Basisgutachten

zum

Masterplan Klimaschutz für Hamburg

Ergänzungsgutachten: Wärmebedarf der Gebäude

ECOFYS
Ecofys Germany GmbH
Am Wassermann 36
50829 Köln
Germany

T: +49 221 270 70 100
F: +49 221 270 70 011
E: info@ecofys.de
W: www.ecofys.de

Basisgutachten
zum
Masterplan Klimaschutz für Hamburg
Ergänzungsgutachten: Wärmebedarf der Gebäude

Datum: 05-10-10

Vergabenummer: FV-NR2-194/09

Ecofys Projekt-Nr.: PECPDE083974

Dr. Andreas H. Hermelink

Kjell Bettgenhäuser

Vivian Schüler

© Ecofys 2010

Im Auftrag von:

Freie und Hansestadt Hamburg- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt

Inhalt

Hinweise für den Leser 5
Zusammenfassung 6

1 Einleitung 9
1.1 Inhalt dieses Gutachtens 9
1.2 Die Dringlichkeit klimapolitischen Handelns 9

2 Status Quo in Hamburg 13
2.1 Hamburger Klimaschutz im Überblick 13
2.2 Datenrecherche für den Gebäudebestand 14
2.3 Umgang mit der Datenlage 15

3 Das Referenzszenario – Entwicklung für Raumwärme und Warmwasser 17
3.1 Bestehende und zu erwartende Regelungen zum Klimaschutz im Gebäudebereich (Überblick) 17
3.1.1 EU 17
3.1.2 Deutschland 19
3.1.3 Hamburg 24
3.2 Entwicklung von modellgestützten Szenarien für den Wärmebedarf im Hamburger Gebäudebestand: Definition von Referenzgebäuden 25
3.2.1 Verteilung der Gebäudefläche auf die Referenzgebäude 28
3.2.2 Zuordnung von Energiekennwerten für Wohn- und Nichtwohngebäude 30
3.3 Das BEAM Modell 31
3.4 Modellierung des Referenzszenarios 33
3.4.1 Rahmendaten 33
3.4.2 Neubaustandards 34
3.4.3 Sanierungsstandards 35
3.4.4 Sanierungsraten 36
3.4.5 Neubau- und Abrissraten sowie Anteile denkmalgeschützter Gebäude 37
3.5 Das Referenzszenario bis 2020 und 2050 38

4 Das Klimaschutzszenario 40
4.1 Im Klimaschutzszenario veränderte Parameter 41
4.2 Das Klimaschutzszenario bis 2020 und 2050 42
4.3 Der Passivhausstandard als Referenz für zukünftiges Bauen 46
4.3.1 Prinzipien von Passivhäusern im Neubau und Altbau 46
4.3.2 Beurteilung der Wirtschaftlichkeit 50
4.4 Maßnahmenkatalog bis 2020 52
4.5 Langfristige Umsetzungsvorschläge von 2030 bis 2050 57

Referenzen 58
Tabellenverzeichnis 60
Abbildungsverzeichnis 61
Anhang A: Überblick zur Datenrecherche 62
Anhang B: Details zu Basis- und Klimaschutzszenarien 66

Hinweise für den Leser

Das Gutachten zum Masterplan Klimaschutz für Hamburg besteht aus zwei Teilen:

Das hier vorliegende Ergänzungsgutachten behandelt ausführlich das Thema „Wärmebedarf der Gebäude" (Gebäudehülle und Warmwasser). Dieser Teil des Gutachtens wurde von Ecofys bearbeitet. Die in diesem Teil dargestellten Szenarien und Maßnahmen sind die Grundlage für die Berechnung der erzielbaren CO2-Emissions-Reduktionen. Die CO2-Emissionen für Beheizung und Warmwasser ergeben sich im wesentlichen aus der Kombination der hier betrachteten Qualität der Gebäudehüllen sowie der im ersten Teil betrachteten Energieversorgungssysteme für Gebäude. Daher werden im ersten Teil des Gutachtens die zur Bestimmung der CO2-Emissionen für Heizung und Warmwasser wesentlichen Ergebnisse aus diesem Gutachten nochmals kurz dargestellt.

Der erste Teil des Gutachtens behandelt in der Gesamtschau die Möglichkeiten Hamburgs auf die Entwicklung der CO2-Emissionen Einfluss zu nehmen. Er umfasst die Bereiche Stromerzeugung, Mobilität und Prozesswärme sowie die Bereitstellung des Restwärmebedarfs von Gebäuden und zeigt auf, welche Beiträge die einzelnen Sektoren leisten müssen, um Hamburgs CO2-Reduktionsziele bis 2020 zu erreichen. Der erste Teil des Gutachtens wurde vom Arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik bearbeitet.

Zusammenfassung

Im folgenden werden die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse dieses von Ecofys erstellten „Basisgutachten zum Masterplan Klimaschutz für Hamburg - Ergänzungsgutachten: Wärmebedarf der Gebäude" zusammengefasst.

Mit dem Klimaschutzkonzept 2007-2012 sowie dessen Fortschreibung hat Hamburg eine ambitionierte Etappe auf dem Weg zum „minus 40% bis 2020 Ziel" entwickelt. Dies gilt auch für die Projekte im Gebäudebereich. Um das „minus 40% Ziel" zu erreichen, ist bis 2020 eine weitere Erhöhung der Anstrengungen erforderlich. Dies ist aussichtsreich, wenn sich die energetisch herausragenden Maßnahmen, die jetzt teils noch als Pilotprojekte angesehen werden, flächendeckend als „Hamburger Weg" etablieren und somit auch ein „minus 80% bis 2050 Ziel" ermöglichen.

Im **Referenzszenario** wird abgeschätzt, wie eine Entwicklung für Raumwärme und Warmwasser bei konsequenter Implementierung aller bestehenden, bereits beschlossenen sowie deutlich absehbaren bundes- und landespolitischen Richtlinien und Gesetze in Hamburg unter bestimmten weiteren Randbedingungen aussehen wird. Nach einer Darstellung der gesetzlichen Randbedingungen wird zunächst die Struktur des Referenzszenarios beschrieben, bevor das für die Szenarienrechnung eingesetzte, von Ecofys entwickelte BEAM-Modell näher erläutert wird. Im Anschluss daran wird detailliert auf die Modellierung des Szenarios eingegangen sowie alle Annahmen und Randbedingungen dargelegt. Wesentliches Ergebnis ist, dass die Wärmebedarfe im Referenzszenario für Heizung und Warmwasser bis 2020 um 21% und bis 2050 um 50% gegenüber 1990 zurückgehen. Bezieht man die Reduktion lediglich auf die Senkung des Wärmebedarfes für Raumheizung, so liegen die Reduktionspotenziale bei 23% bis 2020 und 53% bis 2050.

Das **Klimaschutzszenario** zeigt eine Entwicklung auf, die sich bei weiteren flächendeckenden Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs im Gebäudebestand einstellen würde. Hier werden die Berechnungsparameter gegenüber dem Referenzszenario derart variiert, dass sich darüber hinaus gehende Reduktionen des Heizwärmebedarfs ergeben, die sich mit sehr ambitionierten Maßnahmen und Instrumenten erschließen lassen. Zu diesem Zweck werden neben dem eigentlichen Klimaschutz-Szenario *A1 „Besser Sanieren"* zwei alternative Varianten *V1 „Top Sanieren"* und *V2 „Schneller Sanieren"* berechnet, die sich in der Sanierungsqualität (V1) und in der Sanierungsrate (V2) vom Szenario A1 unterscheiden (vgl. hierzu auch Abbildung 1).

Im **Klimaschutzszenario *A1 – Besser sanieren*** ergeben sich Wärmebedarfsreduktionen von 25% bis 2020 und 60% bis 2050 gegenüber 1990 incl. Warmwasser. Bezieht man die Minderungen lediglich auf die Heizenergie, so ergeben sich 26% bzw. 64%. Für die **Variante *V1 – Top Sanieren*** werden aufgrund der sehr ambitionierten Sanierungsqualitäten theoretisch höhere Reduktionspotenziale erreicht. Diese liegen

bei 28% mit bzw. 30% ohne Berücksichtigung des Warmwasseranteils bis 2020 und bei 60% bzw. 64% bis 2050. Bis 2020 ergeben sich bei der **Variante *V2 – Schneller Sanieren*** ebenfalls Reduktionspotenziale, die mit 26% mit bzw. 28% ohne Berücksichtigung des Warmwasseranteils über denen des Referenzszenarios liegen, da die Sanierungsraten angehoben wurden. Mit Blick auf 2050 stellt man jedoch fest, dass diese mit 52% bzw. 55% sehr nahe am Referenzszenario liegen.

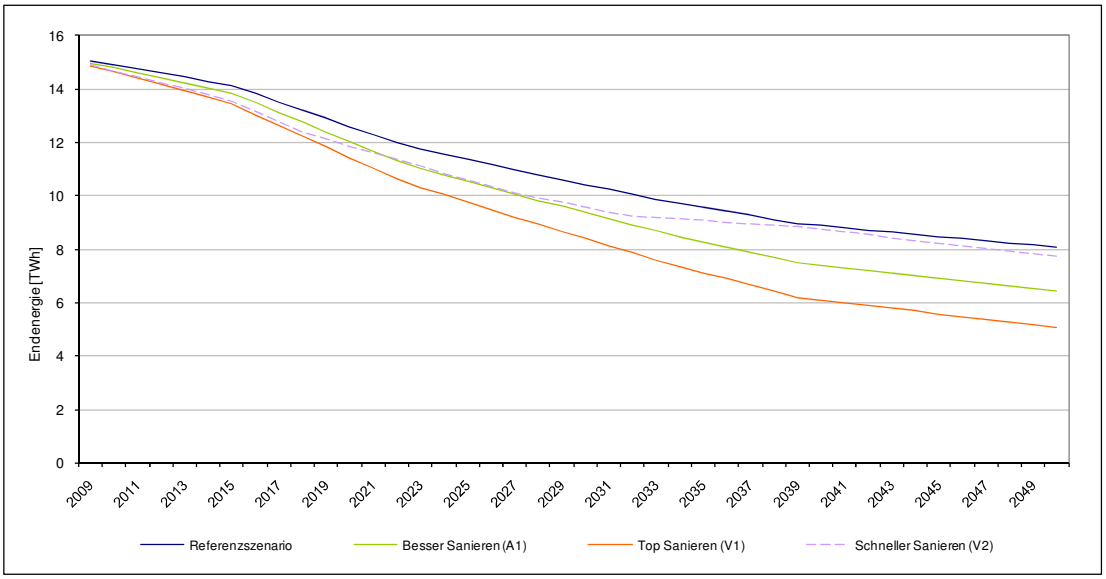

Abbildung 1: Entwicklung der Heizwärme- und Warmwasserbedarfe in den Szenarien

Der Zusammenhang zwischen Sanierungsraten und –qualitäten wird in Abbildung 1 nochmals deutlich: Im Jahr 2050 werden im Referenzszenario, dem Klimaschutzszenario und den beiden Varianten zum Klimaschutzszenario unterschiedliche Reduktionen der Heizwärmebedarfe im Bestand erreicht, relativ zu 1990. Die Variante *V1 – Top Sanieren* hat die größten Reduktionspotenziale, während die Variante *V2 – Schneller Sanieren* in 2020 der Variante V1 nahezu ebenbürtig ist, jedoch bis 2050 deutlich an Wirkung verliert.

Aus diesen Überlegungen heraus ergibt sich das **Fazit**, dass es sinnvoll ist, die **Qualität statt** der **Quantität** der energetischen Sanierungen anzuheben, um das Erreichen des Klimaschutzzieles 2050 nicht zu gefährden. Die **bevorzugte Variante** ist daher **A1 – Besser Sanieren**.

Ein weiterer Beitrag des Gebäudebereichs in Hinblick auf minus 40% bzw. minus 80% wäre durch eine CO2-arme Energieversorgung zu erbringen (vgl. Teil 1 des Gutachtens).
Im Folgenden werden stichpunktartig wichtige **Maßnahmen bis 2020** aufgeführt, die eine Reduzierung der Wärmebedarfe anhand des Szenarios A1 unterstellen. Für eine ausführlichere Beschreibung wird auf Abschnitt 4.4 verwiesen:

Entwickeln einer „Hamburger Methode zur Berechnung kosten-optimaler energetischer Gebäudestandards" ähnlich der Neufassung der EPBD (EU Gebäuderichtlinie), die gleichzeitig die Basis zur Förderung durch die WK ist.

- Pro-aktive Wahrnehmung der in der EPBD vorgesehenen Vorbildfunktion bei öffentlichen Gebäuden, z.B. durch die Definition des Hamburger „(Nahe-)Null-Energie-Standards".
- Etablierung einer „Standard-Warmmiete" zur Schaffung von mehr Transparenz.
- Anpassung der WK-Förderung: Nur zu langfristigem Klimaschutzziel kompatible Sanierungen fördern; stärkere Kopplung der Förderung an tatsächlich erzielte Einsparung.
- Industrieallianz – „Plug and Play 80+" und Handwerksalllianzen, die für die Sanierung optimierte Komponenten massentauglich macht
- Erhöhung des Wissens über KfW-Fördermittel bei Wohnungsunternehmen und Privatpersonen.
- Unterstützung und öffentliche Modellprojekte zu schrittweiser Sanierung.
- Entwicklung standardisierter Maßnahmenpakete für den „Klimaschutz-2050 Standard".
- Kriterienkatalog „Abriss oder Neubau?"
- Novellierung der KlimaschutzVO: Neubauten aller Art im Passivhaus-Standard und Sanierungen vorschreiben, die kompatibel zu langfristigem Klimaschutzziel sind.
- Prüfen einer „Grunddienstbarkeit solare Verschattung", die langfristig aktive und passive Solargewinne sichert.

In Hinblick auf die zu erreichenden **Ziele 2050** kommen folgende Langfriststrategien hinzu:

- Konsequente, zielgerichtete Ausbildung von Ingenieuren und Architekten, die zukünftige Gebäude planen, bauen und sanieren werden, auf das energetische Niveau von Passivhäusern.
- Bildungsoffensive für Bauen auf nachhaltigem Energienivau (PH level, net zero energy) als Schwerpunkt an Hamburger Universitäten und Schulen aber auch in Handwerker Aus- und Weiterbildung etablieren.
- Umstellung der Ausbildung im Handwerk, strategische Partnerschaften.

1 Einleitung

1.1 Inhalt dieses Gutachtens

Die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg hat im Rahmen der Vergabe eines längerfristigen Klimaschutzkonzeptes für Hamburg die Ecofys Germany GmbH mit der Erstellung eines Gutachtens zum Hamburger Gebäudebestand beauftragt. In diesem Gutachten soll ein realistischer Weg aufgezeigt werden, um durch Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs (Heizenergie, Warmwasser) im Gebäudebereich einen angemessenen Beitrag zu den ambitionierten Klimaschutzzielen der Stadt Hamburg (minus 40 % bis 2020 und minus 80 % bis 2050 im Vergleich zu 1990) erreichen zu können. Dem Auftrag entsprechend beschränken sich die Berechnungen und Betrachtungen auf den Wärme**bedarf** der Gebäude (Heizwärme und Warmwasser). Damit stehen in diesem zweiten Teil des Gutachtens Szenarien, Maßnahmen und Instrumente im Mittelpunkt, die langfristig zu deutlichen energetischen Verbesserungen der Gebäudehüllen und Gebäudelüftung führen.

Ein wesentliches Ziel ist, die Auswirkung von verschiedenen Energiesparmaßnahmen zu evaluieren und umsetzbare Reduktionspfade zu definieren. Dazu werden ein Referenzszenario und ein Klimaschutzszenario erstellt, um zu prüfen, wie die ehrgeizigen Ziele von der Stadt Hamburg auch umgesetzt werden können und inwieweit Zielkonflikte zwischen dem mittelfristigen Ziel (2020) und dem langfristigen Ziel (2050) bestehen beziehungsweise vermieden werden können..

Die Untersuchung umfasst die Entwicklung des Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser in öffentlichen Gebäuden, sowie in den Gebäuden der Sektoren Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Aus den Untersuchungen in Teil 1 (arrhenius) ergab sich, dass Industriegebäude im Bereich Raumwärme einen vernachlässigbar kleinen Anteil aufweisen, so dass auch in diesem zweiten Teil des Gutachtens hierauf nicht spezifisch eingegangen wird.

1.2 Die Dringlichkeit klimapolitischen Handelns

Im Lichte der Klimakonferenz von Kopenhagen rückt die Notwendigkeit einer drastischen Reduktion von Klimagasen stärker ins Bewusstsein. Dennoch wird die tatsächlich notwendige Größenordnung der Reduktion nur selten genannt. In Deutschland entspricht sie 80-90 % oder - populärer formuliert - einem Faktor 5-10.
Da dem Gebäudesektor sehr große wirtschaftliche Einsparpotenziale zugeschrieben werden, geht die hier erwartete Minderung der CO_2-Emissionen in Richtung Faktor 10.

Nicht nur die Dringlichkeit sondern auch die Größenordnung von Maßnahmen zum Klimaschutz ist trotz oder vielleicht gerade wegen zahlreicher Meldungen in den Medien immer noch nicht allgemein bekannt. Aufschluss hierüber gibt insbesondere der 4. Bericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), der im Frühjahr 2007 veröffentlicht wurde [IPCC 2007].

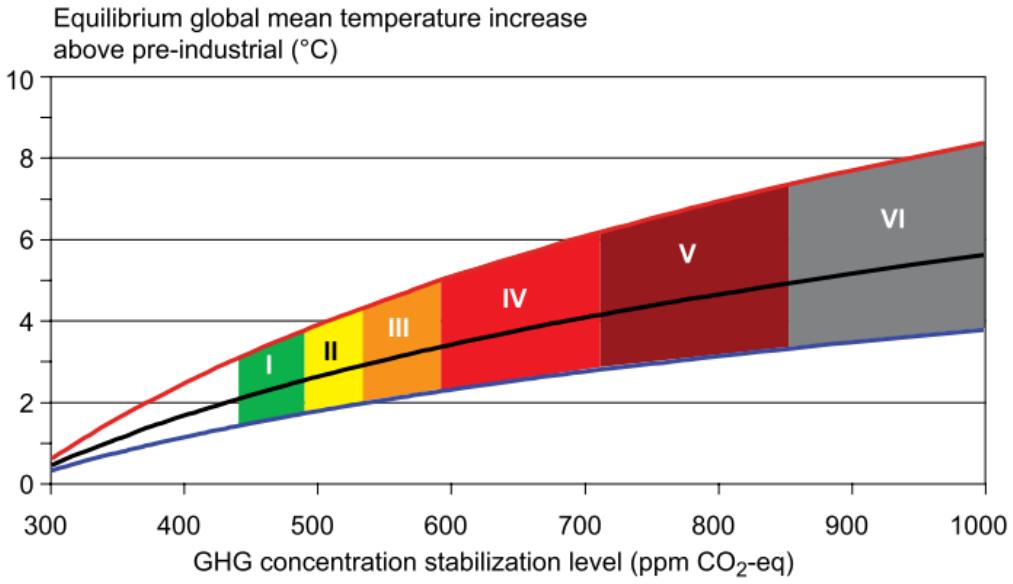

Abbildung 2: Globale Treibhausgaskonzentration und Temperaturerhöhung

Abbildung 2 zeigt die Bandbreite der zu erwartenden Temperaturerhöhung im Vergleich zur vorindustriellen Periode bei verschiedenen Emissionsszenarien (I-VI) [IPCC 2007]. In Europa und in Deutschland besteht Einigkeit darüber, dass die Temperaturerhöhung auf 2°C begrenzt werden muss [Europäischer Rat 2007; WBGU 2003]. Wenn die Klimasensitivität (Erhöhung der globalen Temperatur bei Verdopplung der vorindustriellen CO_2-äquivalent Konzentration (280 ppm auf 560 ppm)) bei 3 °C liegt (mittlere schwarze Kurve), dann ist ein Niveau von 450 ppm anzustreben. Unter diesem Gesichtspunkt sind nur noch die Szenarien der Kategorie I relevant. Tabelle 1 zeigt die damit verbundene Größenordnung der global notwendigen CO_2-Reduktion.

Category	Radiative forcing (W/m^2)	CO_2 concentration[c] (ppm)	CO_2-eq concentration[c] (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity[b], [c] (°C)	Peaking year for CO_2 emissions[d]	Change in global CO_2 emissions in 2050 (% of 2000 emissions)[d]	No. of assessed scenarios
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000-2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000-2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010-2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020-2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050-2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060-2090	+90 to +140	5
						Total	177

Tabelle 1: Globale CO2-Reduktionsnotwendigkeit vs. Temperaturanstieg

Es wird sehr deutlich - auch wenn das Basisjahr in der Tabelle nicht 1990 sondern 2000 ist - dass die allenthalben kursierenden 50% globale CO_2-Emissionsminderung im Rahmen der Szenarienkategorie I als Minimum anzusehen sind.

In einer aktuell laufenden Studie www.climateactiontracker.org untersucht Ecofys die Klimawirksamkeit der aktuell von den Industrieländern und Entwicklungsländern für die Klimakonferenz in Kopenhagen angekündigten Emissionsminderungen. Die derzeit vorliegenden Pläne laufen auf eine Temperaturerhöhung von 3,5°C hinaus. (Stand 4.12.2009).

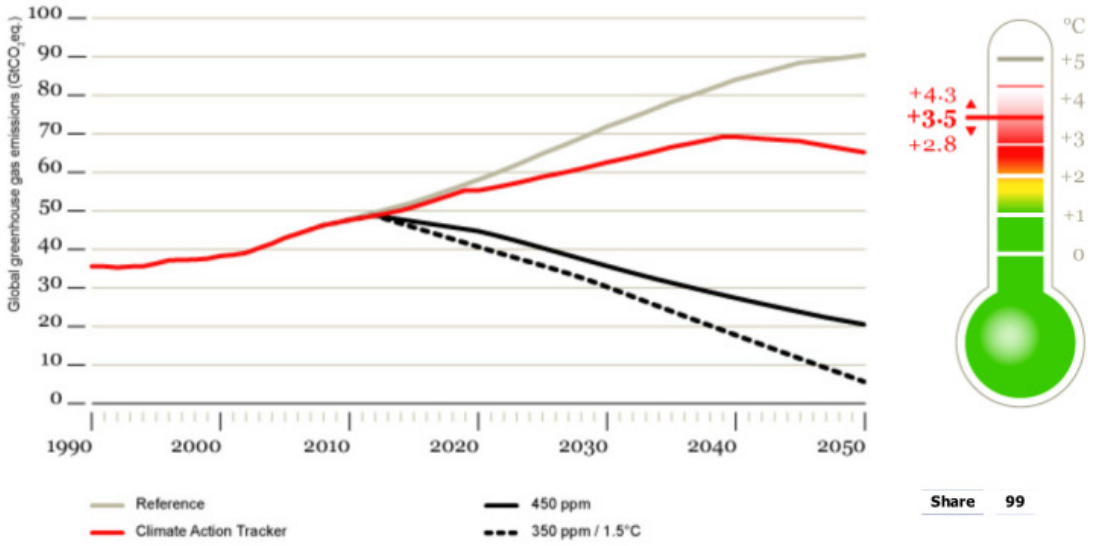

Abbildung 3: Aktuell zu erwartende Temperaturerhöhung

Abschließend zeigt Abbildung 4, welche Emissionsminderungspfade sich für die Welt und für Deutschland bis 2050 zur Einhaltung des 2°C-Zieles ergeben müssten.

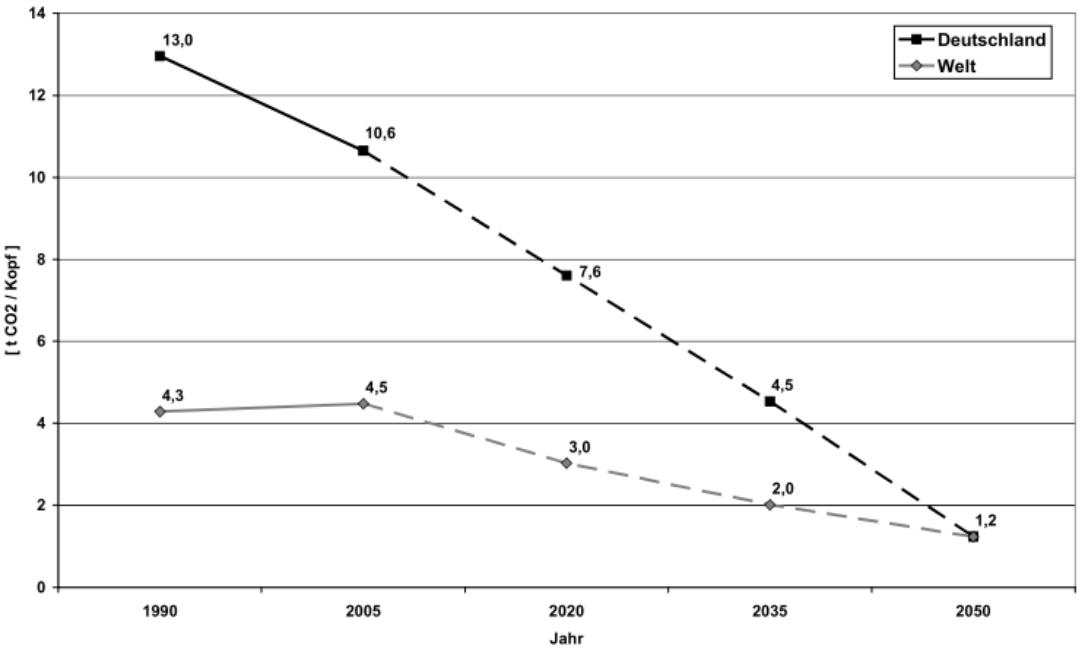

Abbildung 4: Entwicklungspfade für CO2-Emissionen

Dem Bild liegt das EU-Ziel einer 50%-igen Reduktion der globalen CO2-Emissionen bis 2050 zugrunde sowie die mittlere Schätzung zur Bevölkerungsentwicklung der Vereinten Nationen 2007 [United Nations 2007]. 2050 steht jedem Erdbewohner dasselbe Emissionsbudget zur Verfügung. Die Daten für 1990 und 2005 sind Ist-Werte. Für den Weltverlauf wurde eine lineare Reduktion der Gesamtemissionen von 2005 bis 2050 unterstellt. Für Deutschland wurde gemäß dem von der Bundesregierung verkündeten Ziel eine 40%-ige Reduktion bis 2020 gegenüber 1990 angenommen. Anschließend erfolgt auch hier eine lineare Reduktion auf das im Jahr 2050 noch zur Verfügung stehende Gesamtemissionsbudget für Deutschland und Umrechnung auf die von den Vereinten Nationen für 2050 prognostizierte Bewohnerzahl von 74,1 Mio. Im Ergebnis ist eine ca. 90%-ige Reduktion der CO_2-Emissionen in Deutschland von 1990 bis 2050 erforderlich. Bei gleichen CO_2-Emissionsrechten stehen im Jahr 2050 jedem Erdbewohner ca. 1,2 t/a zu. Es ist zu beachten, dass dieser Wert auf der Basis der in Tabelle 1 genannten Bandbreite der global notwendigen Emissionsreduktion (bis zu 85% im Vergleich zu 2000) und der „hohen" Variante für das Bevölkerungswachstum noch deutlich niedriger ausfiele.

In der Regel wird vom Gebäudebereich ein überproportionaler Beitrag zu den Klimaschutzzielen erwartet. Dies verdeutlicht, dass gerade im Gebäudebereich alle denkbaren Einzelmaßnahmen konsequent auf ihre „Klimaeffizienz" hin zu untersuchen, zu priorisieren und die „klimaeffizientesten" Maßnahmen zu umsetzbaren Maßnahmenbündeln zusammenzufassen sind. Verschiedene Untersuchungen der jüngeren Vergangenheit haben gezeigt, dass ambitionierte Klimaziele nur erreicht werden können, wenn das im Gebäudebestand liegende Einsparpotenzial maximal genutzt wird. Dabei liegt der Schlüssel zur Erreichung der Ziele in einer Optimierung der Bedarfsseite durch Energieeffizienzmaßnahmen (insbesondere mittels einer hoch effizienten Gebäudehülle), so dass die resultierende geringe Wärmebedarf mit wirtschaftlich vertretbaren Aufwand großteils mit erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Hierbei ist es überaus wichtig, die langen Lebensdauern von Gebäuden und –komponenten zu bedenken. Daher ist es wichtig, Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung von Gebäuden an ohnehin anstehende Sanierungen oder Modernisierungen zu koppeln.

2 Status Quo in Hamburg

Hamburg hat mit dem Klimaschutzkonzept 2007-2012 sowie dessen Fortschreibung eine ambitionierte Etappe auf dem Weg zum „minus 40% bis 2020 Ziel" entwickelt. Dies gilt auch für die Projekte im Gebäudebereich. Um das „minus 40% Ziel" zu erreichen, ist bis 2020 eine weitere Erhöhung der Anstrengungen erforderlich. Dies ist aussichtsreich, wenn sich die energetisch herausragenden Maßnahmen, die jetzt teils noch als Pilotprojekte angesehen werden, flächendeckend als „Hamburger Weg" etablieren.

2.1 Hamburger Klimaschutz im Überblick

Während unserer intensiven Beschäftigung mit den hamburgischen Klimaschutzaktivitäten und durch die verschiedenen Gespräche mit Repräsentanten der Behörde für Stadtentwicklung und Umweltschutz wurde deutlich, dass die hamburgischen Beteiligten sich der immensen Herausforderung ihrer überaus ambitionierten Klimaschutzziele bis 2020 bzw. 2050 bewusst sind und ernsthaft stellen wollen. Dies wurde mit der Ernennung zur „European Green Capital 2011" bereits honoriert. Hierfür ist es unerlässlich, die Emissionsminderungspotenziale im Gebäudebereich auszuschöpfen.

Durch zahlreiche Maßnahmen, Gesetze, Verordnungen und Dokumente hat die Freie und Hansestadt Hamburg in den vergangenen Jahren in beeindruckender Weise ihren Anspruch untermauert, sich zur "Modellstadt für die Bekämpfung des Klimawandels" zu entwickeln.

Exemplarisch sind als Klimaschutzaktivitäten u.a. zu nennen:

- das Hamburgische Klimaschutzgesetz von 1997 (Neufassung in Planung)
- das Hamburger Klimaschutzkonzept 2007-2012 "Klimaentwicklung verstehen, Klimawandel mindern, Klimafolgen bewältigen" (Drucksache 18/6803)
- die Fortschreibung des Hamburger Klimaschutzkonzeptes 2007-2012 (Drucksache 19/1752), welches zahlreiche Einzelmaßnahmen auch für den Gebäudebereich aufzählt
- der Koalitionsvertrag vom 17. April 2008 sowie
- die am 1. Juli 2008 in Kraft getretene Klimaschutzverordnung, die auf der Grundlage des Klimaschutzgesetzes erlassen wurde und das Niveau, welches auf Bundesebene erst mit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung 2009 am 1. Oktober 2009 erreicht worden ist, weitestgehend vorwegnahm.

Gemäß o. g. Dokumenten sollen mittels dieser Maßnahmen bis 2012 die jährlichen CO_2 Emissionen (Verursacherbilanz) sämtlicher Verursacher um ca. 18% (3,7 Mio. t) gegenüber dem Referenzjahr 1990 reduziert werden. Die im Klimaschutzkonzept sowie in dessen Fortschreibung genannten Maßnahmen decken ein breites Spektrum ab, welches auf dem Gebäudebereich einen hohen Stellenwert beimisst. So wird

versucht die beispiellose aber für die Erreichung der Klimaziele erforderliche Entwicklungsdynamik in Gang zu setzen.

Dennoch verdeutlichen die Ergebnisse aus Teil 1 und Teil 2 dieses Basisgutachtens, dass ein bereits sehr umfassendes Maßnahmenbündel, wie im aktuellen Klimaschutzkonzept dargelegt noch intensiviert werden muss, das „minus 40%" Ziel bis 2020 bzw. „minus 80%" Ziel bis 2050 erreichen zu können. Ein längerfristiges Klimaschutzkonzept muss die erfolgreich in Gang gesetzte Entwicklung nicht nur aufrechterhalten sondern beschleunigen.

Allein die Fortschreibung 2008/2009 des Hamburger Klimaschutzkonzepts 2007-2012 enthält im Maßnahmenkatalog der Anlage 2 mehrere Dutzend Einzelmaßnahmen mit Relevanz für den Wärmebedarf der Gebäude. Zu nennen sind unter anderem:

- energetische Optimierung mehrerer öffentlicher Gebäude
- Erarbeitung eines ökologischen Mietspiegels
- energetische Sanierung von Mietwohnungen
- Einführung eines Qualitätscontrolling bei energetischen Modernisierungen
- Klimaschutzstandards in Grundstücksverträge aufnehmen
- Identifizierung und Einrichtung von Klima-Modellquartieren
- städtebauliches Vorhaben im Rahmen der IBA.

Auf im Rahmen dieses Gutachtens erwogene Maßnahmen zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs wird in Kapitel 4.4 eingegangen.

Bezüglich Maßnahmen auf der Energieversorgungsseite der Gebäude und die daraus im Verbund mit den Maßnahmen zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs erzielten CO2-Einsparungen wird auf Teil 1 dieses Gutachtens verwiesen, welches von arrhenius erarbeitet wurde.

2.2 Datenrecherche für den Gebäudebestand

Für Untersuchungen zu Wärmebedarfsreduktionspotenzialen im Gebäudebestand ist die Verfügbarkeit einer belastbaren Datengrundlage unerlässlich. Daher begrüßten wir die Absicht der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt sehr, in Teil 2 des Gutachtens explizit die Erarbeitung einer Übersicht über Ort, Quelle und Qualität der in Hamburg verfügbaren Daten zum energetischen Zustand des Gebäudebestandes zu integrieren.

Angesichts der gegenwärtig teils sehr widrigen, für eine Großstadt wie Hamburg allerdings nicht ungewöhnliche Datenlage, erwies sich unser Unterauftragnehmer Ista als besonders wertvolle Unterstützung, um zumindest teilweise spezifische Charakteristika des Hamburger Gebäudebestandes in die Untersuchung einfließen lassen zu können.

Die diesem Gutachten zu Grunde liegende Modellrechnungen basieren auf einer umfangreichen und sehr breit angelegten Datenrecherche in Bezug auf den Hamburger Gebäudebestand.

Neben einer intensiven Zusammenstellung und Nachforschung aller verfügbaren Daten, die in der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) existieren, wurden u.a. die Hamburgische Wohnbaukreditanstalt (WK) einbezogen, die Daten zu geförderten energetischen Sanierungen zur Verfügung gestellt hat.

Telephonisch und im Internet als verfügbare und relevant identifizierte Daten liegen bei unterschiedlichen Behörden und privaten Unternehmen vor. Tabelle 20 im Anhang gibt eine Übersicht über die recherchierten Daten.

Die letztendlich in das vorliegende Gutachten eingeflossene Datengrundlage wird in Kapitel 3.2 dargestellt.

2.3 Umgang mit der Datenlage

Für die Erstellung des Referenzszenarios ist eine solide Datengrundlage auf Basis der aktuellsten Aufzeichnungen der Stadt Hamburg erforderlich.

Teile der Datenbasis können aus dem Leitszenario 2008 abgeleitet werden. Durch die Nutzung des Ecofys- Modells „BEAM" kann der Umfang der zu erhebenden Daten für die Berechnung der Emissionsentwicklung im Gebäudebestand reduziert werden.

Im Laufe der sehr umfangreichen Datenrecherche wurde deutliche, dass die Struktur, Qualität und Quantität der Daten im Wohngebäudebestand und Nichtwohngebäudebestand sehr unterschiedlich ist.

Wohngebäude sind relativ gut erfasst durch Statistiken, Liegenschaftskataster und Dienstleister, welche Verbrauchsdaten auf Endnutzer verteilen.

Verfügbar waren Daten des Statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein, die mit Informationen der Digitalen Stadtgrundkarte (DSGK) bzgl. Wohnflächen und Baujahren verknüpft wurden. Weiterhin sind Daten aus der bereits vorhandenen Hamburger Gebäudetypologie sowie von Ista eingesetzt worden, um die energetische Qualität besser abzubilden. Die Datenbasis unseres Partners Ista hat die Genauigkeit der Ergebnisse verbessert und Plausibilitätsprüfungen für Daten aus anderen Quellen ermöglicht. Ista stellt für die spätere Bewertung von Maßnahmen im Gebäudebereich benötigte Daten für ca. 3000 Liegenschaften in Hamburg zusammen. Die Datensätze sind anonymisiert aufgearbeitet und bereitgestellt worden. Die Plausibilität der Daten wurde insbesondere bei lückenhaften Daten anhand von Informationen zu energetischen Qualitäten von Referenzgebäuden (z.B. Energieverbrauchskennwerte für Wohngebäude, [IWU, 2003]) überprüft. Primärdaten wurden somit im Rahmen dieses Gutachtens nicht erhoben.

Während im Bereich öffentliche Gebäude die Daten relativ gut erschließbar sind, sind private Unternehmen (Gewerbe, Handel, Dienstleistung) und die zugehörigen Gebäude sehr schwer zu erfassen. Ein Grund hierfür ist u.a., dass keine Heizkostenabrechnung stattfindet, wenn ein Betrieb eine eigene Heizinfrastruktur unterhält. Es sind nur Schätzungen oder Stichproben wie beispielsweise zu den Unternehmen Lufthansa, Otto-Versand oder HH Port Authority bekannt. Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, wurden Geometriedaten aus der DSGK (Digitale Stadtgrundkarte) aufwendig mit Energieverbrauchskennwerten aus einer Studie der ARGE-Benchmark verknüpft, um

richtungssichere Aussagen zu gewinnen. In diesem Bereich sind also die Kennwerte einzelner Branchen nicht für Hamburg spezifisch, die Gewichtungen und Flächen sind jedoch so weit sich dies zuordnen ließ aus der DSGK Hamburg entnommen.

Der Wärmebedarf in Industrie und Verkehr ist im Vergleich zu den anderen Sektoren marginal (vergleiche hierzu auch Teil eins des Gutachtens) und wurde daher nicht weiter getrennt betrachtet.

Die Kategorisierung der erhobenen Daten und das Zuweisen von Flächen in entsprechend repräsentative Referenzgebäude (und deren Definition) ist in Abschnitt 3.2 enthalten.

3 Das Referenzszenario – Entwicklung für Raumwärme und Warmwasser

Im Referenzszenario wird abgeschätzt, wie sich die Wärmebedarfe für Raumwärme und Warmwasser unter Einbeziehung aller bestehenden und bereits beschlossenen bundes- und landespolitischen Richtlinien und Gesetze in Hamburg unter bestimmten weiteren Randbedingungen entwickeln werden. Nach einer Darstellung der gesetzlichen Randbedingungen wird zunächst die Struktur des Referenzszenarios beschrieben, bevor das für die Szenarienrechnung eingesetzte, von Ecofys entwickelte BEAM-Modell näher erläutert wird. Im Anschluss daran wird detailliert auf die Modellierung des Szenarios eingegangen und alle Annahmen und Randbedingungen dargelegt.

Wesentliches Ergebnis des Referenzszenarios ist, dass die Wärmebedarfe für Heizung und Warmwasser bis 2020 um 21% und bis 2050 um 50% gegenüber 1990 zurückgehen. Bezieht man die Reduktion lediglich auf die Senkung des Wärmebedarfes für Raumheizung, so liegen die Reduktionspotenziale bei 23% bis 2020 und 53% bis 2050.

3.1 Bestehende und zu erwartende Regelungen zum Klimaschutz im Gebäudebereich (Überblick)

In diesem Abschnitt werden wesentlichen Rahmenbedingungen erläutert, die auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene in Hamburg für den Gebäudebereich relevant sind.

3.1.1 EU

Für Gebäude besonders relevant ist auf europäischer Ebene die „Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden" (engl. EPBD – Energy Performance of Buildings Directive). Die Richtlinie hat eine deutliche Senkung des Energieverbrauchs in Gebäuden zum Ziel. Zu diesem Zweck setzt die Richtlinie fünf Schwerpunkte:

- Forderung einer Methode zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
- Forderung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz neuer Gebäude wie auch bestehender Gebäude, die einer größeren Renovierung unterzogen werden sollen (>1000 m2);
- Zertifizierungssysteme (Erstellung von Energieausweisen) für neue und bestehende Gebäude und - wenn es sich um öffentliche Gebäude handelt - Anbringung der Energieausweise und anderer relevanter Informationen;
- regelmäßige Prüfung von Heizkesseln und Klimaanlagen in Gebäuden und zusätzliche Prüfung der Heizungsanlagen, deren Kessel mehr als 15 Jahre alt sind.

- Anforderungen an die Experten und Prüfer für die a) Gebäudezertifizierung, b) Sanierungsempfehlungen und c) die Inspektion der Kessel und Klimaanlagen.

Die Richtlinie ist jeweils in nationales Recht umzusetzen, wobei die einzelnen Staaten hierbei relativ große Freiheiten haben. Der Schritt zur Vorgabe einer Gesamtenergieeffizienz wurde in Deutschland bereits mit der Energieeinsparverordnung 2002 vollzogen, während die Energieausweispflicht mit der Energieeinsparverordnung 2007 eingeführt wurde.

Für zukünftige Anforderungen an Gebäude ist der laufende Prozess zur *Neufassung* der Richtlinien über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden relevant:

- Im November 2008 verabschiedete die Europäische Kommission einen Vorschlag für eine Neufassung der Gebäuderichtlinie. Während des Jahres 2009 durchlief der Vorschlag den Genehmigungsprozess durch das Europäische Parlament und den Europäischen Rat.
- Im April 2009 billigte das europäische Parlament eine Reihe von Ergänzungen zum Vorschlag der Kommission. Mit dem Beginn der schwedischen Präsidentschaft begann der europäische Rat seit Juli 2009 seine Position zum Vorschlag der Neufassung zu erarbeiten.
- Im September 2009 startete der sog. Trialog zwischen Parlament, Rat und Kommission, um eine Einigung zu finden. Diese politische Einigung wurde am 17. November 2009 erzielt. Die wesentlichen Inhalte dieser Einigung lauten:
    - ab dem 31. Dezember 2020 müssen neue Gebäude in der EU "nahe Null Energie" (engl.: „near zero energy“) Energie verbrauchen und diese Energie soll "in sehr großem Maße" aus erneuerbaren Energiequellen stammen.
    - Öffentliche Einrichtungen, die ein neues Gebäude besitzen oder benutzen sollen ein Beispiel geben, indem sie ab 31. Dezember 2018 solche "nahe Null Energie“ Gebäude bauen, kaufen oder mieten.
    - Es wurde sich auf folgende Definition für "fast Null Energiegebäude" geeinigt: "ein fast null Energiegebäude meint ein Gebäude, mit einer sehr hohen Gesamtenergieeffizienz ... Der nahe Null befindliche beziehungsweise sehr niedrige benötigte Energieeinsatz sollte in sehr deutlichem Maße durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, was auch erneuerbare Energie einschließt, die an Ort und Stelle oder nahebei erzeugt wird.“ Die in Deutschland bereits jetzt bestehenden Berechnungsalgorithmen dürften sich aufgrund der in Anlage 1 des Kompromissdokumentes dokumentierten Anforderungen nicht ändern. [EU Council 2009]
    - Für die Sanierung bestehender Gebäude wurden keine spezifischen Ziele festgelegt. Jedoch sollen die Mitgliedsstaaten sich hier an die Vorreiterrolle des öffentlichen Sektors anlehnen, indem sie Politiken, Maßnahmen oder Ziele entwickeln, um einen Anreiz zu geben, zur Sanierung anstehende Gebäude in Niedrigstenergiegebäude (engl. „very low energy

buildings") umzuwandeln. Hierüber ist die Kommission in nationalen Plänen zu informieren.

- Die bisher bestehende Schwelle von 1000 m² für "umfassende Sanierung" wurde aufgehoben, mit einer Umsetzung in nationales Recht wird bis circa Anfang 2014 gerechnet.
- Für Komponenten werden bei jeglichem Ersatz oder Sanierungen Mindestanforderungen eingeführt, nichtsdestotrotz ist bei umfassenden Modernisierungen die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz die bevorzugte Methode.
- Gemäß der Richtlinie soll eine einheitliche Methode zur Berechnung "kosten-optimaler Standards" (Neubau und Sanierung) entwickelt werden, basierend auf einem Lebenszykluskostenansatz. Sobald diese Methodik in Kraft ist, werden die Mitgliedsstaaten der Kommission gegenüber rechtfertigen müssen, wenn die nationalen Anforderungen um mehr als 15 % vom kosten-optimalen Standard abweichen.
- Die Qualitätsanforderungen an die Ausstellung von Energieausweisen sollen verschärft werden.

Auch wenn diese Anforderungen in die richtige Richtung gehen, so ist kritisch anzumerken, dass für den Gebäudebestand, dem eine Schlüsselrolle bei der Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele zukommt, keine konkreten Anforderungen hinsichtlich zu erreichender Einsparungen beziehungsweise Gesamtenergieeffizienz definiert worden sind.

Ein Mittel auch das im Gebäudebestand liegende Potenzial über die neuen Bestimmungen der Neufassung der Richtlinie zu erschließen, könnte jedoch in der o. g. Methode zur Bestimmung von über den Lebenszyklus kosten-optimaler energetischer Gebäudeniveaus liegen. Hierauf kommen wir in den empfohlenen Maßnahmen nochmals zurück.

3.1.2 Deutschland

Energieeinsparverordnung (EnEV)

In Deutschland sind die Anforderungen der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) in der Energieeinsparverordnung (EnEV) umgesetzt. Bereits mit der Energieeinsparverordnung 2002 waren die meisten Aspekte der EPBD bereits vor deren Inkrafttreten umgesetzt worden. Alle erwähnten verbleibenden Vorgaben der Richtlinie wurden mit der Energieeinsparverordnung 2007 umgesetzt. Die EnEV 2009 wurde im April 2009 veröffentlicht und trat am 01. Oktober 2009 in Kraft. Wie bisher regelt die EnEV die folgenden Bereiche:

1. Energieausweise für Gebäude (Bestand/Neubau; Wohn-/Nicht-Wohngebäude)
2. Energetische Mindestanforderungen für Neubauten, in der Fassung 2009 mit im Schnitt 30% niedrigeren maximalen Primärenergiebedarfswerten bzw. 15% niedrigeren U-Werten.

3. Energetische Mindestanforderungen für Modernisierung, Umbau, Ausbau und Erweiterung bestehender Gebäude
4. Mindestanforderungen für Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie Warmwasserversorgung
5. Energetische Inspektion von Klimaanlagen

Punkt 2. und 3. der EnEV sind für das Thema „Verminderung des Heizwärmebedarfs" besonders bedeutsam und werden daher weiter unten ausführlicher beschrieben.

Anforderungen an Wohngebäude (EnEV 2009, §3)

Gemäß Absatz 1) sind zu errichtende Wohngebäude so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung mit einer vorgegebenen technischen Referenzausführung nicht überschreitet.

Abbildung 5 zeigt ein Wohngebäude in der Referenzausführung der EnEV 2009, das gleiche Gebäude gemäß den aktuellen Planungen für die EnEV 2012 zeigt Abbildung 6.

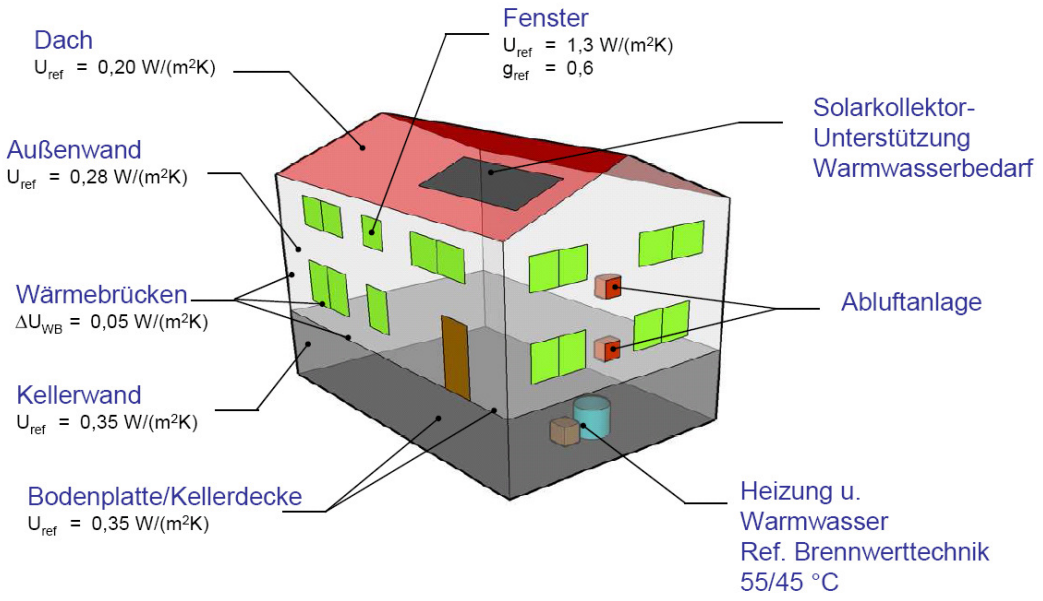

Abbildung 5. Referenzbau- und –anlagentechnik für Wohngebäude 2009 [Maas 2009]

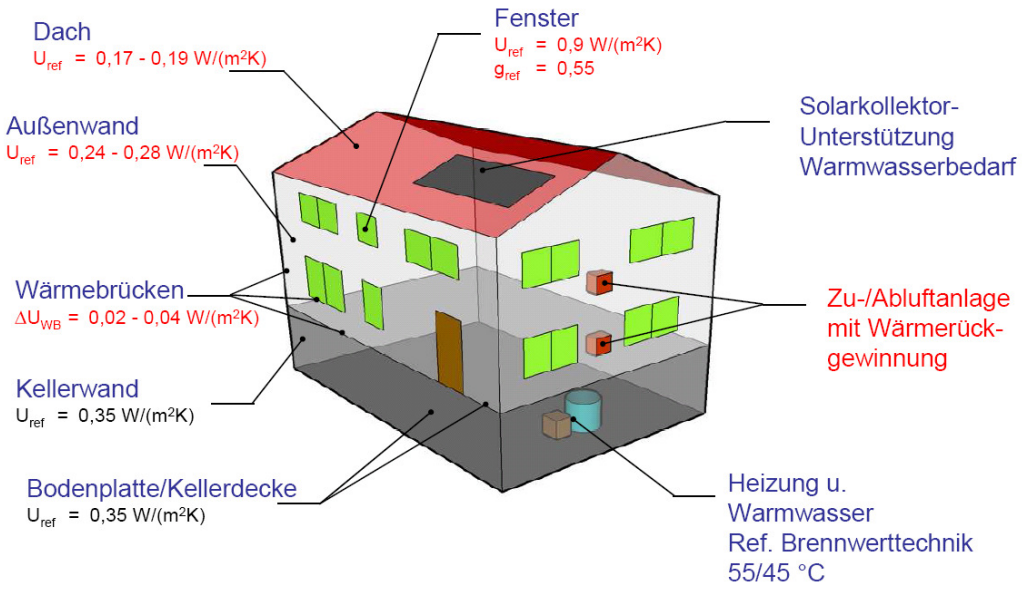

Abbildung 6: Mögliche Referenzbau- und –anlagentechnik für Wohngebäude 2012 [Maas 2009]

Es ist deutlich erkennbar, dass aktuell für Version 2012 der EnEV im Bereich Dach und Wand Verbesserungen des U-Wertes nur in der Größenordnung von 5-15 % geplant sind. Die größte Einsparung erzielt das Referenzgebäude der EnEV 2012 gegenüber demjenigen der EnEV 2009 durch verbesserte Fenster, vor allem aber durch den Einsatz einer kontrollierten Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer einfachen Abluftanlage. Entscheidend ist nun, dass ein neues Gebäude nicht dieselben technischen Charakteristika wie das Referenzgebäude aufweisen muss, sondern nur dessen Primärenergiebedarf einhalten beziehungsweise unterschreiten muss – unter Einhaltung der ebenfalls existierenden Nebenbedingung für die Qualität der Gebäudehülle sowie einzelner Bauteile.

Das bedeutet, dass Gebäude, die die Primärenergieanforderungen der Energieeinsparverordnung 2012 erfüllen sollen - dies auf Wunsch des Nutzers aber ohne Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung - einen deutlich besseren Wärmeschutz der Gebäudehülle benötigen als das oben dargestellte Referenzgebäude.

Anforderungen an Nichtwohngebäude (EnEV 2009, §4)

Zu errichtende Nichtwohngebäude sind so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten mit einer angegebenen technischen Referenzausführung nicht überschreitet. [Maas 2009] stellt folgende Anforderungen dar, die Angaben für die EnEV 2012 entsprechen wiederum dem aktuellen Planungsstand:

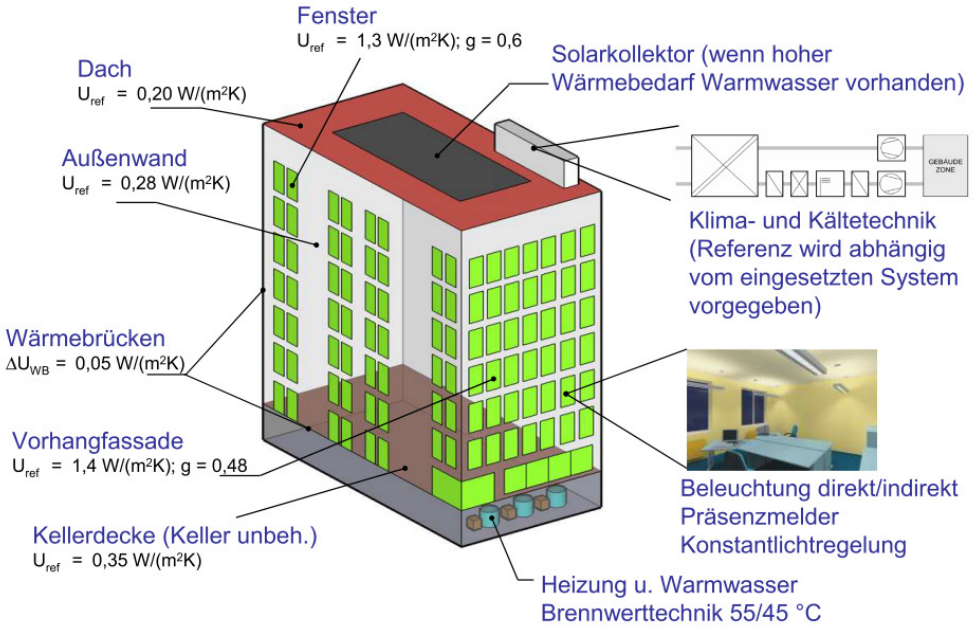

Abbildung 7. Referenzbau- und –anlagentechnik für Nicht-Wohngebäude 2009 [Maas 2009]

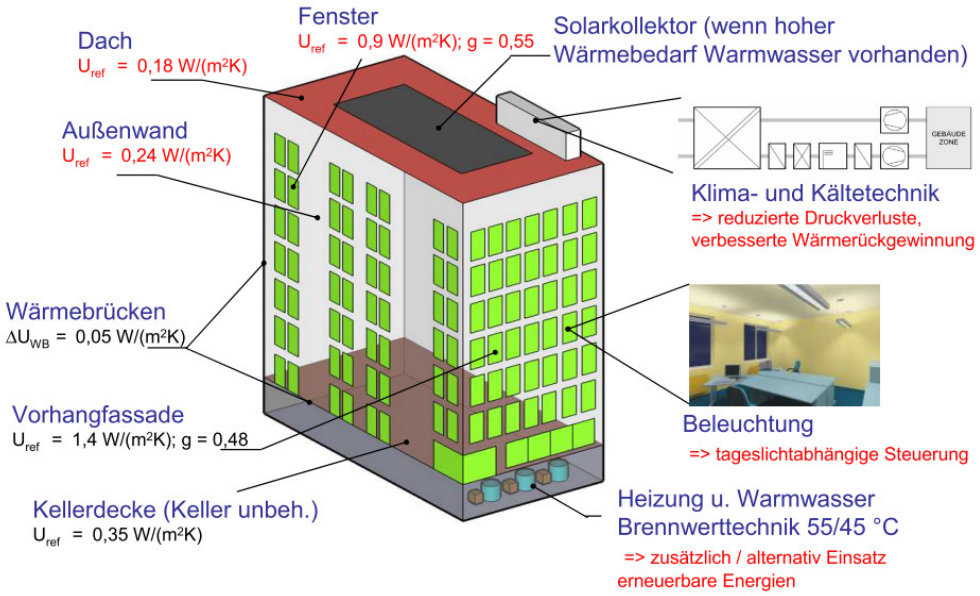

Abbildung 8. Mögliche Referenzbau- und –anlagentechnik für Nicht-Wohngebäude 2012 [Maas 2009]

Ein ähnliches Bild wie bei den Wohngebäuden ergibt sich bei den Nicht-Wohngebäuden. Die geplanten Verbesserungen an Dach und Außenwand für das Referenzgebäude fallen moderat aus, deutliche Verbesserungen ergeben sich in erster Linie aus verbesserter Gebäudetechnik sowie dem Einsatz erneuerbarer Energien. Da der Einsatz von Gebäudetechnik in Nicht-Wohngebäuden weitaus stärkere Akzeptanz erfährt als in Wohngebäuden, ist zu erwarten, dass die bereits jetzt deutlich verzöger-

te, aber im Hinblick auf die Klimaschutzziele erforderliche Entwicklung in Richtung Niedrigst- oder Passivhaus bei Nicht-Wohngebäuden im Vergleich zu Wohngebäuden *durch die Energieeinsparverordnung 2012 nicht beschleunigt wird.*

Dichtigkeit, Mindestluftwechsel (EnEV 2009, §6)

Die Anforderungen auch der EnEV 2009 an die Luftdichtheit der Gebäudehülle sind weit weniger streng als diejenigen an Niedrigst- oder Passivhäuser. Während bei Passivhäusern bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa der gemessene Luftwechsel 0,6/h nicht überschreiten darf, gelten gemäß EnEV 2009 für Gebäude die folgenden Maximalwerte (keine Verschärfung seit EnEV 2002):

- ohne raumlufttechnische Anlagen: 3,0/h und
- mit raumlufttechnischen Anlagen: 1,5/h.

Mindestwärmeschutz, Wärmebrücken (EnEV 2009, §7)

Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahres-Heizwärmebedarf nach den anerkannten Regeln der Technik und den im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich gehalten wird. Wie aus den obigen Abbildungen hervorgeht, sind damit Wärmebrückenzuschläge ΔU_{WB} gemeint, die in der EnEV 2009 bei 0,05 W/m^{2}K - einem für Niedrigst-/Passivhäuser völlig inakzeptablen Wert (Zielwert: 0,00 W/m^{2}K) – bzw. 0,02 bis 0,04 W/m^{2}K in der EnEV 2012 angesiedelt sind.

Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden (EnEV 2009, §9)

Für Gebäude, die geändert werden, sind Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlusts auf 140% der Grenzwerte für Neubauten festgelegt. Dies gilt nur, wenn die Fläche der geänderten Bauteile 10% oder mehr der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes betreffen. Aus den obigen Ausführungen ergibt sich, dass diese Anforderungen weit entfernt vom Niedrigst-/Passivhausstandards sind.

Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden (EnEV 2009, §10)

Eigentümer von Wohngebäuden sowie von Nichtwohngebäuden, die nach ihrer Zweckbestimmung jährlich mindestens vier Monate und auf Innentemperaturen von mindestens 19 Grad Celsius beheizt werden, müssen dafür sorgen, dass bisher ungedämmte, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken beheizter Räume so gedämmt sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Geschossdecke 0,24 Watt/(m²·K) nicht überschreitet. Auch dieser Wert ist etwa doppelt so hoch wie derjenige bei Niedrigstenergie-/Passivhäusern.

Fazit zu den Anforderungen der EnEV 2009 vs. Niedrigstenergie-/Passivhaus

Obwohl die EnEV 2009 im Vergleich zur EnEV 2007 hinsichtlich der primärenergetischen Anforderungen um 30% verschärft wird, erreicht sie bei weitem nicht das anspruchsvolle Niveau eines Niedrigstenergie-/Passivhauses, weshalb auch die Mehrheit der Neubauten und sanierten Gebäude in Deutschland zwischen 2009 und 2012 diesen Standard nicht erreichen wird. Mit der Energieeinsparverordnung 2012 wird sich voraussichtlich hingegen vor allem bei den Gebäuden eine deutliche Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle ergeben, die *ohne* den Einsatz einer kontrollierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung die Vorgaben erfüllen sollen. Im Hinblick darauf, dass gemäß der Neufassung der EPBD ab dem Jahr 2021 voraussichtlich alle Neubauten einen energetischen Standard auf Passivhausniveau aufweisen werden, wird mit den kommenden beiden Verschärfungen der Energieeinsparverordnung zwar der Weg in diese Richtung eingeschlagen.

Da es inzwischen in Deutschland jedoch ausreichend Erfahrungen mit Passivhäusern gibt und vor dem Hintergrund eines Lebenszyklusansatzes zumindest im Neubau dieser Standard auch der kostengünstigste ist, ist vor dem Hintergrund der drängenden Klimaschutzproblematik nicht nachvollziehbar, weshalb dieser Schritt in der nationalen Gesetzgebung nicht bereits früher getan wird.

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) welches seit dem 1.1.2009 Gültigkeit besitzt, hat das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung von Gebäuden signifikant zu steigern. Prinzipiell muss in jedem neuen Gebäude ein Teil der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. Die oben dargestellten Referenzgebäude der Energieeinsparverordnung erfüllen das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz "automatisch". Im Hinblick auf den Heizwärmebedarf der Gebäude ist besonders erwähnenswert, dass ersatzweise zur Installation einer solarthermischen Anlage (wie in den Referenzgebäuden der Energieeinsparverordnung dargestellt) u.a. auch die Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle um 15 % nach EnEV in der jeweils geltenden Fassung möglich ist.

3.1.3 Hamburg

Die seit 1. Juli 2008 geltende Hamburgische Klimaschutzverordnung vom 11.12.2007 bezieht sich ausdrücklich auf die Energieeinsparverordnung in der Fassung vom 24. Juli 2007 (EnEV 2007). Wie Tabelle 2 zeigt, enthält sie bezüglich der energetischen Qualität der Gebäudehülle im Vergleich zur Energieeinsparverordnung 2007 einige Verschärfungen, die die der Energieeinsparverordnung 2009 weitestgehend vorwegnahmen.

Bauteil	HmbKlischVO	EnEV 2007 – erstm. Einbau, Ersatz	EnEV 2009 – erstm. Einbau, Ersatz	EnEV 2009 – Ref.gebäude
Außenwände	0,25	0,35	0,24	0,28
Fenster	1,40	1,70	1,30	1,30
Decken, Dächer	0,25	0,30/0,25	0,24/0,20	0,20
Fußböden/Wände gg. Erdreich	0,30/0,40	0,50	0,30	0,35

Tabelle 2: Vergleich von Anforderungen an U-Werte [W/m^{2}K]

Tabelle 2 gilt für Wohngebäude und Nichtwohngebäude. Es wird deutlich, dass hinsichtlich der Qualität der Gebäudehülle die Energieeinsparverordnung 2009 die Anforderungen der Hamburgischen Klimaschutzverordnung erreicht beziehungsweise teils leicht übertrifft. Auch was die Anforderungen an den "mittleren U-Wert" (H_t') der Gebäudehülle anbelangt, hat die Energieeinsparverordnung inzwischen in etwa den Stand der Hamburgischen Klimaschutzverordnung erreicht.

3.2 Entwicklung von modellgestützten Szenarien für den Wärmebedarf im Hamburger Gebäudebestand: Definition von Referenzgebäuden

Das Ziel der Szenarienerstellung ist die Beurteilung der Auswirkungen der aktuellen und zukünftigen Klimaschutzpolitik der Stadt Hamburg auf den Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung der Hamburger Gebäude (öffentliche Gebäude, Haushalte, Gewerbe / Handel / Dienstleistungen (GHD)). Dabei ist die zentrale Fragestellung, welche Klimaschutzziele für den Gebäudebereich in Hinblick auf die Jahre 2020 und 2050 formuliert werden müssen, und ob und durch welche Maßnahmen diese Klimaschutzziele erreicht werden können bzw. welcher Teil der Emissionen von nationalen oder internationalen Entscheidungen abhängt. Zu diesem Zweck werden mithilfe des von Ecofys entwickelten BEAM-Modells ein Referenzszenario und mehrere Klimaschutzszenarien entwickelt. Dabei beschränken sich die Berechnungen in diesem Teil 2 des Gutachtens auf den Wärme**bedarf** der Gebäude. Das Referenzszenario soll eine Entwicklung ohne forcierte Klimaschutzbemühungen beschreiben und die Basis für weitergehende Klimaschutzmaßnahmen darstellen.

Das Referenzszenario und die im zweiten Schritt zu erstellenden Reduktionsszenarien sind methodisch analog konzipiert, um die Vergleichbarkeit der Szenarien gewährleisten zu können. Dabei sind die weiteren Szenarien für den Gebäudebereich darauf angelegt, einen angemessenen Beitrag im Kontext der Klimaschutzziele der Stadt Hamburg mit Emissionsreduktionen in Höhe von 40% bis 2020 und 80% bis 2050 zu leisten.

Relevante Rahmendaten, auf die in der Modellierung des Referenzszenarios näher eingegangen wird, sind u.a. die demographische Entwicklung, die voraussichtliche

Entwicklung der Wohn- und Nutzfläche, die wirtschaftliche und technologische Entwicklung sowie Energie- und Klimaschutzpolitik auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene.

Das Szenario wird für den Sektor Gebäude analog zur Verursacherbilanz der Hamburger CO_2-Bilanz 2006 untergliedert. Für die Analyse der Emissionen wird das Modell BEAM zur Bilanzierung und Szenarienentwicklung des Wärmebedarfs im Gebäudesektor herangezogen, das Ecofys in früheren Projekten entwickelt hat (vgl. Abbildung 9).

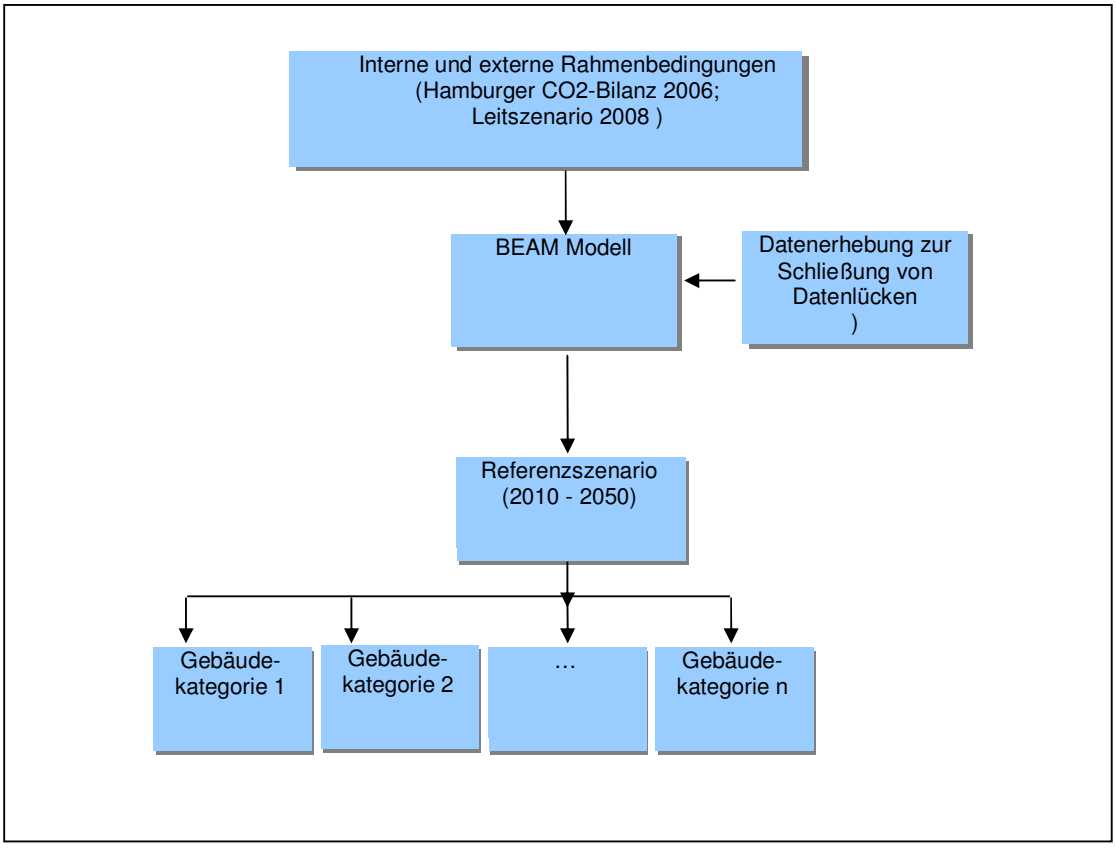

Abbildung 9: Aufbau des Referenzszenarios

Dabei erfolgt eine Einteilung in folgende Gebäudekategorien, wie bereits in Abschnitt 2.2 dargestellt:

- Reihenendhaus
- Kleines Mehrfamilienhaus
- Großes Mehrfamilienhaus
- Kleines Nichtwohngebäude
- Mittleres Nichtwohngebäude
- Großes Nichtwohngebäude

Die Geometrien der Referenzgebäude sind aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten aus der DSGK und in Anlehnung an bereits durchgeführte BEAM-Rechnungen für Deutschland wie folgt definiert worden (Tabellen 3 und 4):

Wohngebäude HH	Einheit	Reihenhaus (50-200 m²]	Mehrfamilien-haus klein (200-1000 m²)	Mehrfamilien-haus groß (>1000 m²)
Anzahl der Wohneinheiten	[ ]	1	10	22
Wohnfläche	[m^2]	113	663	1.495
umbautes Volumen	[m^3]	428	2.016	4.327
Luftvolumen	[m^3]	364	1.714	3.678
Verhältnis A/V	[ ]	0,70	0,51	0,43
Flächen				
Kellerdecke	[m^2]	66	240	321
Außenwände (für HWB)	[m^2]	134	428	984
Dach bzw. oberste Geschoßdecke	[m^2]	73	266	321
Fenster (Gesamt)	[m^2]	27	90	220
Fenster (West)	[m^2]	5	0	0
Fenster (Süd)	[m^2]	14	60	140
Fenster (Ost)	[m^2]	0	0	0
Fenster (Nord)	[m^2]	8	30	80
Gesamtaußenfläche	[m^2]	300	1.025	1.845

Tabelle 3: Geometrien der Wohngebäude

Nichtwohngebäude Hamburg	Einheit	Nichtwohn-gebäude klein (<500m²)	Nichtwohn-gebäude mittel (500-1000 m²)	Nichtwohn-gebäude groß (>1000 m²)
Nutzfläche	[m^2]	313	763	2.195
umbautes Volumen	[m^3]	1.218	2.954	8.222
Luftvolumen	[m^3]	974	2.363	6.577
Verhältnis A/V	[ ]	0,64	0,49	0,37
Flächen				
Kellerdecke	[m^2]	174	211	392
Außenwände (für HWB)	[m^2]	360	851	1.823
Dach bzw. oberste Geschoßdecke	[m^2]	174	211	392
Fenster (Gesamt)	[m^2]	70	180	400
Fenster (West)	[m^2]	0	0	0
Fenster (Süd)	[m^2]	35	90	200
Fenster (Ost)	[m^2]	0	0	0
Fenster (Nord)	[m^2]	35	90	200
Gesamtaußenfläche	[m^2]	778	1.453	3.006

Tabelle 4: Geometrien der Nichtwohngebäude

3.2.1 Verteilung der Gebäudefläche auf die Referenzgebäude

Die Zuordnung des Bestandes bzw. einzelner Gebäude zu den entsprechenden Kategorien ist anhand von Kriterien erfolgt, die aus einem Auszug der DSGK (Digitale Stadtgrundkarte) in Verknüpfung mit einem Auszug aus dem HALB (Hamburgisches automatisiertes Liegenschaftsbuch) - Stand August 2008 – stammen und von der BSU zur Verfügung gestellt wurden. In diesem Datenbestand sind den Gebäuden bis zu 10 Nutzungen zugeordnet worden (1 Nutzung – 84 %, 2 Nutzungen – 13 %, 3 Nutzungen – 2 %, 4 und mehr Nutzungen – 1 %). Für Gebäude mit mehr als einer Nutzung gibt es keinen Hinweis, wie die Verteilung der Nutzung tatsächlich ist. Es ist angenommen, dass die erstgenannte Nutzung die wichtigste ist.

Im Bereich der *Wohngebäude* sind alle Liegenschaften mit den Nutzungsschlüsseln 1311 (EFH-Einzelhaus), 1321 (EFH-Doppelhaus) und 1331 (EFH-Gruppenhaus) dem Referenzgebäude Reihenendhaus zugeordnet worden, die Nutzungsschlüssel 1301 (Wohnen, untergeordnete Bedeutung), 1351 (MFH-Einzelhaus) und 1352 (MFH-Gruppenhaus) den kleinen Mehrfamilienhäusern und die Nutzungsschlüssel 1358 (MFH-Wohnblock) und 1361 (MFH-Hochhaus) den großen Mehrfamilienhäusern (vgl. Tabelle 5).

Referenzgebäude	Nutzungsschlüssel	Bezeichnung
Reihenendhaus	1311	EFH-Einzelhaus
	1321	EFH-Doppelhaus
	1331	EFH-Gruppenhaus
Kleines Mehrfamilienhaus	1301	Wohnen, untergeordnete Bedeutung
	1351	MFH-Einzelhaus
	1352	MFH-Gruppenhaus
Großes Mehrfamilienhaus	1358	MFH-Wohnblock
	1361	MFH-Hochhaus

Tabelle 5: Zuordnung von Wohngebäuden zu Referenzgebäuden.

Für jede Klasse haben wir anhand dieser Zuordnung die durchschnittliche Fläche pro Gebäude berechnet und uns daran bei der Definition der Referenzgebäude orientiert.

Die Zuordnung von *Nichtwohngebäuden* zu den Referenzgebäuden ist nicht anhand von Nutzungen, sondern auf Grundlage der Gebäudenutzfläche geschehen, die aus der DSGK berechnet wurde.

Ebenfalls aus der DSGK ist von der Anzahl der Stockwerke und der Bruttogrundfläche des Gebäudes mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors bei Wohngebäuden auf die beheizte Wohnfläche und bei Nichtwohngebäuden auf die Nutzfläche geschlossen (s. Tabelle 6).

Typ	Umrechnungsfaktor
REH	0,80
MFH	0,75
NWG	0,70

Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren NGF

Referenzgebäude	**Grundfläche**
Kleines Nichtwohngebäude	< 500m²
Mittleres Nichtwohngebäude	500m²-1.000m²
Großes Nichtwohngebäude	> 1.000m²

Tabelle 7: Zuordnung von Nichtwohngebäuden zu Referenzgebäuden.

Zuordnung des Baujahrs

In dem oben bereits benannten Auszug der DSGK (Digitale Stadtgrundkarte) in Verknüpfung mit einem Auszug aus dem HALB (Hamburgisches automatisiertes Liegenschaftsbuch) ist in etwa 1/2 der Fälle das Baujahr bekannt. Alle Gebäude für die kein Baujahr verfügbar ist, wurden anhand der Verteilung der bekannten Gebäude zu einer Baualtersklasse zugewiesen. Als Grenzen der Baualtersklassen sind die Jahre 1978 und 1995 gewählt, da 1978 die erste Wärmeschutzverordnung (WSchV) in Kraft trat und Mindeststandards an die Gebäudehülle stellte, und 1995 die dritte Wärmeschutzverordnung, die die Anforderungen nochmals deutlich verschärfte.

Flächenverteilung Wohngebäude 2009 ['000 m²]			
Baujahr	*bis 1978*	*1979-1995*	*ab 1996*
	45.227	**9.963**	**8.580**
RefGeb	*EFH*	*kMFH*	*gMFH*
	16.614	**17.214**	**29.940**

Ø Größe Wohngebäude 2009 [m²]			
Baujahr	*bis 1978*	*1979-1995*	*ab 1996*
EFH	**116**	**115**	**108**
kMFH	**635**	**638**	**715**
gMFH	**1.481**	**1.513**	**1.492**

Tabelle 8: Flächenverteilung Wohngebäude

Flächenverteilung Nichtwohngebäude 2009 ['000 m²]			
Baujahr	*bis 1978*	*1979-1995*	*ab 1996*
	36.422	**8.579**	**15.805**
RefGeb	*kNWG*	*mNWG*	*gNWG*
	1.597	**10.232**	**48.977**

Ø Größe Nichtwohngebäude 2009 [m²]			
Baujahr	*bis 1978*	*1979-1995*	*ab 1996*
kNWG	**260**	**261**	**274**
mNWG	**761**	**765**	**763**
gNWG	**2.149**	**2.178**	**3.157**

Tabelle 9: Flächenverteilung Nichtwohngebäude

3.2.2 Zuordnung von Energiekennwerten für Wohn- und Nichtwohngebäude

Für die Wohngebäude sind die Qualitäten der thermischen Hülle für Bestandsgebäude im Abgleich mit der bereits existierenden Hamburger Gebäudetypologie bestimmt worden. Energetische Qualitäten der Neubauten und Sanierungen werden in den Szenarien bestimmt.

Für Nichtwohngebäude sind die Energiekennwerte für Raumwärme und Warmwasser wie folgt bestimmt worden:

1) Nutzungen und Flächen aus dem GIS

2) ARGE-Benchmark Klassen für Nicht-Wohngebäude (s.

Tabelle **10**)

3) Umschlüsselung der ARGE-Benchmark Nutzungsklassen auf die entsprechenden Klassen im GIS

4) Ermittlung von Referenzverbrauchswerten für die GIS-Nutzungen

5) Aggregation zu einem Verbrauchswert pro Referenzgebäude, der sich aus allen Nichtwohngebäuden eines Referenzgebäudetyps ergibt.

Anlage 6 Vorschlag für integrierte Vergleichswertliste für öffentliche und nichtöffentliche Gebäude

Referenzwerte für nicht öffentliche Gebäude in (kWh/m²*a), bezogen auf NGF

Nr.	Gebäudekategorie	Gebäudeunterkategorie	Referenz-wert Wärme	Referenz-wert Strom
1.1	Öffentliche Einrichtungen	Parlamentsgebäude	100	55
1.2	Öffentliche Einrichtungen	Gerichtsgebäude	110	30
1.3	Öffentliche Einrichtungen	Justizvollzugsanstalten	260	60
1.4	Öffentliche Einrichtungen	Bereitschafts- und Notfalleinrichtungen (24h Betrieb)	155	40
2.1	Lehre und Forschung	Hörsaalgebäude	120	60
2.2	Lehre und Forschung	Institutsgebäude	145	70

Tabelle 10: ARGE-Benchmark Klassen für Nichtwohngebäude

Die berechneten Energiekennwerte beziehen sich auf die *Wohnfläche*, nicht etwa auf die i. d. R. 20-25% größere Nutzfläche nach EnEV.

Heizwärmebedarf in kWh/ (m²a)				
		bis 1978	*1979-1995*	*ab 1996*
EFH	*nicht saniert*	**295**	**166**	**127**
kMFH	*nicht saniert*	**174**	**100**	**78**
gMFH	*nicht saniert*	**151**	**86**	**69**
EFH	*bereits saniert*	**182**	**-**	**-**
kMFH	*bereits saniert*	**109**	**-**	**-**
gMFH	*bereits saniert*	**97**	**-**	**-**

Tabelle 11: Spezifische Heizwärmebedarfe Wohngebäude

Heizwärmebedarf in kWh/ (m²a)				
		bis 1978	*1979-1995*	*ab 1996*
kNWG	*nicht saniert*	**343**	**222**	**187**
mNWG	*nicht saniert*	**301**	**198**	**173**
gNWG	*nicht saniert*	**242**	**167**	**149**
kNWG	*bereits saniert*	**240**	**-**	**-**
mNWG	*bereits saniert*	**219**	**-**	**-**
gNWG	*bereits saniert*	**183**	**-**	**-**

Tabelle 12: Spezifische Heizwärmebedarfe Nichtwohngebäude

Die Werte in den Tabellen wurden mit tatsächlichen Verbräuchen abgeglichen und sind daher deutlich niedriger als sich dies unter Umständen bei einer Berechnung von Bedarfswerten für Bestandsgebäude nach den Vorschriften der Energieeinsparverordnung ergibt. Somit liegen auch die in folgenden Berechnungsschritten ausgewiesenen Einsparungen in einer realistischen Größenordnung, da der zu Grunde gelegte Ausgangswert sich ebenfalls in einer realistischen Größenordnung bewegt. Auf diese Weise wurde versucht, keinen Anlass für eine erst jüngst wieder in einer Studie der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen geäußerte Kritik zu geben, dass häufig unrealistisch hohe Energieeinsparungen (und damit auch eine zu positive Wirtschaftlichkeit) berechnet werden, da von unrealistisch hohen Energieverbräuchen im Ist-Zustand ausgegangen wird [Arbeitsgemeinschaft 2009].

Die angenommenen Wärmebedarfe zur Bereitstellung von Warmwasser für den Wohngebäudebereich mit 12,5 kWh pro m² Wohnfläche liegen ebenfalls unter der gängigen Annahme von 12,5 kWh pro m² Nutzfläche (nach EnEV) und Jahr. Dies ist im Hinblick auf die ambitionierte Referenzvariante so angenommen. Hierüber hinaus sind keine signifikanten Minderungspotenziale mehr in Ansatz gebracht.

Für Nichtwohngebäude sind diese aus [Schlomann 2004] abgeschätzt und mit einem mittleren Warmwasserbedarf von 4,0 kWh pro m² Nutzfläche angesetzt.

3.3 Das BEAM Modell

Die Modellierung des Referenzszenarios erfolgt bis 2050. Um dies zu erreichen wird ein „Bottom-up"–Ansatz verwendet, der für den Gebäudesektor auf dem prognostizierten Wärmebedarf basiert. Der Einsatz von Bottom-up-Modellen erlaubt es, in der Vergangenheit beobachtete Entwicklungen detailliert auf ihre Ursachen hin zu analysieren, konkrete Annahmen für die Entwicklung technischer oder sozioökonomischer Parameter in der Prognose zu treffen und damit die Konsequenzen alternativer Annahmen zur Entwicklung von technischem Fortschritt, Demografie, Wirtschaftswachstum und Wirtschaftsstruktur für den Wärmebedarf zu untersuchen.

Die Ecofys Germany GmbH hat in den letzten Jahren ein entsprechendes Bottom-Up-Model für den europäischen Gebäudebestand mit dem Namen BEAM (**B**uilt **E**nvironment **A**nalysis **M**odel) entwickelt. Ergebnisse des Modells sind der Energiebedarf der

Gebäude für Heizwärme und der damit verbundene Endenergieverbrauch. Weiterhin werden Investitionskosten, Energiekosten und CO_2-Emissionen berechnet und können für verschiedene Gebäudetypen, Altersklassen, Gebiete etc. aufgeschlüsselt werden. Grundlage der Berechnungen sind Daten zum Gebäudebestand, aufgeteilt nach Regionen, Gebäudetypen und -größen, Baualter, Dämmstandard, Art der Energieversorgung, Energieträger, Energiekosten und Emissionsfaktoren. Es können sowohl Inputdaten für Länder als auch für Städte verwendet werden. Zusammen mit Daten zur Entwicklung des Gebäudebestandes als Funktion von Sanierungsraten sowie Neubau- und Abrissraten können verschiedene Szenarien berechnet werden, die die zukünftige Entwicklung des Gebäudebestandes bezüglich Energieeffizienz, CO_2-Emissionen und Energiekosten abbilden. Auf diese Weise lassen sich die Folgen politischer und technischer Maßnahmen zur Energieeinsparung in Ihrer Auswirkung auf den Gebäudebestandes darstellen (vgl. Abbildung 10).

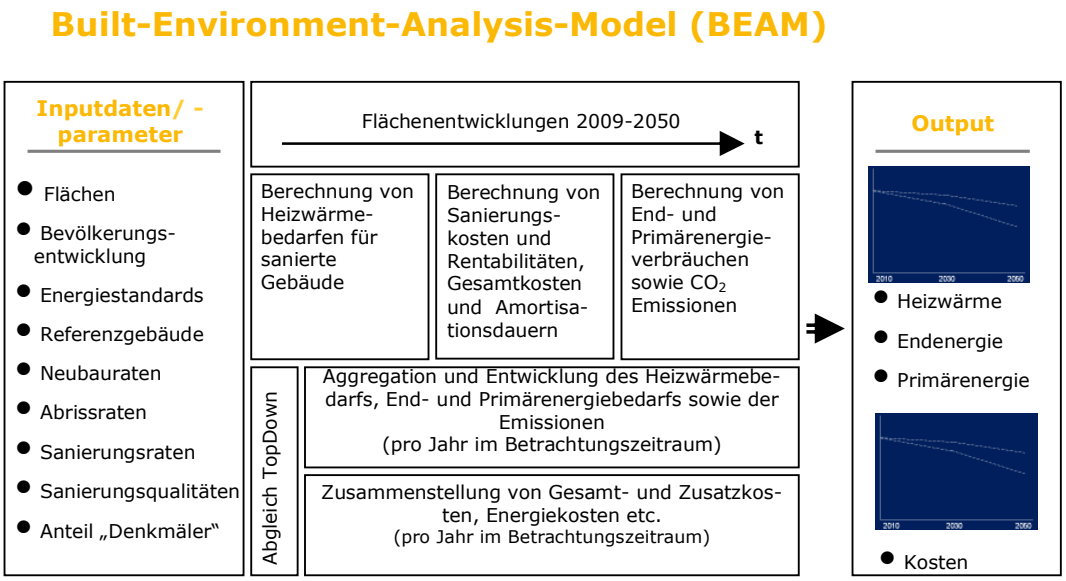

Abbildung 10: Struktur des BEAM-Modells

3.4 Modellierung des Referenzszenarios

In diesem Abschnitt werden im Wesentlichen die Annahmen und Randbedingungen beschrieben, die für das Referenzszenario zu Grunde gelegt wurden. Dies umfasst die Definition von Sanierungsstandards sowie -raten was den Gebäudebestand betrifft, und Neubaustandards und –raten für die neu errichteten Gebäude sowie die Abrissraten.

3.4.1 Rahmendaten

Auf Basis der Leitstudie 2008 [Nitsch 2008], der Bevölkerungsvorausschätzung für Hamburg bis 2020 [Statistikamt Nord 2004], der 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung für Hamburg bis 2050 [Statistisches Bundesamt 2007], dem Wohnbauentwicklungsplan [Senat 2009] sowie weiteren Quellen [LBS 2005] [Kühntopf u.a. 2008] [Menzel 2008] sind die für die Zukunft zur Verfügung stehenden Flächen bzw. Flächen pro Einwohner prognostiziert worden.

Wohn- und Nichtwohngebäude

Beheizte Flächen [1.000 m²]	2010	2020	2030	2050
Einfamilienhaus	16.687	17.118	17.238	17.481
Mehrfamilienhaus klein	17.290	17.736	17.860	18.112
Mehrfamilienhaus groß	30.073	30.848	31.065	31.502
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	1.605	1.647	1.647	1.647
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000 m²)	10.285	10.555	10.555	10.555
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	49.232	50.525	50.525	50.525
Summe	125.172	128.429	128.890	129.823

Tabelle 13: Flächenentwicklung bis 2050

Das Referenzszenario für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Stadt Hamburg bis zum Jahr 2020, 2030 und 2050 ist mit dem für Teil 1 beauftragten Unternehmen, der Arrhenius Consult GmbH und der BSU aus den Rahmendaten des Leitszenarios 2008 abgeleitet, das im Rahmen der Leitstudie 2008 durch das Bundesumweltministerium veröffentlicht wurde. Das Leitszenario legt dar, wie die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahr 2050 auf rund 20% des Werts von 1990 gesenkt werden können. Das Referenzszenario zeigt -im Gegensatz zum Leitszenario- eine realistische Entwicklung auf, falls zukünftig keine weiteren als die bereits geplanten Maßnahmen ergriffen werden. Der Fokus des Referenzszenarios liegt dabei auf der Fragestellung „Welche Auswirkungen hat die Fortschreibung der heute absehbaren bundesdeutschen Entwicklung auf die Entwicklung des Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasserbereitung in der Stadt Hamburg bis zum Jahr 2050?"

Folgende Annahmen sind auf die Situation in Hamburg zu übertragen:

- Plausible Annahmen zu den demografischen, wirtschaftlichen und strukturellen Rahmendaten
- Plausible Annahmen zu den Auswirkungen bereits verabschiedeter klimapolitischer Maßnahmen auf Bundesebene (z.B. der EnEV 2009, 2012)

Hierbei sind insbesondere die bereits vorhandenen Strukturdaten zur Situation in Hamburg (z.B. aus der Hamburger CO_2-Bilanz 2006) berücksichtigt.

Annahmen über die Auswirkungen bereits verabschiedeter klimapolitischer Maßnahmen auf Landesebene sind ebenfalls in das Referenzszenario mit aufgenommen (z.B. Verschärfung der Hamburgischen Klimaschutzverordnung).

3.4.2 Neubaustandards

Für die im Zeitraum 2010 bis 2020 bzw. 2050 zu erstellenden Neubauten ist unterstellt, dass diese bis 2015 nach jetziger Hamburger Klimaschutzverordnung erstellt werden. Dabei ist bei einem Viertel dieser Neubauten eine Wärmerückgewinnung (Effizienz: 70%) berücksichtigt. Die U-Werte der jetzigen Klimaschutzverordnung sind in Tabelle 14 dargestellt.

Ab dem Jahr 2015 wird eine Verschärfung der Vorschriften für die thermische Hülle um 20% angenommen (vgl. Tabelle 14). Hier gehen wir davon aus, dass die Klimaschutzverordnung im Nachgang zur Novellierung der EnEV 2012 ebenfalls angepasst wird. Die Vorreiterrolle Hamburgs wird hier weiterhin unterstrichen. Außerdem wird eine Wärmerückgewinnung für alle Neubauten berücksichtigt.

U-Werte	ab 2010	ab 2015
	W/ (m²K)	W/ (m²K)
Wand	0,25	0,20
Boden	0,30	0,24
Dach	0,20	0,16
Fenster	1,40	1,12

Tabelle 14: U-Werte für Neubauten

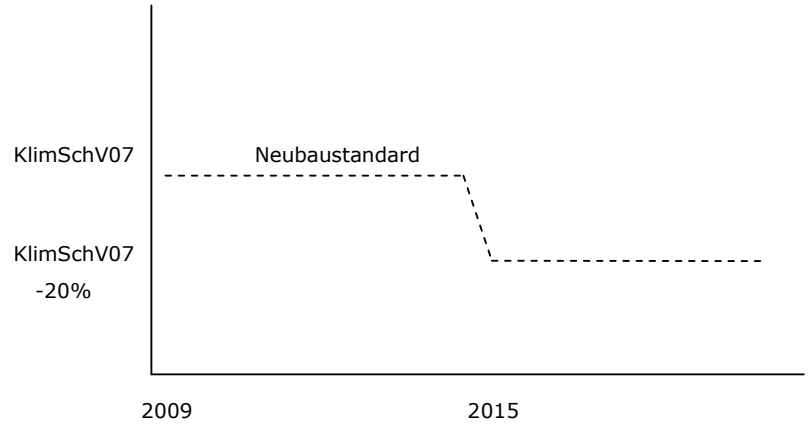

Abbildung 11: Entwicklung der Neubaustandards

3.4.3 Sanierungsstandards

Da die Sanierungsqualitäten in der Praxis stark schwanken, ist in diesem Gutachten eine Unterteilung der angenommenen Sanierungsqualitäten sowohl anhand des Jahres der Sanierung als auch davon abhängig gemacht worden, ob eine Maßnahme von der Hamburgischen Wohnbaukreditanstalt (WK) gefördert wird oder nicht.

Bei einer geförderten Sanierung müssen die Sanierungen der geltenden Hamburger Klimaschutzverordnung genügen. Hier gelten entsprechende Mindeststandards an die Gebäudehülle. Entsprechende Häufigkeiten dieser Sanierungen sind aus der Förderstatistik der WK entnommen und mit dem Wohnbauentwicklungsplan abgeglichen worden. Wird eine Sanierung nicht gefördert, so werden entsprechend geringere Qualitäten angenommen.

Die Qualitäten für geförderte Sanierungen werden bis 2015 nach geltender Klimaschutzverordnung angesetzt, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind in einem Viertel der Fälle berücksichtigt. Für die nicht geförderten Sanierungen in diesem Zeitraum wird ein *Niveau* angenommen, dass in etwa dem der EnEV 2007 entspricht (vgl. Tabelle 15 und Abbildung 12).

Ab 2015 sind für die geförderten Sanierungen die Qualitäten nochmals um 20% verschärft worden, und für die nicht geförderten Sanierungen ist ebenfalls eine 20%-ige Verschärfung angesetzt worden. Dies ist erneut als Effekt im Nachgang zur Novellierung der EnEV 2012 angenommen.

Eine Anpassung der Sanierungsstandards auf EnEV 2009 Niveau ist nicht gemacht worden, da die Klimaschutzverordnung nach Auskunft der BSU in naher Zukunft nicht verschärft werden wird. In diesem Fall wäre kein deutlicher Unterschied mehr zwischen geförderten und nicht geförderten Sanierungen vorhanden.

Eine Wärmerückgewinnung ist in ¼ der Neubauten bis 2015 und in allen Neubauten ab 2015 sowie für ½ der Sanierungen ab 2015 (Effizienz 70%) angenommen.

U-Werte	ab 2010	ab 2015
	W/ (m²K)	W/ (m²K)
Wand	0,44	0,35
Boden	0,51	0,41
Dach	0,32	0,26
Fenster	1,60	1,28

Tabelle 15: U-Werte der geförderten Sanierungen im Referenzszenario

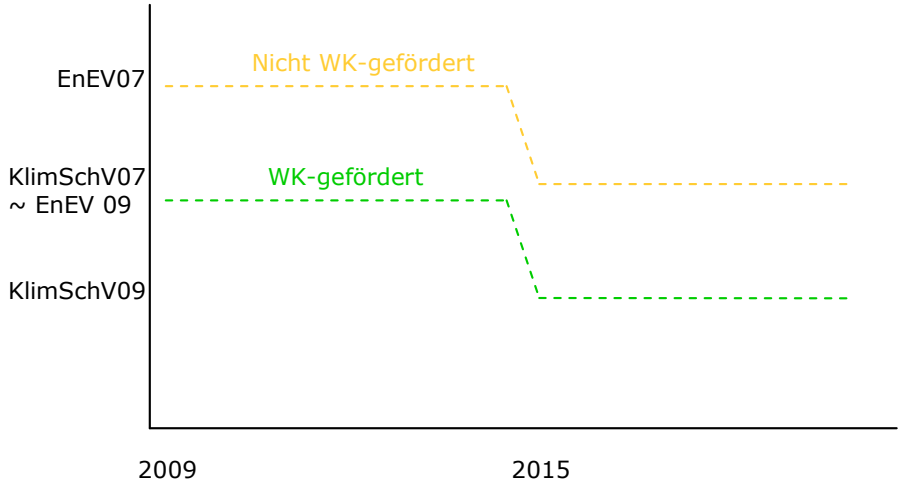

Abbildung 12: Entwicklung der Sanierungsstandards im Referenzszenario

3.4.4 Sanierungsraten

Ergänzend zu den oben beschriebenen Sanierungsstandards werden in Abbildung 13 die Sanierungsraten angegeben. Diese basieren auf einer umfangreichen Datenrecherche und sind ebenfalls nach geförderten und nicht geförderten Sanierungen untergliedert.

Eine Unterteilung nach Teil- und Vollsanierung findet nicht nur anhand des Kriteriums gefördert/ nicht gefördert statt, sonder bei Wohngebäuden auch anhand der Besitzverhältnisse. Gebäude im Eigentum des Bewohners weisen zum Großteil Teilsanierungen auf, während Mietwohnungen immer vollsaniert erden.

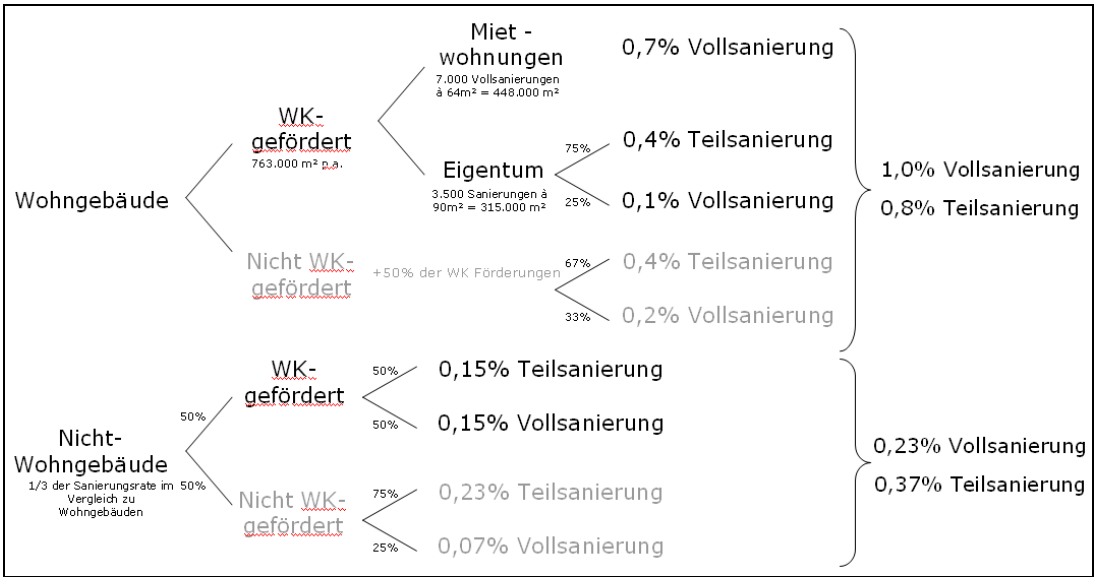

Abbildung 13: Aufteilung der Sanierungsraten im Referenzszenario

Im Wohngebäudebereich sind 2/3 der Sanierungen über die Wohnbaukreditanstalt gefördert, während unterstellt wird, dass 1/3 nicht anhand der Klimaschutzverordnung saniert oder die Sanierung nicht nach Plan ausgeführt wird. Diese Einschätzung beruht auf Erfahrungswerten aus vorherigen Projekten.

3.4.5 Neubau- und Abrissraten sowie Anteile denkmalgeschützter Gebäude

Die Abrissraten bis 2015 gemäß Tabelle 16 beruhen auf den Prognosen des Wohnbauentwicklungsplans der Stadt Hamburg [Senat 2009]. Ab 2015 wurden die Raten angepasst, da der Gebäudebestand mit den Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung sowie den Nettozubauten im Wohnbauentwicklungsplan einhergehen muss.

Die Sanierungsraten von 1,8% setzen sich wie oben bereits erläutert aus den Werten der Förderstatistiken der Wohnbaukreditanstalt (geförderte Sanierungen) und einem Aufschlag für nicht geförderte Sanierungen zusammen.

Die Neubauraten sind im Wesentlichen dem Wohnbauentwicklungsplan entnommen und wurden zusammen mit den Abrissraten mit der Bevölkerungsprognose abgeglichen.

	Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Abrissrate - bis 2015 - ab 2015	 0,33 % 0,70 %	 0,33 % 0,85 %
Sanierungsrate	1,8 %	0,6 %
Neubaurate	0,77 %	0,85 %
„Denkmäler"	5 %	3 %

Tabelle 16: Abriss-, Sanierungs- und Neubauraten sowie Anteil der "Denkmäler"

Unter dem Begriff denkmalgeschützter Gebäude werden in diesem Basisgutachten alle Gebäude verstanden, die entweder aus denkmalrechtlichen, bautechnischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht für eine Sanierung zur Verfügung stehen. Dies können Gebäude sein, die tatsächlich unter Denkmalschutz stehen, und an denen beispielsweise keine Außendämmung angebracht werden kann. Hierunter werden jedoch auch Gebäude gefasst, bei denen eine energetische Sanierung nur mit sehr großem wirtschaftlichem Aufwand durchführbar wäre, und die aus diesem Grund nicht saniert werden. Die hierfür benötigten Daten stammen vom Denkmalschutzamt Hamburg sowie den Annahmen aus früheren Projekten.

Weiterhin sind 30% der Gebäude der Baualtersklasse vor 1978 als schon einmal saniert angenommen worden. Dies korrespondiert in etwa mit jüngsten Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft Zeitgemäßes Bauen zu „größtenteils modernisierten" Wohngebäuden in dieser Baualtersklasse. [Arbeitsgemeinschaft 2009].

3.5 Das Referenzszenario bis 2020 und 2050

In Abbildung 14 und Abbildung 15 sind die Entwicklungen der Heizwärmebedarfe bis zum Jahr 2050 dargestellt, sowohl nach Referenzgebäuden als auch nach Baualtersklassen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Energiebedarfe in allen Referenzgebäudetypen (vom Einfamilienhaus bis zum großen Mehrfamilienhaus) abnehmen. Betrachtet man die Verteilung der Energiebedarfe auf die verschiedenen Baualtersklassen, so ergibt sich folgendes Bild: Die größten Einsparpotenziale ergeben sich bis etwas 2022 in der Klasse mit Baujahr vor 1978, da diese zum einen die größten Energiebedarfe im unsanierten Zustand aufweisen (und die Sanierung folglich eine hohe Reduktion zur Folge hat) und im BEAM-Modell als erste Gruppe saniert werden. Gebäude werden von der Kategorie „vor 1978 unsaniert" in „vor 1978 saniert" verschoben. Ist dieses Potenzial erschöpft, so werden danach die unsanierten Gebäude der Baualtersklasse 1978-1995 saniert, wie in Abbildung 15 deutlich zu erkennen ist. Neubauten fallen in die Kategorie „nach 1996 nicht saniert".

Wohn- und Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a]	2010	2020	2030	2050
Einfamilienhaus	3.185.888	2.470.866	1.975.902	1.519.404
Mehrfamilienhaus klein	2.058.352	1.628.553	1.326.091	1.012.491
Mehrfamilienhaus groß	3.210.674	2.570.425	2.080.402	1.576.257
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	221.531	201.286	169.568	130.340
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000 m²)	1.304.608	1.194.732	1.018.002	767.653
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	4.935.547	4.533.649	3.858.904	3.068.974
Summe	14.916.601	12.599.511	10.428.869	8.075.119

Tabelle 17: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (inkl. Warmwasser) im Referenzszenario

Somit ergeben sich im Referenzszenario Reduktionspotenziale von 21% bis 2020 und 50% bis 2050 gegenüber 1990 (incl. Warmwasser), vgl. auch Tabelle 17. Werden die

Minderungen lediglich auf die Heizwärmebedarfe bezogen, so ergeben sich Reduktionen von 23% bis 2020 und 53% bis 2050.

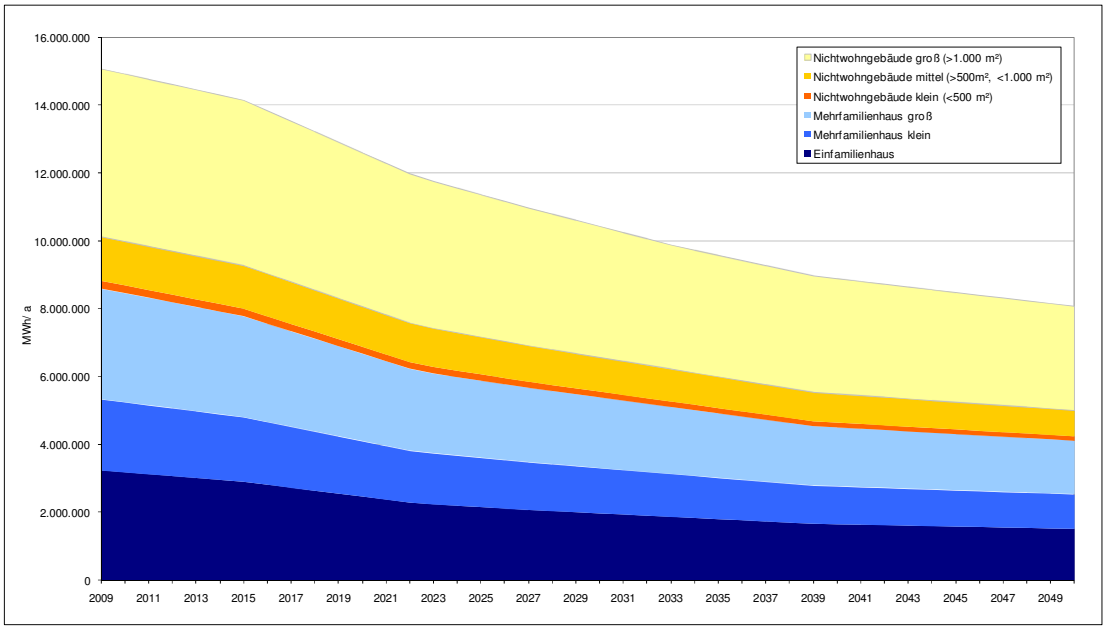

Abbildung 14: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. WW) nach Referenzgebäuden im Referenzszenario

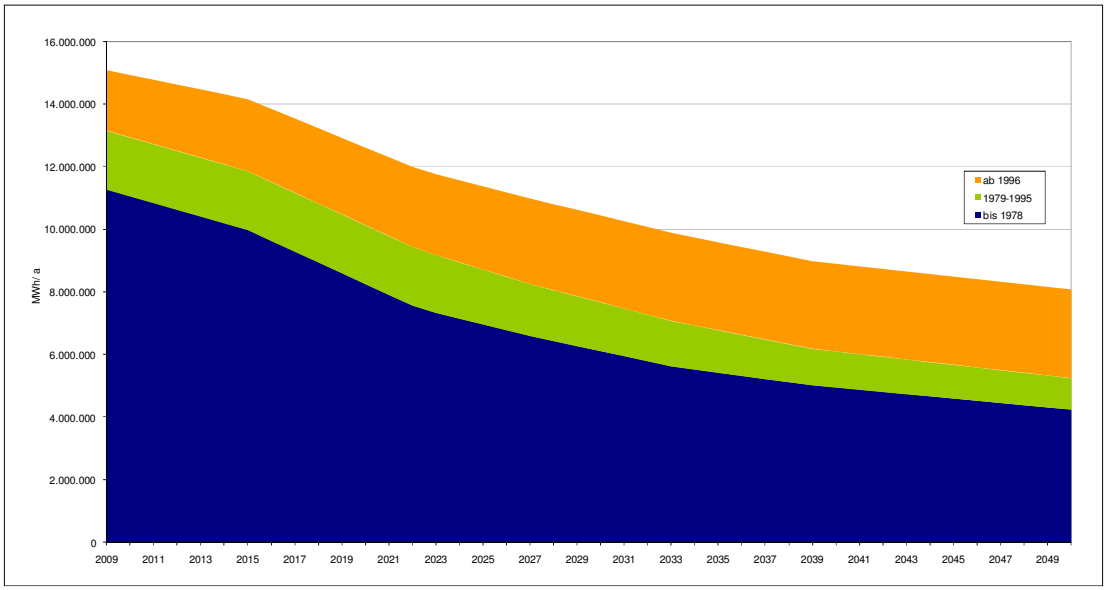

Abbildung 15: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. WW) nach Baualtersklassen im Referenzszenario

4 Das Klimaschutzszenario

In diesem Kapitel werden die Berechnungsparameter gegenüber dem Referenzszenario derart variiert, dass sich darüber hinaus gehende Reduktionen beim Heizwärmebedarf ergeben, die sich mit sehr ambitionierten Maßnahmen und Instrumenten erschließen lassen. Zu diesem Zweck werden neben dem eigentlichen Klimaschutz-Szenario *A1 „Besser Sanieren"* zwei alternative Varianten *V1 „Top Sanieren"* und *V2 „Schneller Sanieren"* berechnet, die sich in der Sanierungsqualität (V1) und in der Sanierungsrate (V2) vom Szenario A1 unterscheiden (vgl. hierzu auch Abbildung 18).

Im Klimaschutzszenario *A1 – Besser Sanieren* ergeben sich Energiebedarfsreduktionen von 25% bis 2020 und 60% bis 2050 gegenüber 1990 incl. Warmwasser. Bezieht man die Minderungen lediglich auf die Heizenergie, so ergeben sich 26% bzw. 64%. Für die Variante *V1 – Top Sanieren* werden aufgrund der sehr ambitionierten Sanierungsqualitäten theoretisch höhere Reduktionspotenziale erreicht. Diese liegen bei 28% mit bzw. 30% ohne Berücksichtigung des Warmwasseranteils bis 2020 und bei 68% bzw. 73% bis 2050. Bis 2020 ergeben sich bei der Variante *V2 – Schneller Sanieren* ebenfalls Reduktionspotenziale, die mit 26% mit bzw. 28% ohne Berücksichtigung des Warmwasseranteils über denen des Referenzszenarios liegen, da die Sanierungsraten angehoben wurden. Mit Blick auf 2050 stellt man jedoch fest, dass diese mit 52% bzw. 55% sehr nahe am Referenzszenario liegen (vgl. hierzu auch Abbildung 18).

Fazit: Um das Erreichen des Klimaschutzzieles 2050 nicht zu gefährden, ist es sinnvoll, die Qualität statt der Quantität der energetischen Sanierungen anzuheben. Die bevorzugte Variante ist daher *A1 – Besser Sanieren.*

Im Folgenden wird das Klimaschutzszenario unter der Annahme ambitionierter Ziele berechnet (A1). Für die beiden Varianten V1 und V2 werden die Parameter wie folgt nochmals variiert:

Im **Szenario A1 – Besser sanieren** wird bei gleichen Sanierungsraten wie im Referenzfall (1,8% für Wohngebäude und 0,6% für Nichtwohngebäude) eine deutlich bessere Sanierungsqualität unterstellt (vgl. Tabelle 18). Es stellt die aus unserer Sicht ambitionierte aber realisierbare Klimaschutzvariante dar.

Die **Variante V1 – Top sanieren** unterstellt ab 2015 nur noch Sanierungen im Passivhausstandard. Diese Variante stellt damit das theoretisch maximale Ambitionslevel in Bezug auf die Qualität dar und sollte als obere, theoretische Grenze verstanden werden.

Um die Auswirkungen einer höheren Sanierungsrate bei gleichzeitig unveränderter Sanierungsqualität gegenüber dem Referenzszenario über die Zeit darzustellen, ist die **Variante V2 – Schneller sanieren** eingefügt. Hier wird der Effekt einer reinen „Tempoerhöhung" sichtbar gemacht und die Auswirkungen im Hinblick auf 2020 und

2050 herausgestellt. Dieses Szenario ist ebenso wie das Szenario „V1 - Top Sanieren" eine eher theoretische Betrachtung, die jedoch den Effekt eines forcierten mittelmäßigen Sanierungsstandards bis 2050 klar aufzeigt.

4.1 Im Klimaschutzszenario veränderte Parameter

Die in Tabelle 18 dargestellte Übersicht gibt die innerhalb des Klimaschutzszenarios über die Varianten variierten Parameter wieder. Hier werden neben dem eigentlichen Klimaschutzszenario A1 auch die Parameter für die Varianten V1 und V2 gegeben. Es ist zu erkennen, dass die U-Werte für die Sanierungen ab 2010 in der Variante V1 nochmals deutlich gegenüber dem Szenario A1 verschärft sind, wohingegen in der Variante V2 die U-Werte des Referenzszenarios stehen. Im Szenario A1 und der Variante V2 findet ab 2015 eine erneute Verschärfung der U-Werte um 20% statt. Für das Szenario A1 und die Variante V1 werden die Sanierungsraten konstant mit 1,8% Vollsanierung für Wohngebäude und 0,6% Vollsanierung für Nichtwohngebäude angenommen, während die Sanierungsraten in der Variante V2 auf 2,5% bzw. 1,0% angehoben worden sind (allerdings bei U-Werten wie im Referenzszenario). Wie bereits erwähnt dient dies dazu, den Effekt einer relativ schnellen, jedoch wenig ambitionierten Sanierung in Hinblick auf die Jahre 2020 und 2050 aufzuzeigen.

Jahr 2010	**A1 - Besser sanieren**		V1 - Top sanieren		V2 - Schneller sanieren	
	WG	**NWG**	WG	NWG	WG	NWG
U-Werte Sanierung	W/ (m²K)					
Wand	**0,30**	**0,30**	0,14	0,14	0,44	0,44
Boden	**0,35**	**0,35**	0,13	0,13	0,51	0,51
Dach	**0,25**	**0,25**	0,10	0,10	0,32	0,32
Fenster	**1,30**	**1,30**	0,80	0,80	1,60	1,60
ab 2015	Verschärfung um 20%		-		Verschärfung um 20%	
Sanierungsrate						
Teilsanierung						
Vollsanierung	**1,8%**	**0,6%**	1,8%	0,6%	2,5%	1,0%
Wärmerückgewinnung in x% der Fälle (Effizienz 80%)						
Neubau bis 2015	**25%**	**25%**	25%	25%	25%	25%
Neubau ab 2015	**100%**	**100%**	100%	100%	100%	100%
Sanierung bis 2015	**25%**	**25%**	25%	25%	0%	0%
Sanierung ab 2015	**100%**	**100%**	100%	100%	50%	50%

Tabelle 18: U-Werte, Sanierungsraten und Wärmerückgewinnung im Klimaschutzszenario

Ein weiterer Unterschied ergibt sich in Bezug auf die Anteile der sanierten Gebäude mit Wärmerückgewinnungsanlagen. Da diese derzeit nur in KfW-Effizienzhäusern und Passivhäusern zum Einsatz kommen, ist hier nochmals für Neubauten und Sanierungen unterschieden. Für das Szenario A1 und die Varianten V1 und V2 wird ein Anteil von 25% der Neubauten bis 2015 und 100% der Neubauten ab 2015 mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Für das Szenario A1 und die Variante V1 werden 25% der Sanierungen bis 2015 und 100% der Sanierungen ab 2015 mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Für die Variante V2 wird keine Wärmerückgewinnung für Sanierungen bis 2015 und 50% ab 2015 unterstellt.

Die Varianten V1 und V2 sind zur Veranschaulichung der Ergebnisse des Szenarios A1 gedacht und gelten als theoretische Werte, da eine 100%-ige Sanierung im Passivhausstandard unterstellt wird (V1) bzw. nahezu alle unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zur Verfügung stehenden Sanierungspotenziale als energetische Vollsanierungen angenommen werden (V2).

4.2 Das Klimaschutzszenario bis 2020 und 2050

In Abbildung 16 und Abbildung 17 sind die Entwicklungen der Heizwärmebedarfe bis zum Jahr 2050 für das Szenario A1 dargestellt, sowohl nach Referenzgebäuden als auch nach Baualtersklassen unterteilt. Es ist zu erkennen, dass die Energiebedarfe in allen Referenzgebäudetypen (vom Einfamilienhaus bis zum großen Mehrfamilienhaus) abnehmen, deutlich mehr als für das Referenzszenario.

Betrachtet man die Verteilung der Energiebedarfe auf die verschiedenen Baualtersklassen, so ergibt sich folgendes Bild: Auch im Klimaschutzszenario liegen die größten Einsparpotenziale im der Baualtersklasse vor 1978, da hier gleiche Sanierungsraten wie im Referenzszenario unterstellt werden.

Wohn- und Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a]	2010	2020	2030	2050
Einfamilienhaus	3.208.475	2.369.862	1.744.276	1.159.826
Mehrfamilienhaus klein	2.071.086	1.558.051	1.165.419	760.507
Mehrfamilienhaus groß	3.226.373	2.451.847	1.815.332	1.163.734
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	214.089	191.318	156.151	110.255
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000 m²)	1.262.918	1.136.803	937.943	646.900
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	4.806.784	4.333.919	3.560.751	2.582.915
Summe	14.789.724	12.041.800	9.379.871	6.424.137

Tabelle 19: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. Warmwasser) im Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren

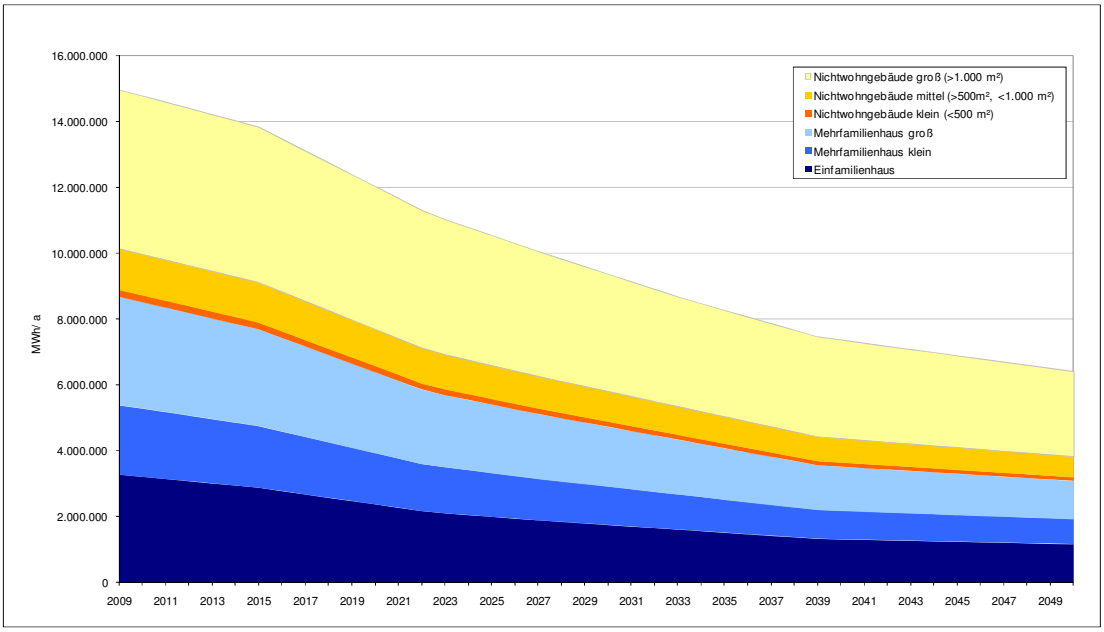

Abbildung 16: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. Ww) nach Referenzgebäuden im Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren

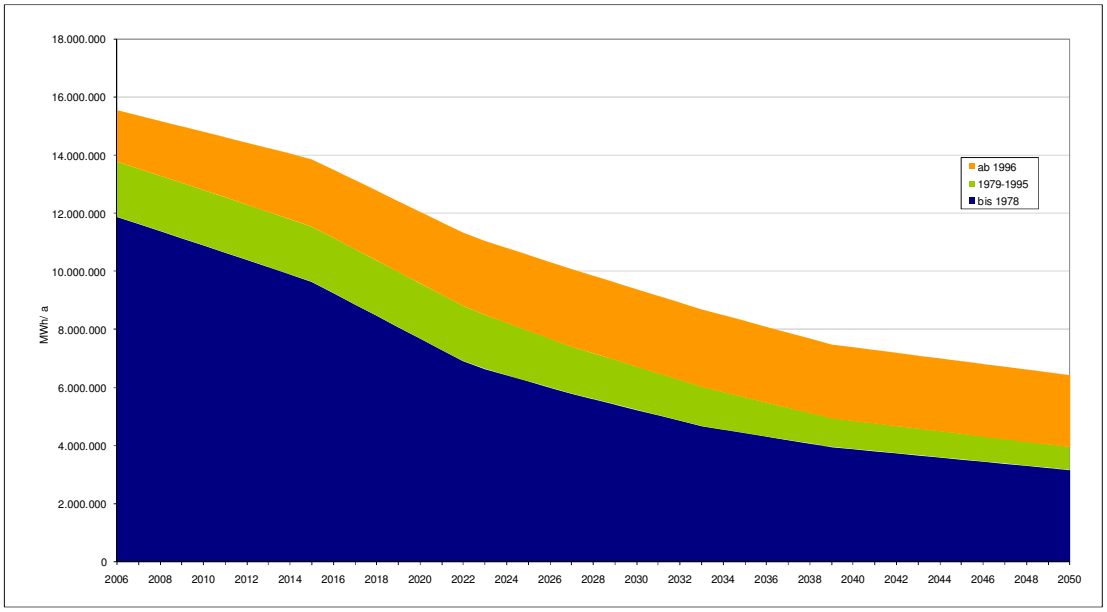

Abbildung 17: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. Ww) nach Baualtersklassen im Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren

Somit ergeben sich im Klimaschutzszenario A1 Reduktionspotenziale von 25% bis 2020 und 60% bis 2050 gegenüber 1990 (incl. WW). Werden die Minderungen lediglich auf die Heizwärmebedarfe bezogen, so ergeben sich Reduktionen von 26% bis 2020 und 64% bis 2050.

Für die Variante V1 werden aufgrund der sehr ambitionierten Sanierungsqualitäten theoretisch höhere Reduktionspotenziale erreicht. Diese liegen bei 28% mit bzw. 30% ohne Berücksichtigung des Warmwasseranteils bis 2020 und bei 68% bzw. 73% bis 2050.

Bis 2020 ergeben sich bei der Variante V2 ebenfalls Reduktionspotenziale, die mit 26% mit bzw. 28% ohne Berücksichtigung des Warmwasseranteils über denen des Referenzszenarios liegen, da die Sanierungsraten angehoben wurden. Mit Blick auf 2050 stellt man jedoch fest, dass diese mit 52% bzw. 55% sehr nahe am Referenzszenario liegen.

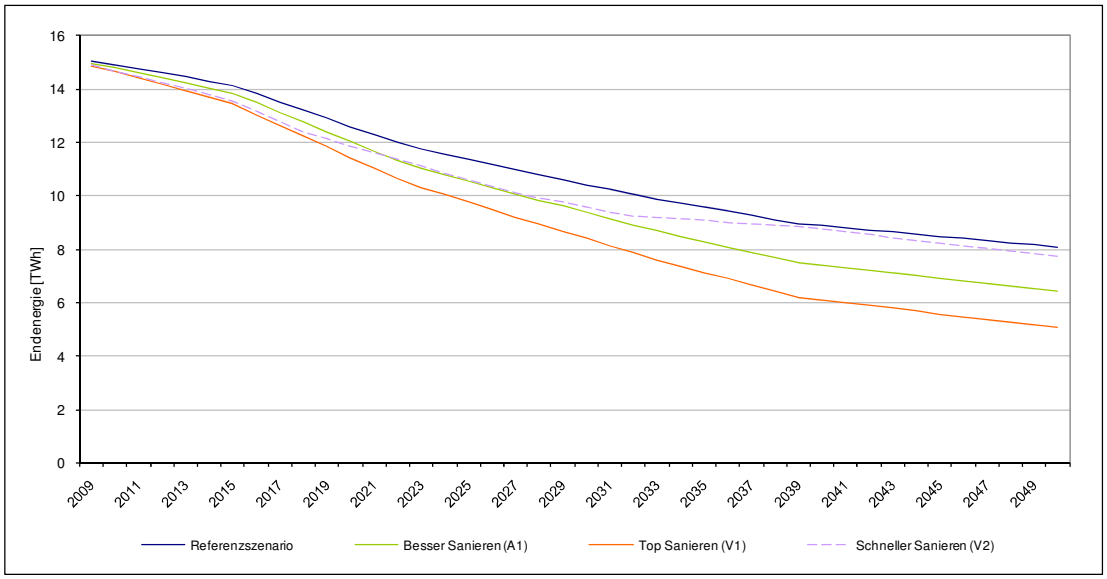

Abbildung 18: Entwicklung der Heizwärme- und Warmwasserbedarfe in den Szenarien

Der bereits oben erwähnte Zusammenhang zwischen Sanierungsraten und –qualitäten wird in Abbildung 18 nochmals deutlich: Im Jahr 2050 werden im Referenzszenario, dem Klimaschutzszenario und den beiden Varianten zum Klimaschutzszenario unterschiedliche Reduktionen der Heizenergiebedarfe im Bestand erreicht, relativ zu 1990. Die Variante V1 hat die größten Reduktionspotenziale, während die Variante V2 in 2020 der Variante V1 nahezu gleichauf ist, jedoch bis 2050 deutlich an Wirkung verliert. Abbildung 19 zeigt den prozentualen Heizwärmebedarf im Jahr 2020 und 2050 im Vergleich zu 1990.

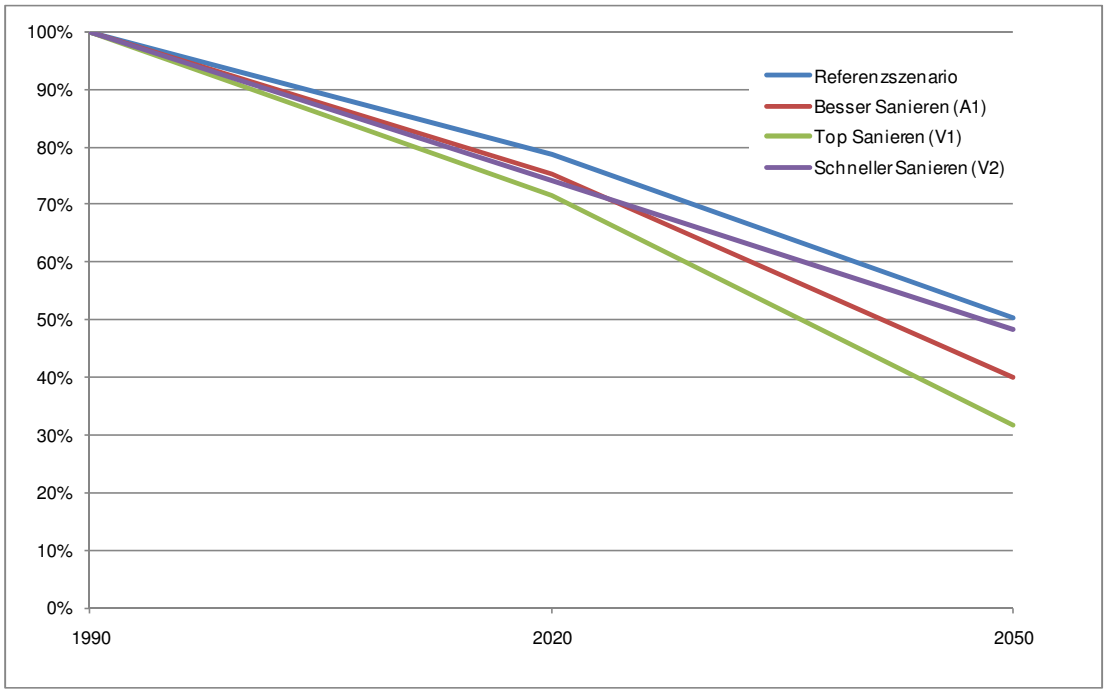

Abbildung 19: Prozentuale Entwicklung der Heizwärmebedarfe in den Szenarien

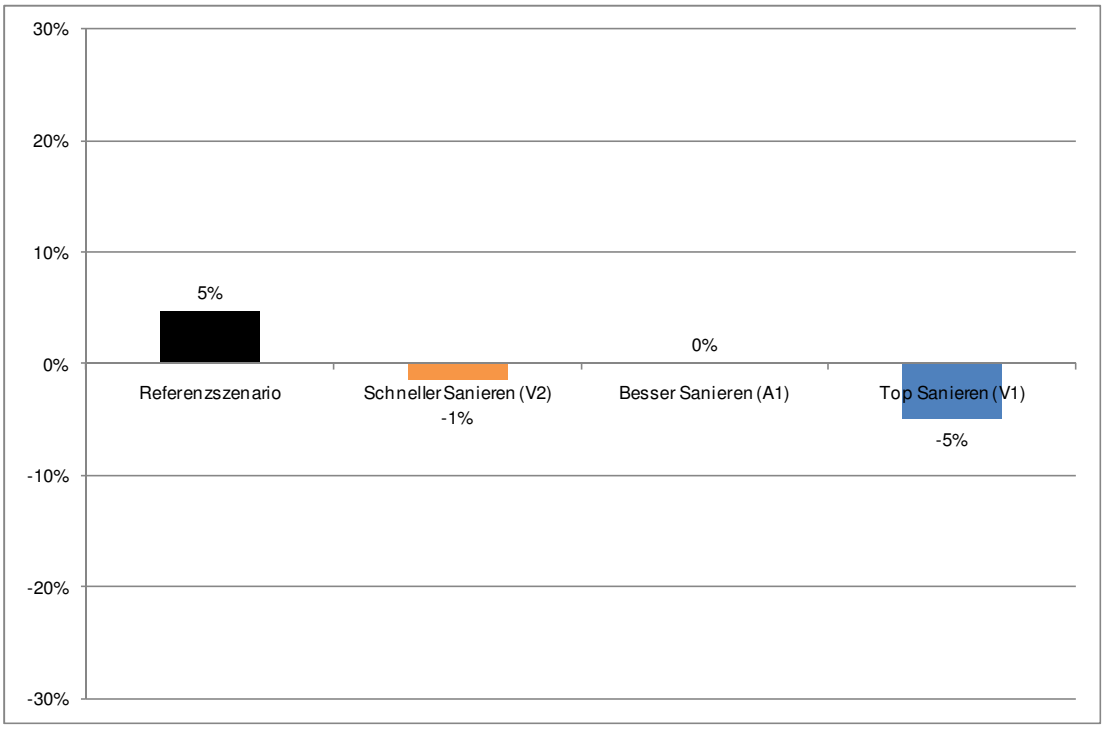

Abbildung 20: Relative Differenzen alternativer Szenarien zum Klimaschutzszenario A1 im Jahr 2020

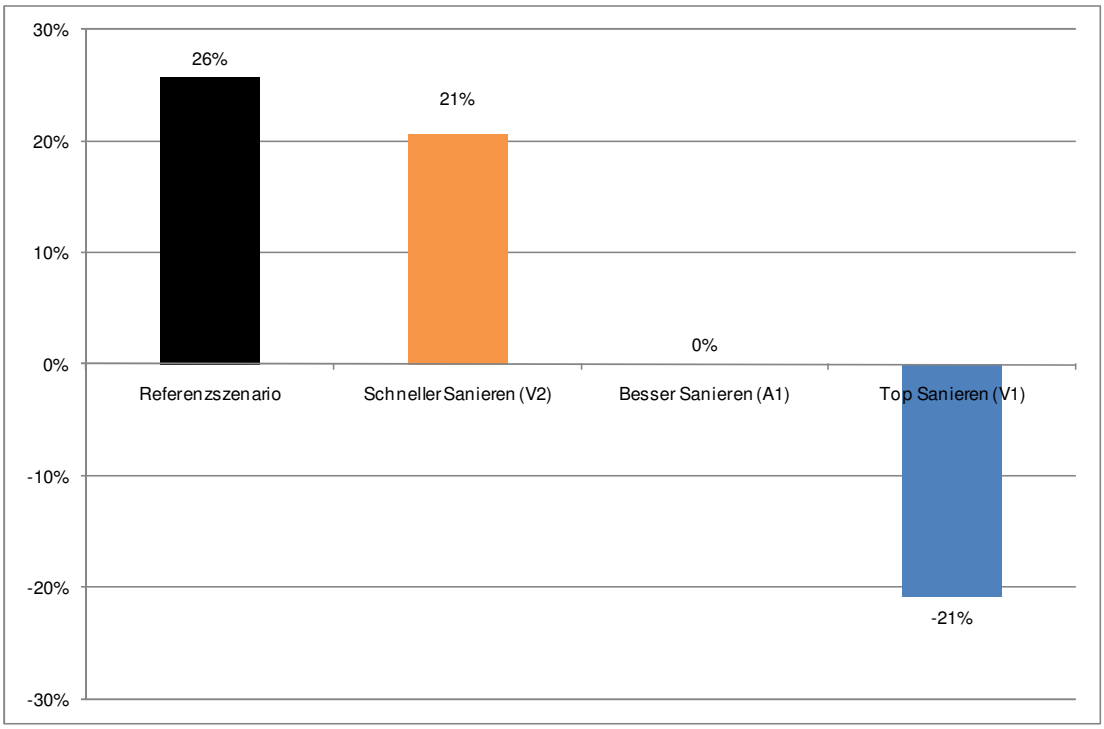

Abbildung 21: Relative Differenzen alternativer Szenarien zum Klimaschutzszenario A1 im Jahr 2050

Entscheidend bezüglich des Klimaschutzes ist der erzielte Endwert des Heizwärmebedarfes. Daher sind in Abbildung 20 (2020) und Abbildung 21 (2050) die relativen Mehr- bzw. Minderbedarfe des Referenzszenarios, sowie der Szenarien „V2 – Schneller Sanieren" sowie „V1 – Top Sanieren" im Vergleich zum Klimaschutzszenario „A1 – Besser Sanieren" dargestellt. Hier zeigt sich deutlich der in 2020 noch relativ geringe Unterschied zwischen den Szenarien, während in 2050 das Referenzszenario sowie das Szenario „V2 – Schneller Sanieren" wesentlich höhere Wärmebedarfe für Raumheizung gegenüber dem Klimaschutzszenario aufweisen.

4.3 Der Passivhausstandard als Referenz für zukünftiges Bauen

4.3.1 Prinzipien von Passivhäusern im Neubau und Altbau

Unter "Passivhäusern" werden hier Gebäude verstanden, die durch die Verwendung von Passivhauskomponenten hoch wärmegedämmte Gebäudehüllen aufweisen, deren Dämmstandard die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2009 an Neubauten deutlich übererfüllt.

Die energetischen Anforderungen an Passivhäuser im Neubau lauten kurz zusammengefasst wie folgt: [Feist 1992] [Feist 1996] [Feist 2004] [Feist u.a. 2004]

- Heizwärmebedarf ≤ 15 kWh/m^{2}a
- Primärenergiebedarf ≤ 120 kWh/m^{2}a
- Heizlast ≤ 10 W/m^2

Um die Werte im Vergleich zu anderen Angaben zum Beispiel gemäß Energieeinsparverordnung oder aus den KfW-Programmen einordnen zu können, ist es wichtig zu wissen, dass sich alle o. g. Angaben auf die Energiebezugsfläche A_{EB} (englisch: Treated Floor Area (TFA) beziehen, worunter bei Wohngebäuden die beheizte Wohnfläche zu verstehen ist. Die in der Energieeinsparverordnung verwendete Gebäudenutzfläche A_N ist je nach Gebäude zwischen 10 % und 40 % größer, was entsprechend zu nominell niedrigeren spezifischen Heizwärmekennwerten führt. Im Durchschnitt gilt folgender Zusammenhang: $A_N = 1{,}25\ A_{EB}$. Der Pimärenergiebedarf basiert auf dem Endenergiebedarf für Heizung, Warmwasser, Wohnungslüftung sowie Geräte (Hausgeräte, Kochen, Licht) [Feist 1992].

Wie streng diese Anforderungen sind, zeigt sich an den Angaben zum Energie*verbrauch* (Endenergie) nur für Raumwärme im "Gebäudereport 2007" [BMVBS 2008]. Selbst die neuesten Gebäude weisen einen Endenergie-Kennwert von 80 kWh/m^{2}a auf – allein für Raumwärme.

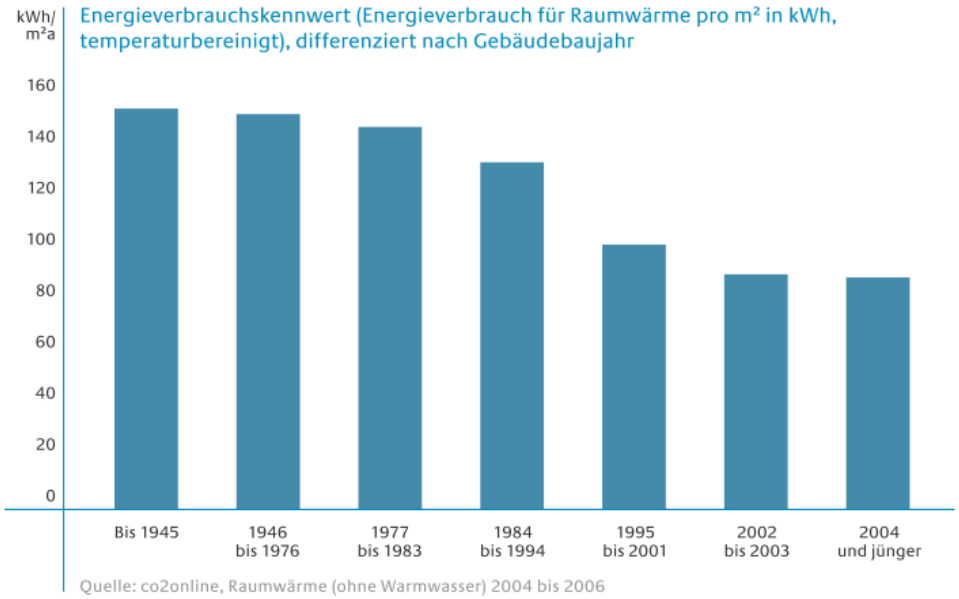

Abbildung 22: Energieverbrauchs-Kennwert für Raumwärme, CO2 Gebäudereport [BMVBS 2008]

Hinsichtlich der sich hinter diesen Werten verbergenden energetischen Qualität der Gebäudehülle, ist der so genannte spezifische Transmissionswärmeverlust H_t' der wärmetauschenden Gebäudehülle besonders aufschlussreich. Er kann als "mittlerer U-Wert" der wärmetauschenden Gebäudehülle interpretiert werden. In welchem Bereich sich H_t' bei Passivhäusern im Vergleich zum Neubaustandard der EnEV 2007 bzw. 2009 bewegt, zeigt Abbildung 23, die auch eine Auswertung von auf der EnEV 2007 basierenden hocheffizienten Sanierungsstandards enthält. Je größer ein Gebäude ist, desto kleiner wird die wärmetauschende Hüllfläche A relativ zum umbauten Volumen V. Ein kleiner A/V-Wert begünstigt daher das Erreichen niedriger Heizenergiekennwerte. Dies lässt sich leicht einsehen, wenn man sich vorstellt, ein Würfel würde in zwei Teile zerschnitten: während das Volumen unverändert bleibt, sind zu den ursprünglich sechs Seiten des Würfels zwei weitere Seiten hinzugekommen, über die Wärme verloren geht, eine Erhöhung um 1/3. Demzufolge müssen kleinere Gebäude besser gedämmt sein, um denselben Energiekennwert zu erreichen.

- *EnEV 2007/2009 Neubau*: der in der EnEV 2007/2009 für Neubauten mindestens geforderte Standard
- *NEH im Bestand/EnEV 2007 Neubauniveau -30%:* bis 1. April 2009 geltendes Anforderungsniveau – 30% besser als ein Neubau – im KfW CO_2 Gebäudesanierungsprogramm. Entspricht auch in etwa dem bekannten KfW60-Standard bzw. nun dem Neubaustandard der EnEV 2009.
- *KfW40/Effizienzhaus 55*: bekannter Standard für Neubauten im KfW Programm "Ökologisch Bauen" (bzw. seit 1. April 2009: "Effizient Bauen"), der in der Regel etwa einem "2-3 l Standard" entspricht.
- Passivhaus: Passivhausstandard gemäß Definition des Passivhausinstituts.

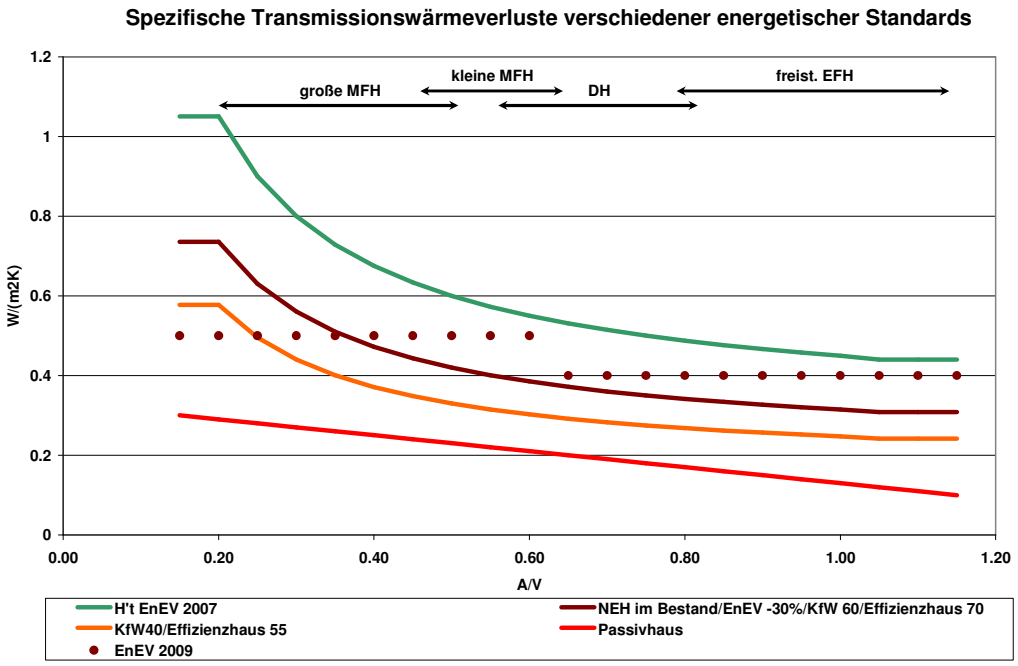

Abbildung 23: Spezifische Transmissionswärmeverluste verschiedener energetischer Standards

Die Grafik zeigt, dass die Qualität der Gebäudehülle im Passivhaus deutlich besser als der Standard der EnEV 2009 ist, welcher in etwa mit der aktuell gültigen Hamburgischen Klimaschutzverordnung korrespondiert.

Wie wird nun in Passivhäusern dieses hoch effiziente Niveau erreicht?

Passivhäuser sind die konsequente Weiterentwicklung der Niedrigenergiehäuser. [Schnieders u.a. 2006] [Bundesverband 2006]. In einem Passivhaus sind die Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung so weit reduziert, dass kostenlose „passive" Energiegewinne im Winter fast vollständig zur Beheizung ausreichen. Die Quellen für passive Energiegewinne sind:

- durch transparente und transluzente Bauteile eingestrahlte Sonnenenergie
- die Wärmeabgabe aus der Nutzung von Haushaltsgeräten inklusive Beleuchtung
- die Körperwärme der Personen im Gebäude.

Grundsätzlich lässt sich der Passivhausstandard in Massivbauweise, Leichtbauweise und Mischbauweise mit – wie inzwischen erkannt wurde – großer architektonischer Gestaltungsfreiheit realisieren. Die Anforderung an den Primärenergiebedarf liegt um einen Faktor zwei bis vier unter den Anforderungen an neue Gebäude gemäß den derzeit gültigen europaweiten Standards.

Für die Einhaltung der außerordentlich hohen Anforderungen, werden üblicherweise die folgenden Regeln genannt:

- Superdämmung: Generell bewegen sich die U-Werte der Außenbauteile (Wand, Dach, Fußboden) von Passivhäusern zwischen 0,1 und 0,15 W/(m^2K). Erreicht

wird dies in der Regel mit Dämmstoffdicken zwischen 25 und 40 cm. Zusätzlich muss eine wärmebrückenfreie Konstruktion gewährleistet sein. Aus Praktikabilitätsgründen werden Details als „wärmebrückenfrei" bezeichnet, wenn für den auf die Außenmaße bezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ψa < 0,01 W/(mK) gilt. Hier liegt ein wesentlicher Unterschied zu den EnEV-Anforderungen.

- Kombination hocheffizienter Wärmerückgewinnung mit Nacherwärmung der Zuluft: Mittels einer vom Nutzer regelbaren Lüftungsanlage wird Passivhäusern kontinuierlich frische Luft zugeführt. Typische Luftwechselraten sind ca. 0,25-0,55 h^{-1}. Höhere Luftwechselraten sind in der Heizperiode nicht erforderlich und können zu unkomfortabel niedrigen relativen Luftfeuchtigkeiten führen. Wenn nötig, wird die Zuluft von einem nicht-elektrischen Heizregister auf maximal 55 °C erwärmt. Hieraus folgt die oben bereits genannte maximale Heizlast von 10 W/m^2. Natürlich ist auch der Einsatz anderer Heizsysteme (Heizkörper, Fußbodenheizung etc.) möglich. Um den Zielwert für den Heizwärmebedarf von 15 kWh/m^2a nicht zu überschreiten, wird der Einsatz hocheffizienter Wärmerückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von mindestens 75 % erforderlich. Manchmal kommt eine Vorerwärmung der Außenluft mittels Erdreichwärmetauscher hinzu. Um den Effekt der Wärmerückgewinnung nicht zu konterkarieren, gibt es zwei Nebenbedingungen:
- Der Stromverbrauch der Ventilatoren darf insgesamt maximal 0,45 Wh/m^3 betragen.
- Der n_{50}-Wert (Luftwechsel pro Stunde bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa) darf maximal 0,6 h^{-1} betragen. Zum Vergleich: gem. EnEV wird für neue Gebäude mit Lüftungsanlage ein n_{50} von maximal 1,5 h^{-1} gefordert. Um die Passivhaus-Anforderung zu erreichen bedarf es einer vollständigen Detailplanung der luftdichten Ebene sowie einer akkuraten handwerklichen Ausführung auf der Baustelle.
- Passive solare Nettogewinne: Über seine normale Belichtungs- und sommerliche Belüftungsfunktion hinaus soll jedes einzelne Fenster solare Nettogewinne gewährleisten. Hierfür bedarf es sehr niedriger Wärmeverluste durch Fensterrahmen und Verglasung und – wenn möglich, aber nicht zwingend – einer Südorientierung mit möglichst geringer Verschattung. In Verbindung mit der Anforderung, auch vor raumhohen bzw. bodentiefen Fenstern ohne davor befindliche Heizkörper hervorragenden thermischen Komfort sicherzustellen, müssen die Fenster bei mitteleuropäischem Klima folgende Parameter erfüllen: $U_{W,eingebaut}$ < 0,85 W/(m^2K), g > 50 %. Darüber hinaus soll der Einbau wärmebrückenfrei erfolgen.
- Hocheffiziente Nutzung elektrischer Energie: In Passivhäusern hat der Haushaltsstromverbrauch in der Regel den größten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch; beim heutigen Niveau ist er ca. doppelt so hoch wie der Heizwärmebedarf. Aus diesem Grund ist zur Erreichung der erweiterten energetischen Anforderungen an Passivhäuser die Vermeidung jeglichen unnötigen Stromver-

brauchs und der Einsatz hocheffizienter elektrischer Haushaltsgeräte unverzichtbar.

- Deckung des verbleibenden Energiebedarfs mit erneuerbaren Energien: Kostenoptimierte solarthermische Systeme können ohne weiteres 40-60 % des gesamten Niedertemperaturwärmebedarfs in einem Passivhaus decken. Die Erzielung der Anforderung an den Primärenergiebedarf von maximal 120 kWh/(m^2a) ist selbst im Passivhaus ohne den Einsatz erneuerbarer Energien schwer zu realisieren. Gleichzeitig wird es möglich, den gesamten Energiebedarf mit erneuerbaren Energien zu decken, wofür ansonsten weder die finanziellen Mittel noch die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien ausreichen würden.

4.3.2 Beurteilung der Wirtschaftlichkeit

Unter renommierten Volkswirten (u.a. Sir Stern, Kemfert) herrscht inzwischen die Ansicht, dass die Kosten zur CO_2-Emissionsreduktion weitaus niedriger liegen als die aus einer Klimaerwärmung von über 2°C resultierenden Folgekosten. Aus dieser Perspektive sind die in diesem Basisgutachten aufgezeigten Maßnahmen und Instrumente wirtschaftlich und auch sozial verträglich.

Unter Anwendung der für die sehr lange Lebensdauer von Gebäuden sachgerechten Lebenszykluskostenrechnung zeigt sich jedoch, dass auch aus betriebswirtschaftlichem Blickwinkel weitaus ambitioniertere Maßnahmen als gemeinhin vermutet noch wirtschaftlich sind.

Im Prinzip alle Passivhauskomponenten, die aus dem Neubau bekannt sind, lassen sich auch in der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes einsetzen.

Um Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beziehungsweise in Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien besser einordnen zu können, ist es sinnvoll eine Größe zu haben, die direkt in Bezug zum Energiepreis beziehungsweise zu dessen Entwicklung gesetzt werden kann. Zu diesem Zweck berechnet man aus den Investitionskosten für diese Systeme die Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Energie. So kann direkt der Preis für den Kauf 1 kWh Endenergie mit dem Preis für die Einsparung 1 kWh Endenergie verglichen werden, um zu einer fundierten Entscheidung über die zu präferierende Investitionsmaßnahme zu gelangen. Der große Vorteil an dieser Vorgehensweise ist, dass für die Berechnung der Einsparkosten nur die aktuellen Investitionskosten der Einspartechnologien sowie die Annahmen über den für die Annuisierung dieser Kosten verwendeten Zinssatz und den Betrachtungszeitraum eingehen, nicht aber Vermutungen über zukünftige Energiepreise.

Den aktuell besten Überblick zu dieser Thematik vermittelt eine Studie jüngeren Datums des Passivhausinstituts für das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [BMVBS 2008b]. Die folgende Abbildung zeigt eine Auswahl der im Rahmen dieser Studie relevanten Einsparkosten für Wärmedämmung bzw. effiziente/erneuerbare Systeme.

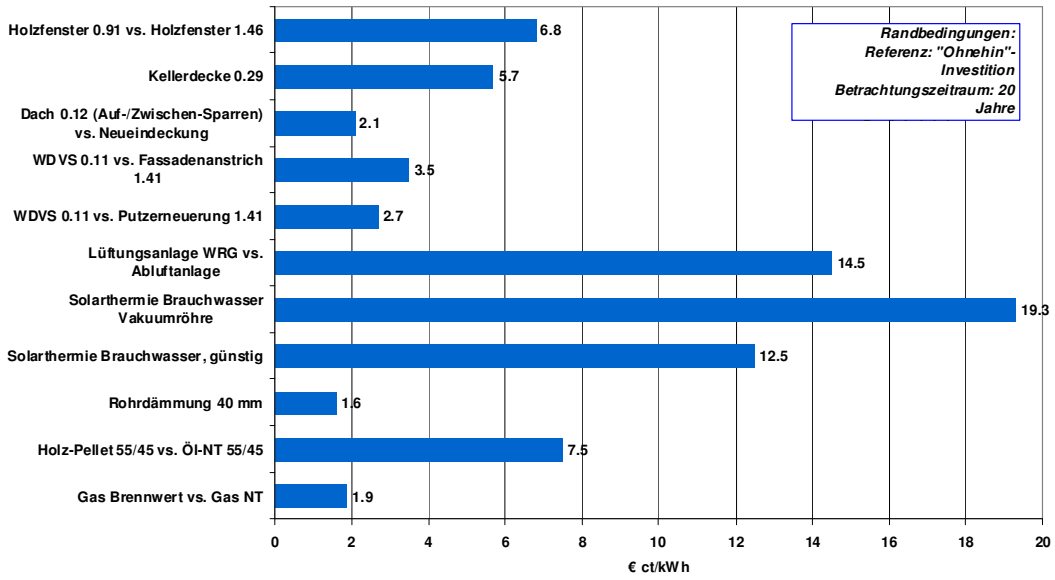

Abbildung 24: Kosten der eingesparten kWh inkl. USt

Wichtig für das Verständnis dieser Herangehensweise ist, dass immer der Vergleich zwischen einem Referenzsystem und einem Effizienzsystem angestellt wird, zum Beispiel die Investition in einen Gas-Brennwertkessel anstelle in einen Gas-Niedertemperaturkessel - dies wäre eine besonders kostengünstige Einsparmaßnahme, die nur mit 1,9 Cent pro Kilowattstunde zu Buche schlägt, was deutlich unter dem aktuellen Energiepreis liegt, der mit 6-8 Cent pro Kilowattstunde angenommen werden kann. Das bedeutet, dass alle Einsparmaßnahmen, die unter acht Cent pro Kilowattstunde liegen ohne weiteres als wirtschaftlich eingeschätzt werden können. Dazu gehören auch sämtliche in Abbildung 24 gezeigten Dämmmaßnahmen auf Passivhaus Niveau, wie zum Beispiel ein Wärmedämmverbundsystem mit einem U-Wert von 0,11 W/m2K, sofern ohnehin eine Sanierung der Fassade geplant ist und diese Fassade einen relativ schlechten - für den Gebäudebestand allerdings durchaus repräsentativen – U-Wert von 1,41 W/m2K aufweist. Für die Durchführung von Maßnahmen zur Senkung des Wärmebedarfes der Gebäude in Hamburg ist daher zur Erzielung bestmöglicher Wirtschaftlichkeit entscheidend, dass diese Maßnahmen möglichst an ohnehin geplante Maßnahmen gekoppelt werden, um die Zusatzkosten für die erforderliche Senkung des Wärmebedarfs zu minimieren.

4.4 Maßnahmenkatalog bis 2020

Mehrere Maßnahmen lassen sich anhand der Annahmen und Ergebnisse zu den drei untersuchten Klimaschutzszenarien ableiten. In diesem Zusammenhang weisen wir nochmals darauf hin, dass mit dem bereits sehr optimistisch angesetzten Referenzszenario eine Reduktion des Wärmebedarfs von 24% bis 2020 bzw. 51% bzw. 2050 erzielt werden kann. Angestrebt wird eine CO_2-Verminderung von 40% bzw. 80% (wobei vom Gebäudebereich indirekt sogar ein höherer Beitrag erwartet wird). Im Referenzszenario ließe sich dies nur durch eine überaus CO_2-arme Energieversorgung zu erbringen, was nicht realistisch ist (vgl. Teil 1 des Gutachtens) und letztlich bedeutet, dass im Referenzszenario die Emissionsziele verfehlt würden.
Als für die Ableitung der Maßnahmen maßgeblich unterstellen wir im Folgenden das oben beschriebene Szenario A1.

Maßnahme A: Entwickeln einer „Hamburger Methode zur Berechnung kostenoptimaler energetischer Gebäudestandards" in Anlehnung an EPBD

- Verschiedene Nutzergruppen
    - Private Eigentümer/Nutzer
    - Öffentliche Hand
    - Private Unternehmen (GHD)
    - Wohnungswirtschaft/Mieter
- Methoden: Kapitalwert, Kosten der eingesparten kWh, vollständiger Finanzplan
- Berücksichtigung verschiedener gesellschaftlicher Perspektiven
    - Einzelwirtschaftliche Perspektive
    - Gesellschaftliche Perspektive (Anwendung eines sozialen Zinssatzes nahe Null sowie Berücksichtigung externer Kosten (mindestens CO_2-Emissionen)
- Basis für Überarbeitung der KlimaschutzVO bzw. der dort geforderten Maßnahmen
- Basis der von der WK geförderten Maßnahmen

Maßnahme B: Pro-aktive Wahrnehmung der in EPBD vorgesehenen Vorbildfunktion bei öffentlichen Gebäuden

- Erarbeitung eines Leitfadens Klimaschutz-Liegenschaften (Altbau/Neubau Miete/Eigentum) – Definition des Hamburger „(Nahe-)Null-Energie-Standards".
- Energetische ABC-Analyse des Bestandes, daraus Entwicklung eines langfristigen Sanierungs- und Finanzplanes („Hamburger Plan zur Erreichung des „very low energy standards in public buildings") unter Anwendung der o. g. „Hamburger Methode zur Berechnung kosten-optimaler energetischer Gebäudestandards"

- Passivhaus-Standard für Neubauten ab 1.1.2011
- Passivhauskomponenten und entsprechende Planung Altbauten ab 1.1.2012
- Anerkennung des PHPP-Nachweises (Software zur Projektierung von Passivhäusern) als Alternative zum EnEV-Nachweis um dem Planer doppelten Aufwand zu ersparen.
- Entwicklung standardisierter Sanierungspakete zur Erreichung „kostenoptimaler Standards aus gesellschaftlicher Perspektive" für
    - Schulen
    - Verwaltungsgebäude
    - Krankenhäuser, Schwimmbäder
- Mustersanierungen mit vollständiger Dokumentation (Video, Foto) sowie vollständiger Offenlegung der (Lebenszyklus-)Kosten
- Einspar-Contracting (Intracting) via Hamburg-Energie oder GWG Gewerbe, Ziel für neue Gebäude: Warmmieten-Modell.

Maßnahme C: SAGA GWG als Klimaschutz-Leitwolf

- SAGA GWG: 130.000 Wohnungen, 1.500 Gewerbeobjekte
- Plant in den nächsten 10 Jahren 2-2,5 Mrd € in Bestands- und Quartiersentwicklung zu investieren
- 60-70 Mio. €/a für energetische Sanierung; 100 Mio. €/a Gewinnabführung an FHH
- Klimaschutz 2050-Contracting (Intracting) unter Verwendung eines Teils des ansonsten abzuführenden Gewinns; (teilweise) payback durch Einsparungen.
- Erstellung eines *langfristigen* Sanierungsplans entsprechend Maßnahme A
- Neubauten nur noch auf Passivhaus-Niveau (Wohn- und Nichtwohngebäude) (ab 1.1.2011)
- In der Sanierung anstreben von PH-San. Standard (ca. 30 kWh/m^{2}a) bzw. mindestens KfW85-Standard (ab 1.1.2012).

Maßnahme D: Etablierung einer Standard-Warmmiete

- Ziel: Schaffung von mehr Transparenz bei den Nachfragern (Mietern); kWh des Energieausweises sagen dem „Normalmieter" nichts.
- SAGA GWG übernimmt aufgrund der extrem starken Marktposition und FHH als Eigentümer die Führung
- Basis: z.B. Energieausweis
- 100%-ige Umstellung/Ergänzung (wie bei DM-€-Umstellung mit Übergangsfrist) von Kaltmiete auf/mit berechnete/r „Standard-Warmmiete", d.h. Basis z.B. mittlere Energiepreise des vorangegangenen Jahres. Jährliche Neuberechnung. Tatsächlich wird weiterhin auf Basis tatsächlicher erbrauch abgerechnet.

- Erwartung: Nachfrager werden dies akzeptieren, andere Anbieter müssen nachziehen.

Maßnahme E: Zentrale Erfassung von Energieausweisen

- Energieausweise bieten hervorragendes Mittel, um energetische Qualität (und dessen Entwicklung) des Gebäudebestandes einzuschätzen; die Ausweise sind jedoch nahezu gegenwärtig nicht zentral erfasst und sind maximal „dissipiert".
- Kauf und Miete sind Vorgänge, an denen jeweils auch Behörden der FHH involviert sind; dies bietet die Möglichkeit, Energieausweise vorlegen zu lassen.

Maßnahme F: Anpassung der der WK-Förderung

- Umsetzungskontrolle: tatsächlich erzielte Einsparung muss für Förderung maßgeblich sein.
- Finanzieller Bonus für Planer, wenn tatsächlicher Verbrauch weniger als 10-15% über geplantem Verbrauch liegt.
- nur noch WK-Förderung von Standards, die z.B. mindestens KfW85 Niveau erreichen, bzw. kompatibel zu langfristigem Klimaschutzziel sind.
- Förderung von Einzelmaßnahmen mittelfristig nur noch dann, wenn nach Einzelmaßnahme z.B. KfW85 erreicht ist oder spätere, weitere stufenweise Verbesserung auf z.B. KfW85 oder besser ausdrücklich in Planung der Einzelmaßnahme berücksichtigt wurde.
- Auch für Einzelmaßnahmengrundsätzlich Erstellung Hamburger Energiepass.
- Sammeln aller Daten aus Hamburger Energiepass in auswertbarer Datenbank.
- Deutlich stärkere Progression in Förderung.
- Förderung von Lüftungstechnik in der Sanierung ausdrücklich aufnehmen (bisher nicht!); aufgrund in der Sanierung nicht vollständig vermeidbarer Wärmebrücken ist hier Lüftung zur Reduzierung der Schimmelgefahr wichtiger als im Neubau!

Maßnahme G: Industrieallianz – Plug and Play 80+ und Handwerksalllianzen

- Passivhauskomponenten für Neubauten sind nicht für Sanierung optimiert.
- Bilden einer Allianz aus Forschung, Industrie und Handwerk (und Wohnungswirtschaft), die „PPP – Products" (Passivhaus-Plug'n'Play Products) entwickelt, einbaut, testet und optimiert; Bsp.: wärmebrückenfreie Schnittstelle Fenster-Dämmung.
- Ziel: kostengünstige, anhaltende 80%+ Einsparung nach Sanierung durch Massenproduktion und Nutzung/Einbindung des Handwerker-Know-Hows.
- Anwendung/Entwicklung in ausgewählten Demo-Projekten;

Maßnahme H: keine Solarenergie als Energieeffizienz-Blocker

- Keine ungeprüfte Installation von Solaranlagen auf unzureichend gedämmten Dächern oder Fassaden
- Vermeiden langfristiger Sanierungsstaus durch „ad-hoc"-installierte Solaranlagen

Maßnahme I: Erhöhung des Wissens über KfW-Fördermittel

- Privatunternehmen, Privatpersonen und selbst Wohnungsunternehmen haben teils erhebliche Wissenslücken in Bezug auf verfügbare KfW-Mittel, die zugrunde liegenden EnEV Vorschriften, technische Möglichkeiten sowie die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur energetischen Modernisierung.
- Keine WK-Fördermittel ohne Nachweis, über KfW-Mittel Bescheid zu wissen
- Bindung der WK-Fördermittel an Hamburger Energiepass erhöhen.

Maßnahme J: Unterstützung und Modellprojekte zu schrittweiser Sanierung

- Nichts ist überzeugender als Projekte „zum Anfassen"
- Entwickeln von Modellprojekten für die schrittweise Sanierung mit Passivhauskomponenten.
- Start mit öffentlichen Gebäuden.

Maßnahme K: Entwicklung standardisierter Maßnahmenpakete

- Entwickeln standardisierter Maßnahmenpakete für KfW85 bzw. Klimaschutz-2050 Standard
- Basis: erweiterte Hamburger Gebäudetypologie, die auch Nicht-Wohngebäude umfasst.

Maßnahme L: Kriterienkatalog Abriss oder Neubau?

- Im Klimaschutz-Szenario „Besser Sanieren" waren erhöhte Abrissraten unterstellt worden, da zahlreiche Gebäude bis 2050 ihre wirtschaftliche und technische Lebensdauer überschritten haben werden.
- Entwicklung eines Kriterienkataloges für eine objektivierte Entscheidung über „Abriss und Neubau vs. Erhalten und (energetisch) Sanieren?"
- Hintergrund: im Vergleich zu einem neuen Passivhaus muss ein sanierter Altbau in die Nähe des 3-Liter Standards saniert werden, um den durch die Sanierung eingesparten Energieeinsatz für Baumaterial nicht durch erhöhten Heizenergiebedarf überzukompensieren.

Maßnahme M: Novellierung der KlimaschutzVO

- Für Neubauten aller Art Vorgabe des Passivhaus-Niveaus; Abweichung nur in begründeten Fällen (ab 1.1.2011)
- Hintergrund: Klimaschutz-Szenario „Besser Sanieren" – „wenn schon sanieren, dann aber richtig."
- Schrittweise verschärfte, sehr langfristige Vorgabe für Sanierungs-Standards, um auch jetzt nicht unmittelbar zur Sanierung anstehende Gebäude zu erfassen.
- Kombinierte Vorgabe für CO_2 und H_T'; Beispiele aus dem von Ecofys erstellten Planungsleitfaden „100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen" [Ecofys 2009], Details wären im Hinblick auf die Hamburgischen Zielsetzungen anzupassen (zu verschärfen):
    - Neue Gebäude: Begrenzung der CO_2-Emissione für Heizung, Warmwasserbereitung und Haushaltsstrom auf max. 9 kg CO_2/m^2a (Wohnfläche)
    - Neue Gebäude: Passivhaus-Standard oder 3-Liter-Haus
    - Neue Gebäude: H'T,max = 0,32 W/m^2K (DHH, EFH)
    - Neue Gebäude: Luftdichtheit: n_{50} = max. 1,0 h^{-1} (für 3-Liter-Haus)
    - Bestandsgebäude: Begrenzung der CO2-Emissione für Heizung, Warmwasserbereitung und Haushaltsstrom auf max. 12kg CO2/m2a (Wohnfläche) im Falle A/V < 0,5
    - Bestandsgebäude: H_T',max = 0,40 W/m^2K
    - Bestandsgebäude: Berechnungen ebenfalls nach PHPP oder LEG-Verfahren

Maßnahme N: Grunddienstbarkeit solare Verschattung

- Um die langfristige Nutzung passiver (und auch aktiver) Solargewinne sicherzustellen, ist in Bebauungsplänen auf eine entsprechende Verschattungsfreiheit zu achten
- Inzwischen ist von der Rechtsprechung auch die Möglichkeit der Einräumung einer solaren Grunddienstbarkeit bejaht worden, die es dem Nachbarn untersagt, zur Verschattung geeignete Bauwerke oder Bepflanzungen auf seinem Grundstück zu errichten.

4.5 Langfristige Umsetzungsvorschläge von 2030 bis 2050

- Konsequente, zielgerichtete Ausbildung von Ingenieuren und Architekten auf das energetische Niveau von Passivhäusern, die zukünftige Gebäude bauen und sanieren werden.
- Bildungsoffensive für Bauen auf nachhaltigem Energienivau (PH level, net zero energy) als Schwerpunkt an HH Unis und Schulen aber auch in Handwerker Aus- und Weiterbildung etablieren; HH als Land hat Bildungshoheit (insbesondere im Hinblick auf 2050).
- Umstellung der Ausbildung im Handwerk, strategische Partnerschaften
- Industrieallianzen bzw. –partnerschaften, die neue Sanierungsprodukte und –systeme entwickeln (Entwicklung von Plug and Play Lösungen für die Sanierung).
- Vorbildfunktion der Stadt u.a. im Hinblick auf die Umsetzung der EPBD stark vorantreiben und langfristig planen: Öffentliche Gebäude vorbildhaft sanieren und Sanierungskonzepte für häufig vorkommende Typen bereitstellen

Referenzen

[Arbeitsgemeinschaft 2009]: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Unsere alten Häuser sind besser als ihr Ruf. Kiel 2009.

[Arrhenius 2009 (Institut für Energie- und Klimapolitik)]: Masterplan Klimaschutz für Hamburg Teil 1: Möglichkeiten zur Verringerung der CO2-Emissionen im Rahmen einer Verursacherbilanz.

[BMVBS 2008] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): CO2 Gebäudereport 2007. 2008

[BMVBS 2008 b] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): Bewertung energetischer Anforderungen im Lichte steigender Energiepreise für die EnEV und die KfW-Förderung. 2008

[Bundesverband 2006] Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V. (Hrsg.) (2006): Kalksandstein. Das Passivhaus. Hannover.

[ECEEE 2009]: EPBD Recast – Political Agreement Reached on the EPBD recast on 17 November 2009, http://www.eceee.org/buildings/EPBD_Recast/ [4. Dezember 2009]

[Ecofys 2009]: 100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen, Planungsleitfaden.

[EU Council 2009]: Council of the European Union. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) (first reading). 16082/09, Brussels, 18. November 2009.

[Europäischer Rat (2007)]: Schlussfolgerungen des Vorsitzes, 8./9. März 2007: Dokument 7224/1/07 REV 1, 2. Mai 2007. Brüssel.

[Feist 1992]: Feist, Wolfgang: Passivhäuser in Mitteleuropa. 1992

[Feist 1996]: Feist, Wolfgang: Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern. Passivhaus Bericht-Nr. 18. 1996

[Feist 2004]: Feist, Wolfgang: Konsequenzen für die Planung. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 25, Temperaturdifferenzierung in der Wohnung. 2004

[Feist u.a. 2001]: Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer: CEPHEUS-Projektinformation Nr. 16: Kostengünstiger Passivhaus-Geschosswohnungsbau in Kassel Marbachshöhe – Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. 2001

[Feist u.a. 2004]: Feist, Wolfgang; Pfluger, Rainer; Kaufmann, Berthold; Schnieders, Jürgen; Kah, Oliver: Passivhaus Projektierungs Paket 2004. Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. 2004

[HmbKliSchVo 2007]: Hamburgische Klimaschutzverordnung vom 11.12.2007, in Kraft getreten am 1.7.2008.

[IPCC 2007]: IPCC Fourth Assessment Report, Working Group III, Summary for Policymakers.

[IWU 2003]: Institut Wohnen und Umwelt, Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze. Darmstadt.

[Kühntopf u.a. 2008]: Kühntopf, Stephan; Tivig, Thusnelda: Vorausberechnung der Anzahl und Struktur privater Haushalte in Deutschland, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern bis 2030. Universität Rostock 2008.

[LBS 2005]: LBS Bausparkasse Hamburg: Metropole Hamburg - Wohnungsbau für eine wachsende Stadt. Mai 2005

[Maas 2009]: Maas, Anton: Perspektive 2012 für Wohn- und Nichtwohngebäude. Präsentation auf dem Symposium Bauen, Energie und Klima auf der BAU 2009

[Menzel 2008]: Menzel, Jochen: 4. Hamburger Konferenz für nachhaltige Entwicklung - Forum 5: nachhaltiges Bauen und Wohnen.

[Nitsch, Joachim 2008]: „Leitstudie 2008" - Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas.

[Schlomann 2004]: Schlomann, Barbara et. al: Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), 2004.

[Schnieders u.a. 2006]: Schnieders, Jürgen; Hermelink, Andreas: CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building. In: Energy Policy, 34. Jg., 2006

[Senat 2009]: Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft: Haushaltsplan 2009/2010, Einzelplan 6 Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Vorlage eines Wohnungsbauentwicklungsplanes, Drucksache 19/2995, 5. Mai 2009.

[Statistikamt Nord 2004]: statistisches Amt für Hamburg und Schleswig Holstein: Bevölkerungsvorausschätzung für Hamburg bis 2020. Statistischer Bericht A I 8 – 2004 H, 21. Oktober 2004.

[Statistisches Bundesamt 2007]: Bevölkerung Deutschlands nach Bundesländern bis 2050. Ergebnisse der 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung nach Ländern. Wiesbaden 2007

[United Nations 2007]: World Population Prospects: The 2006 Revision.

[WBGU 2003]: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Über Kioto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert, Sondergutachten 2003. Berlin.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Globale CO2-Reduktionsnotwendigkeit vs. Temperaturanstieg 10
Tabelle 2: Vergleich von Anforderungen an U-Werte [W/m^{2}K] 25
Tabelle 3: Geometrien der Wohngebäude 27
Tabelle 4: Geometrien der Nichtwohngebäude 27
Tabelle 5: Zuordnung von Wohngebäuden zu Referenzgebäuden. 28
Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren NGF 29
Tabelle 7: Zuordnung von Nichtwohngebäuden zu Referenzgebäuden. 29
Tabelle 8: Flächenverteilung Wohngebäude 29
Tabelle 9: Flächenverteilung Nichtwohngebäude 29
Tabelle 10: ARGE-Benchmark Klassen für Nichtwohngebäude 30
Tabelle 11: Spezifische Heizwärmebedarfe Wohngebäude 30
Tabelle 12: Spezifische Heizwärmebedarfe Nichtwohngebäude 31
Tabelle 13: Flächenentwicklung bis 2050 33
Tabelle 14: U-Werte für Neubauten 34
Tabelle 15: U-Werte der geförderten Sanierungen im Referenzszenario 36
Tabelle 16: Abriss-, Sanierungs- und Neubauraten sowie Anteil der "Denkmäler" 37
Tabelle 17: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (inkl. Warmwasser) im Referenzszenario 38
Tabelle 18: U-Werte, Sanierungsraten und Wärmerückgewinnung im Klimaschutzszenario 41
Tabelle 19: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. Warmwasser) im Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren 42
Tabelle 20: Übersicht über recherchierte Quellen für Gebäudedaten 65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Heizwärme- und Warmwasserbedarfe in den Szenarien 7
Abbildung 2: Globale Treibhausgaskonzentration und Temperaturerhöhung 10
Abbildung 3: Aktuell zu erwartende Temperaturerhöhung 11
Abbildung 4: Entwicklungspfade für CO2-Emissionen 11
Abbildung 5. Referenzbau- und –anlagentechnik für Wohngebäude 2009 [Maas 2009] 20
Abbildung 6: Mögliche Referenzbau- und –anlagentechnik für Wohngebäude 2012 [Maas 2009] 21
Abbildung 7. Referenzbau- und –anlagentechnik für Nicht-Wohngebäude 2009 [Maas 2009] 22
Abbildung 8. Mögliche Referenzbau- und –anlagentechnik für Nicht-Wohngebäude 2012 [Maas 2009] 22
Abbildung 9: Aufbau des Referenzszenarios 26
Abbildung 10: Struktur des BEAM-Modells 32
Abbildung 11: Entwicklung der Neubaustandards 35
Abbildung 12: Entwicklung der Sanierungsstandards im Referenzszenario 36
Abbildung 13: Aufteilung der Sanierungsraten im Referenzszenario 37
Abbildung 14: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. WW) nach Referenzgebäuden im Referenzszenario 39
Abbildung 15: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. WW) nach Baualtersklassen im Referenzszenario 39
Abbildung 16: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. Ww) nach Referenzgebäuden im Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren 42
Abbildung 17: Entwicklung der Heizwärmebedarfe (incl. Ww) nach Baualtersklassen im Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren 43
Abbildung 18: Entwicklung der Heizwärme- und Warmwasserbedarfe in den Szenarien 44
Abbildung 19: Prozentuale Entwicklung der Heizwärmebedarfe in den Szenarien 44
Abbildung 20: Relative Differenzen alternativer Szenarien zum Klimaschutzszenario A1 im Jahr 2020 45
Abbildung 21: Relative Differenzen alternativer Szenarien zum Klimaschutzszenario A1 im Jahr 2050 45
Abbildung 22: Energieverbrauchs-Kennwert für Raumwärme, CO2 Gebäudereport [BMVBS 2008] 47
Abbildung 23: Spezifische Transmissionswärmeverluste verschiedener energetischer Standards 48
Abbildung 24: Kosten der eingesparten kWh inkl. USt 51

Anhang A: Überblick zur Datenrecherche

Die Spalte „Bereich" gibt Aufschluss darüber, für welchen Gebäudetyp die Daten relevant sind. Die Spalte „Bezeichnung/Inhalt" gibt den Namen bzw. im Falle von Datenbanken die Hauptinhalte der Datensammlung wieder. In der Spalte „Ziel-Attribut" sind einzelne Attribute der Datensammlungen gelistet, welche voraussichtlich entscheidend für die weitere Arbeit mit den Daten in tiefer gehenden Analysen, wie zum Beispiel die Erstellung einer Gebäudetypologie, sind. Angaben zum Format und zur möglichen Verwendung der Daten geben einen Eindruck von der technischen und inhaltlichen Verwendungsart der Daten. Im Rahmen der telefonischen Recherche wurden Hintergrundinformationen zu den Datenquellen von verschiedenen Mitarbeitern erfragt. Hieraus ergeben sich u. U. Doppeltnennungen einzelner Quellen in verschiedenen Kontexten.

1	**Bereich**	**Bezeichnung / Inhalt**	**Ziel –Attribut**	**Daten-bank /-format**
2	GHD	Öffentliche Gebäude: Energiedaten zu einem Teil der Öff. Gebäude	Gebäudeadresse, Verbrauchswert	HEISS Datenbank
3	GHD, Industrie	KWK Studie zum Potenziale in Hamburg	Aktuelle und geplant KWK-Anlagenadresse, Lage und Planung Fernwärmenetz	Studie
4	GHD, Industrie	Förderstatistik	Adresse und Art geförderter Energieeffizienzmaßnahmen	Datenbank / Studie (?)
5	GHD, Industrie	KWK Anlagen (unvollständige Zusammenstellung)	Adressen, Leistung der KWK Anlagen	Datenbank / Studie (?)
6	GHD, Industrie	Emissionskataster: Div. Emissionsdaten zu genehmigungs-bedürftigen Anlagen (CO2 leider eher schwach)	Adressen, Emissionswert, Anlagenart	Datenbank
9	GHD, Industrie	ARGE Benchmark: Deutschlandweite Untersuchung zu nicht Wohngebäudetypen, Erweiterter Bauwerkszuordnungskatalog	Adressen und Verbrauch von Beispielanlagen in Hamburg	Elektronisch
11	GHD, Industrie	Energieversorgungsuntermehmen kontaktiert über Arhenius (Vattenfall, Eon)[1]	Adressen, Verbrauchswerte, Versorgungsnetz	Elektronisch
12	GHD, Industrie	Statistik-Nord : Destatis Fachserie 5 Reihe 1: Bautätigkeit (pro Jahr): Wohn- und Nichtwohngebäude	Gebietstypische Neubauraten	Studie / elektronisch
13	Übergreifend	Energiebilanz: Energieströme nach Verarbeitungsstufen und Sektoren	Energiebedarf / Umsatz, Nutzung, Sektor, Raumbezug (Stadtteil, Adresse o.ä.)	Elektronisch
14	Übergreifend	CO2 Bilanz: Verursacher und Quellenbilanz	Energiebedarf / Umsatz, Nutzung, Sektor Raumbezug (Stadtteil, Adresse o.ä.)	Elektronisch
15	Übergreifend	Förderstatistik erneuerbare Energien (Förderfälle weitestgehend anonymisiert)	Adresse und Art geförderter Energieeffizienzmaßnahmen	Datenbank
16	Übergreifend	Musterquartier Loksted: Energetischer Zustand von 900 WE (per Begehung)	Energiebedarf	Elektronisch
17	Übergreifend	Förderstatistik WK	Förderung der letzten Jahre Neubau und Modernisierung	Elektronisch
18	Übergreifend	Digitale Standgrundkarte 1:1000	Flurstücke mit Attributen: Nutzung, Baublock, Fläche (Brutto/Netto) (u.a.) Liegenschaften mit Attributen: Geschosszahl, Fläche, Adresse	Elektronisch

[1] Nach telephonischer Auskunft sind die Versorgungsunternehmen und Netzbetreiber EOn Hanse und Vattenfall nur begrenzt kooperationswillig.

19	Übergreifend	Statisitk-Nord (Stadteile, Wohngebäude, Demographie)	z.B. Stadteilspezifische Attribute zur Bebauung, Einwohnerzahl	Elektronisch
20	Übergreifend	Wärmeversorgung (ISTA)	Adresse (anonymisiert), Verbrauch	Elektronisch
21	Übergreifend	Wärmeversorgung (Vattenfall über Arrhenius)	Adresse (anonymisiert), Verbrauch	Elektronisch
22	Übergreifend	Hamburger Energiepass (BSU)	U-Werte der Gebäudehülle, Gebäudehülle, Adresse	Elektronisch
23	Übergreifend	Luftbilder (optische Information Gebäude)	Dachflächenvermessung in Beispielgebieten, optische Typisierung	Elektronisch
24	Verkehr	DTVw Werte: Pegel vielbefahrener Straßen	Adresse, Emission, ggf. indirekt Nutzungsintensität	Elektronisch
25	Verkehr	MID Mobilitätsverhalten in HH, letzter Stand 2002, neue Erhebung läuft aktuell bis Ende des Jahres	Adresse, Emission, ggf. indirekt Nutzungsintensität	Elektronisch
26	Verkehr	Geschäftsberichte HVV: Verkehrsbewegungen im ÖPNV	Verkehrsbewegungen im ÖPNV: Adresse, Emission, ggf. indirekt Nutzungsintensität	Elektronisch
27	Wohnungen & private Haushalte	Hamburger Gebäudetypologie: stichprobenhafte Erhebung der Hamburger Wohngebäude	Gebäudeattribute (Nutzung, Fläche etc.), Typ, Adresse	Elektronisch
28	Wohnungen & private Haushalte	Mietenspiegel: energetischer Zustand als Teil des Mietenspiegels (Datensammlung läuft aktuell)	Gebiet, energetischer Zustand	Elektronisch
29	Wohnungen & private Haushalte	Microzensus: Destatis Fachserie 5 / Heft 1 (Nur Wohngebäude)	Baujahr, Beheizungsart, Anzahl WE pro Gebäude	Elektronisch
30	Wohnungen & private Haushalte	Energiebilanzen (Flottenbilanz) (VNW): Verteilung, Anzahl, Größe Gebäude Statistik	Gebäudeattribute (Fläche etc.), Typ, Adresse	Elektronisch
31	Wohnungen & private Haushalte	Energieausweisdaten (Privatgrund): Verteilung, Anzahl, Größe Gebäude Statistik	Gebäudeattribute (Fläche etc.), Typ, Adresse	Elektronisch
32	Wohnungen & private Haushalte	Liegenschafts- und Verbrauchsdaten (SAGA-GWG)	Anzahl, Größe, statistische Gebäudeeigenschaften, Adressen	Elektronisch

33	Wohnungen & private Haushalte	Wohnungsunternehmen, via Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V. Referat Technik und Energie: Wohngebäude Gesamtverbrauch eines Jahres, differenziert nach Energieträgern und Verbrauche mit und ohne Warmwasser	Adressen, Bedarfswerte	Elektronisch
34	Wohnungen & private Haushalte	Sanierungsstand (ISTA)	Gebiete, ggf. Adressen, Sanierungsstand	Elektronisch
35	Wohnungen & private Haushalte	Sanierungsstand(Techem Bericht): Verbrauchsentwicklung	Gebiete, ggf. Adressen, Sanierungsstand	Elektronisch

Tabelle 20: Übersicht über recherchierte Quellen für Gebäudedaten

Anhang B: Details zu Basis- und Klimaschutzszenarien

Das Referenzszenario

Wohn- und Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	3.241.054	3.185.888	3.130.480	3.074.827	3.018.930	2.962.787	2.906.397	2.819.412	2.732.367	2.645.261	2.558.094	2.470.866	2.383.577	2.296.226	2.241.674	2.200.685	2.159.666	2.118.619	2.077.544	2.043.687	2.009.807	1.975.902
Mehrfamilienhaus klein	2.090.493	2.058.352	2.026.070	1.993.646	1.961.079	1.928.369	1.895.515	1.842.197	1.788.842	1.735.450	1.682.020	1.628.553	1.575.049	1.522.175	1.496.748	1.471.303	1.445.841	1.420.360	1.394.862	1.371.954	1.349.030	1.326.091
Mehrfamilienhaus groß	3.257.763	3.210.674	3.163.378	3.115.874	3.068.160	3.020.237	2.972.103	2.891.880	2.811.600	2.731.265	2.650.873	2.570.425	2.489.920	2.409.359	2.348.557	2.309.097	2.269.611	2.230.096	2.190.554	2.153.863	2.117.145	2.080.402
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	222.394	221.531	220.663	219.790	218.913	218.031	217.145	213.973	210.801	207.630	204.458	201.286	198.114	194.942	191.770	188.599	185.427	182.255	179.083	175.911	172.740	169.568
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000	1.308.844	1.304.608	1.300.351	1.296.071	1.291.769	1.287.444	1.283.097	1.265.424	1.247.751	1.230.078	1.212.405	1.194.732	1.177.059	1.159.386	1.141.713	1.124.040	1.106.367	1.088.694	1.071.021	1.053.348	1.035.675	1.018.002
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	4.948.252	4.935.547	4.922.776	4.909.938	4.897.033	4.884.061	4.871.022	4.803.547	4.736.073	4.668.598	4.601.124	4.533.649	4.466.175	4.398.700	4.331.226	4.263.751	4.196.276	4.128.802	4.061.327	3.993.853	3.926.378	3.858.904
Summe	15.068.801	14.916.601	14.763.717	14.610.146	14.455.884	14.300.930	14.145.279	13.836.434	13.527.435	13.218.282	12.908.974	12.599.511	12.289.894	11.980.789	11.751.688	11.557.475	11.363.188	11.168.827	10.974.391	10.792.616	10.610.775	10.428.869

Wohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	4.422.460	4.164.715	3.905.836	3.645.818	3.384.656	3.122.345	2.858.880	2.548.288	2.237.478	1.926.451	1.615.206	1.303.743	992.062	681.963	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724
bis 1978 saniert	2.367.153	2.459.469	2.552.190	2.645.320	2.738.860	2.832.811	2.927.176	2.996.594	3.066.060	3.135.575	3.205.139	3.274.751	3.344.412	3.413.289	3.379.308	3.299.098	3.218.832	3.138.510	3.058.132	2.999.518	2.940.863	2.882.166
1979-1995 nicht saniert	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.934	1.074.453	1.022.712	948.168	873.571	798.923	724.222	668.486	612.711	556.897
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181	19.611	47.706	75.821	103.956	132.110	153.170	174.245	195.334
ab 1996 nicht saniert	724.763	755.796	786.966	818.274	849.719	881.302	913.025	933.674	954.338	975.016	995.709	1.016.416	1.037.137	1.057.874	1.078.624	1.099.389	1.120.169	1.140.963	1.161.772	1.143.246	1.124.707	1.106.155
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.361	36.734	55.120
Summe	8.589.310	8.454.915	8.319.928	8.184.347	8.048.170	7.911.393	7.774.015	7.553.489	7.332.810	7.111.976	6.890.987	6.669.844	6.448.546	6.227.760	6.086.979	5.981.085	5.875.118	5.769.076	5.662.960	5.569.504	5.475.982	5.382.395

Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	3.094.102	3.017.243	2.939.984	2.862.324	2.784.260	2.705.790	2.626.911	2.503.290	2.379.668	2.256.047	2.132.425	2.008.803	1.885.182	1.761.560	1.637.939	1.514.317	1.390.696	1.267.074	1.143.452	1.019.831	896.209	772.588
bis 1978 saniert	1.371.645	1.401.387	1.431.285	1.461.338	1.491.547	1.521.913	1.552.437	1.572.950	1.593.463	1.613.976	1.634.489	1.655.002	1.675.515	1.696.027	1.716.540	1.737.053	1.757.566	1.778.079	1.798.592	1.819.105	1.839.618	1.860.131
1979-1995 nicht saniert	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524	805.524
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ab 1996 nicht saniert	1.208.220	1.237.532	1.266.996	1.296.613	1.326.384	1.356.310	1.386.392	1.401.181	1.415.970	1.430.760	1.445.549	1.460.338	1.475.127	1.489.917	1.504.706	1.519.495	1.534.284	1.549.074	1.563.863	1.578.652	1.593.442	1.608.231
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6.479.491	6.461.686	6.443.789	6.425.799	6.407.715	6.389.537	6.371.264	6.282.945	6.194.626	6.106.306	6.017.987	5.929.667	5.841.348	5.753.029	5.664.709	5.576.390	5.488.070	5.399.751	5.311.432	5.223.112	5.134.793	5.046.473

Wohn- und Nichtwohngebäude

Beheizte Flächen [1.000 m²]	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	16.614	16.687	16.761	16.835	16.909	16.983	17.058	17.070	17.082	17.094	17.106	17.118	17.130	17.142	17.154	17.166	17.178	17.190	17.202	17.214	17.226	17.238
Mehrfamilienhaus klein	17.214	17.290	17.366	17.443	17.519	17.596	17.674	17.686	17.699	17.711	17.723	17.736	17.748	17.761	17.773	17.785	17.798	17.810	17.823	17.835	17.848	17.860
Mehrfamilienhaus groß	29.941	30.073	30.205	30.338	30.471	30.606	30.740	30.762	30.783	30.805	30.826	30.848	30.870	30.891	30.913	30.934	30.956	30.978	30.999	31.021	31.043	31.065
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	1.597	1.605	1.613	1.622	1.630	1.639	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
m²)	10.232	10.285	10.339	10.392	10.447	10.501	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	48.977	49.232	49.488	49.745	50.004	50.264	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
Summe	124.575	125.172	125.772	126.374	126.980	127.588	128.199	128.245	128.291	128.337	128.383	128.429	128.475	128.521	128.567	128.613	128.659	128.705	128.752	128.798	128.844	128.890

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
1.941.975	1.908.023	1.874.048	1.840.048	1.806.025	1.771.979	1.737.908	1.703.814	1.669.695	1.656.080	1.642.456	1.628.821	1.615.178	1.601.524	1.587.862	1.574.189	1.560.507	1.546.816	1.533.115	1.519.404
1.303.135	1.280.163	1.257.175	1.234.171	1.211.150	1.188.114	1.165.062	1.141.993	1.118.908	1.109.268	1.099.620	1.089.966	1.080.306	1.070.638	1.060.964	1.051.283	1.041.595	1.031.900	1.022.199	1.012.491
2.043.634	2.006.839	1.970.019	1.933.173	1.896.302	1.859.404	1.822.481	1.785.531	1.748.556	1.732.948	1.717.328	1.701.697	1.686.055	1.670.403	1.654.739	1.639.065	1.623.379	1.607.683	1.591.975	1.576.257
166.396	163.224	160.052	156.880	153.709	150.537	148.602	146.978	145.353	143.989	142.624	141.259	139.894	138.529	137.165	135.800	134.435	133.070	131.705	130.340
1.000.329	982.656	964.983	947.310	929.637	911.964	894.291	876.618	859.283	850.953	842.623	834.293	825.963	817.633	809.303	800.973	792.643	784.313	775.983	767.653
3.791.429	3.723.954	3.656.480	3.617.611	3.579.732	3.541.852	3.503.973	3.466.093	3.428.214	3.395.556	3.362.898	3.330.239	3.297.581	3.264.923	3.232.265	3.199.606	3.166.948	3.134.290	3.101.632	3.068.974
10.246.897	10.064.860	9.882.757	9.729.194	9.576.555	9.423.850	9.272.316	9.121.027	8.970.010	8.888.793	8.807.548	8.726.276	8.644.977	8.563.651	8.482.297	8.400.916	8.319.508	8.238.072	8.156.609	8.075.119

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724	586.724
2.823.429	2.764.650	2.705.830	2.646.969	2.588.067	2.529.124	2.470.139	2.411.113	2.352.046	2.306.714	2.261.350	2.215.954	2.170.526	2.125.066	2.079.575	2.034.052	1.988.497	1.942.910	1.897.291	1.851.641
501.043	445.151	389.220	333.249	277.240	221.191	165.103	108.975	52.809	48.950	45.088	41.224	37.357	33.487	29.615	25.740	21.862	17.981	14.098	10.212
216.438	237.557	258.691	279.839	301.003	322.181	343.374	364.581	385.804	387.262	388.721	390.181	391.642	393.104	394.568	396.032	397.497	398.963	400.431	401.899
1.087.589	1.069.011	1.050.420	1.031.816	1.013.199	994.569	975.925	957.269	938.600	927.519	916.431	905.335	894.231	883.120	872.000	860.873	849.738	838.596	827.445	816.287
73.520	91.932	110.357	128.795	147.245	165.709	184.186	202.675	221.178	241.127	261.090	281.068	301.059	321.064	341.083	361.116	381.164	401.225	421.300	441.390
5.288.743	5.195.025	5.101.242	5.007.392	4.913.477	4.819.497	4.725.450	4.631.338	4.537.160	4.498.295	4.459.404	4.420.485	4.381.539	4.342.566	4.303.565	4.264.537	4.225.482	4.186.399	4.147.289	4.108.152

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
648.966	525.344	401.723	369.774	340.995	312.216	286.907	262.469	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092	239.092
1.880.644	1.901.157	1.921.670	1.908.864	1.894.906	1.880.948	1.865.693	1.850.112	1.834.073	1.809.076	1.784.080	1.759.084	1.734.088	1.709.091	1.684.095	1.659.099	1.634.103	1.609.106	1.584.110	1.559.114
805.524	805.524	805.524	789.276	772.465	755.655	738.158	720.490	702.587	686.260	669.933	653.606	637.278	620.951	604.624	588.296	571.969	555.642	539.314	522.987
0	0	0	3.925	7.985	12.045	16.266	20.528	24.845	28.774	32.704	36.633	40.563	44.492	48.422	52.351	56.281	60.210	64.140	68.069
1.623.020	1.637.809	1.652.599	1.643.537	1.633.650	1.623.764	1.613.310	1.602.714	1.591.999	1.578.040	1.564.082	1.550.123	1.536.165	1.522.207	1.508.248	1.494.290	1.480.331	1.466.373	1.452.414	1.438.456
0	0	0	6.427	13.076	19.725	26.531	33.377	40.254	49.254	58.253	67.253	76.252	85.252	94.251	103.251	112.250	121.250	130.250	139.249
4.958.154	4.869.835	4.781.515	4.721.802	4.663.078	4.604.353	4.546.866	4.489.689	4.432.850	4.390.497	4.348.144	4.305.791	4.263.438	4.221.085	4.178.732	4.136.379	4.094.026	4.051.673	4.009.320	3.966.967

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
17.250	17.262	17.274	17.286	17.298	17.310	17.322	17.335	17.347	17.359	17.371	17.383	17.395	17.407	17.420	17.432	17.444	17.456	17.468	17.481
17.873	17.885	17.898	17.910	17.923	17.935	17.948	17.961	17.973	17.986	17.998	18.011	18.024	18.036	18.049	18.061	18.074	18.087	18.099	18.112
31.086	31.108	31.130	31.152	31.173	31.195	31.217	31.239	31.261	31.283	31.305	31.326	31.348	31.370	31.392	31.414	31.436	31.458	31.480	31.502
1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
128.937	128.983	129.029	129.076	129.122	129.169	129.215	129.262	129.308	129.355	129.402	129.448	129.495	129.542	129.588	129.635	129.682	129.729	129.776	129.823

Das Klimaschutzszenario A1 – Besser sanieren

Wohn- und Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	3.274.126	3.208.475	3.142.536	3.076.306	3.009.785	2.942.971	2.875.864	2.774.805	2.673.675	2.572.475	2.471.204	2.369.862	2.268.449	2.166.965	2.099.224	2.045.432	1.991.602	1.937.734	1.883.828	1.837.343	1.790.826	1.744.276
Mehrfamilienhaus klein	2.110.135	2.071.086	2.031.865	1.992.471	1.952.904	1.913.163	1.873.247	1.810.296	1.747.301	1.684.262	1.621.179	1.558.051	1.494.880	1.432.351	1.398.061	1.363.748	1.329.410	1.295.048	1.260.663	1.228.937	1.197.189	1.165.419
Mehrfamilienhaus groß	3.284.678	3.226.373	3.167.811	3.108.992	3.049.914	2.990.576	2.930.977	2.835.285	2.739.526	2.643.700	2.547.807	2.451.847	2.355.819	2.259.725	2.183.953	2.130.136	2.076.281	2.022.388	1.968.458	1.917.452	1.866.410	1.815.332
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	215.110	214.089	213.062	212.030	210.992	209.949	208.901	205.384	201.868	198.351	194.834	191.318	187.801	184.284	180.768	177.251	173.734	170.218	166.701	163.184	159.668	156.151
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000	1.268.172	1.262.918	1.257.636	1.252.327	1.246.991	1.241.626	1.236.234	1.216.348	1.196.462	1.176.576	1.156.690	1.136.803	1.116.917	1.097.031	1.077.145	1.057.259	1.037.373	1.017.487	997.601	977.715	957.829	937.943
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	4.823.773	4.806.784	4.789.706	4.772.539	4.755.284	4.737.938	4.720.502	4.643.186	4.565.869	4.488.552	4.411.235	4.333.919	4.256.602	4.179.285	4.101.968	4.024.652	3.947.335	3.870.018	3.792.702	3.715.385	3.638.068	3.560.751
Summe	14.975.994	14.789.724	14.602.616	14.414.666	14.225.870	14.036.225	13.845.726	13.485.304	13.124.701	12.763.916	12.402.949	12.041.800	11.680.469	11.319.642	11.041.120	10.798.477	10.555.735	10.312.893	10.069.952	9.840.016	9.609.989	9.379.871

Wohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	4.550.951	4.285.718	4.019.318	3.751.745	3.482.995	3.213.063	2.941.942	2.622.326	2.302.486	1.982.422	1.662.134	1.341.622	1.020.885	701.777	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770
bis 1978 saniert	2.274.987	2.346.587	2.418.502	2.490.734	2.563.283	2.636.151	2.709.340	2.751.304	2.793.296	2.835.319	2.877.370	2.919.451	2.961.562	3.002.922	2.946.576	2.846.368	2.746.090	2.645.742	2.545.324	2.472.001	2.398.626	2.325.201
1979-1995 nicht saniert	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.106.166	1.105.671	1.052.426	975.716	898.952	822.135	745.263	687.908	630.513	573.077
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	11.866	28.808	45.763	62.729	79.707	92.375	105.052	117.738
ab 1996 nicht saniert	736.834	767.463	798.226	829.125	860.160	891.332	922.640	940.591	958.555	976.531	994.520	1.012.521	1.030.535	1.048.562	1.066.601	1.084.653	1.102.717	1.120.794	1.138.884	1.116.494	1.094.087	1.071.666
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.184	22.375	33.575
Summe	8.668.938	8.505.934	8.342.212	8.177.769	8.012.603	7.846.711	7.680.088	7.420.387	7.160.503	6.900.437	6.640.190	6.379.760	6.119.148	5.859.041	5.681.239	5.539.315	5.397.293	5.255.170	5.112.949	4.983.732	4.854.424	4.725.026

Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	3.015.442	2.940.523	2.865.214	2.789.513	2.713.419	2.636.929	2.560.042	2.439.540	2.319.038	2.198.536	2.078.034	1.957.532	1.837.030	1.716.528	1.596.027	1.475.525	1.355.023	1.234.521	1.114.019	993.517	873.015	752.513
bis 1978 saniert	1.293.423	1.314.797	1.336.282	1.357.879	1.379.589	1.401.411	1.423.347	1.431.532	1.439.718	1.447.904	1.456.090	1.464.276	1.472.462	1.480.647	1.488.833	1.497.019	1.505.205	1.513.391	1.521.577	1.529.762	1.537.948	1.546.134
1979-1995 nicht saniert	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522	793.522
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ab 1996 nicht saniert	1.204.668	1.234.948	1.265.386	1.295.982	1.326.737	1.357.651	1.388.727	1.400.324	1.411.920	1.423.517	1.435.113	1.446.710	1.458.306	1.469.903	1.481.500	1.493.096	1.504.693	1.516.289	1.527.886	1.539.483	1.551.079	1.562.676
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6.307.055	6.283.790	6.260.404	6.236.896	6.213.267	6.189.514	6.165.637	6.064.918	5.964.198	5.863.479	5.762.759	5.662.040	5.561.320	5.460.601	5.359.881	5.259.162	5.158.442	5.057.723	4.957.003	4.856.284	4.755.564	4.654.845

Wohn- und Nichtwohngebäude

Beheizte Flächen [1.000 m²]	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	16.614	16.687	16.761	16.835	16.909	16.983	17.058	17.070	17.082	17.094	17.106	17.118	17.130	17.142	17.154	17.166	17.178	17.190	17.202	17.214	17.226	17.238
Mehrfamilienhaus klein	17.214	17.290	17.366	17.443	17.519	17.596	17.674	17.686	17.699	17.711	17.723	17.736	17.748	17.761	17.773	17.785	17.798	17.810	17.823	17.835	17.848	17.860
Mehrfamilienhaus groß	29.941	30.073	30.205	30.338	30.471	30.606	30.740	30.762	30.783	30.805	30.826	30.848	30.870	30.891	30.913	30.934	30.956	30.978	30.999	31.021	31.043	31.065
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	1.597	1.605	1.613	1.622	1.630	1.639	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
m²)	10.232	10.285	10.339	10.392	10.447	10.501	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	48.977	49.232	49.488	49.745	50.004	50.264	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
Summe	124.575	125.172	125.772	126.374	126.980	127.588	128.199	128.245	128.291	128.337	128.383	128.429	128.475	128.521	128.567	128.613	128.659	128.705	128.752	128.798	128.844	128.890

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
1.697.693	1.651.078	1.604.430	1.557.749	1.511.036	1.464.290	1.417.512	1.370.700	1.323.856	1.308.996	1.294.126	1.279.246	1.264.355	1.249.453	1.234.542	1.219.619	1.204.687	1.189.744	1.174.790	1.159.826
1.133.626	1.101.812	1.069.975	1.038.115	1.006.234	974.330	942.404	910.455	878.484	867.797	857.101	846.399	835.688	824.971	814.246	803.513	792.773	782.025	771.270	760.507
1.764.219	1.713.069	1.661.884	1.610.663	1.559.407	1.508.114	1.456.786	1.405.421	1.354.021	1.336.782	1.319.532	1.302.270	1.284.995	1.267.708	1.250.410	1.233.099	1.215.776	1.198.441	1.181.093	1.163.734
152.634	149.118	145.601	142.084	138.568	135.051	132.712	130.668	128.624	126.954	125.284	123.614	121.944	120.274	118.604	116.935	115.265	113.595	111.925	110.255
918.056	898.170	878.284	858.398	838.512	818.626	798.740	778.854	759.290	749.072	738.855	728.638	718.421	708.203	697.986	687.769	677.552	667.335	657.117	646.900
3.483.435	3.406.118	3.328.801	3.278.708	3.229.556	3.180.404	3.131.252	3.082.100	3.032.947	2.992.035	2.951.123	2.910.211	2.869.299	2.828.387	2.787.475	2.746.563	2.705.651	2.664.739	2.623.827	2.582.915
9.149.663	8.919.364	8.688.975	8.485.718	8.283.312	8.080.815	7.879.404	7.678.198	7.477.222	7.381.637	7.286.022	7.190.377	7.094.702	6.998.997	6.903.263	6.807.498	6.711.703	6.615.878	6.520.022	6.424.137

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770	603.770
2.251.724	2.178.195	2.104.615	2.030.984	1.957.301	1.883.566	1.809.780	1.735.942	1.662.053	1.617.086	1.572.087	1.527.057	1.481.995	1.436.902	1.391.777	1.346.621	1.301.433	1.256.213	1.210.962	1.165.679
515.601	458.085	400.528	342.932	285.295	227.617	169.900	112.142	54.343	50.372	46.398	42.422	38.442	34.460	30.475	26.488	22.497	18.504	14.508	10.509
130.433	143.136	155.849	168.570	181.300	194.039	206.787	219.544	232.310	233.187	234.065	234.943	235.822	236.702	237.582	238.462	239.344	240.226	241.108	241.992
1.049.228	1.026.775	1.004.306	981.821	959.321	936.805	914.273	891.725	869.161	855.641	842.111	828.571	815.022	801.463	787.895	774.318	760.731	747.134	733.528	719.913
44.782	55.997	67.220	78.451	89.690	100.937	112.191	123.453	134.724	153.520	172.329	191.151	209.987	228.835	247.697	266.572	285.460	304.362	323.277	342.205
4.595.538	4.465.959	4.336.289	4.206.528	4.076.677	3.946.734	3.816.701	3.686.577	3.556.361	3.513.575	3.470.760	3.427.914	3.385.038	3.342.133	3.299.197	3.256.231	3.213.235	3.170.209	3.127.153	3.084.067

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
632.011	511.509	391.008	359.971	332.027	304.084	279.503	255.765	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058	233.058
1.554.320	1.562.506	1.570.691	1.552.199	1.532.784	1.513.370	1.492.862	1.472.081	1.450.900	1.424.227	1.397.555	1.370.882	1.344.209	1.317.536	1.290.863	1.264.191	1.237.518	1.210.845	1.184.172	1.157.499
793.522	793.522	793.522	777.493	760.911	744.328	727.074	709.652	692.000	675.919	659.838	643.757	627.675	611.594	595.513	579.431	563.350	547.269	531.188	515.106
0	0	0	1.550	3.154	4.758	6.431	8.121	9.834	11.406	12.977	14.548	16.119	17.690	19.261	20.833	22.404	23.975	25.546	27.117
1.574.272	1.585.869	1.597.465	1.585.438	1.572.594	1.559.749	1.546.347	1.532.806	1.519.147	1.501.908	1.484.669	1.467.430	1.450.191	1.432.953	1.415.714	1.398.475	1.381.236	1.363.997	1.346.759	1.329.520
0	0	0	2.539	5.165	7.792	10.486	13.196	15.920	21.543	27.166	32.788	38.411	44.033	49.656	55.278	60.901	66.524	72.146	77.769
4.554.125	4.453.406	4.352.686	4.279.190	4.206.635	4.134.081	4.062.703	3.991.621	3.920.861	3.868.061	3.815.262	3.762.463	3.709.664	3.656.865	3.604.066	3.551.267	3.498.467	3.445.668	3.392.869	3.340.070

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
17.250	17.262	17.274	17.286	17.298	17.310	17.322	17.335	17.347	17.359	17.371	17.383	17.395	17.407	17.420	17.432	17.444	17.456	17.468	17.481
17.873	17.885	17.898	17.910	17.923	17.935	17.948	17.961	17.973	17.986	17.998	18.011	18.024	18.036	18.049	18.061	18.074	18.087	18.099	18.112
31.086	31.108	31.130	31.152	31.173	31.195	31.217	31.239	31.261	31.283	31.305	31.326	31.348	31.370	31.392	31.414	31.436	31.458	31.480	31.502
1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
128.937	128.983	129.029	129.076	129.122	129.169	129.215	129.262	129.308	129.355	129.402	129.448	129.495	129.542	129.588	129.635	129.682	129.729	129.776	129.823

Das Klimaschutzszenario V1 – Top sanieren

Wohn- und Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	3.226.023	3.144.195	3.062.007	2.979.457	2.896.545	2.813.267	2.729.623	2.617.256	2.504.811	2.392.287	2.279.684	2.167.003	2.054.242	1.941.403	1.863.183	1.799.269	1.735.311	1.671.309	1.607.261	1.550.822	1.494.343	1.437.825
Mehrfamilienhaus klein	2.077.442	2.028.737	1.979.817	1.930.682	1.881.331	1.831.763	1.781.977	1.712.473	1.642.922	1.573.321	1.503.672	1.433.974	1.364.227	1.295.136	1.255.020	1.214.875	1.174.702	1.134.501	1.094.272	1.056.769	1.019.239	981.684
Mehrfamilienhaus groß	3.234.435	3.161.666	3.088.576	3.015.165	2.941.431	2.867.373	2.792.988	2.687.992	2.582.922	2.477.779	2.372.562	2.267.272	2.161.908	2.056.470	1.971.882	1.909.817	1.847.708	1.785.556	1.723.361	1.664.161	1.604.920	1.545.637
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	216.448	215.009	213.563	212.109	210.648	209.178	207.702	203.740	199.779	195.818	191.857	187.896	183.935	179.973	176.012	172.051	168.090	164.129	160.168	156.206	152.245	148.284
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000	1.276.636	1.269.141	1.261.608	1.254.035	1.246.423	1.238.771	1.231.079	1.208.756	1.186.432	1.164.108	1.141.784	1.119.460	1.097.136	1.074.812	1.052.489	1.030.165	1.007.841	985.517	963.193	940.869	918.545	896.222
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	4.850.974	4.826.089	4.801.074	4.775.929	4.750.654	4.725.247	4.699.708	4.613.093	4.526.479	4.439.864	4.353.250	4.266.635	4.180.021	4.093.406	4.006.792	3.920.177	3.833.563	3.746.948	3.660.334	3.573.719	3.487.105	3.400.490
Summe	14.881.959	14.644.837	14.406.645	14.167.378	13.927.031	13.685.599	13.443.077	13.043.311	12.643.345	12.243.178	11.842.809	11.442.240	11.041.469	10.641.201	10.325.377	10.046.354	9.767.215	9.487.960	9.208.588	8.942.547	8.676.398	8.410.142

Wohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	4.628.521	4.358.765	4.087.822	3.815.688	3.542.356	3.267.821	2.992.078	2.667.012	2.341.719	2.016.198	1.690.449	1.364.472	1.038.267	713.717	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065
bis 1978 saniert	2.124.381	2.170.924	2.217.672	2.264.625	2.311.786	2.359.153	2.406.729	2.433.484	2.460.257	2.487.050	2.513.860	2.540.690	2.567.539	2.593.657	2.525.211	2.414.246	2.303.203	2.192.083	2.080.884	1.999.784	1.918.626	1.837.412
1979-1995 nicht saniert	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.735	1.117.236	1.063.416	985.892	908.314	830.681	752.994	695.044	637.053	579.022
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	7.563	18.419	29.283	40.155	51.034	59.192	67.356	75.525
ab 1996 nicht saniert	667.263	687.173	707.171	727.257	747.431	767.693	788.045	799.490	810.943	822.405	833.874	845.351	856.836	868.329	879.831	891.340	902.857	914.383	925.916	896.645	867.353	838.041
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.022	14.049	21.081
Summe	8.537.900	8.334.598	8.130.400	7.925.305	7.719.307	7.512.403	7.304.588	7.017.722	6.730.655	6.443.387	6.155.919	5.868.249	5.580.377	5.293.009	5.090.084	4.923.961	4.757.722	4.591.366	4.424.894	4.271.751	4.118.502	3.965.146

Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	3.071.385	2.995.080	2.918.377	2.841.277	2.763.775	2.685.870	2.607.560	2.484.829	2.362.098	2.239.367	2.116.636	1.993.904	1.871.173	1.748.442	1.625.711	1.502.980	1.380.249	1.257.518	1.134.787	1.012.056	889.325	766.594
bis 1978 saniert	1.285.815	1.303.395	1.321.067	1.338.831	1.356.687	1.374.637	1.392.679	1.396.747	1.400.815	1.404.884	1.408.952	1.413.020	1.417.088	1.421.157	1.425.225	1.429.293	1.433.361	1.437.430	1.441.498	1.445.566	1.449.634	1.453.702
1979-1995 nicht saniert	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494	805.494
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ab 1996 nicht saniert	1.181.365	1.206.270	1.231.306	1.256.471	1.281.767	1.307.195	1.332.755	1.338.519	1.344.282	1.350.045	1.355.809	1.361.572	1.367.335	1.373.099	1.378.862	1.384.625	1.390.389	1.396.152	1.401.915	1.407.679	1.413.442	1.419.205
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	6.344.059	6.310.240	6.276.245	6.242.073	6.207.724	6.173.196	6.138.489	6.025.589	5.912.690	5.799.790	5.686.891	5.573.991	5.461.092	5.348.192	5.235.293	5.122.393	5.009.494	4.896.594	4.783.695	4.670.795	4.557.896	4.444.996

Wohn- und Nichtwohngebäude

Beheizte Flächen [1.000 m²]	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	16.614	16.687	16.761	16.835	16.909	16.983	17.058	17.070	17.082	17.094	17.106	17.118	17.130	17.142	17.154	17.166	17.178	17.190	17.202	17.214	17.226	17.238
Mehrfamilienhaus klein	17.214	17.290	17.366	17.443	17.519	17.596	17.674	17.686	17.699	17.711	17.723	17.736	17.748	17.761	17.773	17.785	17.798	17.810	17.823	17.835	17.848	17.860
Mehrfamilienhaus groß	29.941	30.073	30.205	30.338	30.471	30.606	30.740	30.762	30.783	30.805	30.826	30.848	30.870	30.891	30.913	30.934	30.956	30.978	30.999	31.021	31.043	31.065
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	1.597	1.605	1.613	1.622	1.630	1.639	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
m²)	10.232	10.285	10.339	10.392	10.447	10.501	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	48.977	49.232	49.488	49.745	50.004	50.264	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
Summe	124.575	125.172	125.772	126.374	126.980	127.588	128.199	128.245	128.291	128.337	128.383	128.429	128.475	128.521	128.567	128.613	128.659	128.705	128.752	128.798	128.844	128.890

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
1.381.267	1.324.670	1.268.033	1.211.356	1.154.640	1.097.884	1.041.088	984.253	927.377	914.873	902.360	889.838	877.308	864.769	852.221	839.664	827.098	814.524	801.940	789.348
944.102	906.494	868.859	831.198	793.511	755.797	718.057	680.291	642.498	632.958	623.411	613.858	604.298	594.731	585.157	575.577	565.990	556.397	546.796	537.189
1.486.313	1.426.947	1.367.540	1.308.091	1.248.600	1.189.068	1.129.495	1.069.879	1.010.222	994.984	979.736	964.477	949.207	933.927	918.636	903.334	888.021	872.698	857.364	842.020
144.323	140.362	136.400	132.439	128.478	124.517	121.764	119.315	116.865	114.856	112.847	110.837	108.828	106.819	104.810	102.801	100.791	98.782	96.773	94.764
873.898	851.574	829.250	806.926	784.602	762.278	739.955	717.631	695.637	683.481	671.326	659.170	647.014	634.859	622.703	610.547	598.392	586.236	574.080	561.925
3.313.876	3.227.261	3.140.647	3.081.974	3.024.267	2.966.560	2.908.853	2.851.147	2.793.440	2.744.638	2.695.836	2.647.034	2.598.232	2.549.430	2.500.629	2.451.827	2.403.025	2.354.223	2.305.421	2.256.619
8.143.778	7.877.307	7.610.729	7.371.985	7.134.099	6.896.105	6.659.212	6.422.514	6.186.039	6.085.790	5.985.515	5.885.215	5.784.888	5.684.535	5.584.155	5.483.750	5.383.318	5.282.860	5.182.376	5.081.866

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065	614.065
1.756.140	1.674.812	1.593.427	1.511.985	1.430.486	1.348.930	1.267.317	1.185.646	1.103.919	1.072.026	1.040.111	1.008.173	976.213	944.231	912.226	880.199	848.150	816.078	783.983	751.867
520.950	462.837	404.683	346.489	288.254	229.979	171.662	113.305	54.907	50.895	46.880	42.862	38.841	34.818	30.791	26.762	22.731	18.696	14.658	10.618
83.701	91.882	100.068	108.261	116.459	124.663	132.873	141.088	149.309	149.874	150.439	151.005	151.571	152.137	152.704	153.271	153.839	154.407	154.975	155.544
808.708	779.355	749.981	720.587	691.172	661.736	632.280	602.803	573.305	563.286	553.259	543.225	533.184	523.135	513.080	503.018	492.949	482.873	472.790	462.699
28.118	35.160	42.207	49.259	56.316	63.377	70.444	77.516	84.592	92.670	100.754	108.844	116.939	125.040	133.147	141.259	149.377	157.500	165.630	173.765
3.811.682	3.658.111	3.504.432	3.350.645	3.196.751	3.042.750	2.888.640	2.734.423	2.580.097	2.542.815	2.505.507	2.468.173	2.430.813	2.393.426	2.356.014	2.318.575	2.281.110	2.243.619	2.206.101	2.168.557

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
643.863	521.131	398.400	366.760	338.269	309.778	284.718	260.518	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370	237.370
1.457.771	1.461.839	1.465.907	1.444.986	1.423.202	1.401.417	1.378.593	1.355.510	1.332.039	1.304.581	1.277.124	1.249.666	1.222.208	1.194.751	1.167.293	1.139.835	1.112.377	1.084.920	1.057.462	1.030.004
805.494	805.494	805.494	789.230	772.403	755.576	738.066	720.385	702.472	686.147	669.823	653.498	637.173	620.849	604.524	588.199	571.875	555.550	539.226	522.901
0	0	0	776	1.578	2.381	3.216	4.060	4.915	5.695	6.474	7.254	8.034	8.814	9.594	10.373	11.153	11.933	12.713	13.493
1.424.969	1.430.732	1.436.495	1.418.317	1.399.311	1.380.305	1.360.733	1.341.020	1.321.186	1.299.461	1.277.736	1.256.011	1.234.286	1.212.561	1.190.836	1.169.111	1.147.386	1.125.660	1.103.935	1.082.210
0	0	0	1.270	2.584	3.898	5.245	6.599	7.960	9.721	11.482	13.243	15.004	16.765	18.525	20.286	22.047	23.808	25.569	27.330
4.332.096	4.219.197	4.106.297	4.021.340	3.937.348	3.853.356	3.770.572	3.688.092	3.605.942	3.542.975	3.480.008	3.417.042	3.354.075	3.291.108	3.228.142	3.165.175	3.102.208	3.039.242	2.976.275	2.913.308

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
17.250	17.262	17.274	17.286	17.298	17.310	17.322	17.335	17.347	17.359	17.371	17.383	17.395	17.407	17.420	17.432	17.444	17.456	17.468	17.481
17.873	17.885	17.898	17.910	17.923	17.935	17.948	17.961	17.973	17.986	17.998	18.011	18.024	18.036	18.049	18.061	18.074	18.087	18.099	18.112
31.086	31.108	31.130	31.152	31.173	31.195	31.217	31.239	31.261	31.283	31.305	31.326	31.348	31.370	31.392	31.414	31.436	31.458	31.480	31.502
1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
128.937	128.983	129.029	129.076	129.122	129.169	129.215	129.262	129.308	129.355	129.402	129.448	129.495	129.542	129.588	129.635	129.682	129.729	129.776	129.823

Das Klimaschutzszenario V2 – Schneller sanieren

Wohn- und Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	3.238.261	3.160.184	3.081.763	3.002.997	2.923.884	2.844.424	2.764.613	2.647.866	2.531.037	2.417.514	2.368.173	2.312.291	2.256.369	2.200.408	2.144.408	2.088.369	2.032.291	1.976.173	1.920.016	1.884.801	1.849.561	1.814.297
Mehrfamilienhaus klein	2.095.704	2.049.952	2.003.999	1.957.843	1.911.484	1.864.922	1.818.154	1.746.390	1.674.577	1.614.627	1.582.705	1.547.924	1.513.119	1.478.289	1.443.435	1.408.557	1.373.654	1.338.727	1.303.775	1.276.313	1.248.833	1.221.333
Mehrfamilienhaus groß	3.272.549	3.205.346	3.137.847	3.070.051	3.001.956	2.933.562	2.864.867	2.756.786	2.648.630	2.540.398	2.485.189	2.431.187	2.377.148	2.323.070	2.268.955	2.214.801	2.160.610	2.106.381	2.052.114	2.006.103	1.960.061	1.913.986
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	214.145	212.834	211.516	210.191	208.860	207.521	206.176	202.296	198.417	194.538	190.659	186.780	182.901	179.022	175.143	171.264	167.385	163.506	159.627	155.747	152.047	150.055
Nichtwohngebäude mittel (>500m², <1.000	1.265.063	1.258.482	1.251.867	1.245.217	1.238.533	1.231.814	1.225.060	1.203.399	1.181.738	1.160.077	1.138.416	1.116.755	1.095.094	1.073.432	1.051.771	1.030.110	1.008.449	986.788	965.127	943.466	921.805	900.144
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	4.820.467	4.799.687	4.778.799	4.757.802	4.736.696	4.715.480	4.694.154	4.611.144	4.528.134	4.445.124	4.362.114	4.279.104	4.196.094	4.113.084	4.030.074	3.947.064	3.864.054	3.781.044	3.715.846	3.669.043	3.622.240	3.575.437
Summe	14.906.190	14.686.484	14.465.789	14.244.100	14.021.413	13.797.722	13.573.024	13.167.882	12.762.532	12.372.277	12.127.257	11.874.041	11.620.724	11.367.306	11.113.787	10.860.166	10.606.443	10.352.619	10.116.505	9.935.475	9.754.547	9.575.251

Wohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	4.004.005	3.646.913	3.288.250	2.928.009	2.566.183	2.202.764	1.837.747	1.423.190	1.008.344	631.358	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810
bis 1978 saniert	2.725.863	2.859.561	2.993.848	3.128.725	3.264.196	3.400.263	3.536.929	3.634.911	3.732.961	3.822.050	3.826.860	3.712.483	3.598.027	3.483.490	3.368.873	3.254.176	3.139.399	3.024.541	2.909.603	2.860.779	2.811.921	2.763.029
1979-1995 nicht saniert	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.120.895	1.098.047	862.911	779.182	695.394	611.547	527.642	443.678	359.655	275.573	191.432	151.578	111.696	71.786
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.029	102.407	135.809	169.233	202.681	236.153	269.648	303.166	336.708	370.273	386.286	402.311	418.346
ab 1996 nicht saniert	755.751	788.112	820.615	853.261	886.050	918.984	952.063	972.046	992.043	1.012.054	1.032.080	1.052.119	1.072.172	1.092.239	1.112.320	1.132.416	1.152.525	1.172.649	1.192.786	1.101.939	1.011.028	920.053
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.825	109.689	164.590
Summe	8.606.515	8.415.482	8.223.608	8.030.890	7.837.325	7.642.907	7.447.635	7.151.043	6.854.243	6.572.539	6.436.068	6.291.403	6.146.636	6.001.768	5.856.798	5.711.727	5.566.555	5.421.281	5.275.905	5.167.218	5.058.454	4.949.615

Nichtwohngebäude

Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MWh/a	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
bis 1978 nicht saniert	2.807.331	2.699.696	2.591.502	2.482.745	2.373.422	2.263.531	2.153.069	1.998.619	1.844.169	1.689.719	1.535.269	1.380.819	1.226.370	1.071.920	917.470	763.020	608.570	454.120	368.099	332.283	296.977	266.552
bis 1978 saniert	1.490.232	1.539.541	1.589.107	1.638.931	1.689.013	1.739.356	1.789.961	1.822.909	1.855.857	1.888.805	1.921.753	1.954.701	1.987.649	2.020.597	2.053.545	2.086.492	2.119.440	2.152.388	2.149.278	2.135.376	2.121.268	2.105.197
1979-1995 nicht saniert	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	797.166	776.157	755.216	734.172	712.154
1979-1995 saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.450	12.880	19.340	26.092
ab 1996 nicht saniert	1.204.947	1.234.600	1.264.407	1.294.369	1.324.487	1.354.761	1.385.193	1.398.145	1.411.097	1.424.049	1.437.000	1.449.952	1.462.904	1.475.856	1.488.808	1.501.760	1.514.711	1.527.663	1.540.615	1.521.595	1.502.491	1.482.577
ab 1996 bereits saniert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.907	21.843	33.064
Summe	6.299.675	6.271.003	6.242.181	6.213.210	6.184.088	6.154.815	6.125.389	6.016.839	5.908.289	5.799.739	5.691.189	5.582.639	5.474.088	5.365.538	5.256.988	5.148.438	5.039.888	4.931.338	4.840.600	4.768.257	4.696.092	4.625.636

Wohn- und Nichtwohngebäude

Beheizte Flächen [1.000 m²]	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Einfamilienhaus	16.614	16.687	16.761	16.835	16.909	16.983	17.058	17.070	17.082	17.094	17.106	17.118	17.130	17.142	17.154	17.166	17.178	17.190	17.202	17.214	17.226	17.238
Mehrfamilienhaus klein	17.214	17.290	17.366	17.443	17.519	17.596	17.674	17.686	17.699	17.711	17.723	17.736	17.748	17.761	17.773	17.785	17.798	17.810	17.823	17.835	17.848	17.860
Mehrfamilienhaus groß	29.941	30.073	30.205	30.338	30.471	30.606	30.740	30.762	30.783	30.805	30.826	30.848	30.870	30.891	30.913	30.934	30.956	30.978	30.999	31.021	31.043	31.065
Nichtwohngebäude klein (<500 m²)	1.597	1.605	1.613	1.622	1.630	1.639	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
m²)	10.232	10.285	10.339	10.392	10.447	10.501	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
Nichtwohngebäude groß (>1.000 m²)	48.977	49.232	49.488	49.745	50.004	50.264	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
Summe	124.575	125.172	125.772	126.374	126.980	127.588	128.199	128.245	128.291	128.337	128.383	128.429	128.475	128.521	128.567	128.613	128.659	128.705	128.752	128.798	128.844	128.890

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
1.779.008	1.753.385	1.754.079	1.754.774	1.755.469	1.756.165	1.756.861	1.757.558	1.758.255	1.740.765	1.723.264	1.705.750	1.688.224	1.670.685	1.653.134	1.635.571	1.617.996	1.600.408	1.582.809	1.565.196
1.193.813	1.173.666	1.174.115	1.174.566	1.175.016	1.175.467	1.175.918	1.176.369	1.176.821	1.164.290	1.151.749	1.139.200	1.126.643	1.114.076	1.101.501	1.088.917	1.076.324	1.063.722	1.051.111	1.038.492
1.867.879	1.833.968	1.834.663	1.835.358	1.836.053	1.836.749	1.837.445	1.838.142	1.838.839	1.818.520	1.798.186	1.777.838	1.757.476	1.737.100	1.716.709	1.696.304	1.675.885	1.655.451	1.635.004	1.614.541
148.064	146.072	144.080	142.089	140.097	138.106	136.114	134.123	132.131	130.574	129.018	127.461	125.905	124.348	122.791	121.235	119.678	118.121	116.565	115.008
878.483	865.692	853.523	841.355	829.186	817.018	804.849	792.681	780.512	770.976	761.440	751.904	742.367	732.831	723.295	713.759	704.222	694.686	685.150	675.614
3.528.633	3.481.830	3.435.027	3.388.224	3.341.420	3.294.617	3.247.814	3.201.011	3.154.207	3.116.059	3.077.911	3.039.763	3.001.615	2.963.467	2.925.319	2.887.171	2.849.023	2.810.875	2.772.727	2.734.579
9.395.880	9.254.613	9.195.488	9.136.365	9.077.242	9.018.121	8.959.001	8.899.883	8.840.766	8.741.184	8.641.568	8.541.916	8.442.229	8.342.507	8.242.749	8.142.956	8.043.128	7.943.264	7.843.365	7.743.430

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810	611.810
2.714.103	2.680.785	2.680.785	2.680.785	2.680.785	2.680.785	2.680.785	2.680.785	2.680.785	2.620.359	2.559.891	2.499.381	2.438.828	2.378.233	2.317.596	2.256.916	2.196.194	2.135.429	2.074.621	2.013.771
31.848	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
434.393	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451	450.451
829.015	743.464	745.302	747.142	748.983	750.825	752.669	754.514	756.360	743.618	730.867	718.107	705.338	692.560	679.773	666.977	654.173	641.359	628.537	615.705
219.531	274.510	274.510	274.510	274.510	274.510	274.510	274.510	274.510	297.337	320.181	343.040	365.915	388.807	411.714	434.638	457.577	480.533	503.505	526.493
4.840.699	4.761.019	4.762.858	4.764.697	4.766.538	4.768.381	4.770.224	4.772.069	4.773.915	4.723.575	4.673.199	4.622.788	4.572.342	4.521.861	4.471.344	4.420.792	4.370.205	4.319.582	4.268.924	4.218.230

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
236.126	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129	234.129
2.089.125	2.060.007	2.029.973	1.999.938	1.969.904	1.939.869	1.909.835	1.879.801	1.849.766	1.818.403	1.787.040	1.755.677	1.724.314	1.692.951	1.661.588	1.630.225	1.598.862	1.567.499	1.536.136	1.504.773
690.136	661.804	633.029	604.254	575.480	546.705	517.930	489.155	460.380	444.248	428.116	411.983	395.851	379.719	363.587	347.455	331.323	315.191	299.059	282.927
32.844	41.519	50.329	59.139	67.949	76.758	85.568	94.378	103.188	108.127	113.066	118.005	122.944	127.883	132.822	137.761	142.700	147.639	152.578	157.517
1.462.664	1.439.505	1.416.119	1.392.732	1.369.346	1.345.959	1.322.572	1.299.186	1.275.799	1.254.938	1.234.077	1.213.216	1.192.355	1.171.494	1.150.633	1.129.772	1.108.911	1.088.051	1.067.190	1.046.329
44.285	56.629	69.052	81.475	93.898	106.321	118.743	131.166	143.589	157.765	171.941	186.118	200.294	214.470	228.646	242.822	256.998	271.174	285.351	299.527
4.555.180	4.493.594	4.432.630	4.371.667	4.310.704	4.249.741	4.188.777	4.127.814	4.066.851	4.017.610	3.968.369	3.919.128	3.869.887	3.820.646	3.771.405	3.722.164	3.672.923	3.623.682	3.574.441	3.525.201

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
17.250	17.262	17.274	17.286	17.298	17.310	17.322	17.335	17.347	17.359	17.371	17.383	17.395	17.407	17.420	17.432	17.444	17.456	17.468	17.481
17.873	17.885	17.898	17.910	17.923	17.935	17.948	17.961	17.973	17.986	17.998	18.011	18.024	18.036	18.049	18.061	18.074	18.087	18.099	18.112
31.086	31.108	31.130	31.152	31.173	31.195	31.217	31.239	31.261	31.283	31.305	31.326	31.348	31.370	31.392	31.414	31.436	31.458	31.480	31.502
1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647	1.647
10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555	10.555
50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525	50.525
128.937	128.983	129.029	129.076	129.122	129.169	129.215	129.262	129.308	129.355	129.402	129.448	129.495	129.542	129.588	129.635	129.682	129.729	129.776	129.823