

FM und Klimaschutz im Stadtquartier am Beispiel der Stadt Frankfurt a.M.

Dipl.-Ing. Mathias Linder
Hochbauamt der Stadt Frankfurt a.M.
Abteilung Energiemanagement

FM and climate change in urban neighbourhoods on the city of Frankfurt

The city of Frankfurt as a leader in climate protection started many activities for the management of their facilities.

This includes a comprehensive energy and climate protection concept and an adaptation strategy to climate change. These concepts and strategies cover the areas of design, construction, green area, mobility and transport and health. A key component is a refurbishment plan for the municipal buildings.

climate protection, climate change, refurbishment plan

1. Einleitung

Die Stadt Frankfurt a.M. hat als Vorreiter im Klimaschutz zahlreiche Aktivitäten auf den Weg gebracht.

Dazu gehört ein umfangreiches Energie- und Klimaschutzkonzept, in dem sich die Stadt Frankfurt das Ziel setzt, den Energieverbrauch bis zum Jahr 2050 zu halbieren und damit eine vollständige Versorgung aus erneuerbaren Energiequellen zu ermöglichen.

Weiterhin wurde eine Anpassungsstrategie an den bereits unvermeidlichen Klimawandel entwickelt. Diese Strategie erstreckt sich auf die Bereiche Planen, Bauen, Grünbereich, Mobilität und Verkehr, Wasser sowie Gesundheit.

Schließlich wurde ein Sanierungskonzept für den gesamten kommunalen Gebäudebestand aufgestellt um die Ziele aus dem Energiekonzept im eigenen Liegenschaftsportfolio zu erreichen. Dabei zeigt sich, dass hierfür zwar erhebliche Anstrengungen und Investitionen erforderlich sind, die Umsetzung jedoch unter dem Strich wirtschaftlich ist.

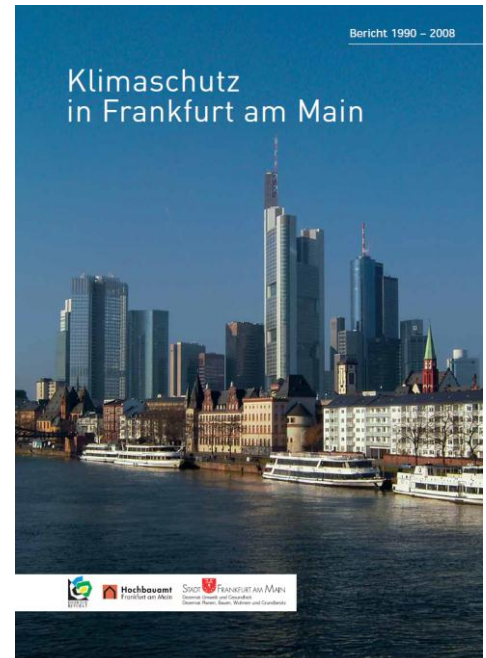


Bild 1: Klimaschutzbericht der Stadt Frankfurt a.M.

2. Energie- und Klimaschutzkonzept

Mit Beschluss vom 01.03.2012 hat die Stadtverordnetenversammlung den Magistrat gebeten, das Frankfurter Energie- und Klimaschutzkonzept vom 10.12.2009 mit der Zielsetzung fortzuschreiben, dass Frankfurt bis spätestens zum Jahr 2050 zu 100 % aus erneuerbaren Energien versorgt werden kann. Dazu soll der Energiebedarf halbiert und der verbleibende Energiebedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt werden, die zu 50 % aus dem Stadtgebiet und zu 50 % aus der Region stammen. Im Energie- und Klimaschutzkonzept wurde bereits das im Klimabündnis formulierte Ziel zugrunde gelegt, die Emissionen im Stadtgebiet alle 5 Jahre um 10 Prozent zu verringern.

Durch die Berechnungen des IFEU-Instituts liegt der Stadt eine Energie- und CO₂-Bilanz für das Jahr 2005 vor:

- Die CO₂-Emissionen liegen 2005 bei 8,32 Mio. Tonnen (einschließlich Prozesskette und äquivalenten Emissionen). Pro Einwohner sind das 12,8 Tonnen jährlich.
- 35% davon fallen auf die Industrie, 25% auf das Gewerbe und je 20% auf die privaten Haushalte und den Verkehrsbereich.

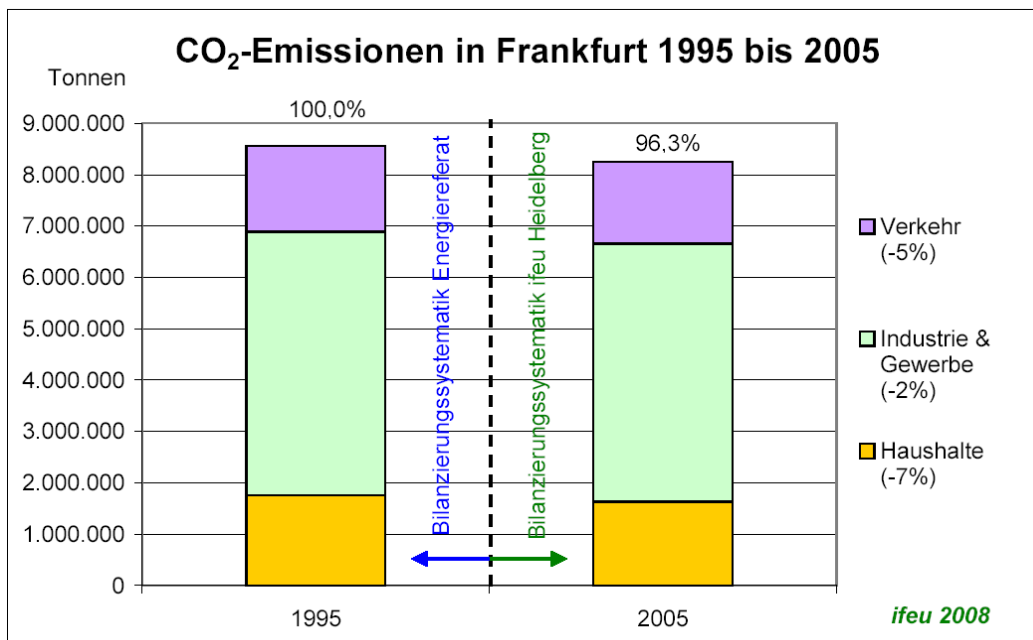


Bild 2: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Frankfurt

Bild 2 zeigt, dass die CO₂-Emissionen von 1995 bis 2005 um 3,7% leicht zurückgegangen sind. Der Rückgang der Emissionen fand in allen Sektoren statt. Im Rahmen der Konzeptbearbeitung wurde eine systematische Übersicht der wichtigsten Maßnahmen in der Stadt zusammengestellt (siehe Tabelle 1). Ein Großteil der Maßnahmen der letzten Jahre wurden dabei seitens der Stadt initiiert. Die Wirkungsansätze sind hierbei breit gefächert. Sie reichen von technischen Maßnahmen, wie dem Ausbau der Kraft Wärme-Kopplung, der Nah- und Fernwärme über indirekt wirkende Maßnahmen, wie der Information bzw. Fort- und Weiterbildung einzelner Zielgruppen bis zum Aufbau von Akteursnetzwerken in Frankfurt.

NR	Maßnahmentitel	Status (N=Neu, A=Anpassung, F= Fortsetzung)
Übergreifende Maßnahmen		
Ü 1	Gesamtkonzept Klimaschutzkommunikation	F/A
Ü 2	Haus der Zukunft	N
Ü 3	Thematische Veranstaltungsreihen	F/A
Ü 4	Contracting-Kampagne	N
Ü 5	Klimaschutzallianz Frankfurt	N
Ü 6	Klimaschutzfonds	N
Ü 7	Ausbau Energiereferat	F/A
Ü 8	Leitlinien und Rahmenplanungen	F/A
Ü 9	Passivhausbauweise bei Veräußerung städt. Grundstücke	F
Maßnahmen Private Haushalte		
HH 1	Stromsparprogramm	F
HH 2	Gerätetausch- und Zuschussaktion	N
HH 3	Frankfurter Qualitätsstandard energetische Sanierung	N
HH 4	Optimierung Energieberatung	N
HH 5	Qualitätssicherung Energieausweis	N/F
HH 6	Investitionsförderung durch die Stadt	F/A
HH 7	Ökologischer Mietspiegel	F
HH 8	Verständliche Heizkostenabrechnung	N
HH 9	Mainova Klima Partner Programm	F/A
H 10	Cariteam Energiesparservice	N
Maßnahmen für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und KMU's		
G 1	Informationszirkel für Betriebe	F/A
G 2	Benchmarkpool Bürogebäude	F/A
G 3	Wettbewerb energieeffiziente Gewerbe- /Industriegebäude	F
G 4	Umsetzung u. energetische Optimierung Hochhausrahmenplan	F/A
G 5	Kooperation Erfahrungsaustausch Industrie/Stadt	N
G 6	ÖKOPROFIT: Information und Fortbildung für das Gewerbe	F/A
G 7	Energieeffizienzkampagne Gewerbebetriebe	N
G 8	Stromsparprogramm für Gewerbebetriebe	N
G 9	Mainova Klima Partner Programm	F/A
G 10	Klimaschutz-Partnerschaft Hochschulen und Stadt	N
Maßnahmen für das Themenfeld Bildung		
B 1	Schulprojekte ausbauen	F/A
B 2	Energieteam-Projekte in Kindergärten	N
B 3	Modellprojekt Nutzermotivation an den Hochschulen	N
Maßnahmen für (Sport-) Vereine und Kirchen		
VK 1	Energetisches Sportstättenförderprogramm	F/A
VK 2	Sport Klima Partner Programm	F
VK 3	Prämienmodell Energie für Vereine	N
VK 4	Checklisten für Berater des Landessportbundes ausbauen	F/A
VK 5	Kühlschranksubstitutionsprogramm	N
VK 6	Klimaschutzprogramm für Kirchen und Gemeinden	N
Maßnahmen für Multiplikatoren (Handwerk, Planer, Architekten, Banken)		
M 1	Klimaschutzforum Frankfurter Handwerk	N
M 2	Qualifizierungsprogramm Multiplikatoren	N
M 3	Klimaschutzplattform Frankfurter Betriebe	N
M 4	Klimaschutzstadteilbeauftragte	N
M 5	Frankfurter Passivhauskredit	N
Maßnahmen Energieversorgung		
E 1	Nah- und Fernwärmeausbau mit KWK fortsetzen	F/A
E 2	Studie Biomassestrategie	N
E 3	Teilweise Substitution fossiler Brennstoffe durch Einsatz eines Biomassekessels im Fernwärmeverbund	N
E 4	Informationskampagne Biomasse	N
E 5	Öffentliche Dächer für PV-Anlagen	N
E 6	Unterstützung der Bundes-/Ländervorgaben zum Einsatz von EE	N
E 7	KWK-Kampagne	N
Maßnahmen für städtische Liegenschaften		
S 1	Optimierung Energiemanagement städt. Liegenschaften	F/A
S 2	Optimierung Beschaffung energieverbrauchender Geräte	N

Tabelle 1: Übersichtstabelle: Maßnahmenkatalog Klimaschutzkonzept Frankfurt

3. Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Die weltweiten Klimaänderungen werden auch in Frankfurt am Main zukünftig die Lebensbedingungen maßgeblich verändern. Die Stadt stellt sich diesen Herausforderungen und engagiert sich in verschiedenen regionalen Projekten und Netzwerken sowohl für den Schutz des Weltklimas als auch für Strategien zur Anpassung an die schon heute nicht mehr zu vermeidenden Folgen des Klimawandels.

Zur Bündelung ihres Know-hows hat die Stadt Frankfurt am Main aus den unterschiedlichsten Bereichen ihrer Verwaltung eine dezernatsübergreifende Koordinierungsgruppe Klimawandel (KGK) einberufen, um die erforderlichen Maßnahmen zur Anpassung (Adaption) an den Klimawandel auf lokaler Ebene zu entwickeln.

Die vorliegende Frankfurter Anpassungsstrategie beschreibt zunächst die Ausgangslage in Frankfurt am Main und erläutert dann für die Bereiche Planung, Bauen, Grün, Mobilität/Verkehr, Wasser und Gesundheit die jeweiligen Perspektiven, Ziele und Maßnahmen zur Anpassung.

Ausgangslage

Es zeichnet sich ab, dass es in Frankfurt am Main zukünftig mildere und feuchtere Winter, zahlreichere und heftigere Unwetter sowie stärkere und länger andauernde Hitzeperioden im Sommer geben wird. Dies belegen auch erste Ergebnisse einer Studie, die das Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) erarbeitet hat. Es ist mit einer deutlichen Zunahme der sommerlichen Tages- und Nachttemperaturen, speziell in den bebauten Bereichen der Stadt, zu rechnen. Ziel muss es daher sein, die Überwärmungstendenzen auf ein erträgliches Maß zu begrenzen und die Durchlüftung des Stadtkörpers zu erhalten, bzw. womöglich auch zu fördern.

Gemeinsam mit dem DWD werden hierzu lokalmaßstäbliche Prognosen für Frankfurt am Main berechnet, die die räumlichen Schwerpunkte zukünftiger Klimabelastungen aufzeigen sollen. In Zusammenarbeit mit der Universität Kassel sollen zudem in einer Weiterentwicklung des Klimaplanatlases stadtteilbezogene Betrachtungen zu ganz konkreten Verbesserungsmaßnahmen hinsichtlich des Stadtklimas führen. Dies können Begrünungs-, Entsiegelungsvorschläge, aber auch technische/bauliche Beschattungsmaßnahmen sein, deren Planung und Umsetzung je nach Komplexität von der Ebene der Objektplanung bis hin zu stadtteilbezogenen Planungen auch unterschiedliche Zeitschienen verfolgen. In einer zweiten Detailbetrachtung sollen die Defizite und Potentiale für eine Förderung der Frischluftversorgung und Durchlüftung der Stadtteile ermittelt und mit konkreten Planungsvorschlägen hinterlegt werden.

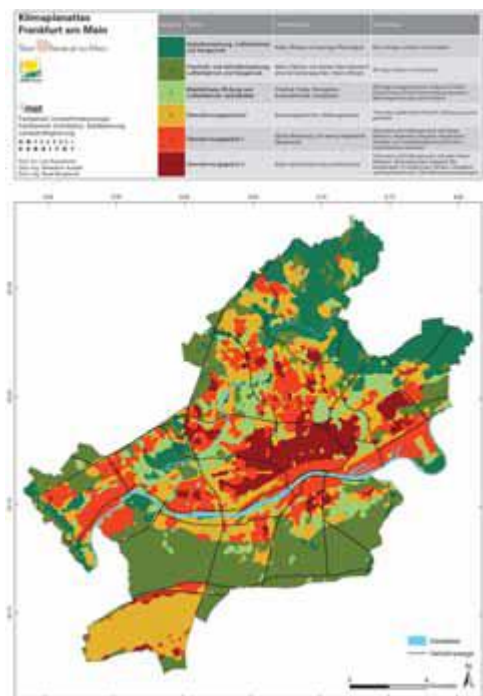


Bild 3: Klimaplanatlas
(Quelle: Umweltamt FFM)

Planen

Ziel der zukünftigen Stadtentwicklungspolitik muss es sein, dass der Lebensraum Stadt in Anbetracht der prognostizierten Veränderungen des Stadtklimas und des Wasserhaushaltes auch zukünftig adäquate Lebensbedingungen anbieten kann.

Jedwede Entwicklungsstrategie muss daher in noch größerem Umfang darauf ausgerichtet sein, die städtischen Überwärmungstendenzen soweit wie möglich zu begrenzen. Ferner sind bei der Beachtung der lokalen Klimaverhältnisse (Kalt- und Frischluftsysteme) auch deren regionale Verknüpfungen zu berücksichtigen, da die Einzugsgebiete dieser Luftsysteme zumeist weit über das Frankfurter Stadtgebiet hinausreichen.

Auch den Belangen des Hochwasser- und Grundwasserschutzes ist zukünftig in noch höherem Maße Beachtung zu schenken, wenn die weitere Entwicklung der Stadt nicht durch zunehmenden Funktionsverlust der städtischen Infrastrukturen (z.B. infolge von Hochwasserschäden oder Grundwasserproblemen) behindert werden soll. Angesichts der räumlich begrenzten Entwicklungsmöglichkeiten und der noch moderaten Bevölkerungsdichte sollte daher die klimaverträgliche Nachverdichtung im Bestand Priorität vor der weiteren Außenentwicklung haben.

Bauen

Ziel soll trotz des Klimawandels eine gleichbleibende oder verbesserte Aufenthaltsqualität und Behaglichkeit in Gebäuden und im Stadtraum bei gleichzeitiger Vermeidung unnötiger Energieverbräuche zu Heiz- wie auch zu Kühlzwecken sein. Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele sind insbesondere:

- Aufnahme, Abprüfung und hohe Gewichtung von Klimaschutzkriterien in Wettbewerben
- Berücksichtigung stadtklimatischer Gesichtspunkte bei der Gestaltung von Gebäuden und Freiflächen (z.B. Freihalten von Kaltluftschneisen, Oberflächenentsiegelung, höhere Reflektionsgrade, siehe Klimaplanatlas)
- Neubau nur noch in Passivhausbauweise oder als Plus-Energie-Haus
- Sanierung nur noch mit Passivhauskomponenten
- Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes (Optimierung des Fensterflächenanteils, hochwertiger Sonnenschutz, aktivierbare Speichermassen, Nachlüftungskonzept)
- Verstärkte wärmetechnische Sanierungsrate bestehender Gebäude.
- Berücksichtigung von Kraft-Wärme-Koppelung (KWK) und regenerativen Energiequellen (z.B. Solarenergie, Biomasse) bei der Planung
- Ausbau von Nah-/Fernwärme- und Kältenetzen auf Basis regenerativer Energien im Neubau und Bestand
- Türen und Fenster sind mindestens 20 cm über der Rückstauenebene anzubringen oder vor Überflutung entsprechend zu schützen
- Niederschläge sind nicht in den Kanal einzuleiten, sondern soweit möglich auf dem Grundstück zu versickern



Bild 4: Nachtluftklappe
(Quelle: Hochbauamt FFM)

Grünbereich

Bei künftigen ufernahen Bebauungen oder Umbauten sind die Gebäude so auszurichten, dass die Kaltluftbahnen in die Kernstadt hinein wirken können.

Im gesamten Stadtgebiet werden die zur Belüftung der Innenstadt relevanten Kaltluftschneisen verbindlich als unbebaubar festgeschrieben.

Sämtliche Stellplätze für Kraftfahrzeuge im Bestand und in der Planung sind zwingend mit großkronigen Bäumen zu begrünen. Zur Förderung von Dach und Fassadenbegrünungen ist ein Investitions- und Beratungsprogramm zu initiieren.

Bis in das Umland hinein wirken künftige "grüne Speichen" als Biotopverbindungen von der Innenstadt über den GrünGürtel bis in den Regionalpark. In der Stadt sind zur Vernetzung der innerstädtischen Grünräume neue Grünzüge mit Schattenbäumen in einer Mindestgröße von 1 ha zu schaffen. Als Kaltluftproduzenten entstehen neue großzügige Parkanlagen mit Schattenbäumen und einer Mindestgröße von 50 ha. Straßenbahnanlagen sind nach dem Vorbild der Friedrich-Ebert-Anlage als Rasengleise anzulegen. Fällgenehmigungen für alte, großkronige, vitale Baumbestände werden auch künftig sehr restriktiv gehandhabt. Es erfolgt die Pflanzung neuer, auch nicht heimischer Straßenbaumarten, die den zu erwartenden Folgen des Klimawandels gewachsen sind.



Bild 5: Grünanlage Mainufer
(Quelle: Grünflächenamt FFM)

Mobilität und Verkehr

Zielrichtung der Anpassungsstrategie im Bereich Mobilität und Verkehr sind Maßnahmen, die die ohnehin bestehende Zielrichtung einer Förderung des Fuß- und Radverkehrs sowie des öffentlichen Personennahverkehrs unterstützen bzw. gegenläufige Auswirkungen des Klimawandels mindern. Darüber hinaus gilt es, die durch den Klimawandel bedingten Schäden von der Verkehrsinfrastruktur abzuwenden.

Durch hellere Oberflächen z.B. durch entsprechende Zuschläge in bituminösen Fahrbahndecken kann die Rückstrahlung erhöht und damit die Aufheizung vermindert werden. Hierbei ist zu prüfen, ob das Ziel hellerer Oberflächen mit anderen Anforderungen an den Belag, z.B. hinsichtlich der Lärminderung, kompatibel ist.

Bei Verkehrsanlagen, deren Standfestigkeit oder Funktionsfähigkeit durch Starkregenereignisse bzw. daraus resultierende Überschwemmungen gefährdet sein können, müssen die Bauweisen, insbesondere die Entwässerung so angepasst werden, dass die bestehenden Bauwerks- und Anlagensicherheiten erhalten bleiben. Bei Straßenplanungen ist wieder stärker zu beachten, dass Straßen grundsätzlich als Rückhalteraum bei Starkregenereignissen oder Hochwasser dienen. Dies ist mit dem Ziel der Barrierefreiheit abzustimmen.



Bild 6: Rasengleis
(Quelle: Grünflächenamt FFM)

Wasser

Bei den Frankfurter Fließgewässern ist es ein Ziel, das Hochwassermanagement zu optimieren und so die Risiken für Mensch und Umwelt zu minimieren. Als Maßnahmen vorgesehen sind:

- Einrichten weiterer Gewässerpegel
- Installation von Alarmsystemen zur besseren Hochwasser-Vorwarnung
- Betrachtung jeweils des gesamten Einzugsgebietes
- Enge Abstimmung mit den Nachbargemeinden
- Etablierung einer hochwassergerechten Stadt- und Hochbauplanung
- Verbesserung der privaten Hochwasservorsorge z.B. durch Bürgerinformationen
- Schaffung von Retentionsräumen beim naturnahen Gewässerausbau

Weitere wichtige Ziele sind der Erhalt der sommerlichen Abflüsse in den Bächen und die Verbesserung der Wasserqualität im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Dies soll insbesondere durch den Vorrang für die Regenwasserversickerung bzw. die gedrosselte Ableitung des Regenwassers in die Gewässer mit der notwendigen Vorbehandlung erreicht werden. Die verstärkte Umsetzung der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten, aber auch im Bestand, hat übergreifend positive Wirkungen im Hinblick auf die verschiedenen Aspekte des Klimawandels.



Bild 7: Eschbach-Hochwasser
(Quelle:Anwohner)

Gesundheit

Das Land Hessen richtete 2005 in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst ein Hitzewarnsystem ein, mit dem Krankenhäuser, Altenpflegeheime und andere medizinische Einrichtungen bei zu erwartenden hohen Temperaturen über mehr als 3 Tage vorab unterrichtet werden, damit sie intern bessere Vorsorge treffen können.

Das Amt für Gesundheit informiert seit 2004:

- Die Bevölkerung über Presse und Medien, Flyer, Internetauftritt www.Frankfurt.de
- Die Risikogruppen der Älteren Menschen über Flyer (so wurden alleine in der Hitzeperiode Juli 2010 etwa 4.500 Flyer an Senioreneinrichtungen sowie Altenwohnanlagen verteilt)
- Die Altenpflegeheime über Fortbildungen, Informationsveranstaltungen und Flyer
- Die Ärzte über Fortbildungen sowie Veröffentlichungen im Hessischen Ärzteblatt



Bild 7: Eichen-Prozessionsspinner
(Quelle: Amt für Gesundheit)

Auch die weitere Verbreitung des Eichenprozessionsspinners wird im Zusammenhang mit dem Klimawandel gesehen. Der wärmeliebende Falter hat sich in den letzten Jahren von Süden her in Südhessen und besonders im Rhein-Main-Gebiet weiter verbreitet. Da beim Eichenprozessionsspinner in der Bekämpfung nur ein koordiniertes regionales Vorgehen nachhaltigen Erfolg haben kann, ist künftig eine Abstimmung der Maßnahmen in der Rhein-Main-Region vorgesehen.

4. Sanierungskonzept für den kommunalen Gebäudebestand

Die Stadtverwaltung Frankfurt a.M. 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. € (siehe Tabelle 2). 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.

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.

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 Bauen 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 Gesamtsanierung 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.

Gebäudebestand	/m ² 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 m ²	2,5	300	Mio. m ²
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	/m ² 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
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 (ohnehin erforderlich!)	1.400	€/m ²			
jährliche Kosten für Sanierung nach EnEV (ohnehin 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
Personalbedarf 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
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
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 €/m²/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 €/m²,Jahr	1	137	Mio. €/Jahr
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

Tabelle 2: Kosten und Einsparung der Energiewende im kommunalen Gebäudebestand

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. Wenn man davon ausgeht, dass die öffentlichen Gebäude im Mittel 2,5 Geschosse haben und nur 50 % der Dachflächen für Photovoltaiknutzung zur Verfügung stehen, 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.

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.

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.

Fazit

Die jährlichen Energiekosten der kommunalen Gebäude in Deutschland können durch eine geschickte Kombination von Energiecontrolling, Betriebsoptimierung, die Gesamtsanierung 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.

Quellen

- Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Frankfurt am Main 2008
- Frankfurter Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2011
- Herausforderungen der Energiewende für das kommunale Energiemanagement 2012

Alle Quellen sind verfügbar unter:

www.energiemanagement.stadt-frankfurt.de (Menüpunkt: Dokumente)