

Herausforderungen der Energiewende für das kommunale Energiemanagement

Dipl.-Ing. Mathias Linder

Leiter der Abteilung Energiemanagement im Hochbauamt der Stadt Frankfurt a.M.

www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de

1. Politische Vorgaben

Am 8. Juli 2011 hat die Bundesregierung unter dem Eindruck der Reaktorkatastrophe von Fukushima die Eckpunkte der Energiewende festgelegt¹. Neben dem Ausstieg aus der Kernenergie heißt es dort unter anderem:

„Wir halten auch ohne Kernenergie an dem Ziel fest, den Ausstoß von Treibhausgasen bis 2020 um 40 und bis 2050 um mindestens 80 Prozent (im Vergleich zu 1990) zu senken. Bis 2020 soll der Energieanteil aus Sonne, Wind & Co am Stromverbrauch mindestens 35 Prozent betragen. Heute sind es 17 Prozent.... Bis 2050 sollen Gebäude in Deutschland nahezu klimaneutral sein, das heißt, die benötigte Energie nur aus erneuerbaren Energien beziehen.“

Um dieses Ziel zu erreichen, will die Stadt Frankfurt a.M. ihren Energiebedarf bis 2050 halbieren und den Rest aus regenerativen Quellen decken. Dabei sollen 50 % regenerativ im Stadtgebiet Frankfurts erzeugt werden, die verbleibenden 50 % sollen aus der Region importiert werden.

2. Gebäudebestand, Energiecontrolling und Betriebsoptimierung

In der Abbildung 1 wird ein Mengengerüst für den kommunalen Gebäudebestand in Frankfurt a.M. aufgestellt.

Kosten und Einsparung der Energiewende im kommunalen Gebäudebestand					
Mengengerüst mit stark gerundeten Werten					
Gebäudebestand	/m² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M	Deutschland	
Einwohnerzahl		1 EW	690.000	81.800.000	EW
Anzahl der öffentlichen Gebäude			2.500	300.000	Gebäude
Beheizte Nettogrundfläche der öffentlichen Gebäude	1	4 m²	2,5	300	Mio. m²
Heizenergiekosten 2011	5	19 €/Jahr	13	1.500	Mio. €/Jahr
Stromkosten 2011	5	19 €/Jahr	13	1.500	Mio. €/Jahr
Energiekosten 2011	10	38 €/Jahr	26	3.000	Mio. €/Jahr
Energiecontrolling und Betriebsoptimierung	/m² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M	Deutschland	
Personalbedarf (1 Mitarbeiter(in) für 2 Mio. € Energiekosten)			13	1.500	Mitarbeiter
Personalkosten (75.000 € / Mitarbeiter, Jahr)	0,4	1,4 €/Jahr	1	113	Mio. €/Jahr
Energiekosteneinsparung durch Energiemanagement (15 %)	1,6	5,7 €/Jahr	4	450	Mio. €/Jahr



Abbildung 1: Gebäudebestand, Energiecontrolling und Betriebsoptimierung

¹ www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2011/06/2011-06-06-energiewende-kabinettt-weitere-informationen.html

Die Stadtverwaltung nutzt ca. 2.500 Gebäude mit einer beheizten Nettogrundfläche von ca. 2,5 Mio. m². Die Energiekosten für diese Gebäude lagen im Jahr 2011 bei 26 Mio. €. Wenn man diese Werte herunterskaliert kommt man auf 10 € pro m² Nettogrundfläche und Jahr bzw. 38 € pro Einwohner und Jahr. Hochgerechnet auf die Einwohnerzahl Deutschlands kommt man auf ca. 3 Mrd. € Energiekosten im kommunalen Gebäudebestand.

Nach den Hinweisen des Deutschen Städtetages ist es sinnvoll, je 2 Mio. € Energiekosten mindestens eine(n) Mitarbeiter(in) für das Energiecontrolling und die Betriebsoptimierung einzusetzen. Für Frankfurt a.M. ergibt sich damit ein Bedarf von 13 Mitarbeiter(inne)n. Hochgerechnet auf Deutschland sind das 1.500 Mitarbeiter(inne)n. Den Personalkosten von ca. 113 Mio. € stehen Energiekosteneinsparungen von ca. 450 Mio. € gegenüber. Dieses Potential ist besonders wirtschaftlich und sollte daher ausgeschöpft werden, bevor mit einer flächendeckenden Gebäudesanierung begonnen wird.

3. Gebäudesanierung

Es ist wirtschaftlich sinnvoll, die energetische Sanierung von Gebäuden mit den ohnehin notwendigen Sanierungen zu verknüpfen. Die Lebensdauer aller energetisch relevanten Bauteile (thermische Gebäudehülle und technische Gebäudeausrüstung) beträgt maximal 40 Jahre. Daher müssen diese Bauteile bis 2052 ohnehin mindestens einmal erneuert werden. Um eine gleichmäßige und planbare Auslastung der Bauverwaltung zu gewährleisten ist es sinnvoll, jedes Jahr 1/40 oder 2,5 % des Gebäudebestandes komplett zu sanieren (Rückführung auf den Rohbauzustand). Wenn dies unterlassen wird, findet ein ständiger Werteverzehr statt und am Ende bleibt nur Abriss und Neubau übrig.

Gebäudesanierung auf EnEV-Standard		/m ² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M		Deutschland
Mittlere Lebensdauer der energierelevanten Bauteile		40	Jahre			
jährliche Sanierungsrate		2,5%	/Jahr			
jährlich zu sanierende Gebäude				63	7.500	Gebäude/Jahr
jährlich zu sanierende Nettogrundfläche				62.500	7.500.000	m ² /Jahr
spez. Kosten für Sanierung auf EnEV-Standard (ohnein erforderlich!)		1.400	€/m ²			
jährliche Kosten für Sanierung nach EnEV (ohnein erforderlich!)		35	127 €/Jahr	88	10.500	Mio. €/Jahr
Personalkosten Bauverwaltung (20 % Honorar, davon 25 % Projektleit.)		2	6 €/Jahr	4	525	Mio. €/Jahr
Personalbedarf Bauverwaltung (bei 75.000 €/P)				58	7.000	Mitarbeiter
Heizenergieeinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard		40%				
Stromeinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard		15%				
Energiekosteneinsparung durch Sanierung auf EnEV-Standard		3	10 €/Jahr	7	825	Mio. €/Jahr
Gebäudesanierung auf optimierten Standard		/m ² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M		Deutschland
spez. Mehrkosten für optimierten Sanierungsstandard		80	€/m ²			
jährl. Mehrkosten für optimierten Sanierungsstandard		2,0	7,2 €/Jahr	5	600	Mio. €/Jahr
Personalmehrkosten Bauverwaltung		0,1	0,4 €/Jahr	0,3	30	Mio. €/Jahr
Personalmehrbedarf Bauverwaltung				3	400	Mitarbeiter
zus. Heizenergieeinsparung durch optimierten Sanierungsstandard		30%				
zus. Stromeinsparung durch optimierten Sanierungsstandard		15%				
zus. Energiekosteneinsparung durch optimierten Sanierungsstandard		2,3	8,5 €/Jahr	6	675	Mio. €/Jahr



Abbildung 2: Gebäudesanierung auf EnEV-Standard und auf optimierten Standard

In Deutschland müssen daher pro Jahr ca. 7.500 kommunale Gebäude mit insgesamt ca. 7,5 Mio m² saniert werden.

Wenn diese Gebäude lediglich nach den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) saniert werden, entstehen Kosten von ca. 1.400 € pro m². Hochgerechnet auf den jährlichen Sanierungsbedarf sind das 10,5 Mrd. € pro Jahr oder 35 € pro m² Gesamtfläche und Jahr. Dem stehen Energiekosteneinsparungen zu heutigen Preisen in Höhe von ca. 800 Mio. € pro Jahr gegenüber.

Wenn man, wie bei der Stadt Frankfurt vorgeschrieben, zusätzlich die Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen² anwendet (u.a. Einsatz von Passivhauskomponenten), dann entstehen Mehrkosten von ca. 80 € pro m² sanierter Fläche. Hochgerechnet auf den jährlichen Sanierungsbedarf sind das 600 Mio. € pro Jahr oder 2 € pro m² Gesamtfläche und Jahr.

Im Mittel kann man durch eine Gesamtanierung nach den Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen von einer zusätzlichen Heizenergieeinsparung von 30 % und einer zusätzlichen Stromeinsparung von 15 % ausgehen. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass denkmalgeschützte und architektonisch hochwertige Gebäude teilweise nur von innen gedämmt werden können. Die zusätzliche Energieeinsparung für die Sanierung auf den optimierten Standard beträgt ca. 675 Mio. € pro Jahr. Die Mehraufwendungen sind daher bereits bei rein betriebswirtschaftlicher Betrachtung sinnvoll.

4. Regenerative Quellen

Nach der Halbierung des Energiebedarfes liegt der zweite Teil der Aufgabe in der Versorgung aus regenerativen Quellen. In Städten wie Frankfurt kommt an regenerativen Quellen im Wesentlichen die Photovoltaik in Frage. Die Wasserkraft ist weitgehend ausgeschöpft, für Windkraft sind Mindestabstände zu Gebäuden einzuhalten und für Biomasse stehen im Stadtgebiet nur relativ kleine Flächen zur Verfügung. Die oberflächennahe Geothermie kann wiederum nur mit Wärmepumpen erschlossen werden für deren Betrieb Strom oder Gas erforderlich ist. Damit bleibt im Stadtgebiet nur die Photovoltaik übrig.

Einbau von Photovoltaikanlagen	/m ² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M Deutschland	
Nutzbare Dachfläche (im Mittel 2,5 Geschosse, 50 % nutzbar)	0,2 m ²		0,5	60 Mio. m ²
Mittlere Lebensdauer der PV-Anlagen	25 Jahre			
jährliche Zubau-/Sanierungsrate	4%/Jahr			
jährlich zu errichtende Photovoltaikanlagen (Fläche)			20.000	2.400.000 m ² /Jahr
jährlich zu errichtende Photovoltaikanlagen (Leistung)			2.000	240.000 kW _{peak} /Jahr
spez. Kosten für Photovoltaikanlagen	2.000 €/kW _{peak}			
jährliche Kosten für den Bau von Photovoltaikanlagen	1,6	5,8 €/Jahr	4	480 Mio. €/Jahr
Personalkosten Bauverwaltung	0,1	0,3 €/Jahr	0,2	24 Mio. €/Jahr
Personalbedarf Bauverwaltung			3	320 Mitarbeiter
Ertrag aus den Photovoltaikanlagen (850 h/a, 0,12 €/kWh)	102 €/kW _{peak} ·Jahr			
Stromertrag aus den Photovoltaikanlagen im Endausbau	2,0	7,4 €/Jahr	5	612 Mio. €/Jahr



Abbildung 3: Einbau von Photovoltaikanlagen

² www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de (Menüpunkt: Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen)

Wenn man davon ausgeht, dass die öffentlichen Gebäude im Mittel 2,5 Geschosse haben und nur 50 % der Dachflächen für Photovoltaiknutzung zur Verfügung stehen (keine ausreichenden Statikreserven, Verschattung, Vandalismusgefahr, Denkmalschutz), dann sind in Deutschland ca. 60 Mio. m² kommunale Dachfläche grundsätzlich für Photovoltaik geeignet. Bei einer konstanten Erneuerungsrate und einer mittleren Lebensdauer der Anlagen von 25 Jahren müssen 1/25 oder 4 % pro Jahr dieser Flächen mit Photovoltaikanlagen belegt werden. Dies sind 2,4 Mio. m² pro Jahr oder 240 MW_{peak} pro Jahr. Bei spezifischen Kosten von 2.000 €/kW_{peak} ergibt sich ein Investitionsbedarf von 480 Mio. € pro Jahr oder 1,60 €/m² Gesamtfläche und Jahr.

Bei einem typischen Ertrag von 850 Vollnutzungsstunden pro Jahr wird selbst bei einem sehr niedrig angesetzten Stromerlös von 12 Ct/kWh ein Ertrag von 102 €/kW_{peak} und Jahr erwirtschaftet. Im Endausbau wird damit ein Stromertrag von 612 Mio. € bzw. 2 € pro m² Gesamtfläche erzielt.

5. Kraft-Wärme-Kopplung

Die vorgenannten Maßnahmen reichen jedoch noch nicht ganz aus, um das energie- und klimapolitische Ziel zu erreichen. Insbesondere steht die Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen hauptsächlich tagsüber und im Sommer zur Verfügung. Um die Stromlücke im Winter zu schließen und einen überdimensionalen Netzausbau zu vermeiden, sollte die Erzeugung der verbleibenden Restwärme möglichst vollständig über dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erfolgen.

Einbau von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen	/m ² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M		Deutschland
Anzahl von Heizzentralen			1.000	120.000	Stück
Wärmeverbrauch nach optimierter Sanierung			66	7.800	GWh
Mittlere Lebensdauer der KWK-Anlagen	10	Jahre			
jährliche Zubau-/Sanierungsrate	10%	/Jahr			
jährlich einzubauende KWK-Anlagen (Anzahl in 50 % der Heizzentralen)			50	6.000	Stück/Jahr
jährlich einzubauende KWK-Anlagen (Leistung für 50 % der Wärmeerzeugung)			330	39.000	kW _{el} /Jahr
spez. Kosten für KWK-Anlagen	2.800	€/kW _{el}			
jährliche Kosten für den Bau von KWK-Anlagen	0,4	1,3 €/m ² /Jahr	1	109	Mio. €/Jahr
Personalkosten Bauverwaltung	0,0	0,1 €/Jahr	0,0	5	Mio. €/Jahr
Personalbedarf Bauverwaltung			1	73	Mitarbeiter
Ertrag aus den KWK-Anlagen (5.000 h/a, 0,07 €/kWh _{el})	350	€/kW _{el} ,Jahr			
Ertrag aus den KWK-Anlagen im Endausbau	0,5	1,7 €/m ² ,Jahr	1	137	Mio. €/Jahr



Abbildung 4: Einbau von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen

Unter der Voraussetzung, dass KWK derzeit erst ab 5.000 Vollnutzungsstunden wirtschaftlich ist, können bei Analyse der kommunalen Wärmelastprofile 50 % des Restwärmebedarfs von 7.800 GWh wirtschaftlich über KWK bereitgestellt werden. Wenn man von einer Lebensdauer der Aggregate von 10 Jahren und spezifischen Investitionskosten von 2.800 € pro kW elektrisch ausgeht, dann müssen jährlich deutschlandweit ca. 110 Mio. € in KWK-Anlagen im kommunalen Gebäudebestand investiert werden. Dem steht ein Ertrag von ca. 140 Mio. € gegenüber.

6. Fazit

Die jährlichen Energiekosten der kommunalen Gebäude in Deutschland können durch eine geschickte Kombination von Energiecontrolling, Betriebsoptimierung, die Gesamtanierung auf einen optimierten Standard, den Einsatz von Photovoltaik und Kraft-Wärme-Kopplung von heute ca. 3 Mrd. € pro Jahr zu heutigen Preisen auf etwa ein Zehntel gesenkt werden.

Zusammenfassung	/m ² NGF	/Einwohner	Frankfurt a.M		Deutschland
Energiekosten 2011	10	38 €/m ² ,Jahr	26	3.000	Mio. €/Jahr
Energiekosten 2051 (zu Preisen von 2011)	1	4 €/m ² ,Jahr	3	302	Mio. €/Jahr
jährliche Kosten für Sanierung nach EnEV (ohnehin erforderlich!)	35	127 €/m ² ,Jahr	88	10.500	Mio. €/Jahr
jährliche Mehrkosten für EM, optimierten Standard, PV und KWK	4	14 €/m ² ,Jahr	10	1.189	Mio. €/Jahr
jährliche Einsparung für EM, optimierten Standard, PV und KWK	6	23 €/m ² ,Jahr	16	1.874	Mio. €/Jahr
Personalbedarf für Sanierung nach EnEV (ohnehin erforderlich)			58	7.000	Mitarbeiter
Personalmehrbedarf für EM, optimierten Standard und PV			20	2.293	Mitarbeiter

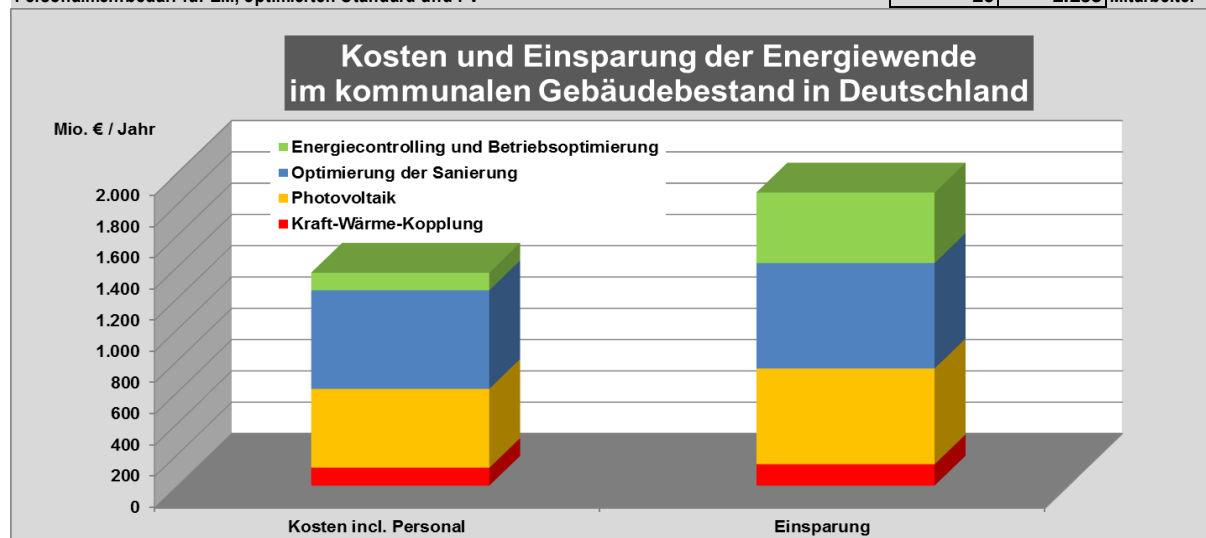


Abbildung 5: Zusammenfassung der Kosten und Einsparungen

Der größte Kostenaufwand in Höhe von 10,5 Mrd. € pro Jahr entsteht durch die ohnehin erforderliche Sanierung auf den gesetzlichen Standard. Wenn diese unterlassen wird, kommt es zu einem ständigen Werteverzehr im kommunalen Gebäudebestand, der schließlich im Totalverlust (Abriss) enden kann. Den jährlichen Mehrkosten für das Energiemanagement, den optimierten Standard, den Einsatz von Photovoltaik und Kraft-Wärme-Kopplung in Höhe von ca. 1,2 Mrd. € pro Jahr stehen Energiekosteneinsparungen in Höhe von ca. 1,9 Mrd. € pro Jahr gegenüber.

Da die Energiepreissteigerung (nach statistischem Bundesamt ca. 5 % pro Jahr) höher ist, als die gegenwärtigen Kommunalkreditzinsen ist der tatsächliche wirtschaftliche Vorteil sogar noch größer. Hinzu kommt, dass der Kaufkraftabfluss durch Energiekosten nach Russland und an den Persischen Golf durch regionale Handwerkerleistung ersetzt wird. Damit steigen die Gewerbesteuererinnahmen für die Kommunen und der Wohlstand in der Region. Die Energiewende ist daher im Bereich der kommunalen Gebäude besonders wirtschaftlich umsetzbar, wenn die notwendigen Finanzmittel und die entsprechende Personalausstattung zur Verfügung gestellt werden.

Der von der Abteilung Energiemanagement im Hochbauamt der Stadt Frankfurt entwickelte Energiewenderechner steht als Excel-Tool auf www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de (Menüpunkt: Rechenprogramme) allen interessierten Kommunen zur Verfügung.