IAKS-Veranstaltung: Nachhaltige Bau- und Betriebskonzepte für Sporthallen

Vom Passivhaus zu den Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen

Dipl.-Ing. Mathias Linder
Abteilungsleiter Energiemanagement

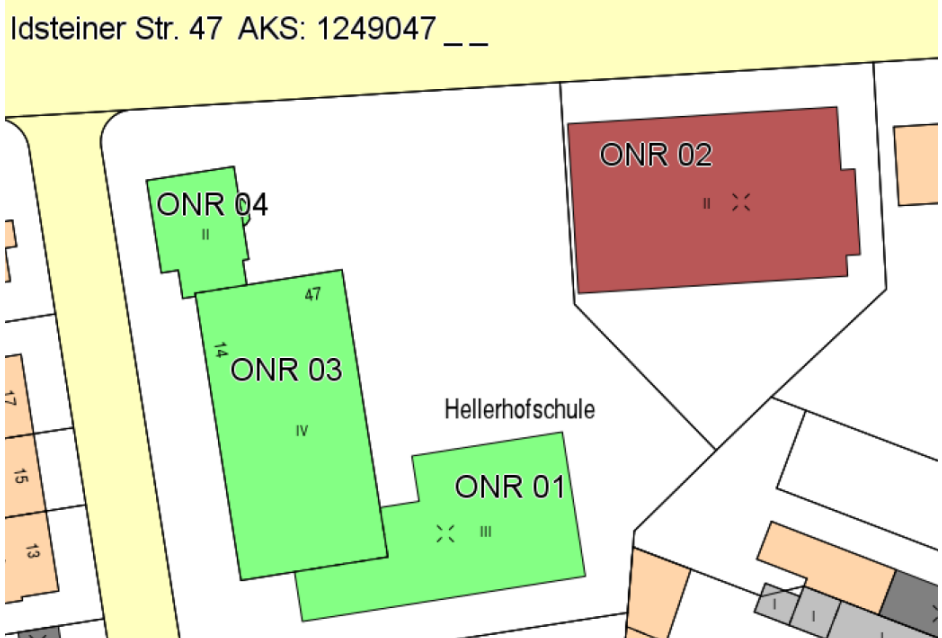
HOCHBAUAMT
STADT FRANKFURT AM MAIN

Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt a.M.

- Reduktion der CO_2-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)

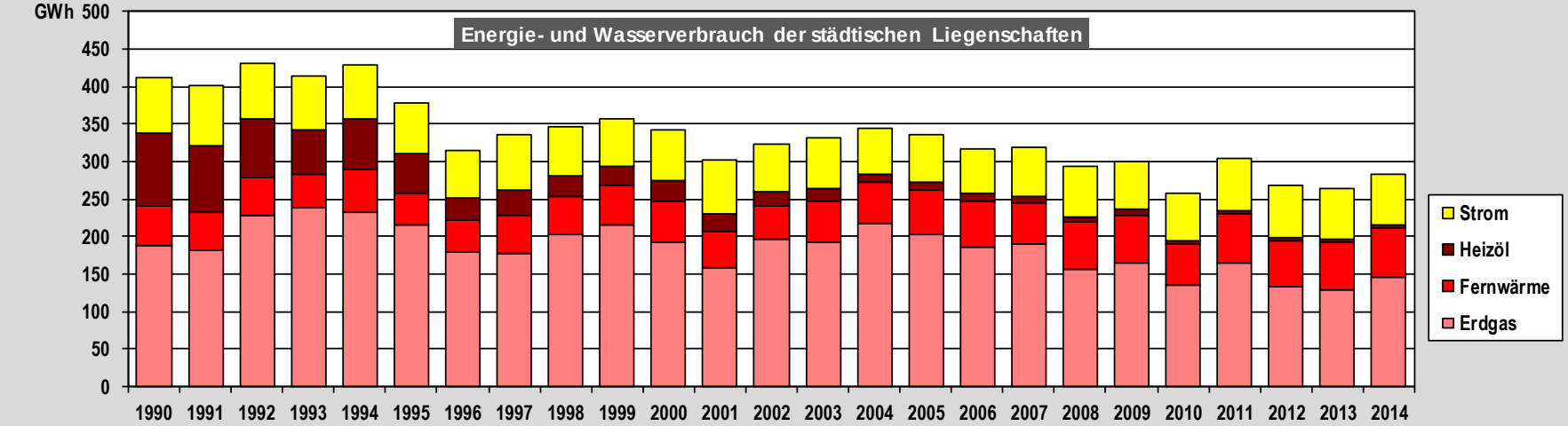
Kommunale Gebäude in Frankfurt a.M.

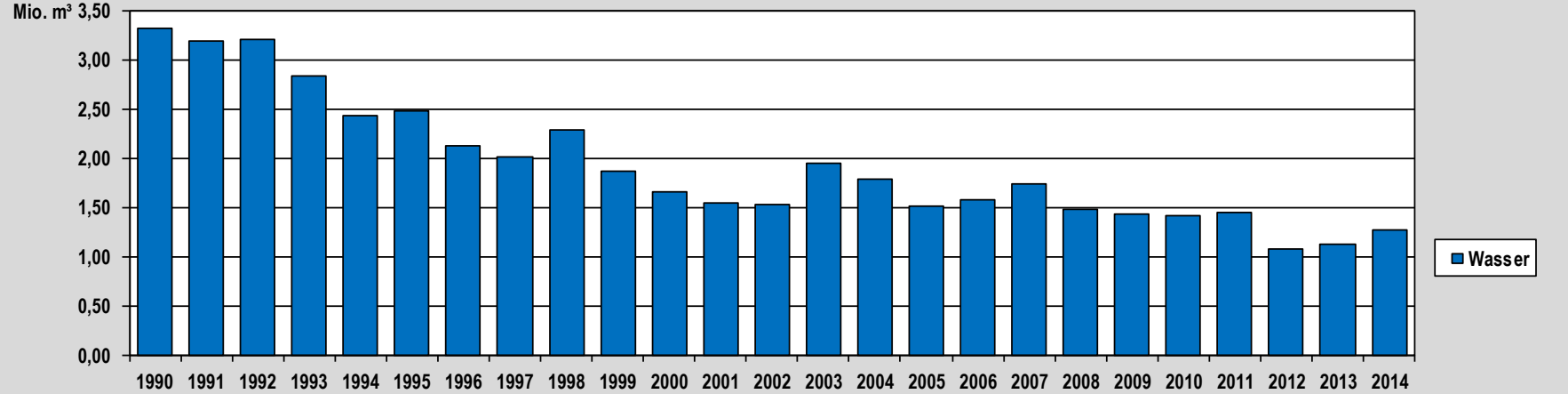
- Liegenschaften mit städtischer Nutzung: 1.047
- Gebäude mit städtischer Nutzung: 2.450
- Nettogrundfläche mit städtischer Nutzung: 2,5 Mio. m²
- Nutzungsarten: Schulen, Kindertagesstätten, Bäder, Sportanlagen, Verwaltungsgebäude, Museen, Feuerwachen, Städtische Bühnen, Zoo und Palmengarten



Verbrauchsentwicklung 1990-2014

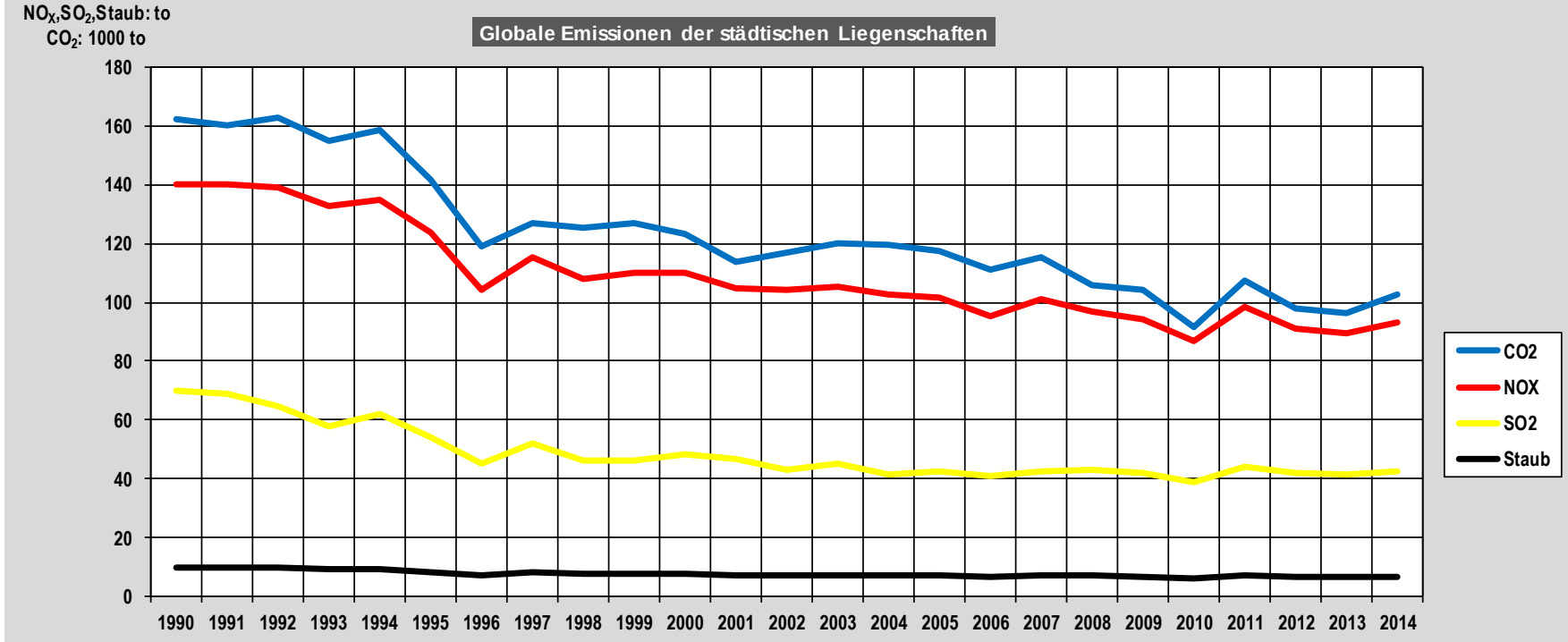
Verbrauch	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2014/1990	
Strom	**76**	**80**	**74**	**71**	**71**	**69**	**64**	**75**	**64**	**63**	**68**	**72**	**64**	**67**	**61**	**63**	**61**	**67**	**69**	**64**	**64**	**70**	**68**	**68**	**68**	GWh	**-10**	%
Erdgas	187	182	229	239	233	215	181	177	203	216	193	158	197	192	218	202	186	191	157	165	135	164	133	130	146	GWh	**-22**	%
Fernwärme	54	51	51	44	58	42	41	51	50	51	54	50	43	55	54	60	62	56	63	63	55	67	62	62	64	GWh	**19**	%
Heizöl	96	89	77	59	68	52	30	34	29	27	28	22	20	18	11	11	10	7	6	9	4	4	5	4	5	GWh	**-95**	%
Heizenergie	**337**	**322**	**357**	**342**	**358**	**310**	**252**	**262**	**282**	**295**	**275**	**230**	**260**	**265**	**283**	**274**	**257**	**253**	**225**	**236**	**194**	**235**	**200**	**196**	**216**	GWh	**-36**	%
Wasser	**3,32**	**3,19**	**3,21**	**2,83**	**2,43**	**2,48**	**2,13**	**2,02**	**2,29**	**1,86**	**1,65**	**1,55**	**1,53**	**1,94**	**1,78**	**1,51**	**1,58**	**1,74**	**1,48**	**1,42**	**1,42**	**1,44**	**1,07**	**1,13**	**1,27**	Mio. m³	**-62**	%





Emissionsentwicklung 1990-2014

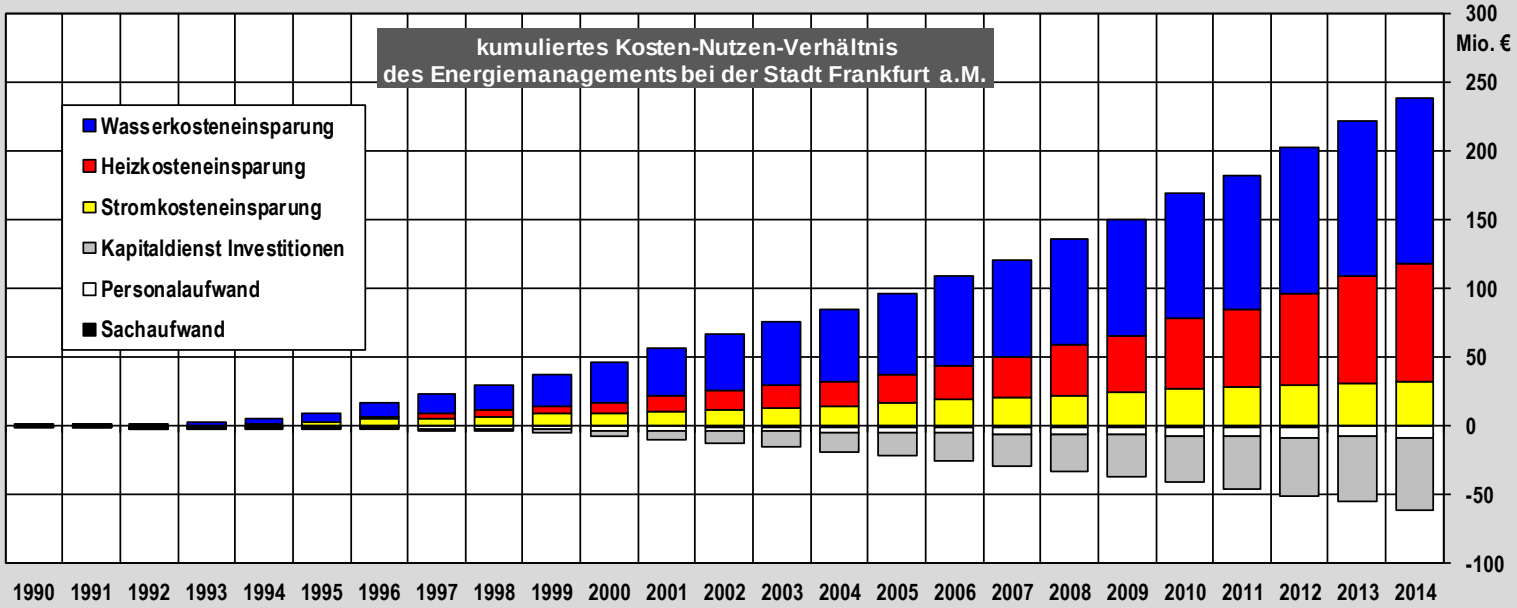
Emissionen	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2014/1990	
SO_2-Heiz	37	35	33	27	31	25	18	20	19	19	19	16	16	16	15	15	15	14	13	14	11	14	12	12	13	to	-65	%
SO_2-Strom	33	34	32	31	31	30	27	32	27	27	29	31	27	29	26	27	26	29	30	27	28	30	29	29	29	to	-10	%
SO_2	70	69	65	58	62	54	45	52	46	46	48	47	43	45	42	43	41	42	43	42	39	44	42	41	42	to	-39	%
NO_X-Heiz.	70	66	71	66	68	60	45	46	49	51	47	38	45	43	46	43	39	39	32	35	27	33	27	27	30	to	-57	%
NO_X-Strom	70	74	68	66	66	64	59	70	59	59	64	67	59	62	57	59	56	62	65	59	60	65	64	63	63	to	-10	%
NO_X	140	140	139	133	135	124	104	115	108	110	110	105	104	105	103	102	96	101	97	94	87	99	91	90	93	to	-33	%
Staub-Heiz.	5,1	4,8	5,1	4,7	5,0	4,3	3,3	3,5	3,7	3,8	3,6	3,0	3,3	3,3	3,5	3,3	3,1	3,1	2,7	2,9	2,3	2,8	2,4	2,3	2,6	to	-49	%
Staub-Strom	4,5	4,8	4,4	4,3	4,3	4,1	3,8	4,5	3,8	3,8	4,1	4,3	3,8	4,0	3,7	3,8	3,6	4,0	4,2	3,8	3,8	4,2	4,1	4,1	4,1	to	-10	%
Staub	9,6	9,6	9,5	9,0	9,3	8,4	7,1	8,0	7,5	7,6	7,7	7,3	7,1	7,3	7,1	7,1	6,8	7,1	6,9	6,7	6,2	7,0	6,5	6,4	6,7	to	-31	%
CO_2-Heiz.	102	97	106	101	106	91	73	76	81	85	79	66	75	76	80	77	73	71	63	67	54	66	56	55	60	1.000 to	-41	%
CO_2-Strom	56	59	53	50	50	47	43	49	41	40	43	46	40	42	37	38	37	42	41	37	36	40	41	41	41	1.000 to	-27	%
CO_2-Wasser+Kanal	4,2	4,1	4,0	3,4	2,9	2,9	2,5	2,3	2,6	2,0	1,8	1,7	1,7	2,1	1,9	1,6	1,7	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,1	1,2	1,3	1.000 to	-69	%
CO_2	**162**	**160**	**163**	**155**	**159**	**142**	**119**	**127**	**126**	**127**	**123**	**114**	**117**	**120**	**120**	**118**	**111**	**115**	**106**	**105**	**92**	**107**	**98**	**97**	**103**	1.000 to	-37	%



Kosten-Nutzen-Analyse 1990-2014

Aufwendungen	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	
Personalaufwand	-0,13	-0,23	-0,23	-0,24	-0,24	-0,25	-0,26	-0,26	-0,27	-0,28	-0,29	-0,29	-0,30	-0,30	-0,34	-0,35	-0,33	-0,31	-0,41	-0,41	-0,50	-0,61	-0,64	-0,68	-0,71	Mio. €/a
Sachaufwand	-0,03	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08	-0,08	-0,10	-0,12	-0,13	-0,14	-0,14	Mio. €/a
Kapitaldienst Investitionen	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,14	-0,31	-0,79	-1,14	-1,66	-1,95	-2,20	-2,59	-3,03	-3,13	-3,20	-3,24	-3,19	-3,20	-4,07	-4,14	-4,22	-4,86	-4,85	Mio. €/a
Summe Aufwendungen	**-0,21**	**-0,32**	**-0,33**	**-0,34**	**-0,35**	**-0,36**	**-0,45**	**-0,62**	**-1,12**	**-1,47**	**-2,01**	**-2,30**	**-2,56**	**-2,95**	**-3,44**	**-3,54**	**-3,60**	**-3,62**	**-3,68**	**-3,69**	**-4,67**	**-4,87**	**-4,99**	**-5,67**	**-5,70**	Mio. €/a
Einsparungen	**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**	
Stromkosteneinsparung	0,0	-0,7	0,4	0,8	0,8	1,3	2,1	0,1	1,8	1,8	0,9	0,5	1,5	1,2	2,0	1,9	2,5	1,6	1,2	2,5	2,3	1,1	1,5	1,8	1,5	Mio. €/a
Heizkosteneinsparung	0,0	0,5	-0,7	-0,1	-0,9	0,7	2,6	1,8	1,0	0,7	1,8	4,1	2,5	2,4	1,5	2,8	4,3	4,0	8,1	4,7	9,7	5,6	9,9	11,1	7,6	Mio. €/a
Wasserkosteneinsparung	0,0	0,3	0,2	1,1	2,4	2,4	3,7	4,3	3,3	4,8	6,1	6,4	6,6	4,6	5,7	6,6	6,4	5,6	6,6	6,7	6,7	6,8	8,9	7,3	6,4	Mio. €/a
Summe Einsparung	**0,0**	**0,1**	**-0,1**	**1,8**	**2,4**	**4,4**	**8,5**	**6,3**	**6,1**	**7,3**	**8,8**	**11,0**	**10,6**	**8,1**	**9,2**	**11,2**	**13,2**	**11,3**	**15,9**	**13,9**	**18,8**	**13,5**	**20,2**	**20,1**	**15,5**	Mio. €/a
Kumulierte Summen	**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**	
Aufwendungen	-0,2	-0,5	-0,9	-1,2	-1,5	-1,9	-2,4	-3,0	-4,1	-5,6	-7,6	-9,9	-12,4	-15,4	-18,8	-22,4	-26,0	-29,6	-33,3	-37,0	-41,6	-46,5	-51,5	-57,2	-62,8	Mio. €
Einsparungen	0,0	0,1	0,0	1,8	4,2	8,6	17,1	23,4	29,5	36,8	45,6	56,6	67,1	75,2	84,4	95,7	108,9	120,2	136,1	149,9	168,7	182,2	202,5	222,5	238,0	Mio. €
Gewinn	**-0,2**	**-0,4**	**-0,9**	**0,6**	**2,6**	**6,7**	**14,7**	**20,4**	**25,4**	**31,2**	**38,0**	**46,7**	**54,7**	**59,8**	**65,6**	**73,3**	**82,9**	**90,6**	**102,8**	**113,0**	**127,1**	**135,7**	**151,0**	**165,4**	**175,2**	Mio. €
Einsparfaktor	**0,0**	**0,2**	**0,0**	**1,5**	**2,7**	**4,5**	**7,2**	**7,8**	**7,2**	**6,6**	**6,0**	**5,7**	**5,4**	**4,9**	**4,5**	**4,3**	**4,2**	**4,1**	**4,1**	**4,1**	**4,1**	**3,9**	**3,9**	**3,9**	**3,8**	

(Minuszeichen bezeichnet Aufwendungen)

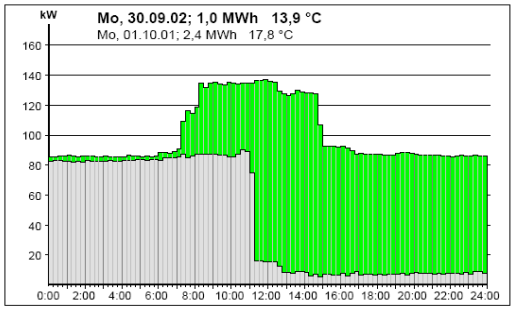


Wege zum erfolgreichen Energiemanagement

- Energiecontrolling

  Potential > 5 %

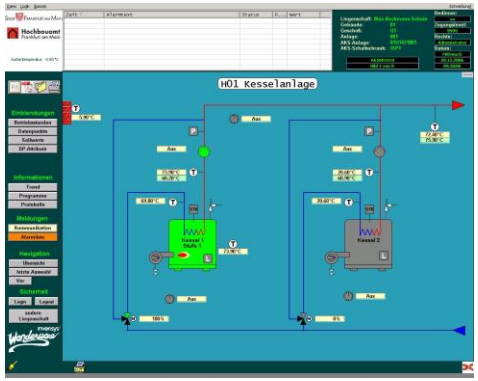
  Kosten:Nutzen = 1:5 -1:10



- Betriebsoptimierung

  Potential > 15 %

  Kosten:Nutzen = 1:3 – 1:5

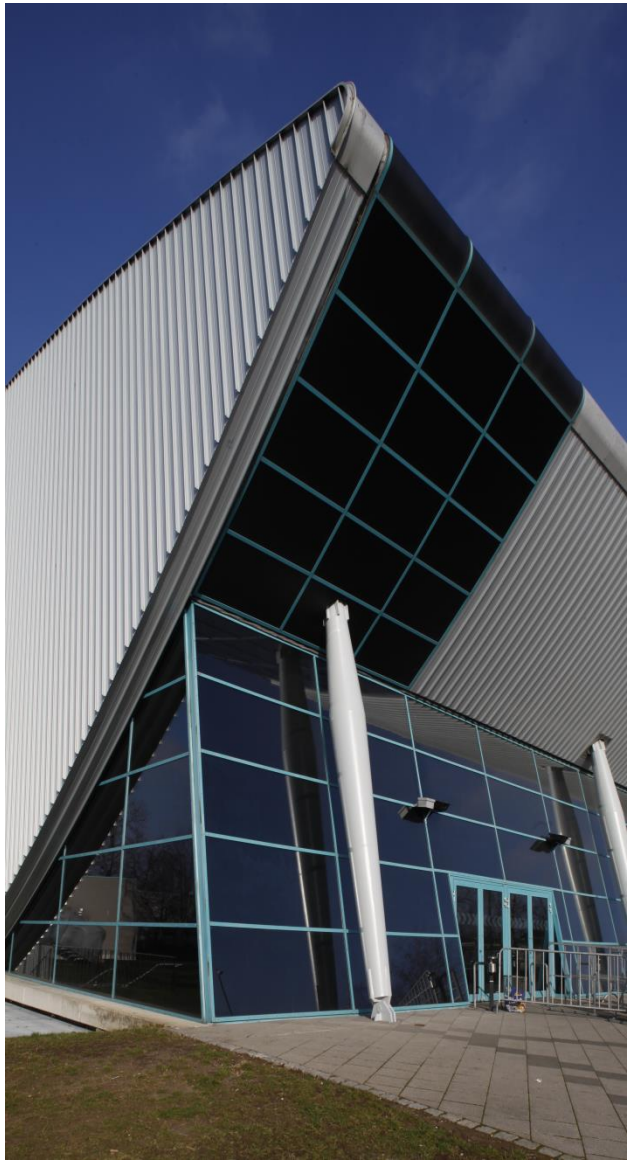


- Investive Maßnahmen

  Potential > 30 %

  Kosten:Nutzen = 1:1 – 1:2

Energieausweis



ENERGIEAUSWEIS für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV) — Gültig bis: 27.01.2019

Gebäude		
	Fraport-Arena (ehem. Ballsporthalle)	
Adresse	Silostraße 46	
Hauptnutzung	Mehrzweckhallen	10.314 m²
Nettogrundfläche		10.314 m²

Heizenergie	Verbrauchskennwert 2006 - 2008 (einschließlich Warmwasser)	Kosten/Jahr
Diese Liegenschaft	123 kWh/m²a	77.765 €/a
	0 / 72 / 88 / 115 / 164 / 192 / 253 kWh/m²a	
effizient	A / B / C / D / E / F / G	ineffizient — 7,54 €/m²a
Vergleichswert EnEV 2009	240 kWh/m²a	

Strom	Verbrauchskennwert 2006 - 2008	Kosten/Jahr
Diese Liegenschaft	46 kWh/m²a	80.756 €/a
	0 / 22 / 27 / 34 / 36 / 42 / 55 kWh/m²a	
effizient	A / B / C / D / E / F / G	ineffizient — 7,83 €/m²a
Vergleichswert EnEV 2009	40 kWh/m²a	

Wasser	Verbrauchskennwert 2006 - 2008	Kosten/Jahr
Diese Liegenschaft	372 l/m²a	13.659 €/a
	0 / 124 / 206 / 311 / 380 / 514 / 1398 l/m²a	
effizient	A / B / C / D / E / F / G	ineffizient — 1,32 €/m²a
Mittelwert	549 l/m²a	
Summe		**172.180 €/a**

Erläuterungen

Die Verbrauchswerte werden beeinflusst durch den baulichen Zustand, die Betriebsführung und das Nutzerverhalten.
Die Ballsporthalle entspricht energetisch in Gebäudehülle und technischer Ausstattung dem Erbauungsjahr 1988. Aus heutiger Sicht sind Energieeinsparpotentiale vorwiegend in der Gebäudetechnik zu sehen. Einbau einer Gebäudeleittechnik für die gesamte Halle, Kesseltausch, Einbau einer Deckenstrahlungsheizung, Lüftungsanlage mit WRG und Frischluftversorgung im Sommer, Beleuchtungssanierung in Teilbereichen.

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung	Kosten	Einsparung
Kesseltausch, Deckenstrahlungsheizung, WRG - Lüftung	700.000 €	60.000 €/a
Einbau einer Gebäudeleittechnik	350.000 €	12.000 €/a
Beleuchtungssanierung in Teilbereichen	9.000 €	200 €/a

Empfehlungen zu Nutzung und Betrieb	Einsparung
Lüftung nur kurz und stoßweise	6.500 €/a
Abschalten der Beleuchtung bei ausreichendem Tageslicht	5.400 €/a
Konsequente Nutzung der Sparfunktion an Toilettenspülungen	1.700 €/a

Auswertung der EVU-Rechnungen - 1

Verbrauchswerte und Kosten aus EVU-Rechnungen

Gebäude	Fraport-Arena (ehem. Ballsporthalle)		Bauherrenamt	52.13	Dez	9
Straße, Nr.	Silostraße	46	Stadtbezirk	623	OBZ	6
Nutzung	Mehrzweckhallen		Bauwerkzuordnung			5130

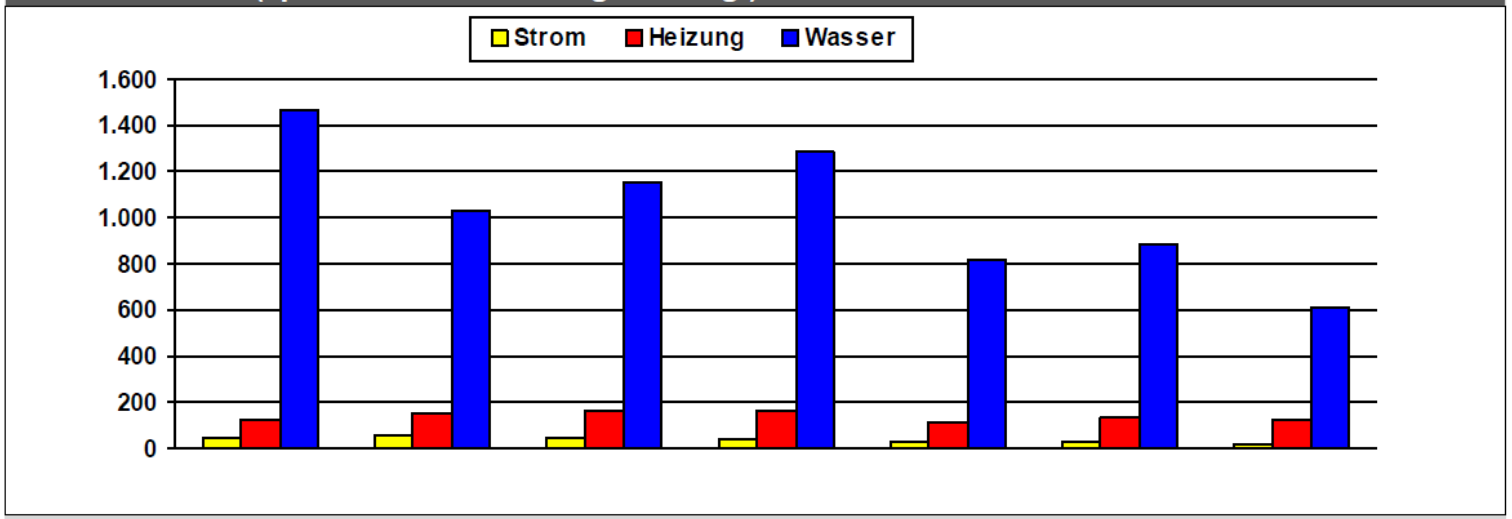
Nettogrundfläche (beheizt)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
NGF (beh.)	10.314	10.314	10.314	10.314	10.314	10.314	10.314	m²

Witterungskorrekturfaktoren (> 1: warmes Jahr, < 1: kaltes Jahr)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Heizung	1,01	1,04	0,90	1,13	1,00	0,96	1,21

Verbrauchswerte (spezifisch und witterungsbereinigt)



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Strom	51	53	51	35	31	32	22	kWh/m²a
Heizung	124	156	161	158	112	133	128	kWh/m²a
Wasser	1.469	1.030	1.153	1.286	820	884	612	l/m²a

Auswertung der EVU-Rechnungen - 2

Verbrauchswerte und Kosten aus EVU-Rechnungen

Gebäude	Fraport-Arena (ehem. Ballsporthalle)		Bauherrenamt	52.13	Dez	9
Straße, Nr.	Silostraße	46	Stadtbezirk	623	OBZ	6
Nutzung	Mehrzweckhallen		Bauwerkzuordnung			5130

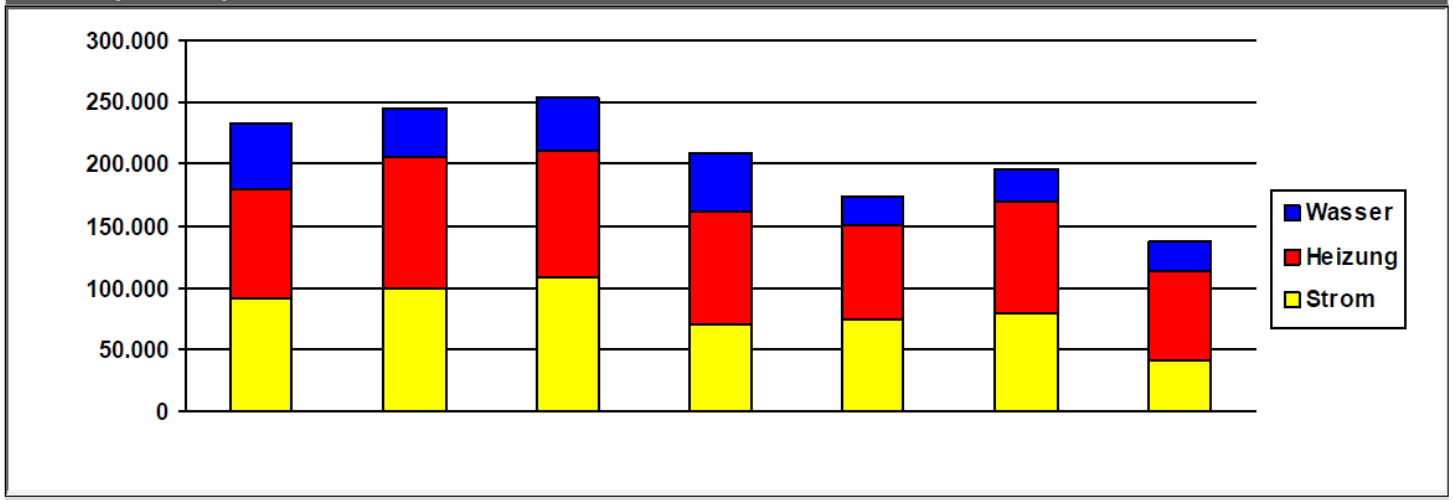
Nettogrundfläche (beheizt)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
NGF (beh.)	10.314	10.314	10.314	10.314	10.314	10.314	10.314	m²

Witterungskorrekturfaktoren (> 1: warmes Jahr, < 1: kaltes Jahr)

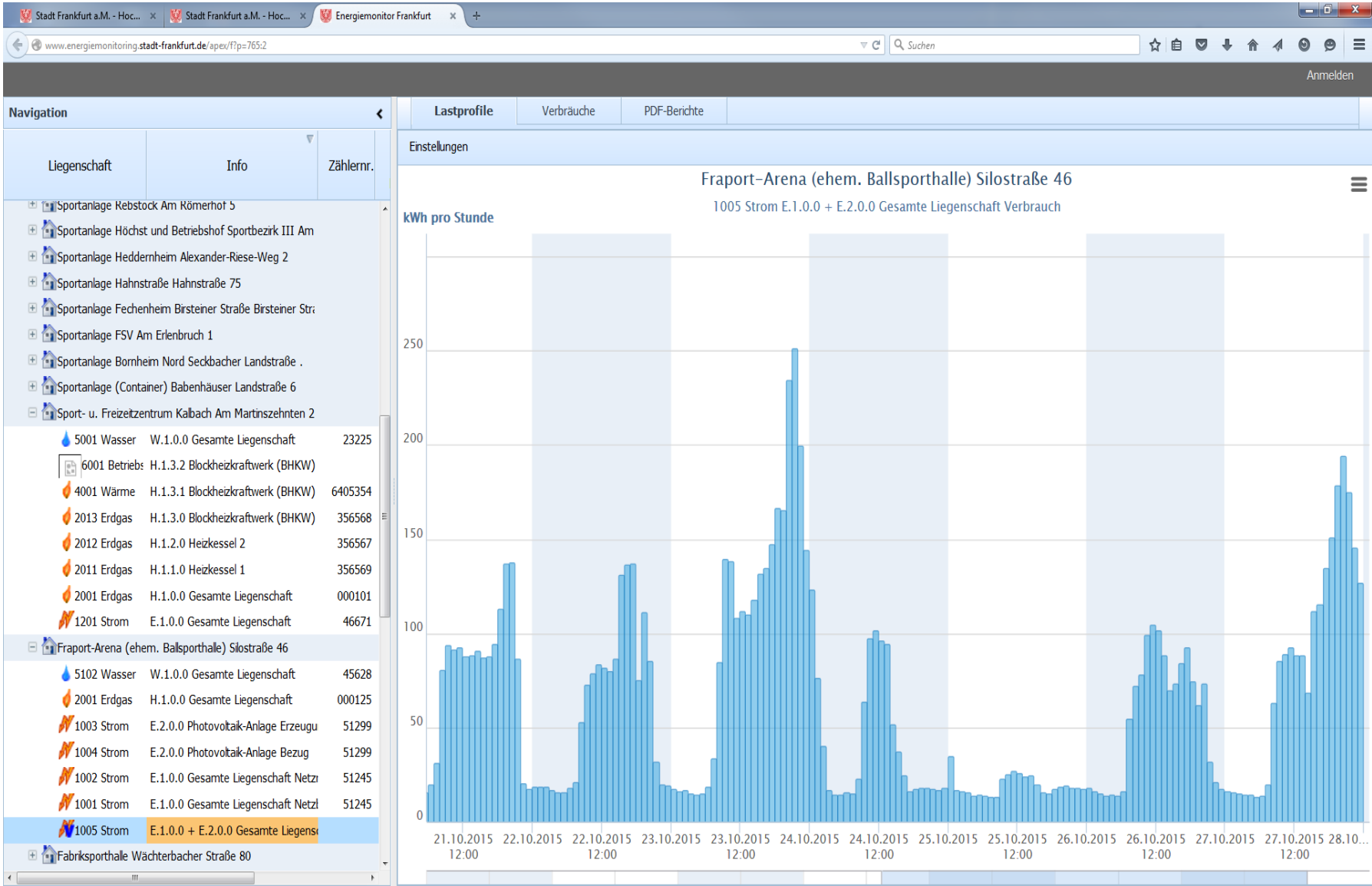
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Heizung	1,01	1,04	0,90	1,13	1,00	0,96	1,21

Kosten (absolut)



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Strom	90.762	98.708	107.323	70.572	73.782	78.679	41.398	€/a
Heizung	89.828	106.319	103.104	90.090	77.054	90.727	72.163	€/a
Wasser	52.601	39.788	43.368	48.167	22.682	26.685	23.306	€/a
Summe	233.190	244.815	253.795	208.829	173.517	196.090	136.867	€/a

Automatische Verbrauchserfassung



Seminarprogramm für Energiebeauftragte

1 Energiecontrolling in öffentlichen Gebäuden

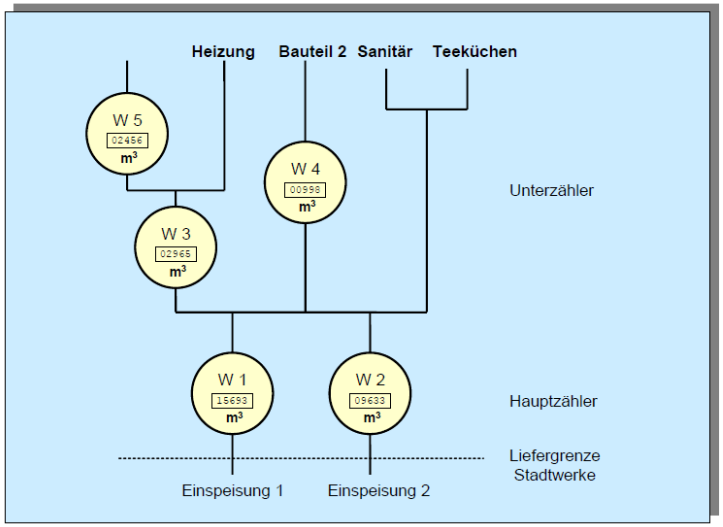


Abb. 1.5: Beispiel für einen Zählerbaum

Trägt man alle im Gebäude installierten Zähler in einer Liste zusammen und ordnet ihnen die Verbraucher zu, die an diesen Zähler angeschlossen sind, so lässt sich daraus ein Zählerbaum zeichnen. Dieser Zählerbaum gibt Auskunft über die so genannte Zählerhierarchie. Das heißt, man kann daraus erkennen, welcher Zähler ein Unterzähler ist, und welchem Hauptzähler er zugeordnet werden kann. Aus der Zeichnung des Zählerbaumes lässt sich ablesen, für welche Gebäudebereiche der Energieverbrauch separat durch einen Unterzähler gezählt wird und für welche Gebäudebereiche dieser Verbrauch nur aus der Differenz von Haupt- und Unterzählern bestimmt werden kann.

Als Beispiel ist für ein beliebiges Gebäude ein Zählerbaum für die Wasserzähler aufgezeichnet. Die Struktur der Energieverteilung und die Hierarchie der Zähler lassen sich so gut darstellen.

Tipp:
Erstellen Sie eine Liste aller Zähler die in Ihrem Gebäude installiert sind. Notieren Sie welche Verbraucher an diesen Zählern angeschlossen sind. Danach lässt sich der Zählerbaum zeichnen. Zeichnen Sie außerdem die Standorte der Zähler in einen Plan Ihres Gebäudes ein. Die Zähler sind so leicht zu finden, und Sie können einfach die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Zählern erkennen. Besonders hilfreich sind Zählerbaum und Plan, wenn einmal eine Vertretung für Sie die Zähler ablesen muss. So entstehen keine Lücken in Ihrer Dokumentation, die für die Berechnung der Energieeinsparung wichtig ist.

2 Senkung der Heizenergiekosten in öffentlichen Gebäuden

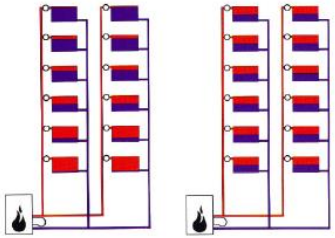


Abb. 2.9: Mögliche Wasserverteilprobleme bei mangelhaftem hydraulischem Abgleich (Quelle: Danfoss)

Tipp:
Wenn einzelne Heizkörper oder Heizungsstränge morgens nicht rechtzeitig warm werden, schauen Sie nach, ob in Räumen, die an anderen Strängen angeschlossen sind, die Raumtemperaturen rechtzeitig oder sogar sehr früh erreicht werden. Sollte dies der Fall sein, prüfen Sie, ob in dem Strang, der nicht richtig warm wird, Ventile gedrosselt worden sind. Wenn ja, öffnen Sie alle Drosselorgane in diesem Strang.

Wenn diese Maßnahmen nicht zum Erfolg führen, können Sie die wärmeren Stränge eindrosseln.

Tipp:
An den warmen Strängen sollten Sie die Wassermenge mit Absperrventilen drosseln, falls solche installiert sind. Oder sie gleichen die Anlage mit der Voreinstellung der Thermostatventile ab.

Tipp:
Ältere Thermostatventile haben oft noch keine Voreinstellung. Prüfen Sie dann, ob eine einstellbare Rücklaufverschraubung am Heizkörper installiert ist, mit der Sie den Heizkörper eindrosseln können.

Ist keine Möglichkeit zur Drosselung vorhanden, sind für einen hydraulischen Abgleich der Anlage größere Umbaumaßnahmen erforderlich.

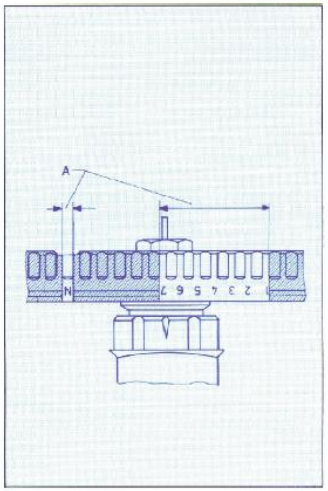


Abb. 2.10: Voreinstellung an einem Ventilgehäuse (Beispiel Danfoss)

2.4.2 Parameter einer außentemperaturabhängigen Heizkurve

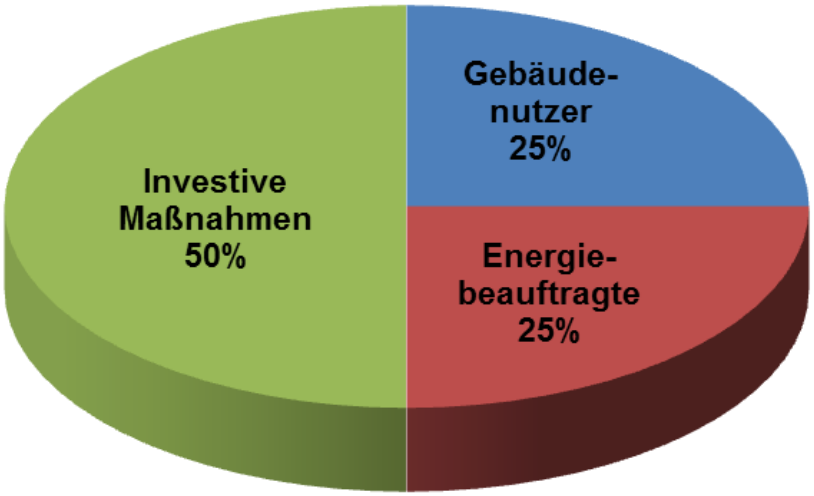
Wie in den vorangegangen Kapiteln erläutert, kann bei höheren Außentemperaturen die Vorlauftemperatur abgesenkt werden.

Diese Anpassung erfolgt automatisch, wenn in Ihrer Anlage eine außentemperaturabhängige Regelung installiert ist. Dazu ist jeweils ein Vorlauf- und ein Außentemperaturfühler installiert. Registriert der Außentemperaturfühler eine Temperaturänderung, so wird die Vorlauftemperatur automatisch der Änderung angepasst. Zusätzliche Informationen über diese Art der Regelung erhalten Sie auch im Kapitel 2.5.1.

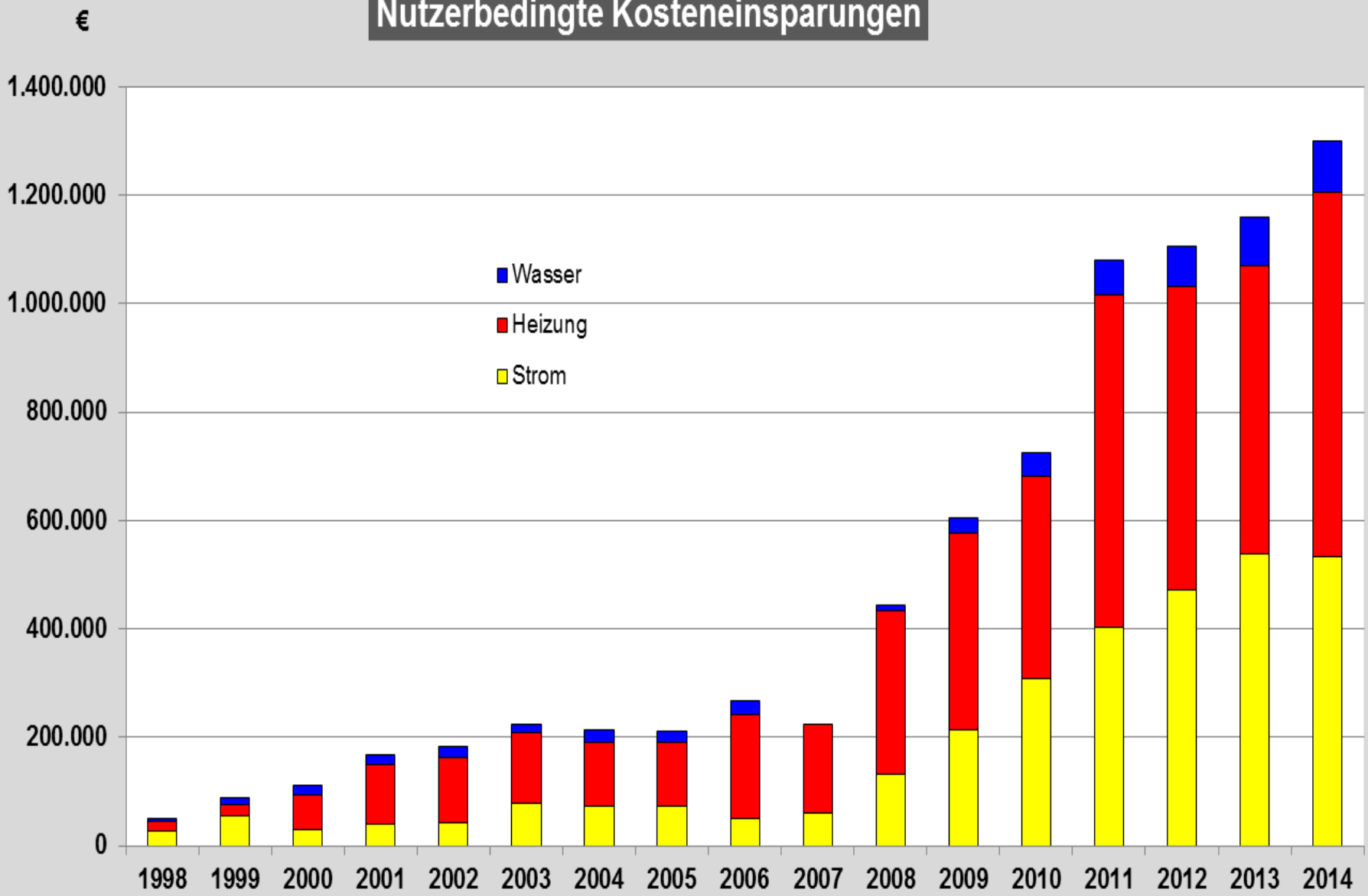
Erfolgsbeteiligung für Nutzer

Nutzerbedingte Einsparungen werden wie folgt aufgeteilt:

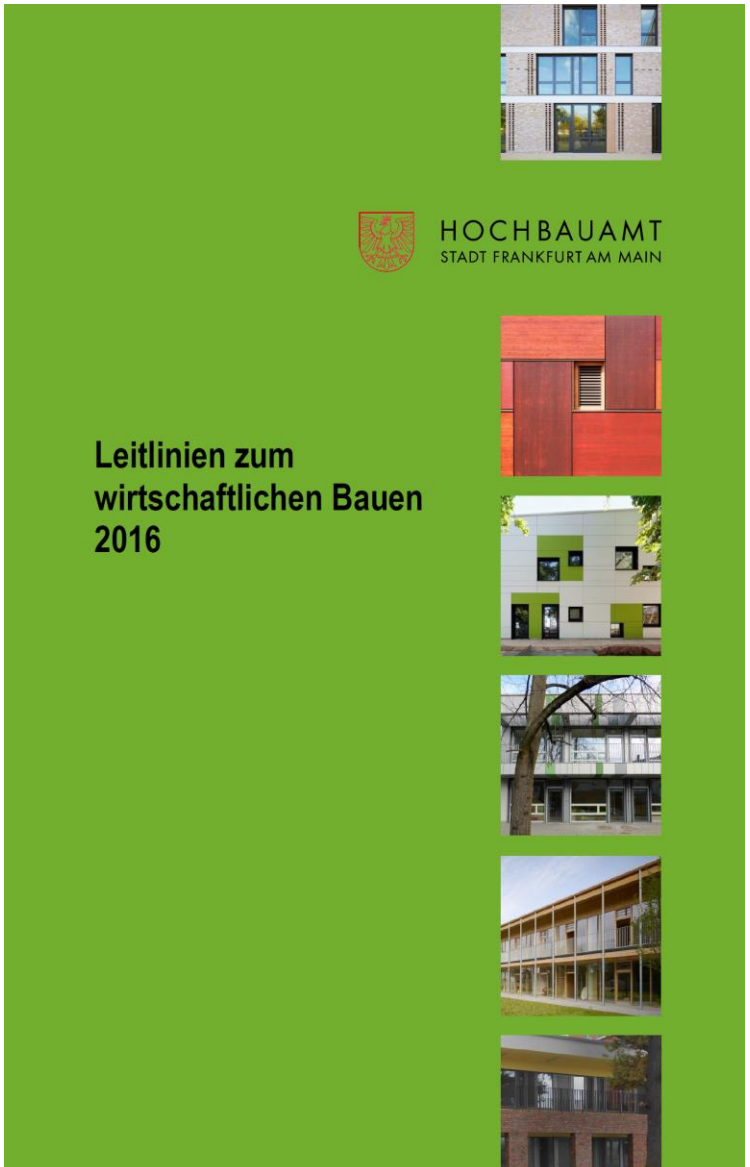
- 25 % erhält der Nutzer der Liegenschaft
- 25 erhält der/die Energiebeauftragte als persönliche Prämie
- 50 % stehen für investive Maßnahmen zur Verfügung



Nutzerbedingte Kosteneinsparungen



Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2016



Impressum

Herausgeber
Magistrat der Stadt Frankfurt am Main
Dezernat Planen, Bauen, Wohnen und Grundbesitz
Hochbauamt
Stand: 22.07.2015

Redaktion
Mathias Linder

Druck
Dygy GmbH, Frankfurt

Alle Rechte vorbehalten
© 2015 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
www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de

Bildquellennachweis Titelseite
Grundschule Rebstock: Ralf Buscher
Kinderzentrum 21: Atelier Altenkirch
Kinderzentrum 137: Thomas Ott
Kindertagesstätte Heddernheim: raum z
Kindertagesstätte Rödelheim: Christian Richters
Kindertagesstätte Ostend: Julia Schößler

1 Vorwort

1.1 Zielsetzung

Nicht billig, sondern wirtschaftlich!

Ziel der Leitlinien ist, bei vorgegebenen Qualitäten die jährlichen Gesamtkosten (Summe aus Kapitalkosten, Betriebskosten und Folgekosten) über den gesamten Lebenszyklus (Planung, Bau, Betrieb, Abriss und Entsorgung) zu minimieren. Für einen kompletten Sanierungszyklus werden in der Regel **50 Jahre** angesetzt (BNB). Für die Instandhaltung und Instandsetzung sind erfahrungsgemäß jährlich ca. 1,2 % der Baukosten erforderlich, da einzelne Bauteile in kürzeren Zyklen erneuert werden müssen.

Die Leitlinien stellen die Gebäudenutzer in den Mittelpunkt und wollen deren Gesundheit, deren Behaglichkeit und deren Identifikation mit ihrem Gebäude fördern. Nicht zuletzt soll die angemessene Gestaltung von Neubauten, die Erhaltung gestalterisch hochwertiger Gebäude und eine nachhaltige Planung und Bauausführung unterstützt werden.

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 500.000 €** 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 > Gesamtkostenberechnung). Dabei sind mindestens **zur Vorplanung mehrere Varianten** darzustellen (Grundleistung nach HOAI!).

Die Checklisten und die Gesamtkostenberechnung werden von der Abteilungsleitung Energiemanagement abgezeichnet, bevor der Amtsleiter die Bau- und Finanzierungsvorlage unterschreibt. Damit wird die Übereinstimmung der Planung mit den Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen bestätigt (Amtsverfügung Bau LP0-03).

Gesamtkostenberechnung - 1

1. Gesamtkosten

(wird gewöhnlich von der Projektleitung ausgefüllt)

A.	Allgemeine Daten	Eingabefelder: weiß, Rechenfelder: grau			Version 13.2 30.09.2014
A1	Liegenschaftsbezeichnung	**Albrecht Dürer Schule**			
A2	Gebäudebezeichnung	**Turnhalle**			
A3	Straße, Hausnummer	**Sossenheimer Riedstraße 13**			
A4	Betrachtungszeitraum (Jahre)	50	A8 Währung	€	
A5	Kapitalzins*	2,0%	A9 Annuitätsfaktor	3,2%	
A6	Preissteigerung Heizenergie	4,0%	A10 Mittelwertfaktor Ener.	2,71	
A7	Preissteigerung sonstiges	2,0%	A11 Mittelwertfaktor sonst.	1,59	

B.	Varianten	**Bezeichnung** (Eingabe erforderlich!)
B1	**EnEV 2014**	**Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014**
B2	**EnEV 2016**	**Energieeinsparverordnung (EnEV) 2016**
B3	**Passiv**	**Passivhaus**
B4	**Niedrigst**	**Niedrigstenergiegebäude**
B5	**Plus**	**Plusenergiegebäude**

C.	Kenngrößen	EnEV 2014	EnEV 2016	Passiv	Niedrigst	Plus	
C1	beheizte Nettogrundfläche	801	801	801	801	801	m²
C2	Personenzahl	26	26	26	26	26	P
C3	spez. Heizwärmebedarf	88	53	16	16	16	kWh/m²a
C4	spez. Heizenergiebedarf	101	61	21	21	21	kWh/m²a
C5	spez. Strombezug	20	22	22	17	15	kWh/m²a
C6	spez. Primärenergiebedarf	164	125	80	34	-12	kWh/m²a
C7	spez. CO_2-Emissionen	39	30	20	8	-4	kg/m²a
C8	spez. Trinkwasserbezug	237	237	237	237	237	l/m²a

Gesamtkostenberechnung - 2

D.	Kapitalkosten	EnEV 2014	EnEV 2016	Passiv	Niedrigst	Plus	
D1	Baukosten (DIN 276)	2.453.605	2.511.314	2.627.734	2.654.509	2.681.284	€
D2	- Zuschüsse/Erlöse						€
D3	= Eigenkapitaleinsatz	2.453.605	2.511.314	2.627.734	2.654.509	2.681.284	€
D4	Kapitalkosten	**78.082**	**79.918**	**83.623**	**84.475**	**85.327**	€/a
D5	**spez. Kapitalkosten**	**97**	**100**	**104**	**105**	**107**	€/m²a
E.	**mittl. Betriebskosten**	**EnEV 2014**	**EnEV 2016**	**Passiv**	**Niedrigst**	**Plus**	
E1	Heizkosten	4.893	2.960	1.001	1.001	1.001	€/a
E2	Stromkosten	3.565	3.905	3.844	1.819	98	€/a
E3	Wasser-/Abwasserkosten	642	642	642	642	642	€/a
E4	Reinigungskosten	7.381	7.381	7.381	7.381	7.381	€/a
E5	Betriebsführungskosten	3.685	3.685	3.685	3.685	3.685	€/a
E6	Instandhaltungskosten	18.812	19.593	20.288	21.710	23.668	€/a
E6	Verwaltung+Versicherung	801	801	801	801	801	€/a
E7	**heutige Betriebskosten**	**39.778**	**38.967**	**37.641**	**37.038**	**37.276**	€/a
E8	**mittl. Betriebskosten**	**68.804**	**65.342**	**61.032**	**60.072**	**60.450**	€/a
E9	**spez. Betriebskosten**	**86**	**82**	**76**	**75**	**75**	€/m²a
F.	**Umweltfolgekosten**	**EnEV 2014**	**EnEV 2016**	**Passiv**	**Niedrigst**	**Plus**	
F1	CO_2-Emissionen (50 €/to)	1.566	1.221	808	323	-161	€/a
F2	Trinkwasser (1 €/m³)	190	190	190	190	190	€/a
F3	**Umweltfolgekosten**	**1.756**	**1.411**	**998**	**514**	**29**	€/a
F4	**spez. Umweltfolgekost.**	**2**	**2**	**1**	**1**	**0**	€/m²a
G.	**Gesamtkosten**	**EnEV 2014**	**EnEV 2016**	**Passiv**	**Niedrigst**	**Plus**	
G1	**Gesamtkosten**	**148.642**	**146.671**	**145.653**	**145.060**	**145.806**	€/a
G2	**spez. Gesamtkosten**	**186**	**183**	**182**	**181**	**182**	€/m²a
G3	**Einsparung in 50 Jahren zu EnEV 2014**		**98.531**	**149.421**	**179.059**	**141.770**	€

3.2.2 Energieeffizienz

a) Neubauten und Sanierungen sind mit **Passivhauskomponenten** auszuführen (www.passiv.de) (sehr gute Wärmedämmung, Vermeidung von Wärmebrücken, Luftdichtigkeit, flächendeckende Lüftung mit Wärmerückgewinnung). Sollte dieser Standard nicht wirtschaftlich erreicht werden, ist dies zu begründen. In allen Fällen gilt als Mindeststandard eine 15 % bessere Energieeffizienz, als die aktuelle EnEV ab 1.1.2016 verlangt. Es ist anzustreben, dies auch bei gestalterisch hochwertigen oder denkmalgeschützten Gebäuden - unter Wahrung der Denkmalbelange - zu erreichen.

3.3.3 Energieeffizienz

a) Bei Neubauten und Sanierungen sind mindestens folgende Bauteilqualitäten einzuhalten:

Sanierung von Bauteil	max. U-Wert (W/m²K)	entspricht i.d.R. mindestens
Außenwand (Außendämmung)	0,15	20 cm bei WLG 035
Außenwand (Innendämmung*)	0,24	14 cm bei WLG 045
Dach	0,13	26 cm bei WLG 035
Oberste Geschossdecke	0,13	26 cm bei WLG 035
Boden/Kellerdecke	0,25	12 cm bei WLG 035

3. Hochbau

Nr.	Kriterium	Bedarfsermittlung	Vorplanung	B+F-Vorlage	Abnahme	2 Jahre Betrieb	Begründung (evtl. auf Anlage)
3.1	**Grundlagen und Bedarfsermittlung**						
a)	Bei Neubau prüfen, ob Umsetzung im Bestand möglich						
b)	Möglichkeit des Flächenrecyclings prüfen						
c)	Bei Kernsanierung Abriss und Neubau prüfen						
d)	Umsetzung wirtschaftlicher Maßnahmen prüfen (Energieausweis)						
e)	Bei Innensanierung Innendämmung prüfen						
f)	Bei Fenstersanierung Lüftungskonzept erstellen						
3.2	**Vorplanung**						
3.2.1	**Nutzungsqualitäten**						
a)	Stadtklimatische Gesichtspunkte beachtet (Klimaplanatlas)						
b)	Freiflächen je nach Witterung differenziert						
c)	Alle Aufenthaltsräume natürlich belichtet und belüftet						
d)	Fensterflächenanteil je nach Orientierung optimiert						
e)	Ausreichende Speichermassen, Sonnenschutz, Nachtlüftung						
f)	Übersichtliche Wegeführung mit natürlicher Ausleuchtung						
g)	Ausreichende Anzahl geeigneter Fahrradstellplätze						
h)	Umkleiden und Duschen für Fahrradfahrer						
3.2.2	**Energieeffizienz**						
a)	Passivhausstandard, mindestens jedoch EnEV 2009-30%						
b)	Kompakte Form						
c)	Gebäudeorientierung begünstigt passive Solarenergienutzung						
d)	Hauptzugänge mit unbeheizten Windfängen						
e)	Thermische Zonierung						
f)	Räume mit hohen Lasten an Nordfassade oder im Keller						
g)	Technikflächen zentral innerhalb der versorgten Bereiche						
h)	Möglichkeit für Solarstromanlage geprüft						
i)	Vorbeugenden Brandschutz frühzeitig eingeschaltet						
3.3	**Entwurfs- und Ausführungsplanung, Leistungsverzeichnis**						
3.3.1	**Nutzungsqualitäten**						
a)	Sollnachhaltzeiten nach DIN 18041 eingehalten						
b)	Barrierefreiheit nach DIN 18040-1 eingehalten						
c)	AMEV-Sanitärbau 95, Anlage 4 eingehalten						
d)	Fensteröffnungsflügel von 0,1 - 0,2 m² pro Person						
e)	Tageslichtquotient mindestens 5 % bzw. 3 %						
f)	Mindestreflexionsgrade eingehalten (helle Räume)						
g)	Ausreichende Speichermassen						
h)	Außen liegender Sonnenschutz Fc<= 0,25 für 13 m/s						
i)	Motorische Steuerung über Wetterstation mit Nutzereingriff						
j)	Nachtlüftungsklappen mit 1 m² bzw. 0,5 m² je Klassenraum						

Bauprojekte

Seit 2004 wurden von der Stadt Frankfurt a.M. folgende öffentlichen Gebäude mit Passivhaus-Komponenten fertiggestellt:

- 80 Neubauprojekte mit insgesamt 182.000 m² NGF
- 8 Sanierungsprojekte mit insgesamt 22.000 m² NGF
- Darunter befinden sich Feuerwachen, Jugendhäuser, Kindertagesstätten, Schulen bzw. Schulerweiterungen, Schulmensen, Sportfunktionsgebäude, Turnhallen und Verwaltungsgebäude

Weitere 14 Projekte befinden sich in Planung bzw. im Bau.

Sportbauten der Stadt Frankfurt a.M. mit Passivhaus-Komponenten

Liegenschaft	Straße	HNr	zusätzliche Objektbezeichnung	kond. NGF (m²)	Projekt-kosten (€)	Fertig-stellung
Neubauprojekte						
Albrecht-Dürer-Schule	Sossenheimer Riedstraße	13	Turnhalle	801	2.989.980	Aug 2011
Astrid-Lindgren-Schule und KiZ 92	Platenstraße	75	Turnhalle	976	3.091.989	Okt 2011
Bonifatiusschule	Hamburger Allee	43	Turnhalle	882	2.999.182	Nov 2009
Ebelfeldschule und KT Rödelheim	Praunheimer Hohl	4	Turnhalle	801	2.971.574	Nov 2011
Friedrich-Fröbel-Schule	Else-Alken-Straße	3	Turnhalle	926	2.930.257	Mrz 2011
Grundschule Rebstock	Leonardo-da-Vinci-Allee	11	Turnhalle	1.470	4.200.000	Jan 2015
Grundschule Riedberg und KT	Zur Kalbacher Höhe	15	Schule mit Turnhalle und KT	7.670	16.700.000	Sep 2004
Grundschule Riedberg 2 mit Schwimmsporthalle	Graf-von-Stauffenberg-Allee	55	Schule, Turnhalle, Schwimmhalle und KT	12.340	40.000.000	Okt 2014
Gymnasium Riedberg	Friedrich-Dessauer-Straße	2	Schule mit Turnhalle	16.983	54.000.000	Apr 2013
Hellerhofschule	Idsteiner Straße	47	Turnhalle	1.440	3.000.000	Nov 2014
IGS West	Palleskestraße	20	Schule und Turnhalle	10.714		Okt 2015
Käthe-Kollwitz-Schule	West-Höchster Straße	103	Turnhalle	916	2.675.155	Mrz 2011
Liebig-Schule	Kollwitzstraße	3	Turnhalle	893	2.641.271	Aug 2011
Liesel-Oestreicher-Schule, Jugendhaus und KT mit Küche	Boskoopstraße	6	Schule mit Turnhalle, Jugendhaus, KT,Küche	6.757	21.800.000	Sep 2007
Michael-Ende-Schule und KiZ 17	Niddagaustraße	27	Schulerweiterung + Turnhalle	1.726	6.351.000	Dez 2011
Panoramaschule	Werner-Bockelmann-Straße	3	Schule mit Turnhalle + Schwimmhalle	6.971	16.590.075	Aug 2011
Sportanlage Ackermannwiese	Herxheimer Straße	8	Sportfunktionsgebäude	190	1.400.000	Jul 2014
Sportanlage Brühlwiese	Alexander-Riese-Weg	1	Sportfunktionsgebäude	253	1.200.000	Apr 2011
Sportanlage Fechenheim Birsteiner Straße	Birsteiner Straße	54	Sportfunktionsgebäude	640	2.270.000	Aug 2012
Sportanlage Gerbermühle	Deutschherrnufer	109	Sportfunktionsgebäude	197	1.240.763	Apr 2011
Sportanlage Mainwasen und Betriebshof Sportbezirk II	Gerbermühlstraße	110	Sportfunktionsgebäude	1.088	1.500.000	Dez 2010
Sportanlage Ostpark	Ostparkstraße	22	Sportfunktionsgebäude	197	1.474.575	Apr 2011
Sportanlage Rebstock	Am Römerhof	9	Funktionsgebäude 2 Umkleide und Wohnung	867	2.651.269	Mrz 2011
Valentin-Senger-Schule und KT	Valentin-Senger-Straße	9	Schule mit Turnhalle und KT	6.407	20.620.000	Mrz 2011
Zentgrafenschule	Wilhelmshöher Straße	124	Turnhalle	882	2.798.363	Nov 2009
Anzahl Neubauprojekte				**25**		
Flächengewichteter Mittelwert				**82.987**	**218.095.453**	**Sep 2011**

ALBRECHT DÜRER-SCHULE, FRANKFURT-SOSSENHEIM, SOSSENHEIMER RIEDSTRASSE 13
NEUBAU EINER EINFELD-TYPENSPORTHALLE IN PASSIVHAUSBAUWEISE

Termine	
Baubeginn	04/2010
Fertigstellung	08/2011
Kosten (brutto)	
Gesamtkosten	3.270.000,– €
Baukosten KG 300+400	2.400.000,– €
Baukosten/m² BGF	2.068,– €
Raumprogramm	
Nutzfläche	800 m²
Bruttogrundfläche	991 m²
Bruttorauminhalt	6.013 m³

Gebäudeplanung und Bauleitung
D'Inka Scheible Hoffmann
Architekten BDA, Fellbach

EBELFELDSCHULE, FRANKFURT-PRAUNHEIM, PRAUNHEIMER HOHL 4
NEUBAU EINER EINFELD-TYPENSPORTHALLE IN PASSIVHAUSBAUWEISE

Termine	
Baubeginn	07/2010
Fertigstellung	10/2011
Kosten (brutto)	
Gesamtkosten	3.235.000,– €
Baukosten KG 300+400	2.250.000,– €
Baukosten/m² BGF	1.911,– €
Raumprogramm	
Nutzfläche	800 m²
Bruttogrundfläche	991 m²
Bruttorauminhalt	6.013 m³

Gebäudeplanung und Bauleitung
D'Inka Scheible Hoffmann
Architekten BDA, Fellbach

LIEBIGSCHULE, FRANKFURT-PRAUNHEIM, KOLLWITZSTRASSE 3
NEUBAU EINER EINFELD-TYPENSPORTHALLE IN PASSIVHAUSBAUWEISE

Termine	
Baubeginn	04/2010
Fertigstellung	08/2011
Kosten (brutto)	
Gesamtkosten	2.995.000,– €
Baukosten KG 300+400	2.250.000,– €
Baukosten/m² BGF	1.907,– €
Raumprogramm	
Nutzfläche	800 m²
Bruttogrundfläche	991 m²
Bruttorauminhalt	6.016 m³

Gebäudeplanung und Bauleitung
D'Inka Scheible Hoffmann
Architekten BDA, Fellbach

Valentin-Senger-Schule

Grundschule mit Sporthalle und Kindertagesstätte

Energiebezugsfläche
Schulgebäude (SG) 2.851 m²;
Kindertagesstätte (Kita) 1.229 m²;
Sporthalle (TH) 1.460 m²

Architekten
Baufrösche Architekten und Stadtplaner GmbH, Kassel

www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de

STADT FRANKFURT AM MAIN
Hochbauamt - Energiemanagement

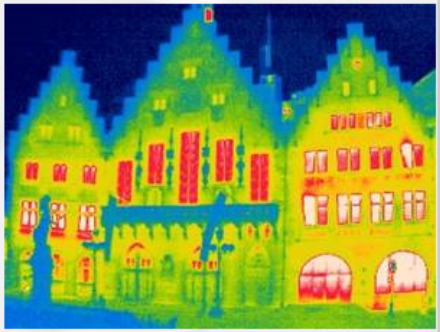
Energiecontrolling
- EVU-Rechnungen
- Manuelle Zählerablesungen
- Automatische Verbrauchserfassung
- Energieausweise

Betriebsoptimierung
- Hinweise für Gebäudenutzer
- Anweisungen für Hausverwalter
- Seminarprogramm
- Erfolgsbeteiligung für Nutzer
- 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
- Kontakte / Ansprechpartner

Hochbauamt - Energiemanagement



Seit 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 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
- Flyer Energiemanagement

Im Jahr 2014 wurden für diese Liegenschaften Energie- und Wasserkosten in Höhe von ca. 30 Mio. € aufgewendet. Davon entfielen ca. 13,8 Mio. € auf Strom, ca. 12,1 Mio. € auf Heizenergie und ca. 3,9 Mio. € auf Wasser und Kanaleinleitung. Seit dem Jahr 1990 konnte der Stromverbrauch trotz der vor allem im Bereich der IT rasant zunehmenden technischen Ausstattung im Schnitt um 10 % gesenkt werden. Der Heizenergieverbrauch sank in dieser Zeit um 36 %, der Wasserverbrauch sogar um 62 % und die Kohlendioxid-Emissionen um 37 %. Um die Ziele des Energie- und Klimaschutzkonzeptes der Stadt zu erreichen (Verringerung alle 5 Jahre um 10 %) sind künftig noch verstärkte Anstrengungen nötig.

Den Personalkosten, Sachkosten sowie dem Kapitaldienst für Energiesparinvestitionen in Höhe von ca. 5,7 Mio. € im Jahr 2014 standen Einsparungen an Energie- und Wasserkosten in Höhe von ca. 15,5 Mio. € gegenüber. Das Verhältnis zwischen Aufwand und Einsparung liegt also bei ca. 1:3. Seit dem Jahr 1990 wurde durch das Energiemanagement ein Gewinn von 175 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:

25 Jahre Klimaschutz
Frankfurt am Main

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
- Aufgaben der Abteilung Energiemanagement
- Aktuelles