,8	12,3	13,7	14,8	13,9	15,7	16,2	17,7	16,0	17,0	16,6	17,6	Mio. €	37,2	%
Erdgas	5,2	6,5	6,7	6,4	5,8	5,4	5,3	5,2	5,8	5,2	5,7	7,1	7,6	7,7	8,7	9,6	11,1	11,6	11,4	12,4	9,3	9,2	9,0	9,5	7,9	6,3	7,7	5,4	Mio. €	4,6	%
Fernwärme	2,0	2,4	2,2	2,3	2,6	2,4	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7	2,7	2,3	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	5,6	5,9	5,4	6,1	6,7	7,3	5,9	6,0	5,9	5,8	Mio. €	186,9	%
Heizöl	1,7	1,9	1,5	1,2	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	Mio. €	-84,4	%
<b>Heizenergie</b>	8,9	10,8	10,4	10,0	9,5	8,7	8,6	8,6	9,1	8,3	9,2	10,6	10,5	11,5	12,4	13,6	15,4	16,2	17,6	18,9	15,2	16,0	16,4	17,3	14,4	12,6	13,8	11,5	Mio. €	28,6	%
Wasser	3,8	4,0	4,6	4,2	4,4	4,5	4,2	4,0	4,6	3,7	3,7	3,2	3,2	4,0	3,7	3,1	3,3	3,6	3,2	3,1	3,1	3,2	2,5	2,1	2,4	2,8	3,1	3,3	Mio. €	-14,2	%
Kanal	2,8	2,7	2,7	2,4	2,1	2,6	2,5	2,6	2,6	2,4	2,3	2,3	2,4	2,4	2,9	2,4	2,5	2,6	2,3	2,1	2,2	2,4	2,3	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8	Mio. €	-0,9	%
<b>Wasser + Kanal</b>	6,6	6,7	7,3	6,6	6,5	7,1	6,7	6,6	7,2	6,1	5,9	5,5	5,6	6,4	6,5	5,5	5,8	6,3	5,4	5,2	5,3	5,5	4,8	4,4	4,6	5,1	5,6	6,0	Mio. €	-8,6	%
<b>Gesamt</b>	28,3	31,1	30,9	29,5	29,0	28,7	26,5	26,1	25,4	23,5	23,4	24,6	23,8	26,5	27,4	28,4	31,0	34,7	36,7	38,9	34,5	37,2	37,4	39,4	34,9	34,8	36,1	35,1	Mio. €	23,9	%



## Kosten und Einsparung der Energiewende im kommunalen Gebäudebestand

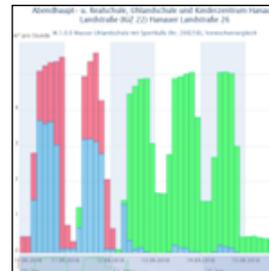
Mengengerüst mit stark gerundeten Werten

Gebäudebestand	/m <sup>2</sup> NGF	/Einwohner		Frankfurt a.M	Deutschland	
Einwohnerzahl		1	EW	730.000	82.200.000	EW
Anzahl der kommunalen Gebäude				2.500	280.000	Gebäude
Beheizte Nettonutzfläche der kommunalen Gebäude	1	3	m <sup>2</sup>	2,1	230	Mio. m <sup>2</sup>
Heizenergiekosten 2017	6	16	€/Jahr	12	1.300	Mio. €/Jahr
Stromkosten 2017	9	24	€/Jahr	18	2.000	Mio. €/Jahr
<b>Energiekosten 2017</b>	<b>14</b>	<b>40</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>29</b>	<b>3.300</b>	<b>Mio. €/Jahr</b>
Energiecontrolling und Betriebsoptimierung	/m <sup>2</sup> NGF	/Einwohner		Frankfurt a.M	Deutschland	
Personalbedarf (1 Mitarbeiter(in) für 2 Mio. € Energiekosten)				15	1.650	Mitarbeiter
Personalkosten (75.000 € / Mitarbeiter, Jahr)	0,5	1,5	€/Jahr	1	124	Mio. €/Jahr
Energiekosteneinsparung durch Energiemanagement (15 %)	2,1	6,0	€/Jahr	4	495	Mio. €/Jahr

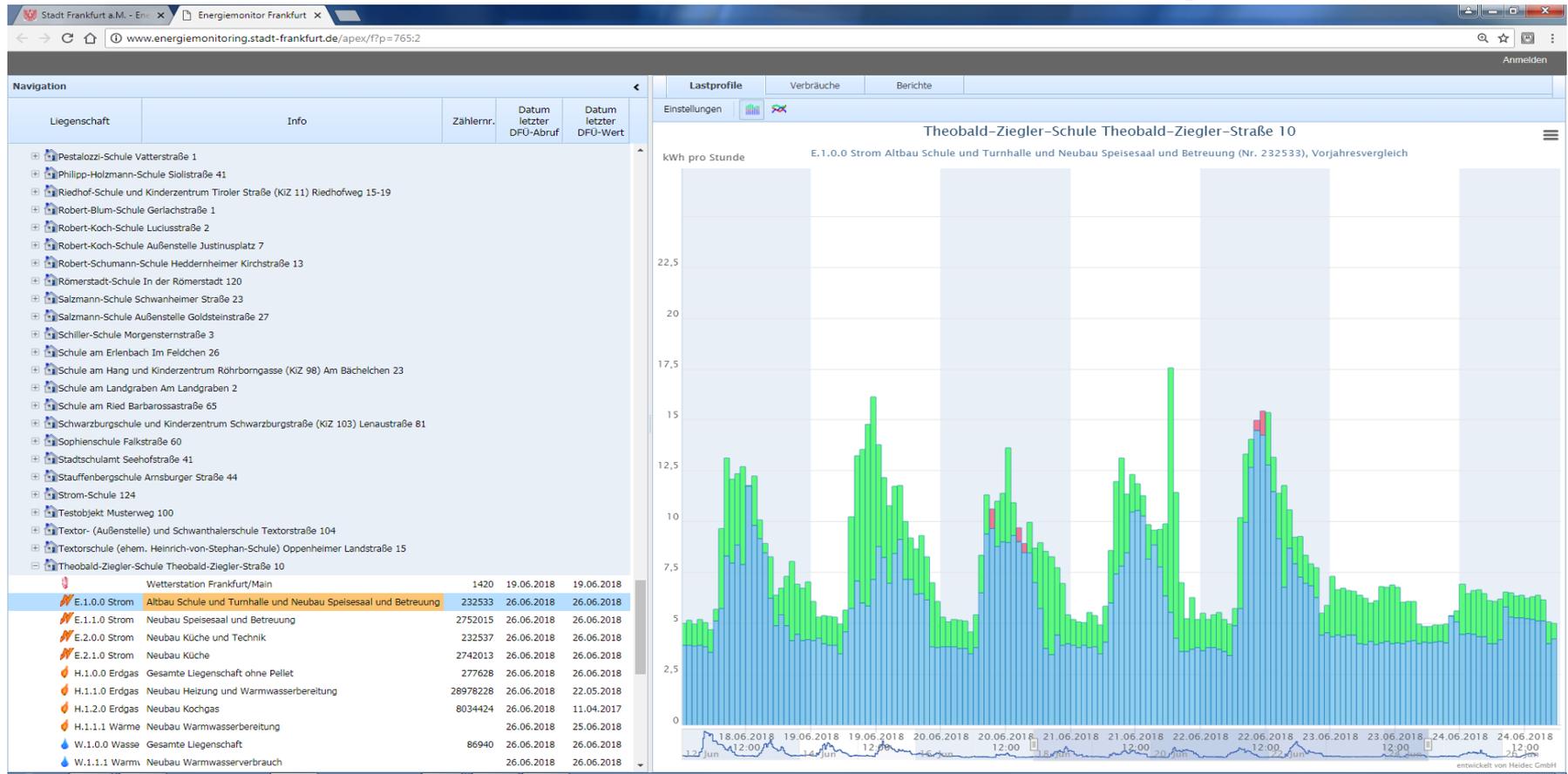


# Wege zum erfolgreichen Energiemanagement

- **Energiecontrolling**  
Potential > 5 %  
Kosten : Nutzen = 1:5 – 1:10
- **Betriebsoptimierung**  
Potential > 15 %  
Kosten : Nutzen = 1:3 – 1:5
- **Investive Maßnahmen**  
Potential > 30 %  
Kosten : Nutzen = 1:1 – 1:2



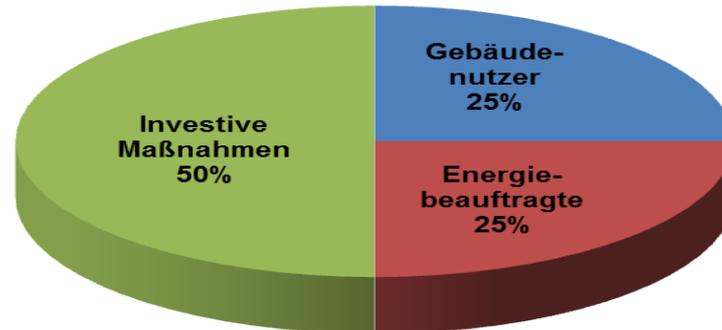
# Automatische Verbrauchserfassung



# Erfolgsbeteiligung für Nutzung und Betrieb

Nutzungs- und betriebsbedingte Einsparungen werden wie folgt aufgeteilt:

- 25 % erhalten die Nutzenden der Liegenschaft
- 25 % erhalten der/die Energiebeauftragte(n) als persönliche Prämie
- 50 % stehen für investive Maßnahmen zur Verfügung



# Analyse des Gebäudebestandes

- Gebäudedatenbank oder CAFM-System
- Hauptgröße: Baujahr bzw. Jahr der letzten Gesamtsanierung
- Hilfsgrößen: Akuter Sanierungsbedarf, Einstufung im Energieausweis

LGS: 143 BHA: 40.4 Stadtschulamt  
 Liegenschaftsbez.: Carlo-Mierendorff-Schule  
 PLZ: 60435 Stadtbezirk: Preungesheim (470)  
 Straße Liegenschaft: Gravensteiner-Platz (3383)  
 HsNr von-bis: 2 Zusatz: BWZK-LGS: 4152  
 Bearbeiten

Objektbereich: OB2 Giuseppe Vitale Eigentümer: E eigenes Gebäude, von Stadt genutzt (aktiv)  
 Bezeichnung 2: ehem. Jaspertstraße 7300  auch EGT="X" zeigen  
 EMgmt-Infosystem: \\\A65001007\65\65\_2\65\_25\Daten\Energiemanagement\L  
 Office GIS: <http://a620www01>  
 HBA-Infosystem: \\\A65001007\Projekte\Carlo-Mierendorff-Schule  
 www.bing.com/maps: [www.bing.com](http://www.bing.com)  
 Homepage: <http://www.cms-fim.de/>  
 Bea Nam / Dat: Vi 16.12.2013  
 Bild-Dateiadresse:

Gebäude  Proj. Liste  Aufträge  EVU-Rech.  ZAE-Ablesung  Änd.-Historie  Infos zur LGS  Kommentare  Personen  Einspeisungen  Technik-Netzwerk  Reports  EVU-Rg-Adr

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Einheit	Gebäude mit Flächen drucken			Liste Gebäude drucken			Gebäudeliste gesamt öffnen		
NRF (beh.)	5.158	5.294	5.761	6.255	6.866	6.866	6.866	m²									

Stadtbez. Gebäude	Straße Gebä	HsNr	HsNrZ	ONr	BZK-GEB	Gebäude	LNr	Baujahr	Gesamtsan	Bemerkung	Klassifizierung	Bea. Datum
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		01	4110	Hauptgebäude (Bauteile A,B,C,D,E)	10	01.01.1964	30.08.2013	2013 Gesamtsaniert		09.01.14
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		02	8510	WC (Bedürfnisanstalt)	10	01.01.1964		Abriss 2010		09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		03	4110	Singsaal	10	01.01.1964				09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		04	9000	Fahrradständer	10	01.01.1964				
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		05	6100	Wohnhaus	10	01.01.1964				09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		06	5111	Sporthalle	10	01.01.1964				09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		07	4110	IPI-Bau (Schulgebäude Bauteil G)	10	01.01.1972				09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		08	4110	Pavillon Kubi (Abriss Ende 2013)	10	01.01.1968		Abriss 2013 Baracke		09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		09	8510	WC IPI-Bau (Bedürfnisanstalt)	10	01.01.1972		IPI - Bau		09.11.93
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		10	8300	Trafostation (fremd)	10					
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		11	4110	Schulanbau (Bauteil H-Planung 2011)	10	01.01.2013		Termin unklar		12.01.11
Preungesheim (470)	Gravensteiner-P	2		12	6531	Mensa mit Klassen (Bauteil F)	10	30.09.2011		Hinweis Mensa BWZK		21.01.13

Datensatz: 1 von 13 | Kein Filter | Suchen

# ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

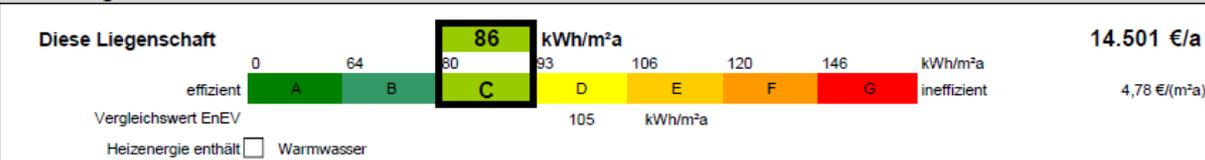
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 18.11.2013

Gültig bis: 16.03.2027      Registriernummer: HE-2017-001229577      **Aushang**

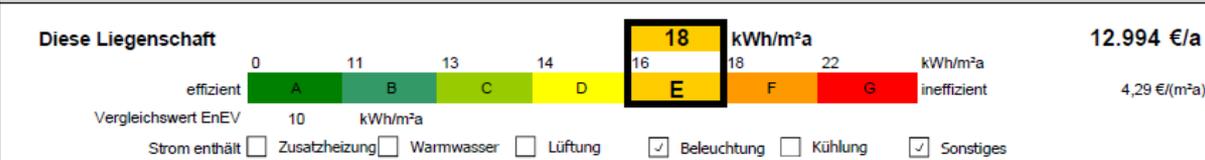
<b>Liegenschaft</b>	Deutscherherrenschule		
Adresse	Willemerstraße 24		
Hauptnutzung	Realschulen		3.032 m <sup>2</sup>
Baujahr Gebäude	1904	Netto-Raumfläche (beheizt)	3.032 m <sup>2</sup>
Wesentliche Energieträger für Heizung & Warmwasser	Heizöl EL		
Erneuerbare Energien			



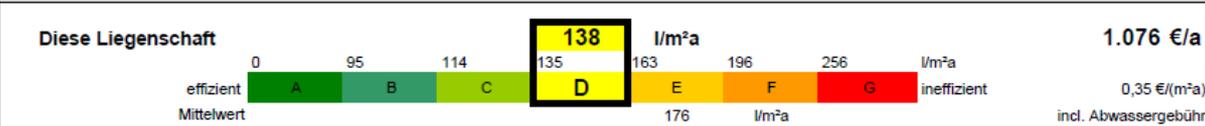
## Heizenergie Verbrauchskennwert 2013 - 2015 Kosten/Jahr



## Strom Verbrauchskennwert 2012 - 2015 Kosten/Jahr



## Wasser Verbrauchskennwert 2012 - 2015 Kosten/Jahr



**Primärenergieverbrauch 127 kWh/m<sup>2</sup>a      CO<sub>2</sub>-Emissionen 116 t/a      Energie und Wasserkosten 28.570 €/a**

<b>Gebäudesanierung auf EnEV-Standard</b>	<b>/m<sup>2</sup> NGF</b>	<b>/Einwohner</b>	<b>Frankfurt a.M Deutschland</b>	
Sanierungszyklus (Zeitraum zwischen den Komplettsanierungen)	50	Jahre		
jährliche Sanierungsrate	2,0%	/Jahr		
jährlich zu sanierende Gebäude			50	5.600 Gebäude/Jahr
jährlich zu sanierende Nettoraumfläche			41.220	4.600.000 m <sup>2</sup> /Jahr
spez. Kosten für Sanierung auf EnEV-Standard (ohnein erforderlich!)	1.300	€/m <sup>2</sup>		
<b>jährliche Kosten für Sanierung nach EnEV (ohnein erforderlich!)</b>	<b>26</b>	<b>73</b> €/Jahr	<b>54</b>	<b>5.980</b> Mio. €/Jahr
<b>Personalkosten Bauverwaltung (20 % Honorar, davon 25 % Projektleit.)</b>	<b>1</b>	<b>4</b> €/Jahr	<b>3</b>	<b>299</b> Mio. €/Jahr
Personalbedarf Bauverwaltung (bei 75.000 €/P)			36	3.987 Mitarbeiter
Heizenergieeinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard	40%			
Stromeinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard	15%			
<b>Energiekosteneinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard</b>	<b>4</b>	<b>10</b> €/Jahr	<b>7</b>	<b>820</b> Mio. €/Jahr
<b>Gebäudesanierung auf optimierten Standard</b>	<b>/m<sup>2</sup> NGF</b>	<b>/Einwohner</b>	<b>Frankfurt a.M Deutschland</b>	
spez. Mehrkosten für optimierten Sanierungsstandard	100	€/m <sup>2</sup>		
<b>jährl. Mehrkosten für optimierten Sanierungsstandard</b>	<b>2,0</b>	<b>5,6</b> €/Jahr	<b>4</b>	<b>460</b> Mio. €/Jahr
<b>Personalmehrkosten Bauverwaltung</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b> €/Jahr	<b>0,2</b>	<b>23</b> Mio. €/Jahr
Personalmehrbedarf Bauverwaltung			3	307 Mitarbeiter
zus. Heizenergieeinsparung durch optimierten Sanierungsstandard	30%			
zus. Stromeinsparung durch optimierten Sanierungsstandard	10%			
<b>zus. Energiekosteneinsparung durch optimierten Sanierungsstandard</b>	<b>2,5</b>	<b>7,1</b> €/Jahr	<b>5</b>	<b>590</b> Mio. €/Jahr

Fotos: Amt für  
Bau und Immobilien



# EnEV-Standard

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten  
 bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{\max}$ <sup>1</sup>	
			Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19$ °C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19$ °C
1	Außenwände	Nummer 1 Satz 1 und 2	0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K)	0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K)
2a	Fenster, Fenstertüren	Nummer 2 Buchstabe a und b	1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>2</sup>	1,9 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>2</sup>
2b	Dachflächenfenster	Nummer 2 Buchstabe a und b	1,4 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>2</sup>	1,9 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>2</sup>
2c	Verglasungen	Nummer 2 Buchstabe c	1,1 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>3</sup>	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nummer 6 Satz 1	1,5 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>4</sup>	1,9 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>4</sup>
2e	Glasdächer	Nummer 2 Buchstabe a und c	2,0 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>3</sup>	2,7 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>3</sup>
2f	Fenstertüren mit Klapp-, Falt-, Schiebe- oder Hebemechanismus	Nummer 2 Buchstabe a	1,6 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>2</sup>	1,9 W/(m <sup>2</sup> ·K) <sup>2</sup>

# Optimierter Standard

## Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2014

 HOCHBAUAMT  
STADT FRANKFURT AM MAIN



## Impressum

### Herausgeber

Magistrat der Stadt Frankfurt am Main  
Dezernat Planen, Bauen, Wohnen und Grundbesitz  
Hochbauamt  
Januar 2014

### Redaktion

Mathias Linder

### Druck

Dygy GmbH, Frankfurt

Alle Rechte vorbehalten

© 2013 Stadt Frankfurt am Main

Der Magistrat

ISSN 2190-5177

### Bezugsadresse

Hochbauamt der Stadt Frankfurt am Main  
Gerbermühlstraße 48  
60594 Frankfurt am Main  
069 212 33269  
E-Mail: hochbauamt@stadt-frankfurt.de

### Informationen im Internet

[www.hochbauamt.stadt-frankfurt.de](http://www.hochbauamt.stadt-frankfurt.de)  
[www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de](http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de)

### Bildquellennachweis Titelseite

KT Eulenberg: Jörg Hampel  
Ziehenschule: Christoph Kraneburg  
KT Griesheim: Lumen Photo  
Ludwig-Börne-Schule: Lumen Photo  
GS Kalbach: Christoph Kraneburg  
IGS Nordend: Uwe Dettmar

## § 7502

### Beschlussausfertigung

aus der

#### 40. Sitzung der Stadtverordnetenversammlung am 28.01.2010

„II. 1. Der Magistrat wird aufgefordert, sicherzustellen, dass **alle neuen Gebäude** der Stadtverwaltung, städtischer Einrichtungen und Eigenbetriebe sowie alle Gebäude, die im Rahmen von PPP-Modellen künftig für die Stadt Frankfurt errichtet werden, dem Passivhaus-Standard genügen und entsprechend konzeptioniert werden. Sollte dieser Standard nicht erreicht werden können, ist dies zu begründen. In allen Fällen gilt als Mindeststandard eine **30 Prozent bessere Energieeffizienz, als die jeweils aktuelle EnEV** verlangt.

II. 2. Der Magistrat wird aufgefordert, sicherzustellen, dass **bei künftigen Sanierungen** von Gebäuden der Stadtverwaltung, städtischer Einrichtungen und Eigenbetriebe sowie von Gebäuden, die die Stadt Frankfurt im Rahmen von PPP-Modellen nutzt, Passivhaus-Komponenten eingesetzt werden (Dämmung, Fenster, Lüftung mit Wärmerückgewinnung über 75 Prozent). Der Passivhaus-Standard ist anzustreben. Sollte dieser Standard nicht erreicht werden können, ist dies zu begründen. In allen Fällen gilt als Mindeststandard eine **30 Prozent bessere Energieeffizienz, als die jeweils aktuelle EnEV** verlangt. Es ist anzustreben, dies auch bei denkmalgeschützten Gebäuden - unter Wahrung der Denkmalbelange - zu erreichen.“

b) Der Magistrat wird aufgefordert, die in a) genannte Präzisierung des Beschlusses § 2443 auch in den Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2010 des Hochbauamtes zu berücksichtigen.

# Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen

- a) Bei **Sanierungen** von städtischen Gebäuden sind **Passivhauskomponenten** einzusetzen (Dämmung, Fenster, Lüftung mit Wärmerückgewinnung > 75 %). Der Passivhausstandard ist anzustreben. Sollte dieser Standard nicht erreicht werden können, ist dies zu begründen. In allen Fällen gilt als Mindeststandard eine dreißig Prozent bessere Energieeffizienz, als die jeweils aktuelle EnEV es verlangt. Es ist anzustreben, dies auch bei gestalterisch hochwertigen oder denkmalgeschützten Gebäuden - unter Wahrung der Denkmalbelange - zu erreichen (StVVb §7502 vom 28.01.2010).

Sanierung von Bauteil	max. U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	entspricht i.d.R. mindestens
Außenwand (Außendämmung)	0,16	20 cm bei WLG 035
Außenwand (Innendämmung)	0,24	14 cm bei WLG 045
Dach	0,14	26 cm bei WLG 035
Oberste Geschossdecke	0,15	22 cm bei WLG 035
Boden/Kellerdecke	0,25	12 cm bei WLG 035
Fenster/Fenstertüren	0,80	3-Scheiben
Verglasungen	0,70	3-Scheiben
Oberlichter	1,00	2-Scheiben
Außentüren	1,00	5 cm bei WLG 025

## 4.2 Lüftungstechnik

### 4.2.1 Vorplanung

- a) Insbesondere in allen Räumen mit einer hohen Personenbelegung (Unterrichts- und Gruppenräume, Sitzungssäle) sind die Schadstoffkonzentrationen unter den empfohlenen Grenzwerten zu halten (**CO<sub>2</sub> < 1.500 ppm**). Dies ist in der Regel nur mit einer kontrollierten Be- und Entlüftung möglich.
- b) Es sind grundsätzlich **Passivhauskomponenten** einzusetzen (Lüftung mit Wärmerückgewinnung, effektiver abluftseitig ermittelter **Wärmebereitstellungsgrad** für trockene Luft > 75 %, StVVB §7502 vom 28.01.2010). Empfohlen wird ein Wärmebereitstellungsgrad > 80 %.
- c) Der spezifische **Stromverbrauch** für die gesamte Anlage soll unter **< 0,45 Wh/m<sup>3</sup>** liegen (Passivhauskriterium).

## 2 Umsetzung der Leitlinien

### Integrale Planung macht zufriedene Nutzer!

Die folgenden Leitlinien werden Bestandteil aller Architekten- und Ingenieurbeauftragungen.

Die Einhaltung der Leitlinien ist an **vier Meilensteinen** (zum Abschluss der Vorplanung, zur Bau- und Finanzierungsvorlage, bei der Abnahme und nach 2 Jahren Betrieb) mit den zugehörigen **Checklisten** (siehe Anlage) von der Projektleitung des Hochbauamtes zu überprüfen.

Für alle Maßnahmen **über 250.000 €** ist an allen Meilensteinen zusätzlich eine aktuelle **Gesamtkostenberechnung** vorzulegen, aus der neben den Investitionskosten auch die Betriebs- und Folgekosten hervorgehen ([www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de](http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de) > Gesamtkostenberechnung). Dabei sind mindestens **zur Vorplanung mehrere Varianten** darzustellen (Grundleistung nach HOAI!).

Die Checklisten und die Gesamtkostenberechnung (als Excel-Datei) werden von der Projektleitung an [energiemanagement@stadt-frankfurt.de](mailto:energiemanagement@stadt-frankfurt.de) gemailt und dort zentral in einem Informationssystem gesammelt.



# Gesamtkostenberechnung - 1

## 1. Gesamtkosten

(wird gewöhnlich von der Projektleitung ausgefüllt)

A. Allgemeine Daten		Eingabefelder: weiß, Rechenfelder: grau		Version 16.0 16.04.2018	
A1	Liegenschaftsbezeichnung	<b>Mustergebäude</b>			
A2	Gebäudebezeichnung	<b>Kindertagesstätte</b>			
A3	Straße, Hausnummer	<b>Musterstraße</b>			
A4	Planungsphase	<b>Vorplanung</b>			
A5	Betrachtungszeitraum (Jahre)	50	A9 Währung	€	
A6	Kapitalzins*	1,8%	A10 Annuitätsfaktor	3,1%	
A7	Preissteigerung Energie	3,0%	A11 Mittelwertfaktor Ener.	2,09	
A8	Preissteigerung sonstiges	2,0%	A12 Mittelwertfaktor sonst.	1,60	
B. Varianten		Bezeichnung (Eingabe erforderlich!)			Rang/Auswahl
B1	EnEV 2016	<b>Energieeinsparverordnung (EnEV) 2016</b>			4 <input type="checkbox"/>
B2	EnEV2016-30	<b>Energieeinsparverordnung (EnEV) 2016 - 30 %</b>			5 <input type="checkbox"/>
B3	Passiv	<b>Passivhaus</b>			3 <input type="checkbox"/>
B4	Niedrigst	<b>Niedrigstenergiegebäude</b>			2 <input type="checkbox"/>
B5	Netto-Null	<b>Netto-Nullenergiegebäude</b>			1 <input checked="" type="checkbox"/>

Foto: Amt für Bau und Immobilien

C. Kenngrößen		EnEV 2016	EnEV2016-30	Passiv	Niedrigst	Netto-Null	
C1	beheizte Netto-Raumfläche	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	m <sup>2</sup>
C2	Personenzahl	100	100	100	100	100	P
C3	spez. Heizwärmebedarf	51	22	24	24	24	kWh/m <sup>2</sup> a
C4	spez. Heizenergiebedarf	66	34	36	36	36	kWh/m <sup>2</sup> a
C5	spez. Strombezug	25	25	25	18	16	kWh/m <sup>2</sup> a
C6	spez. Primärenergiebedarf	117	81	84	46	8	kWh/m <sup>2</sup> a
C7	spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	33	25	26	11	-3	kg/m <sup>2</sup> a
C8	spez. Trinkwasserbezug	546	546	546	546	546	l/m <sup>2</sup> a

# Gesamtkostenberechnung - 2

D. Kapitalkosten	EnEV 2016	EnEV2016-30	Passiv	Niedrigst	Netto-Null	
D1 Baukosten (DIN 276)	2.661.126	2.746.133	2.722.235	2.773.386	2.824.538	€
D2 - Zuschüsse/Erlöse						€
D3 = Eigenkapitaleinsatz	2.661.126	2.746.133	2.722.235	2.773.386	2.824.538	€
D4 Kapitalkosten	<b>81.164</b>	<b>83.757</b>	<b>83.028</b>	<b>84.588</b>	<b>86.149</b>	€/a
D5 spez. Kapitalkosten	<b>81</b>	<b>84</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	€/m²a
E. mittl. Betriebskosten	EnEV 2016	EnEV2016-30	Passiv	Niedrigst	Netto-Null	
E1 Heizkosten	3.184	1.622	1.736	1.736	1.736	€/a
E2 Stromkosten	5.390	5.368	5.368	2.342	-225	€/a
E3 Wasser-/Abwasserkosten	1.958	1.958	1.958	1.958	1.958	€/a
E4 Reinigungskosten	9.256	9.256	9.256	9.256	9.256	€/a
E5 Betriebsführungskosten	4.600	4.600	4.600	4.600	4.600	€/a
E6 Instandhaltungskosten	23.285	24.117	24.015	26.487	29.019	€/a
E6 Verwaltung+Versicherung	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	€/a
E7 heutige Betriebskosten	<b>48.674</b>	<b>47.921</b>	<b>47.934</b>	<b>47.380</b>	<b>47.345</b>	€/a
E8 mittl. Betriebskosten	<b>82.216</b>	<b>80.245</b>	<b>80.322</b>	<b>77.976</b>	<b>76.685</b>	€/a
E9 spez. Betriebskosten	<b>82</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>78</b>	<b>77</b>	€/m²a
F. Umweltfolgekosten	EnEV 2016	EnEV2016-30	Passiv	Niedrigst	Netto-Null	
F1 CO <sub>2</sub> -Emissionen (50 €/to)	1.670	1.260	1.289	567	-156	€/a
F2 Trinkwasser (1 €/m³)	546	546	546	546	546	€/a
F3 Umweltfolgekosten	<b>2.216</b>	<b>1.806</b>	<b>1.836</b>	<b>1.113</b>	<b>391</b>	€/a
F4 spez. Umweltfolgekost.	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	€/m²a
G. Gesamtkosten	EnEV 2016	EnEV2016-30	Passiv	Niedrigst	Netto-Null	
G1 Gesamtkosten	<b>165.597</b>	<b>165.809</b>	<b>165.186</b>	<b>163.678</b>	<b>163.224</b>	€/a
G2 spez. Gesamtkosten	<b>166</b>	<b>166</b>	<b>165</b>	<b>164</b>	<b>163</b>	€/m²a
G3 Einsparung in 50 Jahren zu EnEV 2016		<b>-10.604</b>	<b>20.513</b>	<b>95.928</b>	<b>118.609</b>	€

**INTEGRATION VON ZWEI SCHULEN, LUDWIG-BÖRNE-SCHULE**  
Frankfurt-Innenstadt, Lange Straße 30-36

Bauzeit 10/2008 – 01/2011  
Gesamtkosten 13.612.000,- € br.  
Baukosten 886.700,- € br.  
Baukosten/qm BGF 1.531,- € br.

LUDWIG-BÖRNE-SCHULE

Planung und Bauleitung Dierks Blume Nasedy, Frankfurt

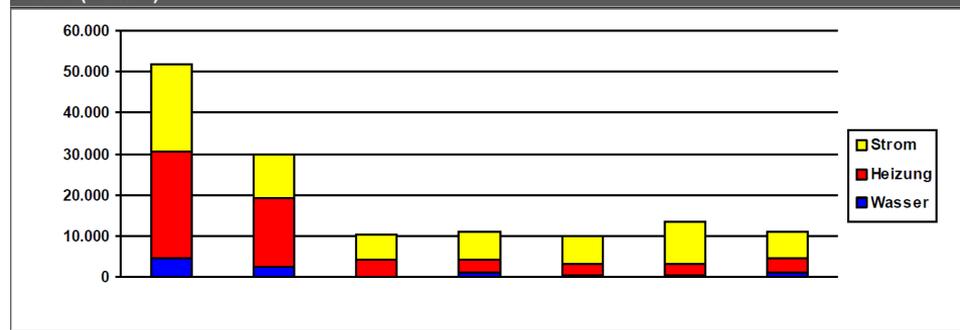
Foto: Jürgen photo

# Sanierung Kinder- und Jugendhaus Bornheim

Liegenschaft: Kinder- und Jugendhaus Bornheim  
 Adresse: Ortenberger Straße 40  
 Gebäude: Kinder- und Jugendhaus  
 Maßnahme: Sanierung mit Passivhaus-Komponenten  
 Zeitraum: 05.2010 – 04.2011  
 Baukosten: 2.183.602 €  
 Einsparung: 40.000 €/a  
 Projektbeteiligte: 25.51.1 Andreas Starnofsky  
 25.65.2 Giuseppe Vitale



Kosten (absolut)



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	€/a
Strom	21.541	10.815	6.255	6.829	7.012	10.462	6.346	€/a
Heizung	26.080	16.496	3.884	3.227	2.534	2.531	3.509	€/a
Wasser	4.291	2.564	137	950	458	462	989	€/a
Summe	51.912	29.875	10.277	11.005	10.004	13.455	10.844	€/a

<b>Gebäudesanierung auf EnEV-Standard</b>	<b>/m<sup>2</sup> NGF</b>	<b>/Einwohner</b>	<b>Frankfurt a.M Deutschland</b>	
Sanierungszyklus (Zeitraum zwischen den Komplettsanierungen)	50	Jahre		
jährliche Sanierungsrate	2,0%	/Jahr		
jährlich zu sanierende Gebäude			50	5.600 Gebäude/Jahr
jährlich zu sanierende Nettoraumfläche			41.220	4.600.000 m <sup>2</sup> /Jahr
spez. Kosten für Sanierung auf EnEV-Standard (ohnein erforderlich!)	1.300	€/m <sup>2</sup>		
<b>jährliche Kosten für Sanierung nach EnEV (ohnein erforderlich!)</b>	<b>26</b>	<b>73</b> €/Jahr	<b>54</b>	<b>5.980</b> Mio. €/Jahr
<b>Personalkosten Bauverwaltung (20 % Honorar, davon 25 % Projektleit.)</b>	<b>1</b>	<b>4</b> €/Jahr	<b>3</b>	<b>299</b> Mio. €/Jahr
Personalbedarf Bauverwaltung (bei 75.000 €/P)			36	3.987 Mitarbeiter
Heizenergieeinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard	40%			
Stromeinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard	15%			
<b>Energiekosteneinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard</b>	<b>4</b>	<b>10</b> €/Jahr	<b>7</b>	<b>820</b> Mio. €/Jahr
<b>Gebäudesanierung auf optimierten Standard</b>	<b>/m<sup>2</sup> NGF</b>	<b>/Einwohner</b>	<b>Frankfurt a.M Deutschland</b>	
spez. Mehrkosten für optimierten Sanierungsstandard	100	€/m <sup>2</sup>		
<b>jährl. Mehrkosten für optimierten Sanierungsstandard</b>	<b>2,0</b>	<b>5,6</b> €/Jahr	<b>4</b>	<b>460</b> Mio. €/Jahr
<b>Personalmehrkosten Bauverwaltung</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b> €/Jahr	<b>0,2</b>	<b>23</b> Mio. €/Jahr
Personalmehrbedarf Bauverwaltung			3	307 Mitarbeiter
zus. Heizenergieeinsparung durch optimierten Sanierungsstandard	30%			
zus. Stromeinsparung durch optimierten Sanierungsstandard	10%			
<b>zus. Energiekosteneinsparung durch optimierten Sanierungsstandard</b>	<b>2,5</b>	<b>7,1</b> €/Jahr	<b>5</b>	<b>590</b> Mio. €/Jahr

Fotos: Amt für Bau und Immobilien



<b>Einbau von Photovoltaikanlagen</b>	<b>/m<sup>2</sup> NGF</b>	<b>/Einwohner</b>	<b>Frankfurt a.M. Deutschland</b>	
Nutzbare Dachfläche (im Mittel 2,5 Geschosse, 50 % nutzbar)	0,2	m <sup>2</sup>	0,4	46 Mio. m <sup>2</sup>
Mittlere Lebensdauer der PV-Anlagen	25	Jahre		
jährliche Zubau-/Sanierungsrate	4%	/Jahr		
jährlich zu errichtende Photovoltaikanlagen (Fläche)			16.488	1.840.000 m <sup>2</sup> /Jahr
jährlich zu errichtende Photovoltaikanlagen (Leistung)			1.649	184.000 kW <sub>peak</sub> /Jahr
spez. Kosten für Photovoltaikanlagen	1.500	€/kW <sub>peak</sub>		
<b>jährliche Kosten für den Bau von Photovoltaikanlagen</b>	<b>1,2</b>	<b>3,4 €/Jahr</b>	<b>2</b>	<b>276 Mio. €/Jahr</b>
<b>Personalkosten Bauverwaltung</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2 €/Jahr</b>	<b>0,1</b>	<b>14 Mio. €/Jahr</b>
Personalbedarf Bauverwaltung			2	184 Mitarbeiter
Ertrag aus den Photovoltaikanlagen (850 h/a, 0,12 €/kWh)	102	€/kW <sub>peak</sub> .Jahr		
<b>Stromertrag aus den Photovoltaikanlagen im Endausbau</b>	<b>2,0</b>	<b>5,8 €/Jahr</b>	<b>4</b>	<b>469 Mio. €/Jahr</b>



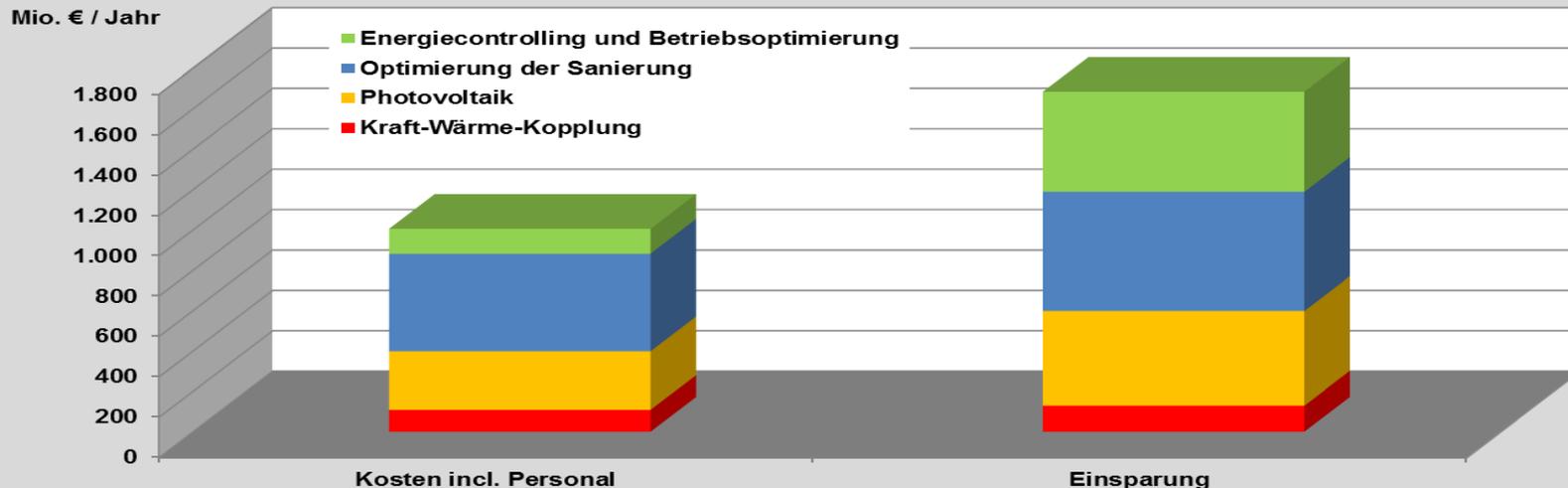
Foto: Amt für Bau und Immobilien

Einbau von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen	/m <sup>2</sup> NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M. Deutschland		
Anzahl von Heizzentralen			1.000	110.000	Stück
Wärmeverbrauch nach optimierter Sanierung			66	7.400	GWh
Mittlere Lebensdauer der KWK-Anlagen	10	Jahre			
jährliche Zubau-/Sanierungsrate	10%	/Jahr			
jährlich einzubauende KWK-Anlagen (Anzahl in 50 % der Heizzentralen)			50	5.500	Stück/Jahr
jährlich einzubauende KWK-Anlagen (Leistung für 50 % der Wärmeerzeugung)			330	37.000	kW <sub>el</sub> /Jahr
spez. Kosten für KWK-Analgen	2.800	€/kW <sub>el</sub>			
<b>jährliche Kosten für den Bau von KWK-Anlagen</b>	<b>0,4</b>	<b>1,3</b> €/m <sup>2</sup> /Jahr	<b>1</b>	<b>104</b>	<b>Mio. €/Jahr</b>
<b>Personalkosten Bauverwaltung</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b> €/Jahr	<b>0,0</b>	<b>5</b>	<b>Mio. €/Jahr</b>
Personalbedarf Bauverwaltung			1	69	Mitarbeiter
Ertrag aus den KWK-Anlagen (5.000 h/a, 0,07 €/kWh <sub>el</sub> )	350	€/kW <sub>el</sub> ,Jahr			
<b>Ertrag aus den KWK-Anlagen im Endausbau</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b> €/m <sup>2</sup> ,Jahr	<b>1</b>	<b>130</b>	<b>Mio. €/Jahr</b>



Zusammenfassung	/m <sup>2</sup> NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M. Deutschland			
Energiekosten 2017	14	40	€/m <sup>2</sup> ,Jahr	29	3.300	Mio. €/Jahr
Energiekosten 2067 (zu Preisen von 2017)	3	9	€/m <sup>2</sup> ,Jahr	7	796	Mio. €/Jahr
jährliche Kosten für Sanierung nach EnEV (ohnehin erforderlich!)	26	73	€/m <sup>2</sup> ,Jahr	54	5.980	Mio. €/Jahr
jährliche Mehrkosten für EM, optimierten Standard, PV und KWK	4	10	€/m <sup>2</sup> ,Jahr	8	840	Mio. €/Jahr
jährliche Einsparung für EM, optimierten Standard, PV und KWK	7	20	€/m <sup>2</sup> ,Jahr	15	1.684	Mio. €/Jahr
Personalbedarf für Sanierung nach EnEV (ohnehin erforderlich)				36	3.987	Mitarbeiter
Personalmehrbedarf für EM, optimierten Standard und PV				20	2.210	Mitarbeiter

### Kosten und Einsparung der Energiewende im kommunalen Gebäudebestand in Deutschland



# Fazit

1. Der wesentliche Kostenfaktor ist nicht die Energiewende, sondern die ohnehin erforderliche Sanierung von 2 % der Gebäude pro Jahr.
2. Wenn diese Sanierungsrate nicht erreicht wird, findet ein ständiger Werteverzehr im Gebäudebestand statt.
3. Wenn die technische Lebensdauer systematisch überschritten wird, bleibt irgendwann nur noch Abriss und Neubau.
4. Energiecontrolling und Betriebsoptimierung hat das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis und ist daher flächendeckend einzuführen.
5. Die Mehrkosten für einen optimierten Sanierungsstandard incl. PV und KWK werden über die Einsparungen erwirtschaftet.
6. **Die Ziele der Energiewende sind daher mit wirtschaftlichen Mitteln erreichbar.**

http://www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de/

STADT FRANKFURT AM MAIN  
 Amt für Bau und Immobilien  
 Abteilung Energiemanagement



## Energiecontrolling

- [EVU-Rechnungen](#)
- [Manuelle Zählerablesungen](#)
- [Automatische Verbrauchserfassung](#)
- [Energieausweise](#)

## Betriebsoptimierung

- [Hinweise für Gebäudenutzende](#)
- [Anweisungen für Hausverwaltungen](#)
- [Energiespar-Toolbox](#)
- [Erfolgsbeteiligung für Nutzung/Betrieb](#)
- [Seminarprogramm](#)
- [Gebäudeautomation](#)

## Investive Maßnahmen

- [Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen](#)
- [Gesamtkostenberechnung](#)
- [Bauprojekte](#)
- [Energiekonzepte](#)
- [Thermografieuntersuchungen](#)
- [Kraft-Wärme-Kopplung](#)
- [Regenerative Energiequellen](#)

## Service

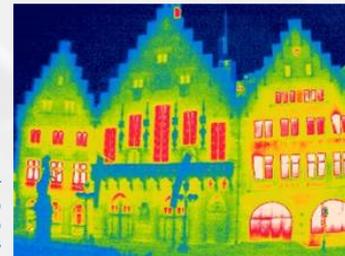
- [Aktuelles](#)
- [Berichte / Dokumente](#)
- [Rechenprogramme](#)
- [Verweise auf externe Seiten](#)
- [Verweise auf interne Seiten](#)
- [Information in English](#)

## Energiemanagement

Seit über 25 Jahren gibt es in der Stadt Frankfurt a.M. die Abteilung Energiemanagement. Diese hat die Aufgabe, die Strom-, Heizenergie- und Wasserkosten für die ca. 1.000 städtisch genutzten Liegenschaften mit über 2 Mio. m<sup>2</sup> Nettoraumfläche zu minimieren. Dazu gehören so unterschiedliche Gebäudearten wie Schulen, Kindertagesstätten, Bäder, Sportanlagen, Verwaltungsgebäude, Museen, Feuerwachen, Städtische Bühnen, Zoo und Palmengarten.

- 25 Jahre Energiemanagement
- Meilensteine 25 Jahre Energiemanagement

Im Jahr 2017 wurden für diese Liegenschaften Energie- und Wasserkosten in Höhe von ca. 35,1 Mio. € aufgewendet. Davon entfielen ca. 17,6 Mio. € auf Strom, ca. 11,5 Mio. € auf Heizenergie und ca. 6,0 Mio. € auf Wasser und Kanaleinleitung. Seit dem Jahr 1990 konnte der spezifische Stromverbrauch trotz der vor allem im Bereich der IT rasant zunehmenden technischen Ausstattung im Schnitt um 1 % gesenkt werden. Der spezifische Heizenergieverbrauch sank in dieser Zeit um 45 %, der spezifische Wasserverbrauch sogar um 53 % und die spezifische Kohlendioxid-Emissionen um 44 %. Um die Ziele des Energie- und Klimaschutzkonzeptes der Stadt und des Bundes zu erreichen (Verringerung alle 5 Jahre um 10 %, Klimaneutralität bis 2050) sind künftig jedoch noch verstärkte Anstrengungen nötig.



Seit dem Jahr 1990 wurde durch das Energiemanagement zusätzlich ein finanzieller Gewinn von knapp 203 Mio. € erwirtschaftet. Eine Zusammenstellung der Zahlen finden Sie hier:

- Entwicklung der Kosten, Verbrauchswerte und Emissionen seit 1990

Diese Erfolge wurden mit den drei wesentlichen Instrumenten des kommunalen Energiemanagements erreicht:

Instrumente	Einsparpotential	Kosten : Nutzen
Energiecontrolling	> 5 %	1:5 – 1:10
Betriebsoptimierung	> 15 %	1:3 – 1:5
Investive Maßnahmen	> 30 %	1:1 – 1:3

Weiterführende Dokumente:

- Organigramm der Abteilung Energiemanagement
- Ablaufschema der Abteilung Energiemanagement
- Aufgaben der Abteilung Energiemanagement
- Aktuelles