



**dena-STUDIE OSTEUROPA**

# **Energetische Sanierung von Mehrfamilienhäusern – Strategie und technische Lösungen**

Studie über die Entwicklungen in Ostdeutschland und Empfehlungen für  
Russland

## Impressum

### Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 66 777 - 0  
Fax: +49 (0)30 66 777- 699  
E-Mail: [info@dena.de](mailto:info@dena.de)  
Internet: [www.dena.de](http://www.dena.de)

### Redaktion

**Nicole Pillen**, Stellv. Bereichsleiterin Energieeffiziente Gebäude; Arbeitsgebietsleiterin Internationale Kooperationen, dena

**Christina Stahl**, Expertin Kommunikation, dena

### Autoren

**Dr. Anja Sivakova-Kolb**, Team Leader, Energy-Efficient Buildings Eastern Europe, dena

**Elena Lauf**, Expert Architect, Energy-Efficient Buildings, dena

**Dr. Hans-Jürgen Gaudig**, Geschäftsführer, BBP Bauconsulting

### Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

### Druck

Veröffentlichung als PDF-Datei

Stand: 12/2018

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Inhalt**

<b>Impressum .....</b>	<b>2</b>
<b>Inhalt.....</b>	<b>3</b>
<b>Vorwort.....</b>	<b>6</b>
<b>1 Das Berliner Modell.....</b>	<b>8</b>
1.1 Strategie.....	9
1.2 Bautechnische Analyse.....	9
1.3 Staatliche Förderung.....	15
1.4 Schlussfolgerungen.....	17
<b>2 Plattenbausanierung in den 1990er-Jahren unter technischen und energetischen Gesichtspunkten .....</b>	<b>18</b>
2.1 Gebäudesituation 1990 .....	18
2.2 Gebäudebestand Ostberlin .....	18
2.2.1 Die Ostberliner Wohnungsbauserien .....	18
2.2.2 Ergebnisse der Analyse.....	23
2.3 Die Sanierungsmaßnahmen der 1990er-Jahre .....	33
2.3.1 Vorbemerkungen .....	33
2.3.2 Maßnahmen des Hochbaus.....	33
2.3.3 Maßnahmen im Rahmen der Haustechnik.....	39
2.4 Erfahrungen aus den letzten 28 Jahren Plattenbausanierungen.....	44
2.4.1 Allgemeine Erfahrungen .....	44
2.4.2 Erfahrungen im Hochbau .....	46
2.4.3 Erfahrungen in der Gebäudetechnik und Betreuung .....	51
2.5 Sanierung der Sanierung.....	55
<b>3 Energetische Gebäudesanierung in Deutschland von 2002 bis 2014 .....</b>	<b>60</b>

3.1	Einleitung.....	60
3.1.1	Gesetzliche und normative Änderungen und Neueinführungen .....	60
3.1.2	Soziale und gesellschaftliche Strukturen, kulturelle und anthropogene Faktoren .....	62
3.1.3	Ökonomische Faktoren .....	63
3.1.4	Technischer Fortschritt.....	63
3.2	Umsetzungsstrategien, Förderung, technische Maßnahmenpakete.....	65
3.2.1	Sanierungsszenarien .....	70
3.2.2	Förderung.....	72
3.2.3	Contracting .....	79
3.3	dena-Modellvorhaben .....	82
<b>4</b>	<b>Energetische Gebäudesanierung in Deutschland heute.....</b>	<b>88</b>
4.1	Einleitung.....	88
4.2	Anpassungen der Ordnungspolitik und Ergebnisse.....	90
4.2.1	Energieausweis und neue Energieeffizienzklassen .....	90
4.2.2	Vor-Ort-Beratung und Expertenförderung.....	93
4.3	Übersicht der Gesamtergebnisse auf dem Markt.....	94
4.4	Verhältnis von Investitionen und Ergebnissen, Förderung.....	97
4.5	Deutsche Gebäudetypologie.....	98
4.6	Sanierungsszenarien an umgesetzten Beispielen .....	103
4.6.1	Hochhaussanierung „Binzengrün“ in Freiburg .....	103
4.6.2	Mehrfamilienhaus in Pforzheim .....	105
4.6.3	Industrielle Sanierung .....	106
4.6.4	Mögliche Zukunftsszenarien für die Sanierung .....	107
<b>5</b>	<b>Empfehlungen für Russland.....</b>	<b>111</b>

5.1	Strategische Empfehlungen.....	111
5.2	Empfehlungen für die finanzielle Förderung.....	114
5.3	Beispiele für Paketlösungen .....	115
5.4	Empfehlungen zum Umsetzungsprozess .....	121
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>123</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>129</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>130</b>

## Vorwort

Unmittelbar bis zur Wiedervereinigung wurden in Ostberlin jährlich über 10.000 Wohnungen in industrieller Bauweise errichtet. Einige im Bau befindliche Wohnquartiere fanden bis 1992 ihren Abschluss und bildeten den Schlusspunkt des Wohnungsbauprogramms der DDR. Insgesamt wurden rund 1.740.000 „Plattenbauwohnungen“ gebaut, davon 278.000 in Berlin. Die in industrieller Bauweise erstellten Gebäude (Plattenbauten) wurden in Ostdeutschland zu einer Zeit errichtet, in der Energiefragen eine vergleichsweise geringe Rolle spielten und Energie deutlich preiswerter war.

Seit der Wende wurde kontinuierlich an der Modernisierung des Bestandes weitergearbeitet. Es wurden Erfahrungen über technische Möglichkeiten und Machbarkeiten gesammelt sowie mehrfach Normen und Vorschriften für die Gebäudeenergieeffizienz verschärft.

Die vorliegende Studie „Energetische Sanierung von Mehrfamilienhäusern – Strategie und technische Lösungen“ der Deutschen Energie-Agentur (dena) bietet eine breite Übersicht über Strategien, technische Lösungen, Förderprogramme und Instrumentarien (Energieausweis und Vor-Ort-Beratung) in Deutschland seit der Wiedervereinigung. Die im Ergebnis der Studie identifizierten Best Practices lassen sich in vielen Punkten auf Russland übertragen und dort gemäß den vorhandenen Rahmenbedingungen umsetzen. Es soll eine politische und technische Sicht auf den Markt der energetischen Gebäudesanierung vermittelt werden.

Diese Studie wurde im Rahmen des Zuwendungsprojektes „Deutsch-Russischer Dialog Energieeffizienz und erneuerbare Energien“ erstellt. Das Projekt ist darauf ausgerichtet, den kontinuierlichen deutsch-russischen Dialog in den Bereichen Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Energiesysteme zu fördern, inhaltlich mitzugestalten sowie neue Handlungsfelder für eine bilaterale Zusammenarbeit zu erschließen. Die in Deutschland gemachten Erfahrungen – insbesondere zur Entwicklung von Rahmenbedingungen und Instrumentarien, zur Energieeffizienz sowie zum Einsatz innovativer Energieeffizienztechnologien – werden anhand zahlreicher Beispiele dargestellt.

Im **ersten Kapitel** wird das Berliner Modell der 1990er-Jahre beschrieben, das im Ergebnis der Analyse des Bestandes entstanden ist und aus dem heraus Förderkonzepte und -programme entwickelt wurden.

In den folgenden drei Kapiteln findet sich die Geschichte der Plattenbausanierung, als Teil der gesamten Entwicklung des Effizienzmarktes, in drei Zeitabschnitte aufgeteilt und beschrieben. Der erste Abschnitt im **zweiten Kapitel** widmet sich der Zeit ab der Wende bis zur Einführung der ersten Energieeinsparverordnung im Jahr 2002. In dieser Phase wurde in allen Bereichen gelernt und es wurden praktische Erfahrungen gesammelt. Der über Jahre anhaltende Sanierungsprozess brachte dabei bewährte Sanierungssysteme hervor. Es wurden nicht nur optimale technische Lösungen erarbeitet, sondern auch Prozesse zwischen den Hausverwaltungen, Planungsbüros, Bauunternehmen, Fördermittelgebern, Bewohnern und Kommunen optimiert.

Das **dritte Kapitel** ist dem Zeitraum 2002 bis 2014 gewidmet. Die Energieeinsparverordnung ist im Februar 2002 mit dem Ziel in Kraft getreten, den Heizenergiebedarf von Gebäuden um 30 % gegenüber dem Anforderungsniveau der dritten Wärmeschutzverordnung (WSVO '95) zu senken. Hierdurch ist es möglich geworden, das ganze Spektrum moderner Energiesparteknik zu nutzen, um zu wirtschaftlich optimalen Lösungen zu kommen. Die Bundesregierung unterstützte damit u. a. den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien, z. B. über Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung oder über Wärmepumpen. Außerdem lieferte sie hierdurch

zusätzliche Anreize für innovative Entwicklungen im Baubereich. Es wurden Energieausweise für Bestandsgebäude und die Vor-Ort-Beratung eingeführt. In mehreren Modellvorhaben wurden höhere Sanierungsstandards erprobt und im Ergebnis sind u. a. Förderprogramme weiterentwickelt worden.

Das **vierte Kapitel** erläutert die heutige Situation auf dem Sanierungsmarkt. Die Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014) gilt in der verschärften Novelle von 2016. Neben den Anpassungen der deutschen Ordnungspolitik werden die aktuellsten Entwicklungen im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden sowie Sanierungstechnologien anhand von Objektbeispielen dargestellt.

Das **letzte Kapitel** enthält Empfehlungen für den russischen Markt. Die Schaffung von günstigen Rahmenbedingungen für Investitionen, die Anpassung der technischen Vorschriften an den Stand der Technik, die Erstellung einer Gebäudetypologie sowie die Aus- und Weiterbildung von Experten sind wichtige strategische Voraussetzungen für mehr Energieeffizienz im Gebäudebereich. Auf der Basis von Gebäudetypologien können verallgemeinerbare optimale und förderfähige Maßnahmenpakete zusammengefasst werden. Dies wird am Beispiel der russischen Bauserie 515/9 erläutert. Für den Prozess und die Einführung von Qualitätsmanagement werden Empfehlungen ausgesprochen. So kann es mit gut überlegten Planungszielen gelingen, die Sanierung nachhaltig auf die langfristigen Bedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner sowie die Erfordernisse des Marktes anzupassen.

Die dena wünscht Ihnen eine interessante und aufschlussreiche Lektüre.

## 1 Das Berliner Modell

Der Plattenbau kann sowohl als bautechnisches als auch soziologisches Phänomen betrachtet werden. Er existiert im Westen sowie im Osten in großem Umfang. Über 170 Millionen Menschen in Mittel- und Osteuropa wohnen in großen Plattenbaubeständen. Das sind etwa 50 % der Bevölkerung. Deswegen haben die langfristige Sicherung und Weiterentwicklung dieser Gebäudetypen eine eminente Bedeutung.

Genauere Schätzungen sind wegen der zum Teil unvollständigen statistischen Erfassung und unterschiedlichen Definitionen von Plattenbauten nur schwer anzustellen. Aber die vorhandenen Grundlagen ermöglichen eine Aussage: In Deutschland gibt es etwa 4,5–5 Millionen Plattenbauwohnungen, davon ca. 3 Millionen im Osten (gemäß einer Großsiedlungsstudie des Bundestages Anfang der 1990er-Jahre). In den neuen Bundesländern lebt somit jeder Vierte in einer Großsiedlung aus Plattenbauten, in Ostberlin jeder Zweite. In Berlin wurden insgesamt 278.000 Wohnungen in Plattenbauweise gezählt. Laut Deutschem Einigungsvertrag gingen davon 170.000 Wohnungen an die städtischen Wohnungsbaugesellschaften über und rund 108.000 Wohnungen wurden an die Berliner Genossenschaften übertragen. Die so entstandenen kommunalen und genossenschaftlichen Eigentumsverhältnisse bildeten überhaupt erst die Grundlage für die spätere Sanierung der Gebäude.

Im Vergleich zu Osteuropa sind das alles eher harmlose Zahlen, aber die daraus resultierenden Probleme und Herausforderungen sehen ähnlich aus. Bei der Entwicklung von Lösungen für den Ostberliner oder gar den ganzen ostdeutschen Plattenbaubestand darf man aber nicht vergessen, dass selbst bei nur geringen Unterschieden oder auch bei Gleichheit der Fälle oft bestimmte Anpassungen notwendig sind.

Der Plattenbau hat eine lange Geschichte. Bereits um die Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert wurden erste Ideen zum Plattenbau entwickelt, erste Beispiele für industrielle Lösungen wurden 1918 in New York präsentiert, in Europa war Deutschland früh mit innovativen Lösungen vertreten. Nach dem Zweiten Weltkrieg waren in Berlin 60 % der Wohnungen unbewohnbar. Es herrschte eklatante Wohnungsnot, die den Bau von Großsiedlungen beschleunigte. Daraus entstanden Ende der 1950er- und Anfang der 1960er-Jahre erste Plattenbauten in Deutschland. In den darauffolgenden Jahrzehnten wurden zwar sehr viele Neubauten errichtet, aber der Bestand fast gar nicht saniert.

Bei der Wiedervereinigung 1990 galt es somit, ein gewaltiges Erbe anzunehmen, bei dem angesichts des Zustandes rasch grundlegende Entscheidungen getroffen werden mussten. Grundsätzlich standen Sanierung (mit Umbau als Unteroption) und Abriss als Handlungsoptionen zur Wahl. In Ostberlin entschied man sich fast gänzlich zugunsten der Sanierung, weil die Nachfrage nach Wohnungen groß war und ein Neubau zwei- bis dreimal teurer gewesen wäre. Ein Abriss erfolgte nur in wenigen Fällen. Ein Umbau wurde erst seit den 2000er-Jahren praktiziert, dies allerdings nur in einigen Fällen unter Berücksichtigung besonderer demografischer Entwicklungstendenzen wie einer alternden Bevölkerung oder des Zuwachses an Ein-Personen-Haushalten (Single-Haushalten).

Die Entscheidung zugunsten einer raschen Sanierung wurde erfolgreich umgesetzt: In Ostdeutschland wie in Ostberlin wurden seit den 1990er-Jahren mindestens 80 % des Plattenbaubestandes komplett oder teilweise saniert, über die Hälfte davon bereits in den 1990er-Jahren. Diese vergleichsweise hohe Sanierungszahl ist nicht auf einen Überschuss vorhandener Mittel zurückzuführen, sondern diese waren so knapp, dass man es sich nicht leisten konnte, die Großsiedlungen verfallen zu lassen. Denn dann hätte man die Kosten für neuen Wohnraum und Abriss tragen müssen.

Die anfänglichen Herausforderungen bei der Sanierungsplanung waren enorm: die Bewirtschaftung der Wohnungen war nicht rentabel, die Verwaltung musste komplett neu aufgestellt und die Mieten den Marktbedingungen angepasst werden, eine Zustandsanalyse des Wohnungsbestandes war notwendig. Beim Finden von Lösungen mussten soziale, städtebauliche, wohnungswirtschaftliche, energetische und bautechnische Komponenten berücksichtigt werden.

In den 1990er-Jahren wurde in Berlin viel Pionierarbeit geleistet: mit diversen Ansätzen, die anfangs nur für einzelne Wohnkomplexe oder Wohngebiete erarbeitet, weiterentwickelt und erst später auf die Stadt- und Landesebene ausgedehnt wurden, kam die energetische Sanierung der Plattenbauten ausgehend von Berlin dann auch in Ostdeutschland in Bewegung. Am Beispiel Berlins lassen sich einzelne Bestandteile darum gut etwas genauer aufzeigen.

## **1.1 Strategie**

Für ein rasches Handeln bei der Sanierung der Plattenbauten gab es in Berlin zwei bautechnische Gründe:

1. Lokale und häufig anzutreffende Schäden an den Platten (oft bedingt durch mangelnde Ausführung oder unzureichende Erhaltungs- und Sanierungsarbeiten): um systematische Bauwerksschäden zu vermeiden, war umgehende, fachgerechte Sanierung notwendig.
2. Enorme Energieverluste: durch Wärmedämmschichten und die Erneuerung der Heizungsanlagen ergaben sich Einsparungen im Heizenergiebedarf um bis zu 60 %.

Weiterhin waren soziale Gründe ausschlaggebend:

1. Vorbeugung der Abwanderung: möglichst durch Erhöhung der Wohnqualität und des Wohnwertes eine Perspektive für Bewohner schaffen.
2. Änderungen der Verwaltungsstruktur und unverzügliche strategische Finanzentscheidungen: Umorganisation und neue finanzielle Grundlagen waren nicht zu vermeiden.

Bei der Strategieentwicklung wurde versucht, alle wichtigen Komponenten zu berücksichtigen. Als Ergebnis wurde folgende Struktur aufgestellt:

1. Soziale Herausforderungen meistern und umfassende Kooperation organisieren: aktivierende Beteiligungsprozesse.
2. Reorganisation der Wohnungswirtschaft.

Über all dem stand ein integriertes Steuerungsverfahren, das eine Erarbeitung von Rahmenplänen für die einzelnen Großsiedlungen vorsah, organisiert von der Senatsbauverwaltung. Diese Rahmenpläne zielten ab auf die betroffene Öffentlichkeit, kommunale Ämter, Senatsverwaltungen sowie Eigentümergesellschaften, Verbände, Initiativen usw. Die erarbeiteten Rahmenpläne bildeten eine Grundlage für die Standort- und Prioritätenentscheidungen sowohl innerhalb privater Programme als auch für private Investoren.

## **1.2 Bautechnische Analyseverfahren**

Eine erfolgreiche Sanierung erfordert die Zusammenarbeit von Ingenieuren, Stadtplanern und Sozialwissenschaftlern. In Berlin waren zu diesem Zeitpunkt so gut wie alle Gebäude sanierungsfähig.

1. Bewertung des Allgemeinzustandes des Gebäudes: visuelle Untersuchung.

2. Baustoffliche Untersuchungen an den tragenden Gebäudekonstruktionen: Prognoseverfahren von Prof. Specht.
3. Bauphysikalischer Soll-Ist-Vergleich: vorhandene Wärmeschutzqualität eines unsanierten Gebäudes in Form des vom Wandschichtenbau abhängigen k-Wertes (heute U-Wert genannt) vs. Werte nach dem zusätzlichen Aufbringen einer Wärmedämmschicht (dadurch können auch für jeden Plattenbautyp die optimalen Sanierungsmaßnahmen und die daraus resultierenden Energieeinsparpotenziale realisiert werden).
4. Bewertung der technischen Gebäudeausrüstung: Heizung, Lüftung, Sanitär.
5. Bewertung der elektrotechnischen Versorgung einschließlich Blitzschutz.
6. Untersuchung einer möglichen Astbestgefährdung: Entfernung.
7. Erarbeitung von Sanierungsvarianten (mehrere Sanierungskonzepte, Vollsanierung und Teilsanierung, individueller Sanierungsplan) und Möglichkeiten der Wohnwertverbesserung (WDVS bzw. Vorhangfassaden mit Farbgebung, Aufzüge, Balkone, Grundrissveränderungen, Neugestaltungen der Eingangsbereiche). Heute würde man das Konzept des individuellen Sanierungsfahrplans nutzen (iSFP).
8. Kostenschätzung: marktübliche Kosten für energetische Sanierung und Modernisierung.

### **Gebäudetypologie und Maßnahmen**

Je nach Umfang der Sanierung konnte der Maßnahmenkatalog sehr umfassend aufgestellt werden. Dabei war die Einbeziehung der Mieter in alle vorbereitenden und Durchführungsphasen stets zentral. Nach Möglichkeit wurde die Sanierung ohne Auszug der Mieter durchgeführt, auch wenn das einen straffen Zeitplan erforderte. Es wurde auch versucht, die Durchführung mit maximaler Rücksicht auf Mieter zu organisieren: feste Ansprechpartner, Arbeitskleidung und Namensschilder bei Handwerkern, Rauchverbot, Vermeidung von Schäden am Mietereigentum.

Im Laufe der Plattenbau-Entwicklung in der DDR entstanden viele Lösungen, die teilweise weiterentwickelt wurden. Zu den verbreitetsten Plattenbautypen zählen u. a. WBS 70, Q3A, QX, WHH GT, P2 und M10 (siehe 2.2.1 Die Ostberliner Wohnungsbauserien). Zu berücksichtigen ist hier aber, dass es auch bei gleichen Bautypen regionale Unterschiede gibt.

Die der Modernisierung und energetischen Sanierung dienenden Maßnahmen wurden in Berlin für die meisten Gebäudetypen als förderfähig eingestuft und durchgeführt: Außenwanddämmung, Erneuerung der Heizanschlussstationen (entsprechend der Größe der Gebäude), Wärmedämmung der Rohrleitungen und Armaturen, Nachrüstung mit Thermostaten, Anbau von Loggien und Balkonen, Modernisierung von Lüftungsanlagen, Erneuerung und Dämmung des Daches sowie des Kellers, Renovierung des Eingangs und des Treppbereichs, Einbau neuer Fenster, Aufzugsmodernisierung, Sicherung des Brandschutzes, behindertengerechte Einrichtung.

	Maßnahme-Wohnungsbauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Kostenobergrenze
	Kurzbezeichnung der Maßnahme	Loggia	Dach	Sanitär	Lüftung	Heizung	Elektro	Sanitärobjekte	Fliesen	Eingang	Dämmmaßnahme	Kellertür	Kellerfenster	Fenster	Treppenraum	Rollladen im EG	Wohnungseingang	Gestaltung	Maßn. für Sen./Behind.	getrennte Abfallbeseitigung	Instandsetzung Fassade	Brandschutz	in tausend DM/WE
1.	Q3A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	61,5 - 66,5
2.	QX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	64
3.1	P2/5 und P2/10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	65
3.2	P2/11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	47,5
4.1	QP 59 -64	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	69
4.2.1	QP 71; QP/R - A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	58,5

4.2.2	QP 71; QP/R - B	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	-	33	
7.	WHH GT	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	47,5
8.	WHH GT 85	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	14
9.	WHH SK	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	44
10.	SK Scheibe	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	44,5

Tabelle 1: Förderbare Maßnahmen. Quelle: „Förderprogramm zur Sanierung und Modernisierung von Plattenbauten“.

Sanierungsgebiet	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	Summe
Wohnungsbauserie	Loggia	Dach	Sanitär	Lüftung	Heizung	Elektro	Eingang	Dämmung	Kellertür	Fenster	Treppenraum	Rollladen im EG	Wohnungseingang	Gestaltung	Maßn. für Sen./Behind.	getrennte Abfallbeseitig.	Instandsetzung Fassade	Brandschutz	in DM/WE
Q3A	4.900	8.500	10.200	1.500	10.500	7.600	700	9.800	250	4.850	1.900	700	0	5.000	50	50	0	0	66.500 DM

QX	5.100	4.000	10.200	1.500	6.600	7.500	1.500	12.400	350	5.750	2.900	900	100	5.000	100	100	0	0	64.000 DM
P2/5,10	8.000	2.200	11.700	1.500	6.500	7.750	1.000	9.550	250	5.650	4.900	800	100	5.000	50	50	0	0	65.000 DM
P2/11	8.000	2.000	12.200	1.500	2.500	7.750	1.000	2.500	150	0	4.800	0	0	5.000	50	50	0	0	47.500 DM
QP59-64	2.500	1.500	9.500	1.500	0	7.500	800	0	200	0	2.000	0	0	5.000	50	50	2.400	0	69.000 DM
QP71 A	7.500	1.800	10.200	1.500	6.500	7.500	1.000	14.400	0	5.800	6.200	500	0	5.000	50	50	0	0	58.500 DM
QP71 B	2.500	1.500	9.500	1.500	0	7.500	800	0	200	0	2.000	0	0	5.000	50	50	2.400	0	33.000 DM
WBS 70/11 ä. 1975–1979	7.500	1.800	10.200	1.500	6.500	7.500	1.000	14.400	0	5.800	6.200	500	0	5.000	50	50	0	0	68.000 DM
WBS 70/11 m. 1980–1986	5.500	10.800	10.200	1.500	0	7.500	1.000	0	0	100	2.800	0	0	5.000	50	50	2.500	0	38.000 DM
WBS 70/11 j. 1987–1991	4.500	1.800	3.500	0	0	0	1.000	0	0	100	2.500	0	0	5.000	50	50	1.500	0	20.000 DM
WBS 70/ 5,6 ä. 1973–1977	7.500	2.800	10.200	1.500	6.500	7.500	800	13.700	0	5.800	2.200	800	100	5.000	50	50	0	0	64.500 DM

WBS 70/ 5,6 m. 1978–1986	7.500	2.800	10.200	1.500	0	7.500	800	0	200	200	2.200	0	0	5.000	50	50	2.500	0	40.500 DM
WBS 70/ 5,6 j. 1987–1991	4.500	1.500	3.500	0	0	0	800	0	200	200	2.200	0	0	5.000	50	50	1.500	0	19.500 DM
WHH-GT	2.000	1.500	16.700	1.500	0	4.300	300	0	0	6.700	1.200	0	100	5.000	50	50	4.500	3.600	47.500 DM
WHH-GT85	1.500	500	1.300	0	0	0	300	0	0	0	0	0	0	5.000	50	50	4.500	800	14.000 DM
WHH-SK	2.000	4.500	16.700	1.500	0	5.500	100	0	100	0	3.500	0	100	5.000	50	50	3.500	1.400	44.000 DM
SK-Scheib.	2.000	2.500	16.700	1.500	0	6.500	1.200	0	200	0	3.500	0	100	5.000	50	50	4.000	1.200	44.500 DM

Tabelle 2: Maßnahmen-Kosten-Matrix nach dem Berliner „Platten“-Fördermodell. Quelle: „Plattenbausanierung“, H. Kalleja, D. Fläming.

### 1.3 Staatliche Förderung

Die Ermittlung des Förderbedarfs erforderte eine genaue Analyse des Sanierungsbedarfs. Nachdem die meisten Maßnahmen für die verbreiteten Gebäudetypen als förderfähig eingestuft wurden, wurde im ersten Schritt der ungefähre Finanzierungsbedarf pro Wohnungseinheit ermittelt und auf den Berliner Bestand hochgerechnet. Für die 17 Hauptwohnungsbauserien hat man dafür einzelne Sanierungsmaßnahmen mit mittleren Ausführungspreisen berechnet und summiert.

Grundsätzlich wurde die Sanierung durch mehrere Förderquellen ermöglicht, die auch in Kombination anzuwenden waren und später durch aktuellere Programme ergänzt wurden:

1. Finanzierung aus Mieteinnahmen: solange die Mieten die Kosten nicht abdeckten, war an die Finanzierung von Baumaßnahmen nicht zu denken.
2. Eigenmittel (Bewohner): wurden nur geringfügig genutzt.
3. Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW (staatliche Bank): von Anfang an stand eine sehr effiziente Bundesförderung zur Grundfinanzierung zur Verfügung.
4. Berliner Landesförderung: wurde als letzte Option nach Ausschöpfung der Mieterträge, der Eigenmittel und einer möglichen Bundesförderung in Betracht gezogen.

Auf Grundlage der aufgestellten Vergabekriterien und einer Strategie konnte der Berliner Bestand aufgeteilt werden: für 110.000 Wohneinheiten mit Sanierungsbedarf von deutlich über 45.000 DM/WE (insgesamt ca. 6,85 Milliarden DM) bestand ergänzender Landesförderungsbedarf; für 163.000 Wohneinheiten sollte der ermittelte Sanierungsbedarf von insgesamt ca. 6,15 Milliarden DM allein aus Mieterträgen und mithilfe der KfW-Darlehen finanziert werden können.

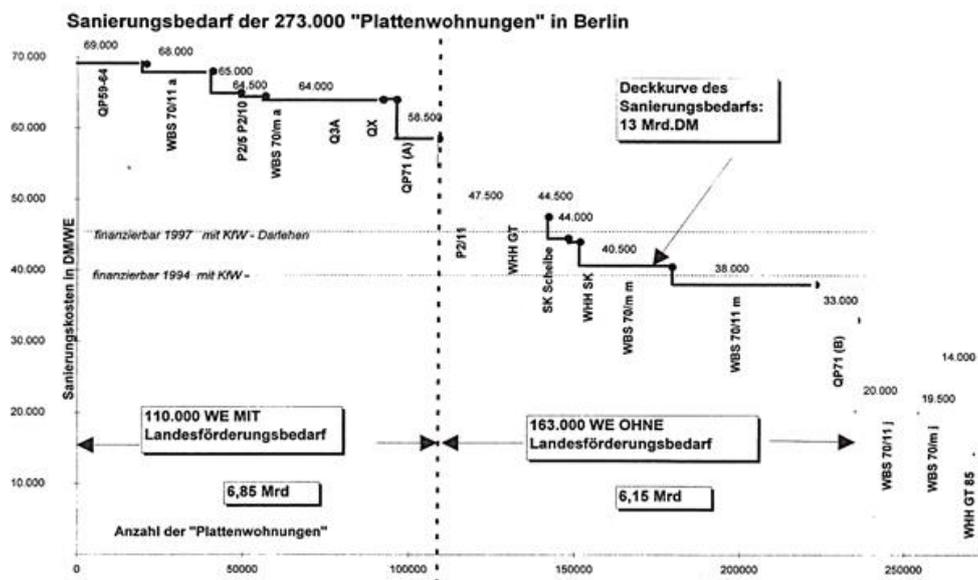


Abbildung 1: Sanierungsbedarf der 273.000 Plattenwohnungen in Berlin. Quelle: „Plattenbausanierung“, H. Kalleja, D. Flämig.

In den 1990er-Jahren wurden mithilfe des Berliner Landesförderprogramms für 49.000 Wohnungen Sanierungsinvestitionen in Höhe von über 3 Milliarden DM bewilligt. Die Förderquote war von Jahr zu Jahr gesunken. Gründe waren das gesunkene Zinsniveau und die zwischenzeitlich höheren erzielbaren Mieten.

Programm-jahre	Fördermittel in Mio. DM	Geförderte WE	InstMod <sup>1</sup> - Investitionen in Mio. DM	Sanierungskosten je WE in DM/WE	Fördermittel je WE in DM/WE	Förderquote in %
1993	122,00	2.464	160,90	65.302	49.513	75,82
1994	299,00	9.666	599,70	62.043	30.933	49,86
1995	297,00	10.642	660,83	62.097	27.908	44,94
1996	250,00	14.736	885,19	60.070	16.965	28,24
1997	165,00	11.542	734,80	63.663	14.296	22,46
Summe	1.133,00	49.050	3.041,43	62.007	23.099	37,25

Tabelle 3: Förderquoten in den Programmen zur Plattenbausanierung. Quelle: „Plattenbausanierung“, H. Kalleja, D. Flämig.

Insgesamt waren bis Ende 1997 für ca. 8,4 Milliarden DM Sanierungsinvestitionen durchgeführt, im Bau oder beauftragt. Davon ist die Hälfte mit KfW-Darlehen finanziert worden. In knapp fünf Jahren Sanierungstätigkeit sind damit fast zwei Drittel des Bedarfs abgebaut worden.

### CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm in Deutschland

Inzwischen sind in Deutschland diverse neue Förderprogramme hinzugekommen. Ein zentrales Förderinstrument ist dabei das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm. Das Förderprogramm ist Bestandteil des Nationalen Klimaschutzprogramms sowie des Programms der Bundesregierung für Wachstum und Beschäftigung. Es dient der zinsgünstigen langfristigen Finanzierung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Wohngebäuden. Die Förderung erfolgt für:

1. energetische Sanierungen auf Neubauniveau oder besser nach der Energieeinsparverordnung (EnEV 2007),
2. Unterschreitungen des EnEV-Neubauniveaus um mindestens 30 % sowie
3. Maßnahmenpakete zur Energieeinsparung.

Der Zinssatz wird in den ersten zehn Jahren der Kreditlaufzeit aus Bundesmitteln verbilligt. Zusätzlich zu den zinsgünstigen Krediten wird die energetische Sanierung eines Gebäudes auf Neubauniveau bzw. Neubauniveau minus 30 % mit einem Tilgungszuschuss gefördert.

<sup>1</sup> InstMod = Instandhaltung und Modernisierung

In diesem Zusammenhang gab es auch weitere Sanierungsmaßnahmen an Plattenbauten im Rahmen der allgemeineren Gebäudesanierungsprogramme der Bundesregierung, die aber grundsätzlich für alle Wohngebäude gelten. Im Rahmen des ersten Konjunkturpakets der Bundesregierung hat die KfW ihre Programme für energieeffizientes Bauen und Sanieren seit Januar 2009 deutlich ausgeweitet.

### Beispiel

Anhand des Berliner Bezirks Marzahn-Hellersdorf lässt sich zeigen, dass 78 % der Wohnungen zwischen 1993 (zweite Wärmeschutzverordnung) und 2002 (Energieeinsparverordnung) saniert und modernisiert wurden. An diesem Berliner Bezirk und im Vergleich zu Berlin insgesamt lassen sich exemplarisch die Erfolge zeigen, die man bei der Modernisierung und energetischen Sanierung Ostberlins alles zusammengenommen erreichen konnte:

	Primärenergie		CO <sub>2</sub>
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/WE	t/WE
Marzahn-Hellersdorf	61	4.000	1,0
Berlin (Durchschnitt)	148	9.000	ca. 2,0

Tabelle 4: Vergleich: Berlin – Marzahn-Hellersdorf. Quelle: BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e. V.

## 1.4 Schlussfolgerungen

Die energetische Plattenbausanierung in Ostdeutschland war zu Beginn mit grundsätzlichen Änderungen verbunden, wurde von Anfang an als ein komplexer Prozess gesehen und schritt vor allem in den ersten zehn Jahren schnell voran. Allerdings ist die Situation in Ostdeutschland eine besondere, da es so gut wie keinen Einzelbesitz beim Plattenbaubestand gibt.

Die Plattenbauten sind im Besitz verschiedener großer Genossenschaften oder Einzelbesitzer und die Bewohner sind mehrheitlich Mieter.

Folgende Punkte haben zum Erfolg der Maßnahmen geführt:

- Unvermeidbarer Strukturbruch einerseits und eindeutige politische Präferenz andererseits
- Klare Analyse der Situation der einzelnen Bauten mit Feststellen des Kostenrahmens
- Entwicklung einer klaren und vielfach anwendbaren Strategie zur Sanierung
- Saubere Finanzierungsplanung mit unterschiedlicher Förderung
- Miteinbeziehen der Bewohner in alle Prozesse

## **2 Plattenbausanierung in den 1990er-Jahren unter technischen und energetischen Gesichtspunkten**

### **2.1 Gebäudesituation 1990**

Der Berliner Senat entschied bereits 1990, ein Grundsatzgutachten bezüglich der Sanierungswürdigkeit der Ostberliner Plattenbauserien erstellen zu lassen. Im Ergebnis wurden den Entscheidungsträgern verlässliche Daten darüber geliefert, welche Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen zu welchen Kosten möglich sind.

Auf diesem 1991 fertiggestellten Grundsatzgutachten fußt das 1993 vom Berliner Senat verabschiedete Förderprogramm „Modernisierungs- und Instandsetzungs-Richtlinie 93“, die bis über die Jahrtausendwende hinaus Gültigkeit für die Förderung der Sanierung der Serienbauten hatte.

### **2.2 Gebäudebestand Ostberlin**

#### **2.2.1 Die Ostberliner Wohnungsbauserien**

Die Ostberliner Serienbauten lassen sich wie folgt unterteilen.

- Blockbauweise:                Serie Q3A
- Streifenbauweise:            Serie QX
- Plattenbauweise:            Serie QP
  - Serie P2
    - Serie WBS 70 – 5-geschossig
    - Serie WBS 70 – 11-geschossig
- Großtafelbauweise:        Serie WHH GT
  - Serie WHH GT 85
- Skelettbauweise:            Serie WHH SK
  - Serie SK Scheibe

Der Übergang vom traditionellen Mauerwerksbau zur industriellen Fertigung vollzog sich im Jahre 1956 mit einem ersten Experimentalbau in „Blockbauweise“ und ging ab 1957 als Serie Q3A (Q für Querwandsystem) in die Massenproduktion. Charakteristisch – und das gilt auch für alle weiteren Serien außer der Skelettbauweise – waren die Querwandsysteme. Das bedeutet, die Lastabtragung erfolgte über die Querwände und die Außenwände waren vorgestellt und leiteten bis auf wenige Ausnahmen bei der WBS 70 nur ihre Eigenlast ab.

Es kamen in Abhängigkeit von der vorhandenen Krantechnik halbgeschosshohe Wandblöcke und Stahlbetondeckenstreifen mit einer Laststufe von 8 kN zum Einsatz (Abb. 2 und 3).

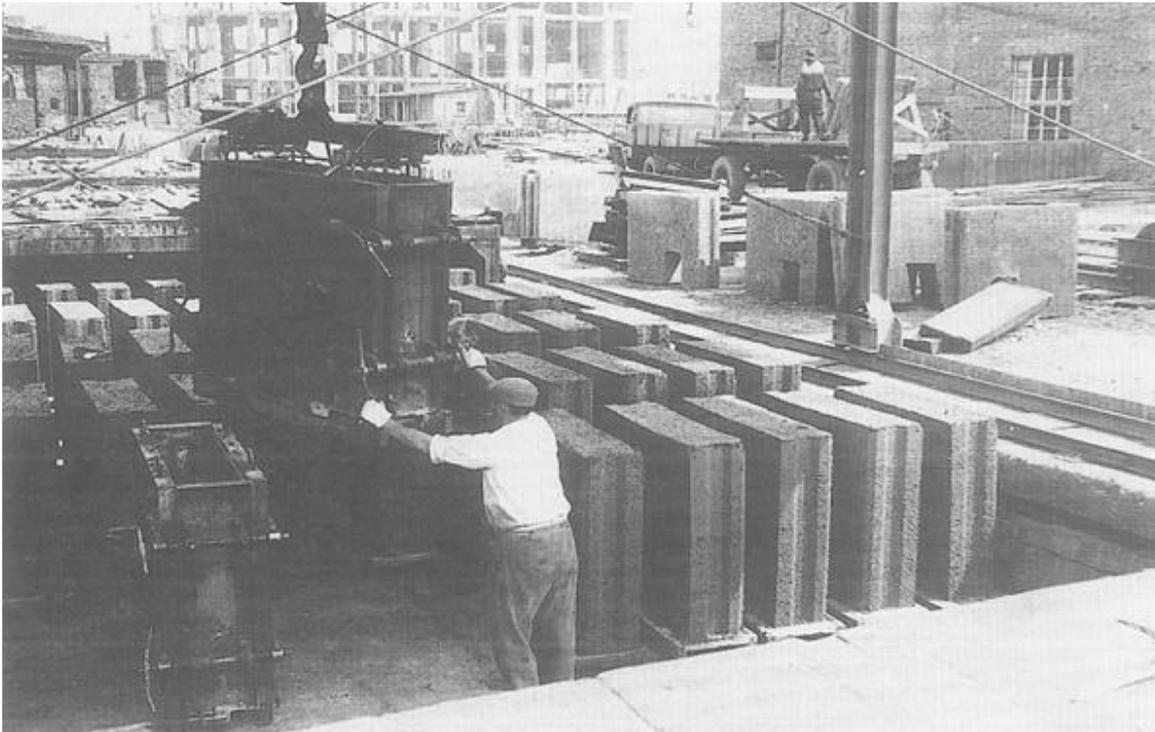


Abbildung 2: Produktion von Wandblöcken der Serie Q3A um 1957. Quelle: BBP.



Abbildung 3: Q3A-Gebäude im Ist-Zustand; nachträglich gedämmter Giebel. Quelle: BBP.

Erst mit der einsetzenden Weiterentwicklung der Transport- und Montagetechnik konnte eine maßliche Vergrößerung der Fertigteile erfolgen. Die daraus hervorgehende Serie trug die Bezeichnung QX, hatte mit einer

Laststufe von 20 kN erstmals geschosshohe Wandelemente-Streifen und ähnelte ansonsten der Serie Q3A. Mit etwa 3.000 gebauten Wohnungen in Berlin hat sie keine größere Bedeutung für den Wohnungsmarkt.

Ein wesentlicher Entwicklungsschritt erfolgte 1959 mit dem Baubeginn der Serie QP (Querwandbauweise/Plattenbau). Der erste Vertreter des „Plattenbaus“ hatte eine Laststufe von 50 kN, einschichtige Außenwandkonstruktionen, die oberflächenfertig und mit Fenstern sowie Loggiaturen komplettiert waren. In der sich anschließenden 24-jährigen Bauphase wurde die Serie mehrfach rationalisiert (QP 64, QP 71, QP 71R). So kamen u. a. vorgefertigte und vorkomplettierte Sanitärzellen und dreischichtige Außenwände am Giebel zum Einsatz.

Im Unterschied zu Q3A und QX (4-geschossig) war der QP anfangs 8- und später 10-geschossig. Abbildung 4 zeigt eine denkmalgerechte Sanierung eines QP in der Berliner City. Das heißt, trotz energetischer Sanierung entspricht das Erscheinungsbild dem ursprünglichen Gebäude.



Abbildung 4: Denkmalgerechte Sanierung eines QP 64 in Berlin-Mitte. Quelle: BBP.

Zeitgleich, fast parallel zu den QP-Bauten, wurde die Serie P2 mit dem Ziel der Schaffung einer höheren städtebaulichen Qualität und mit großzügigeren Grundrisslösungen konzipiert. Mit der Serie wurde es möglich, auch Bogensegmente zu bauen (siehe Abb. 5). Das Querwandraster, bisher im Bereich von 2,4; 3,0 und 3,6 m, wurde auf 6,0 m erhöht. Durch vorgespannte Deckenkonstruktionen, 140 mm dick, und 6,0 m lange Außenwände, diese aber mit großen Fenster- und Loggiatüröffnungen, konnte die Laststufe von 50 kN beibehalten werden.

Die Außenwände waren zweischichtig mit innerer Trag- und äußerer Wärmedämmung (Holzwolle-Leichtbauplatten mit Putzauftrag). In der Weiterentwicklung der Serie kamen im Giebelbereich dreischichtige Außenwände mit erstmals „offenen Fugen“ zum Einsatz. Der Typ P2 wurde 5-, 10- und 11-geschossig gebaut.



Abbildung 5: Viertelkreisförmiges Haus der Serie P2, 11-geschossig. Quelle: BBP.

Basierend auf umfassenden theoretischen Arbeiten der Bauakademie der DDR begann 1970 in Ostdeutschland und 1972 in Ostberlin die Produktion der Hauptserie des Plattenbaus. Die Serie WBS 70 kam zur Anwendung und allein in Berlin wurden davon 97.400 Wohnungen errichtet. Die charakteristischen Merkmale sind: Laststufe 63 kN, dreischichtige Außenwände, offene Fugensysteme, vorgestellte Stahlbetonloggien, 6 × 6 m Raster, vorgespannte Deckenelemente, Sanitärraumzellen und schmetterlingsförmige, innenentwässernde Kaltdächer. Die Serie wurde anfangs 5-, später 6- sowie 11-geschossig gebaut. Auch in den 6-geschossigen Wohnblöcken gab es keine Aufzüge! In Abhängigkeit der Aneinanderreihung von Gebäudesegmenten entstanden Wohnblöcke mit 77, 132 oder mehr Wohnungen. Die Abbildung 6 zeigt den ersten gebauten Block der WBS 70.



Abbildung 6: Erstes errichtetes WBS-70-Gebäude in Neubrandenburg. Quelle: BBP.

Mitte der 1960er- und Anfang der 1970er-Jahre wurden zwei Hochhausserien für den Wohnungsbau entwickelt, um an repräsentativen Standorten Dominanten zu schaffen. Die Serie WHH GT, 18- und 21-geschossige Punkthochhäuser, wurde Mitte der 1980er-Jahre in die Serie WHH GT 85 überführt, die überwiegend aus 12- bis 18-geschossigen Punkthochhäusern bestand. Besonderheiten der Serien waren Rastermaße bis zu 7,2 m (Abb. 7).



Abbildung 7: 21- und 18-geschossiges Hochhaus; Serie WHH GT. Quelle: BBP.

Die Serien WHH SK und SK Scheibe dienen dem Bau besonders hochwertiger Wohnungen auf Basis eines tragenden Stahlbetonskelettsystems.

Die sogenannte Querriegelbauweise bestand aus Stützen und Riegeln und bis zu 7,20 m spannenden Decken. Das Skelettsystem wurde über 190 mm dicke Längs- und Querscheiben sowie den monolithischen Stahlbetontreppenraum stabilisiert. Mit nur 7.600 Wohnungen haben auch diese Gebäude eine untergeordnete Bedeutung für den Gesamtbestand in Berlin, wobei sie durch ihr markantes Aussehen im Stadtbild hervorstechen (Abb. 8).



Abbildung 8: Wohnhochhaus in Skelettbauweise, Serie WHH SK. Quelle: BBP.

### **Analyse der Plattenbaubestände**

Im Zeitraum von nur acht Monaten wurden 1991 die vorgenannten zehn Serien der Ostberliner Plattenbauten beispielhaft untersucht. Schwerpunkte der Analyse waren:

- Bewertung des Bauzustandes (Standicherheit und Dauerhaftigkeit),
- Bewertung der haustechnischen Systeme,
- bauphysikalische Bewertung,
- Maßnahmen der Wohnwertverbesserung,
- Kostenschätzung.

Die Untersuchungsergebnisse sind in 28 Einzelgutachten und einer zusammenfassenden Broschüre dokumentiert. Diese Ausarbeitung war Grundlage für die Förderrichtlinie Berlins. Im Zeitraum von 1993 bis etwa 2004 setzte eine umfassende Instandsetzungs- und Modernisierungsphase ein. In diesem Zeitraum waren alle industriell errichteten Gebäude in unterschiedlichster Intensität von Sanierungsmaßnahmen betroffen und mit hoher Wahrscheinlichkeit wurden über 70 % der Bestände einer umfassenden energetischen Sanierung unterzogen.

#### **2.2.2 Ergebnisse der Analyse**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Ingenieurgesellschaft BBP Bauconsulting mbH grundsätzlich abgehandelt, ohne dabei auf die einzelnen Serien detailliert einzugehen. Serientypische Ergebnisse werden entsprechend vermerkt.

Es liegt in der Natur der Sache, dass bei den ältesten Gebäuden eine größere Schadens- und Mängelhäufigkeit auftrat als bei Gebäuden, die erst Mitte der 1980er-Jahre errichtet wurden, zumal der Stand der Bautechnik sich in diesen Jahren auch extrem weiterentwickelte.

### Standsicherheit

In den durchgeführten Bewertungen sowie den bekannten Ergebnissen anderer Untersuchungen wurden bis auf wenige Ausnahmen keine die Standsicherheit gefährdenden Schädigungen vorgefunden. Die innere Tragstruktur aus den Fundamenten, Querwänden und Decken wies keine Schäden auf. Ausnahmen bezüglich der Standsicherheit wurden bei einzelnen Außenwänden aus konstruktivem Leichtbeton (Einsatz von Blähton als Zuschlagsstoff; siehe Abb. 9) festgestellt. In geringem Maße wurden auch bei Balkon- bzw. Loggiaelementen aus Stahlbeton Schäden vorgefunden. Die untersuchten Schädigungen an diesen Bauteilen sind ausschließlich auf Treibreaktionen des Betons als Folge von Alkali-Kieselsäure-Reaktionen (AKR) oder auf Ettringittreiben zurückzuführen.

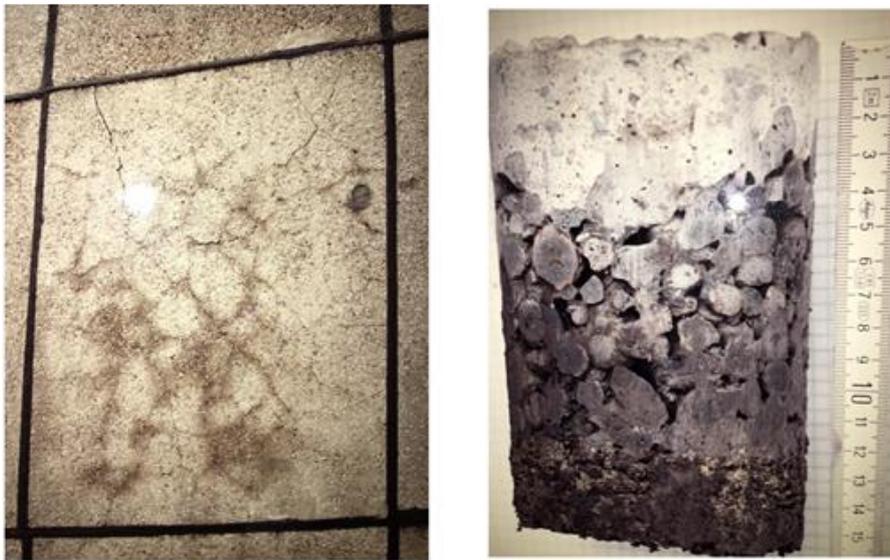


Abbildung 9: Geschädigter, konstruktiver Leichtbeton. Quelle: BBP.

Abbildung 10 zeigt eine AKR-geschädigte Loggiaseitenwand, die im Rahmen der Sanierung letztendlich demontiert wurde. Es ist aber wiederum kein Fall bekannt, wo unter Nutzungsbedingungen ein Versagenszustand eintrat.



Abbildung 10: Netzartige Rissbildung in einer Loggiaseitenwand; Serie WBS 70-11 infolge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Quelle: BBP.

Damit konnte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Ostberliner Plattenbauten für die Sanierung geeignet sind. Dieses Fazit widersprach der in einigen „bildreichen Veröffentlichungen“ dargestellten Situation von einstürzenden Häusern oder herabsegelnden Wetterschalen, die Anfang der 1990er-Jahre im Umlauf waren.

### **Dauerhaftigkeit**

Die Dauerhaftigkeit eines Gebäudes spiegelt sich im Wesentlichen im Zustand der Außenbauteile, also der Gebäudehülle, wider. Diese setzt sich überwiegend aus Stahlbetonkonstruktionen bzw. -elementen (Dach, Fassade, Balkone/Loggien) und den Fenster- und Fenstertürelementen zusammen.

Bei den Stahlbetonaußenbauteilen wurden zahlreiche Dauerhaftigkeitsprobleme festgestellt, die ohne eine mittelfristige Sanierung, d. h. in den nächsten 15–30 Jahren, Schädigungen hervorrufen könnten, welche dann die Standsicherheit gefährden. Das größte Problem der nicht umfassend vorhandenen Dauerhaftigkeit stellt die Bewehrungskorrosion dar. Rostbildungen an der Bewehrung können bis zu siebenfachen Volumenvergrößerungen des Stahls führen, die dann zwangsläufig Betonabplatzungen nach sich ziehen. Ursachen der Bewehrungskorrosion sind:

- eine unzureichende Betondeckung der Bewehrung sowie
- eine unzureichende Festigkeit/Dichte des Betons.

Aufgrund des  $\text{CO}_2$ -Eintrags aus der Atmosphäre kommt es zur Carbonatisierung des Betons. Die Carbonatisierung ist die chemische Umwandlung der alkalischen Bestandteile des Zementsteines durch  $\text{CO}_2$  in Calciumcarbonat. Durch die Aufhebung des alkalischen Milieus im Beton verliert dieser seine passivierende Eigenschaft gegenüber dem Stahl, der als Folge daraus rostet. Die Carbonatisierung führt aber gleichzeitig zu einer Verfestigung des Zementsteines, dieser wird dichter und in einer bestimmten Tiefe kommt die Carbonatisierung zum Stehen. Aus dieser Größe wird die Mindestbetondeckung abgeleitet.

In Abbildung 11 sind für Wetterschalen der WBS 70 Werte der Betondeckung (c) denen der Carbonatisierungstiefe (x) gegenübergestellt. Die minimale Betondeckung liegt bei älteren Gebäuden unter der mittleren Carbonatisierungstiefe und auch die Extremwerte der Carbonatisierung liegen teilweise über den mittleren Bewehrungstiefen. Damit werden punktuell Schäden auftreten, die aber selbst mittelfristig keinen systematischen Charakter annehmen werden.

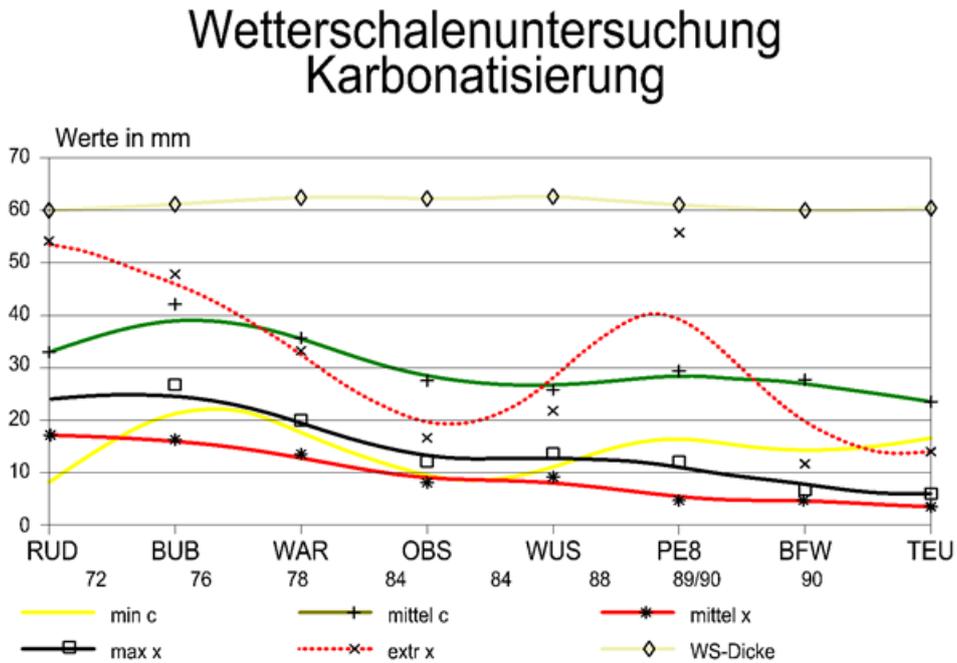


Abbildung 11: Untersuchung zur Carbonatisierungstiefe x und Betondeckung c an WBS-70-Wetterschalen. Quelle: BBP.

Einige wenige extremere Schadbilder fanden wir bei Bewehrungskorrosion an Kragträgern der Balkone der Serie Q3A, Abbildung 12, bzw. bei Auflagerkonsolen von Loggiadecken, Abbildung 13. Werden solche Schäden nicht saniert, ist ein mittelfristiges Versagen des Auflagers und damit der Konstruktion nicht auszuschließen.



Abbildung 12: Geschädigte Auflagerkonsole einer Balkonplatte; Serie Q3A. Quelle: BBP.

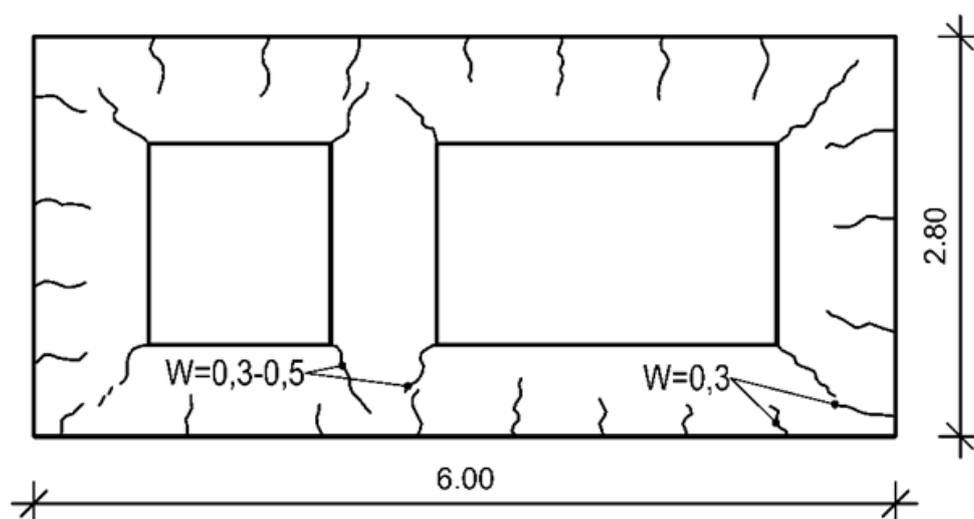


Abbildung 13: Typisches Rissbild in den Wetterschalen der WBS 70. Quelle: BBP.

Eine die Dauerhaftigkeit maßgeblich beeinflussende Schädigung stellen Risse in den Wetterschalen der WBS 70 (Abb. 14) und Rissbildungen in einschichtigen Außenwänden bzw. deren Bekleidung dar (Abb. 15). Sind die Risse größer als 0,3 mm, führen diese ebenfalls zu weiterer Korrosion bzw. zur Ansammlung von Feuchtigkeit hinter der Fassadenbekleidung, was zu großflächigen Ablösungen führen kann.



Abbildung 14: Stark korrodiertes Auflager einer Loggiadecke; Serie P2-11. Quelle: BBP.



Abbildung 15: Stark gerissene Keramikbekleidung; Serie QP. Quelle: BBP.

Seltener kamen größere Rissbildungen in den geputzten Fassaden der Blockbauweise vor. In einigen Fällen führte das zu Putzabsprengungen im Umfeld der Risse.

Einen weiteren Mangel stellten undichte Fugen dar. Bei den frühen Plattenbauten der Serien QP und P2 handelte es sich um mit „dauerelastischen Materialien“ (Kitten) geschlossene Fugen, die allerdings über die Standzeit versprödeten und typische Rissbilder wie in Abbildung 16 aufwiesen. Erschwerend für eine Sanierung dieser Fugen kommt hinzu, dass die Fugenkittung zumindest bis Anfang der 1980er-Jahre mit Asbestfasern versetzt waren. Beim Entfernen dieser teilweise extrem ausgehärteten Fugenmaterialien werden Fasern freigesetzt, sodass entsprechende Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen sind.



Abbildung 16: Versprödeter und gerissener Fugenkitt; Serie QP. Quelle: BBP.

Die offenen Fugensysteme (Abb. 17) funktionierten besser, als manches Fugenbild vermuten ließ. Trotzdem wurden auch immer wieder Mängel in Form fehlender Winddichtungen bzw. nicht vorhandener Schlagregensperren festgestellt.

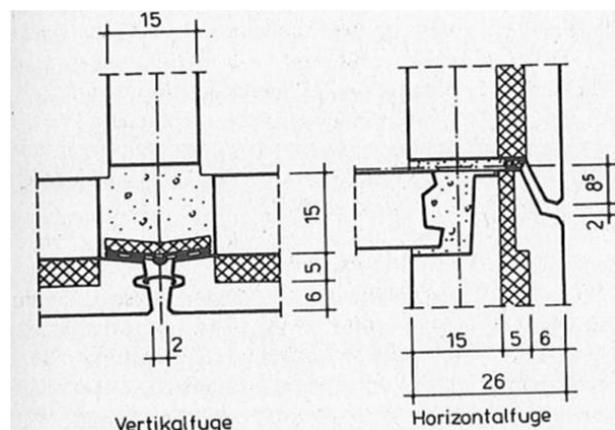


Abbildung 17: Schema der offenen Fuge bei der WBS 70. Quelle: BBP.

Bei einer Bewertung der Fenster kann man bei den älteren Gebäuden von Holzverbundfenstern ausgehen, die zum Teil bereits über 30 Jahre im Einsatz waren. Bei den neueren Serien kamen einschalige Holzfenster mit Plastmantel, anfangs mit einer Zweischeiben-Isolierverglasung und später auch dreischiebig zum Einsatz. Außenliegende Beschläge führten zur Schwergängigkeit und auch die Optik ließ zu wünschen übrig. An schalltechnisch exponierten Straßenzügen wurden zweischalige Schallschutzfenster verbaut. Allen Fenstern, die vor 1980 eingebaut wurden, musste ein hoher Verschleiß bescheinigt werden, verbunden mit einer hohen Luftdurchlässigkeit und dementsprechend auch geringeren Schallschutzwerten. Eine Ausnahme bildeten nur die zweischaligen Konstruktionen.

### **Bewertung der haustechnischen Systeme**

Verallgemeinernd kann man sagen, dass der Großteil der industriell errichteten Gebäude in Berlin an die Fernwärme angeschlossen war. In der Serie Q3A und den frühen Gebäuden der Serie QP erfolgte die Warmwasserbereitung über Gasdurchlauferhitzer und zum Teil in Q3A-Gebäuden die Beheizung über Einzelfeuerstätten in der Wohnung. In den rationalisierten Gebäuden der Serie QP, den P2-Gebäuden der WBS 70 und den Wohnhochhäusern kam ausnahmslos Fernwärme für Warmwasser und Heizung zum Einsatz.

Für alle Serienbauten gilt, dass bis auf die Ausnahme der lufttechnischen Anlagen die Ver- und Entsorgungssysteme in den Grundzügen die an sie gestellten Anforderungen erfüllten und den zum Errichtungszeitpunkt geltenden Bestimmungen entsprachen. Natürlich war im Rahmen der Standzeit von teilweise mehr als 30 Jahren ein technischer Verschleiß aufgetreten. Das wurde besonders im Bereich der Sanitärkeramik sowie der Armaturen im Vergleich zu den westlichen Standards augenfällig.

Die fehlende oder ineffiziente Mess- und Regelungstechnik und die großen, aber wenig wirksamen Wärmetauscher führten in der Betriebsführung zu überhöhten Verbräuchen in der Wärme- und Warmwasserversorgung (Abb. 18). Aber wo man für diese Verbräuche quasi nichts bezahlt, da sind Verbrauchszählung und Effizienz kein wirkliches Thema.



Abbildung 18: Fernwärmeübergabestation mit zwei Röhrenwärmetauschern für die Trinkwarmwasserbereitung. Quelle: BBP.

Im Abgleich mit den Anfang der 1990er-Jahre geltenden Normen der Bundesrepublik Deutschland wurden entsprechende Defizite festgestellt, die jedoch einem Weiterbetreiben bis zu einer Sanierung bzw. Modernisierung nicht im Wege standen. Im Fokus des damals aktuellen bundesdeutschen Vorschriftenwerkes ergaben sich die wesentlichen Mängel wie folgt:

- fehlende Filter in der Kaltwasserversorgung,
- generell fehlende Verbrauchsmesser (Wasser und Heizung),
- keine Thermostatventile an den Heizkörpern,
- fehlende elektrische Schutzmaßnahmen in den Bädern sowie
- Defizite im anlagentechnischen Brandschutz (Schottung von Leitungen ...).

Die Kommunikationsanlagen, wie Klingel-, Türöffner-, Telefon- und Fernsehempfangsanlagen, erfüllten ihre Funktion. Damit konnten ausgehend von einer gesicherten Funktionsfähigkeit die weiteren kurz- wie mittelfristigen Maßnahmen zur Sanierung und Verbesserung der haustechnischen Systeme ohne Handlungsdruck und gut geplant vorangetrieben werden.

### Bauphysikalische Bewertung

Zum Bewertungszeitraum 1990/91 war die 2. Wärmeschutzverordnung (WSV), Einführung 1984, mit der Wiedervereinigung auch in Ostdeutschland verbindlich geworden. Eine weitere Grundlage bildete die DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau. Gemäß Letzterer wurde der Mindestwärmeschutz im Bereich der Keller- und Wohnungstrenndecken sowie der Treppenraumwände nicht erfüllt. Außenwandkonstruktionen der frühen Serien Q3A, OP und P2 erfüllten diese Anforderung nur knapp. Die Einhaltung der verbindlichen WSV wurde von keiner Serie erfüllt. Eine Ausnahme bildeten lediglich die Ratiolösung der WBS 70, die ab Mitte der 1980er-Jahre gebaut wurde, und das Wohnhochhaus GT 85. Die Thermografieaufnahme in Abbildung 19 verdeutlicht die teilweisen Detailprobleme. Es wird erkennbar, dass im Bereich der offenen Fuge der WBS 70 produktionsbedingt gravierende Wärmebrücken mehr oder minder stark auftreten können.

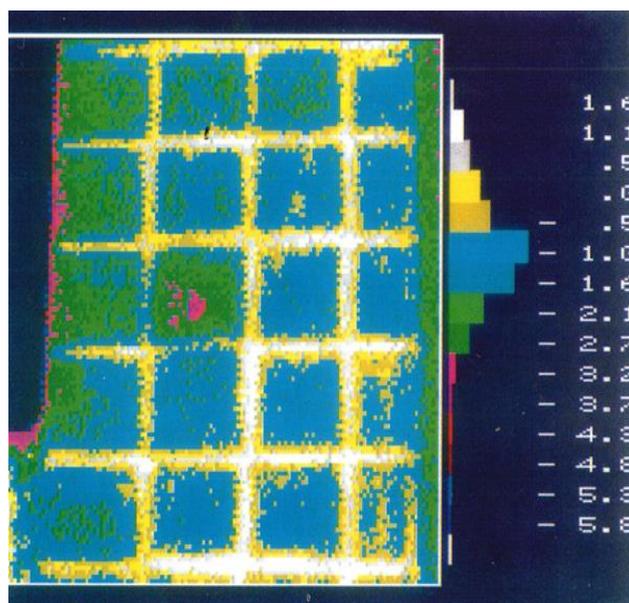


Abbildung 19: Wärmebrücken am Giebel der Serie WBS 70; Thermografie. Quelle: BBP.

Die größten bauphysikalischen Defizite waren im Bereich des bautechnischen Schallschutzes vorzufinden. Die Mindestanforderungen der DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, wurden von den Bauteilen

- Wohnungstrenndecken,
- Kellerdecken,
- Wohnungstrennwände,
- Treppenhauswände und Podeste sowie
- Wohnungseingangstüren

nicht erfüllt.

Im Brandschutz sind es die Wohnungseingangstüren, die Brandschutztüren im Keller, fast alle Installations-schächte und bei den Gebäuden, die unter den Begriff Hochhaus fallen, die Flucht- und Rettungswege, die keinen anforderungsgerechten Brandschutz nach bundesdeutschem Recht aufwiesen.

### **Maßnahmen der Wohnwertverbesserung**

Ziel der damaligen Bewertung der Bestände war es auch, aufzuzeigen, welche wohnwertverbessernden Maßnahmen in den Serien vertretbar umsetzbar sind. Letztendlich kann man mit hohem technischem Aufwand fast alles erreichen, aber bei dem damaligen Gutachten ging es um kommerziell darstellbare Lösungen.

Fast überall umsetzbar sind Grundrissveränderungen über Wohnungszusammenlegungen bzw. die Aufteilung einer Wohnung auf zwei weitere. Schon schwieriger und kostenintensiver lassen sich Wohnraumerweiterungen (Vorbauten) und erst recht Dachgeschossaufbauten darstellen. Wie sich in späteren Untersuchungen herausstellte, scheiterte das oftmals an zu gering bemessenen Einzelfundamenten insbesondere bei den 4-geschossigen Q3A-Gebäuden.

Eine preiswertere Maßnahme stellt die Errichtung neuer und großzügiger Balkon- oder Loggialösungen bzw. das Schaffen von Terrassen/Mietergärten im Erdgeschoss der 4- und 5-geschossigen Häuser dar. Für die 5- und 6-geschossigen Gebäude der Serien P2 und WBS 70 wurden erste Gedanken für den nachträglichen An- bzw. Einbau von Aufzugstechnik erwogen.

Generell ist eine deutliche Aufwertung des Wohnumfeldes, wie Grünanlagen, Wege sowie Spiel- und Sportstätten, anzustreben.

An dieser Stelle sei dem Verfasser eine Anmerkung erlaubt. 1993 ging man in Berlin von einem Bevölkerungswachstum von 3,5 auf 6 Millionen und mehr bis 2010 aus. Bis 2008 trat aber ein Schrumpfungsprozess ein, sodass insbesondere in den Plattenbauten, oftmals saniert, Leerstände bis zu 15 % anzutreffen waren. Teilweise wurde darauf mit Abriss von Wohnungen und auch der Infrastruktur, wie Kindereinrichtungen und Schulen, reagiert.

Seit etwa 2013 hat Berlin durch einen stetigen Zuzug, ohne Einbeziehung von Flüchtlingen, jährliche Bevölkerungszuwächse von 40.000 bis 50.000 Menschen. Nun herrscht quasi, nur wenige Jahre später, eine Wohnungsnot oder zumindest eine sehr angespannte Situation auf dem Wohnungsmarkt. Im Ergebnis muss man das Fazit ziehen, dass wohnungswirtschaftliche Prozesse nur langfristig geplant und umgesetzt werden sollten. Dabei stellen fünf bis zehn Jahre einen eher kurzen Zeitabschnitt dar.

## **Kosten**

Im Ergebnis der damaligen Untersuchungen wurden serienspezifische Kosten ermittelt, die sich bei reinen Instandsetzungsleistungen und bei einer Sanierung mit umfassender Modernisierung ergeben. Je nach Serie und Alter der Gebäude lagen Instandsetzungskosten bei 125 bis 160 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche (umgerechnet von DM auf Euro). Bei einer umfassenden Modernisierung wurden schon damals Kosten von 500 bis 770 Euro/m<sup>2</sup> aufgerufen. Diese Kosten besitzen für die heutige Situation allerdings keinerlei Aussagekraft insofern werden sie auch nicht weiter detailliert. Die Euroumstellung, eine geringe, aber stetige Inflation und die enormen Steigerungen der Baukosten in den letzten fünf Jahren führen zu völlig neuen Kostenansätzen.

Um heutige Sanierungskosten in Mittel- und Osteuropa zu kalkulieren, bedarf es der genauen Definition der Maßnahmen. Darauf aufbauend können europäische Materialpreise zugelassenen und bewährten Produkten zugeordnet werden, die dann mit lokalen Preisen der Verarbeiter zu untersetzen sind. Diese Abschätzung kann nur im Mitwirken lokaler Ingenieurkapazitäten erfolgen.

## **2.3 Die Sanierungsmaßnahmen der 1990er-Jahre**

### **2.3.1 Vorbemerkungen**

Der Sanierungsmarkt von Gebäuden war und ist ein milliardenschwerer Markt, zumal Anfang der 1990er-Jahre dieser Markt eine Größe annahm, wie es ihn so in Deutschland noch nicht gegeben hatte. In wenigen Jahren wurden Hunderttausende Wohnungen einer umfassenden Sanierung unterzogen, zum Teil politisch determiniert – die Ostplatte musste saniert werden. Im Ergebnis weist dadurch der Wohnungsbestand der ehemaligen DDR heute eine durchschnittlich bessere Qualität und auch einen höheren energetischen Standard auf.

Die Größe des Sanierungsmarktes führte natürlich auch zu Begehrlichkeiten in der Baumaterialienindustrie. So wurde insbesondere in den ersten fünf Jahren um die „wahre Lehre“ der richtigen Sanierungsstrategie und vor allem um die eingesetzten Materialien gestritten. Bezeichnend war die Auseinandersetzung im Umgang mit der energetischen Ertüchtigung der Gebäudehülle. Die Vertreter der Vorhangfassaden diskreditierten die Qualität und Eignung der Wärmedämmverbundsysteme und die Fugenband herstellende Industrie stilisierte ihre Produkte zur Wunderwaffe, die nicht nur abdichten, sondern den Wärmeschutz ganzer Fassaden deutlich verbessern sollte.

Nach den Anfangsjahren haben sich die bewährten Systeme durchgesetzt und in den letzten 20–25 Jahren ihren Praxistest bestanden.

### **2.3.2 Maßnahmen des Hochbaus**

Im Wesentlichen drehten sich die hochbaulichen Maßnahmen um die Wiederherstellung der Dauerhaftigkeit der Gebäudehülle in Verbindung mit:

- der Dichtigkeit des Daches,
- der Betonsanierung geschädigter Stahlbetonelemente (Balkone/Loggien) und
- der energetischen Verbesserung der Gebäudehülle.

Zur Gebäudehülle zählt die gesamte wärmeübertragende Hüllfläche des Hauses, also auch die Keller- und letzte Geschosdecke, aber auch die Treppenraumwände, wenn der Treppenraum unbeheizt ist.

Oftmals wird die energetische Ertüchtigung nur an den Fassaden und Fenstern festgemacht, die sicherlich den größten Einspareffekt bringen. Andererseits sind insbesondere bei Kaltdächern und Kellerdecken zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen meistens sehr kostengünstig umsetzbar. In den frühen Sanierungsjahren kamen Faserdämmstoffe mit Dicken um 6–8 cm an der Kellerdecke und 10–15 cm im Dach zum Einsatz.

Zur nachträglichen energetischen Verbesserung der Fassaden haben sich in den letzten 25 Jahren geklebte und/oder gedübelte Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) oder vorgehängte hinterlüftete Fassaden (VHF) durchgesetzt. Der Regelaufbau dieser Systeme ist in den Abbildung 20 und 21 dargestellt. Lange wurde über die Vor- und Nachteile dieser Systeme fachlich, aber häufig auch sehr polemisch gestritten. In letzter Konsequenz hat sich das WDVS gegenüber der VHF durchgesetzt, wobei jedoch keine bauphysikalischen oder qualitativen Eigenschaften den Ausschlag gaben, sondern ausschließlich die Kosten. So liegen diese für VHF durchschnittlich beim Zwei- bis Dreifachen eines WDVS, nach oben sind auch höhere Preise (Natursteinfassaden, Glas- oder Photovoltaikenelemente) möglich.

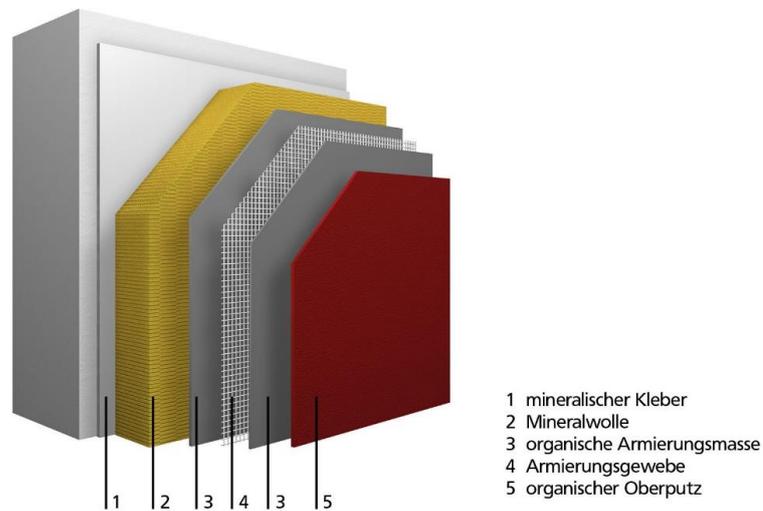


Abbildung 20: Schematische Darstellung eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS). Quelle: BBP.





Abbildung 22: Mischfassade aus WDVS und VHF; Wohnhochhaus der Serie WHH GT. Quelle: BBP.

Der Einsatz von Fugenbändern in der Fassadensanierung in Verbindung mit einer Farbbeschichtung der Fassade war bis Mitte der 1990er-Jahre gängige Praxis, letztendlich spielten auch hier die geringen Kosten die ausschlaggebende Rolle. Fugenband hat aber nur eine Bedeutung, wenn aufgrund von Undichtigkeiten der Wassereintritt oder größere Undichtigkeiten, die zu Zugerscheinungen führen, ausgeschlossen werden. Einen Beitrag für den Wärmeschutz und dessen Verbesserung leisten diese Systeme nicht.

Auf die Maßnahmen der Betonsanierung wird hier nur insofern eingegangen, dass es dafür strenge Regelwerke und zugelassene Firmen sowie Produkte gibt. Bei sachgemäßer Ausführung besitzen die so instandgesetzten Konstruktionen eine Standzeit von etwa 15 Jahren, danach sollte man die Endbeschichtung erneuern. Viele Bauherren entschieden sich deshalb gegen eine Betonsanierung von Loggien und erneuerten diese mit großzügigeren, dauerhaften Stahlbetonkonstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton, Edelstahlhandläufen u. Ä. Diese Maßnahme stellte gleichzeitig eine Wohnwertverbesserung dar und konnte von den Bauherren mieterhöhend umgelegt werden (Abbildung 23).



Abbildung 23: Erneuerte Loggien in Stahlbetonausführung. Quelle: BBP.

In der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre wurden an 5- und 6-geschossigen Gebäuden, das betraf im Wesentlichen die WBS 70, Aufzüge nachgerüstet. Typisch war der Anbau von Aufzugsanlagen an der Außenseite des Treppenraumes. Damit befand sich der Ausstieg aus dem Aufzug auf dem Nebenpodest und der Benutzer musste noch einen Treppenlauf bis zu seiner Wohnung überwinden (Abb. 24). Die Barrierefreiheit war nicht gegeben. Barrierefreie Lösungen kamen seltener zum Einsatz. Eine Möglichkeit bestand in der Anbindung des vor die Fassade vorgestellten Aufzuges an ein Zimmer einer Wohnung oder man ordnete den Aufzug nachträglich ins Gebäude ein. In beiden Fällen ging Wohnraum verloren und im letzteren Fall mussten Decken oder Deckenabschnitte entfernt und/oder abgefangen werden. Siehe hierzu Abbildung 25.



Abbildung 24: Aufzug nachträglich vor dem Treppenraum angeordnet. Quelle: BBP.



Abbildung 25: Nachträgliche Einbringung einer Aussparung für den Aufzug im Gebäude. Quelle: BBP.

Hochbauliche Maßnahmen im Inneren der Gebäude beliefen sich in der Regel auf Maler- und Belagsarbeiten und auf die Erneuerung der Bäder. In seltenen Fällen wurden ganze Fußböden erneuert.

Das bedeutet aber auch, dass die bauakustischen Defizite dieser industriell errichteten Häuser nicht oder nur unwesentlich verbessert wurden. Auf Einzelbeispiele der Wohnraumzusammenlegung oder auf die wenigen

Beispiele der Aufstockung von Gebäuden wird nicht weiter eingegangen. Erst nach 2002 rückten solche Themen stärker in das Interesse der Bauherren.

### **2.3.3 Maßnahmen im Rahmen der Haustechnik**

Die ersten umgesetzten Maßnahmen im Bereich der Haustechnik basierten auf den damals geltenden Forderungen der Heizungsanlagenverordnung (Energieeinsparung) und der Heizkostenverordnung (verbrauchsabhängige Abrechnung von Warmwasser und Heizung). Davon ausgehend wurden in allen Mietwohnungen und in verwalteten Wohnungen

- regelbare Thermostatventile sowie
- Erfassungstechnik für die Verbräuche der Heizung und des warmen Wassers

installiert. Gleiches passierte auf dem Gebiet der Kaltwassererfassung. Damit wurden erstmalig die wohnungsbezogenen Verbräuche erfasst und abgerechnet. Diese „Kleinmaßnahmen“ wurden bis 1993 flächendeckend umgesetzt und betrafen damit alle industriell errichteten Gebäude.

In den folgenden Jahren wurden die unterschiedlichsten Maßnahmen umgesetzt, die teilweise auch wieder von Interessen der Industriebranchen getragen waren. Je nach Ausstattungsgrad, insbesondere der älteren Häuser (Serie Q3A), wurden auch

- Einzelfeuerstätten (Kachelöfen usw. entfernt und durch zentrale Heizungsanlagen ersetzt),
- elektrische Nachtspeicheröfen und Gasaußenwandheizungen demontiert,
- die Warmwasserbereitung auf elektrische Durchlauferhitzer umgestellt und
- das Medium Gas generell abgeklemmt und auf eine elektrische Versorgung umgestellt (Q3A- und frühe QP-Gebäude).

Hauptsächlich wurden jedoch die folgenden Maßnahmen umgesetzt:

#### **Heizung und Warmwasserbereitung**

Einbau effizienterer und gut regelbarer Wärmeerzeuger. Das betrifft Gaskesselanlagen gleichermaßen wie Fernwärmestationen (Abb. 26). Insbesondere wurden die Wärmeerzeuger an den tatsächlichen Bedarf angepasst. Dazu wurden die Verbrauchsmessungen der vorangegangenen Jahre ausgewertet.



Abbildung 26: Modernisierte Hausanschlussstation; Fernwärmeversorgung. Quelle: BBP.

Das Heizungssystem wurde überwiegend von dem vorherrschenden senkrechten Ein-Rohr-System auf ein besser zu regulierendes Zwei-Rohr-System umgestellt. Das Strangschema ist in Abbildung 27 zu finden. Da bei der Sanierung die Fußböden im Regelfall nicht angefasst wurden, kamen im Sanierungsfall auch keine Fußbodenheizungen oder andere Flächenheizungen im Niedertemperaturbereich zum Einsatz. Üblich waren Plattenheizkörper, seltener wurden Gliederheizkörper verbaut.

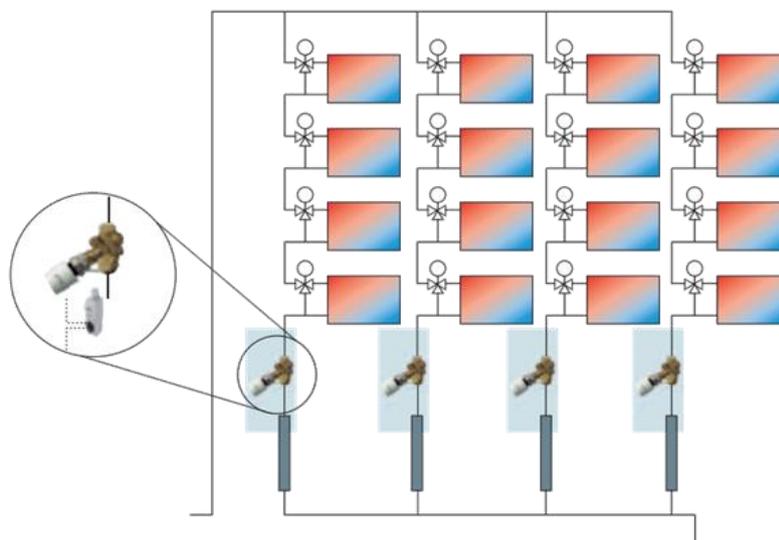


Abbildung 27: Strangschema Ein-Rohr-Heizung mit hydraulischem Abgleich. Quelle: BBP.

An dieser Stelle muss man noch auf eine deutsche Besonderheit hinweisen. Da die Kosten für 1 kWh Wärme, die mit Strom erzeugt wurde, etwa dreimal so hoch sind wie bei Gas oder Fernwärme, kommen selten strombasierte Heizungs- oder Warmwasserlösungen zum Tragen.

Aufgrund der Verschärfung der Anforderungen an die Wasserhygiene in den letzten Jahren werden aktuell auch Systeme eingesetzt, bei denen die Wärme zentral erzeugt und dezentral in der Wohnung über sogenannte Wohnungsstationen mittels Wärmetauscher das Warmwasser erzeugt wird, ohne dass periodisch eine thermische Desinfektion durch Aufheizen des warmen Wassers auf 70 Grad Celsius erfolgen muss. Abbildung 28 zeigt das Schema einer Wohnungsstation.

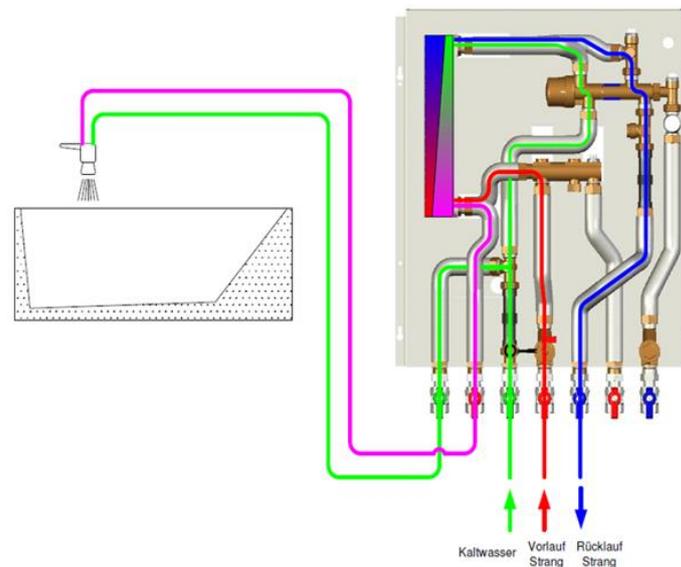


Abbildung 28: Schema einer Wohnungsstation zur Warmwasserbereitung. Quelle: BBP.

Allein durch die Optimierung/Modernisierung der Heizung und der Warmwassererzeugung konnten die Wärmeverbräuche des Gebäudes um bis zu 25 % reduziert werden.

### Sanitärinstallationen

Im Bereich der Sanitärinstallationen wurden selten Reparaturen durchgeführt. Die generelle Erneuerung der Sanitärstränge im gesamten Haus, d. h. einschließlich der Kellerverteilungen, stand im Fokus. Das hing sicherlich auch damit zusammen, dass mit einer Strangerneuerung immer das Bad modernisiert wurde (neue Sanitärkeramik, Armaturen, Fliesen usw., was zu einer Wohnwertverbesserung und damit einer hohen Mieterakzeptanz beitrug (Abb. 29).



Abbildung 29: Modernisierte Badlösung. Quelle: BBP.

Die Strangsanierung, einschließlich Lüftungs- und Elektroarbeiten, stellt die Hauptbelastung im Rahmen einer komplexen Modernisierung, also einschließlich der Hülle des Gebäudes für die Mieter, dar. Ungeachtet dessen sind diese Arbeiten gerade in den Anfangsjahren unter bewohnten Bedingungen umgesetzt worden. In Härtefällen, wie Krankheit, Gebrechlichkeit oder dem Fall, dass die Mieter in kleinen Ein-Raum-Wohnungen wohnten, wurde die Wohnung freigezogen.

### **Lüftung**

Die Erneuerung der oftmals nicht funktionierenden Lüftungsanlagen erfolgte bei den vielgeschossigen Gebäuden durch den Einbau zentraler, differenzdruck geregelter Abluftanlagen mit Dachventilatoren, die einen oder mehrere Stränge bedienen. Als Schachtmaterial kamen überwiegend Wickelfalzrohre oder Kalziumsilikatkanäle zum Einsatz. Bei Ersteren erfolgte die Brandschottung in der Deckenebene durch Einbauteile, die im Brandfall die Abluftleitung automatisch verschließen. Die Kalziumsilikatkanäle stellen einen eigenen Brandabschnitt durch alle Geschosse dar, die Brandschottung erfolgt an jedem Kanalanschluss.

Die Abluft wird in Küche und Bad/WC abgesaugt und kann von einer permanenten Grundlüftung in eine Bedarfslüftung verändert werden. In den 4-geschossigen Gebäuden der Serie Q3A wurden auch Einzelraumlüfter in den Bädern eingebaut.

Durch die energetische Verbesserung der Fassaden und Fenster werden vorhandene Bauteilfugen abgedichtet. Dadurch kam es vermehrt zu Feuchteschäden und Schimmelbildungen in den Wohnungen. Es ist deshalb wichtig, dass eine entsprechende Luftnachströmung durch Öffnungen im Fenster oder in der Fassade geplant wird. Das Nachströmen von Außenluft muss bei der Dimensionierung der Heizung Berücksichtigung finden. Ab 1997 widmete man sich verstärkt dem Einsatz von Be- und Entlüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung. Die ersten Anwendungen wurden messtechnisch begleitet und ausgewertet. Dabei wurden zentrale und dezentrale Anlagen untersucht und konnte die Wirksamkeit in allen Fällen festgestellt werden. Der Rückgewinnungsgrad lag bei über 80 % und es konnten extrem geringe Wärmeverbräuche generiert werden. Abbildung 30 zeigt eine Anlage mit eingebautem Wärmetauscher im Sanitärschacht und in den Abbildungen

31 und 32 wird ein Vergleich der Verbräuche von Gebäuden, einmal mit und einmal ohne Wärmerückgewinnungstechnik, gezeigt. Trotz der nachweislichen Effekte hat sich diese Technik nicht durchsetzen können. Die Mehrkosten von 2.500 bis 3.000 Euro pro WE sind den meisten Bauherren zu hoch.



Abbildung 30: Wärmetauscher im Einbauzustand eines Sanitärschachtes. Quelle: BBP.



Abbildung 31: Gebäude mit Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung (rot) und nur Abluft (gelb). Quelle: BBP.

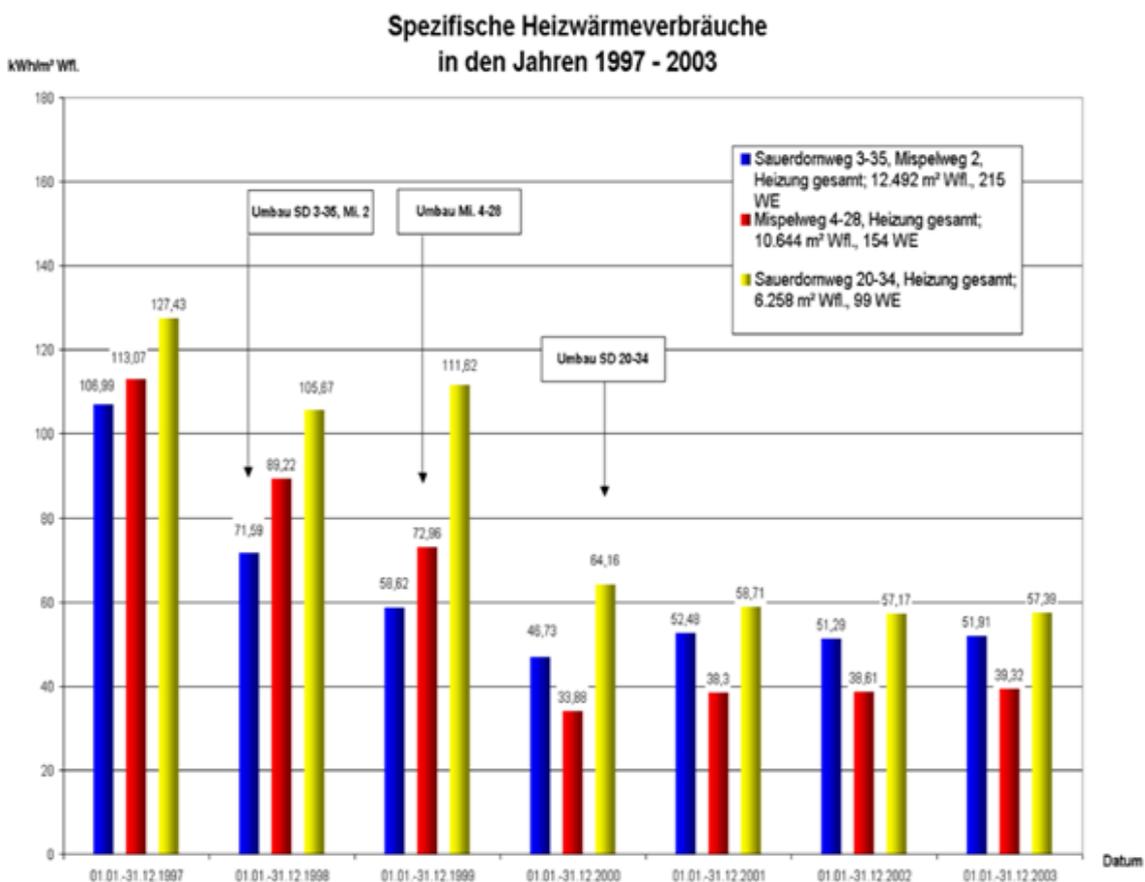


Abbildung 32: Wirksamkeit der Wärmerückgewinnung anhand der spezifischen Heizwärmeverbräuche. Quelle: BBP

## Elektroinstallation

Im Gegensatz zu den Sanitärinstallationen wurden bei den elektrischen Installationen keine generellen Erneuerungen durchgeführt. Es wurde geprüft, ob die Anschlussleistungen für den neuen Bedarf noch ausreichen. Wenn nicht, erfolgten eine Erneuerung der Hauptverteilung und ein Umschalten auf den Wohnungsverteiler. In diesem Zusammenhang wurden brandschutztechnische Defizite beseitigt. In den Wohnungen selbst wurde die Wohnungsverteilung erneuert und die Bäder erhielten einen Fehlerstromschutzschalter. Teilweise wurden in der Küche zusätzliche Steckdosen installiert. An der weiteren Wohnungsinstallation und den Lichtstromkreisen wurde nichts erneuert.

## 2.4 Erfahrungen aus den letzten 28 Jahren Plattenbausanierungen

### 2.4.1 Allgemeine Erfahrungen

Die allgemeinen Erfahrungen betreffen die Bereiche der Vorbereitung (Planung), der Vergabe, der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen und die Objektbetreuung nach Fertigstellung der Baumaßnahme.

Bewährt haben sich gründliche Vorbereitungsprozesse, die der eigentlichen Sanierungsplanung umfassende und seriöse Voruntersuchungen voranstellen.

Schwerpunkte sind Untersuchungen zu Fragen der Dauerhaftigkeit, des Vorkommens von Schadstoffen, eine Bewertung des Brandschutzes und der Ist-Situation bezüglich der bauphysikalischen Qualitäten, insbesondere des Wärmeschutzes, und natürlich eine Bewertung der Betriebssicherheit der Anlagentechnik.

Darauf aufbauend kann mit dem Auftraggeber die Aufgabenstellung für die Instandsetzung und Modernisierung konkretisiert und angepasst werden, gegebenenfalls werden Schwerpunkte verschoben. Hat der öffentliche Auftraggeber klare Budgetvorstellungen (die im Regelfall immer zu niedrig sind), ist es sinnvoll, über Variantenbetrachtungen im Planungsprozess Optionen mit anschließenden Empfehlungen herauszuarbeiten. Ist die Bauherrenentscheidung gefallen, sichern eine detaillierte Ausführungsplanung und Ausschreibung die Qualität der späteren Ausführung.

Im Regelfall findet im Rahmen der Vergabe ein öffentlicher Wettbewerb statt. Das strenge deutsche Vergaberecht zwingt den Auftraggeber trotzdem nicht, immer den Bestbieter, man kann auch sagen den „billigsten“, zu beauftragen. Dieser muss nicht wirklich preiswert sein. „Preiswert“ bedeutet das beste Preis-Leistungs-Verhältnis. Deshalb sollte immer die Leistungsfähigkeit des Bewerbers geprüft werden. Das beinhaltet den Nachweis der Befähigung, das Aufzeigen von Referenzen und der erforderlichen Kapazitäten und es ist hilfreich, auch die Bonität zu hinterfragen. Es ist keinem Auftraggeber geholfen, wenn er eine schlechte Qualität erzielt, die Baumaßnahme deutlich später fertig wird oder die ausführende Firma zwischenzeitlich in Insolvenz geht.

Um die Qualität während der Durchführung zu gewährleisten, ist über den gesamten Bauzeitraum eine Architekten- und Fachbauleitung auf der Baustelle vorzuhalten, die die Umsetzung der Planung kontrolliert. Eine besondere Bedeutung hat dies gerade bei Sanierungsvorhaben unter bewohnten Bedingungen, da hier der betroffene Mieter mit „betreut“ werden muss. Der Aufwand der Bauüberwachung steigt.

Die Objektbetreuung stellt im Allgemeinen eine Mängelverfolgung und -abstellung im Gewährleistungszeitraum dar. Es wird darüber hinaus bei einer energetischen Sanierung empfohlen, in den ersten zwei bis drei Jahren die Einspareffekte und die Betriebsführung für Heizung und Warmwasserbereitung zu verfolgen und gegebenenfalls die Heiztechnik bzw. Steuerung anzupassen und zu optimieren. Ein warmes Haus muss nicht unbedingt effektiv betrieben werden und nur wenn es zu kalt ist, kommt eine entsprechende Mieterreaktion.

## 2.4.2 Erfahrungen im Hochbau



Abbildung 33: Am Anfang der Sanierung stand die Farbe; sanierte Serie QP 71. Quelle: BBP.

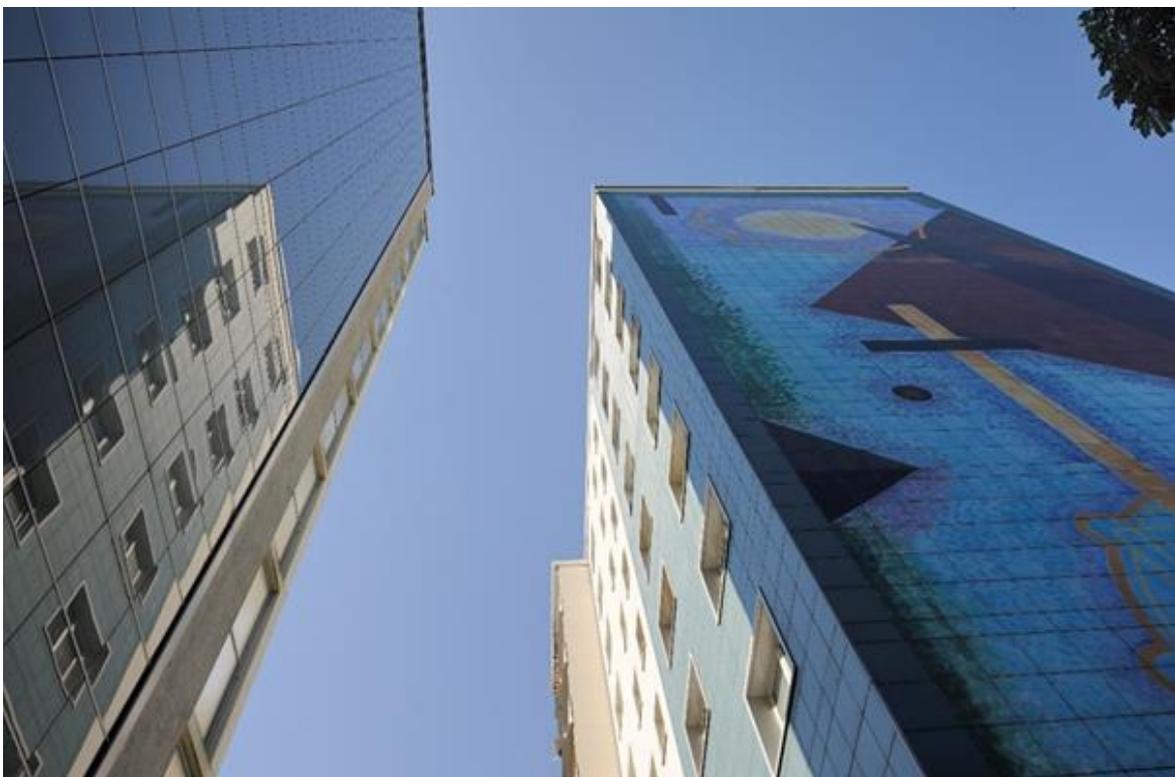


Abbildung 34: Das größte Keramik-Kunstobjekt Europas am Giebel eines QP 71. Quelle: BBP.



Abbildung 35: Fassadenmalerei an einem Wohnhochhaus WHH GT. Quelle: BBP.



Abbildung 36: Sanierungsobjekt WBS 70, 11-geschossig. Quelle: BBP.

Positiv gilt es hervorzuheben, dass der über Jahre anhaltende Sanierungsprozess bewährte Sanierungssysteme hervorbrachte. Wärmedämmverbundsystem und Vorhangfassade in ihren unterschiedlichen Ausprägungen sind im Rahmen der energetischen Sanierung nicht mehr wegzudenken. Und diese Systeme wurden innerhalb der letzten 25 Jahre weiterentwickelt, um festgestellte Schwachstellen zukünftig zu vermeiden. Beispiele hierfür findet man u. a. bei den WDV-Systemen im Bereich der Farben/Endbeschichtungen. Hier führen die sehr guten Dämmeigenschaften auf den Oberflächen dieser Systeme zu niedrigen Oberflächentemperaturen und damit häufig auch zu Tauwasserausfall. Feuchte Oberflächen wiederum führen bei einer intakten Umwelt zu einer verstärkten Algenbildung (Abb. 37).



Abbildung 37: Algenbildung auf Wärmedämmverbundsystemen. Quelle: BBP.

Aktuell existieren mehrere neue Farben/Endbeschichtungen, die aufgrund ihrer Oberflächenstruktur (Lotuseffekt u. Ä.) zu trockenen oder schnell trocknenden Oberflächen und damit algenfreien Fassaden führen. Wichtig ist, zu vermerken, dass der Befall mit Algen ein ästhetisches Problem ist und gleichzeitig auf eine gute Luftqualität hinweist.

Eine weitere technische Entwicklung stellt der versenkbare, wärmegeämmte Dübel dar. Früher zeichneten sich die Positionen der Dübel gerade bei einer Veralgung der Fassade in Form heller Punkte ab (Abb. 38). Jeder Dübel stellt letztendlich eine kleine Wärmebrücke dar, die Oberfläche des Dübelkopfes ist wärmer als die umgebende Putzoberfläche und veralgelt weniger stark oder gar nicht. Bei aktuellen Bauaufgaben kommen in der Regel versenkbare und wärmegeämmte Dübel zum Einsatz (Abb. 39).



Abbildung 38: Die Anordnung der Dübel zeichnet sich auf einer Fassade ab. Quelle: BBP.

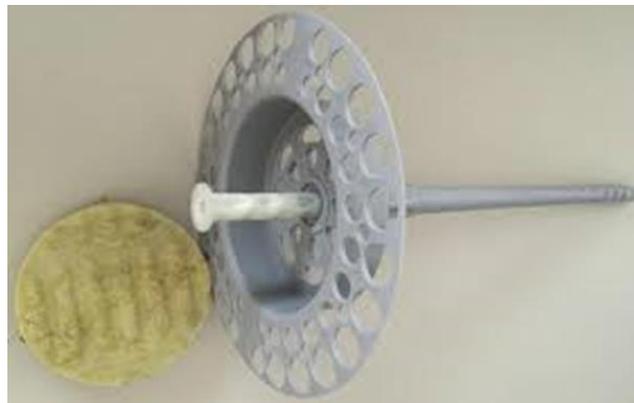


Abbildung 39: Versenkbarer und wärmegeämmter Dübel. Quelle: BBP.

Negativ bleibt in Erinnerung, dass Einzelmaßnahmen ausgeführt wurden, ohne deren Auswirkungen auf das Gebäude/die Fassade zu berücksichtigen. Der „Klassiker“ unter diesen Fällen ist der Austausch alter, undichteter Fenster mit  $U_w$ -Werten größer  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  gegen neue, quasi luftdichte und hoch gedämmte Konstruktionen. Und wenn dies zusätzlich auch noch in Objekten erfolgte, die gerade den Mindestwärmeschutz erfüllten, war der Schimmel in den inneren Leibungen der Schlaf- und Badezimmer vorprogrammiert.

Eine weitere häufige Schadensquelle ist der Einbau des Fensters selbst. Innen diffusionsdicht und außen schlagregensicher sind bekannte Qualitäten und es gibt Produkte und Einbaurichtlinien, die das gewährleisten. Unqualifizierte Monteure und eine fehlende Kontrolle führen hier häufig zu Undichtigkeiten, Kondensation und Schimmelbildung. Ähnliche Aussagen muss man auch zu den anspruchsvollen und aufwendigen Arbeiten im Rahmen von Betonsanierungs- oder Abdichtungsprozessen treffen. Hier ist deshalb immer wieder auf die notwendigen Kontrollen durch die verantwortlichen Architekten bzw. Fachbauleiter zu verweisen.

Weiterhin konnte festgestellt werden, dass man WDVS flächig über Bewegungsfugen des Gebäudes angeordnet hat, ohne mögliche Bewegungen aufzunehmen. Die Rissbildung war vorprogrammiert (Abb. 40). Eine schadensfreie Fassade ist mit der in Abbildung 41 dargestellten Fugenausbildung gesichert.



Abbildung 40: Extreme Putzschäden bei einer überdämmten Bewegungsfuge. Quelle: BBP.

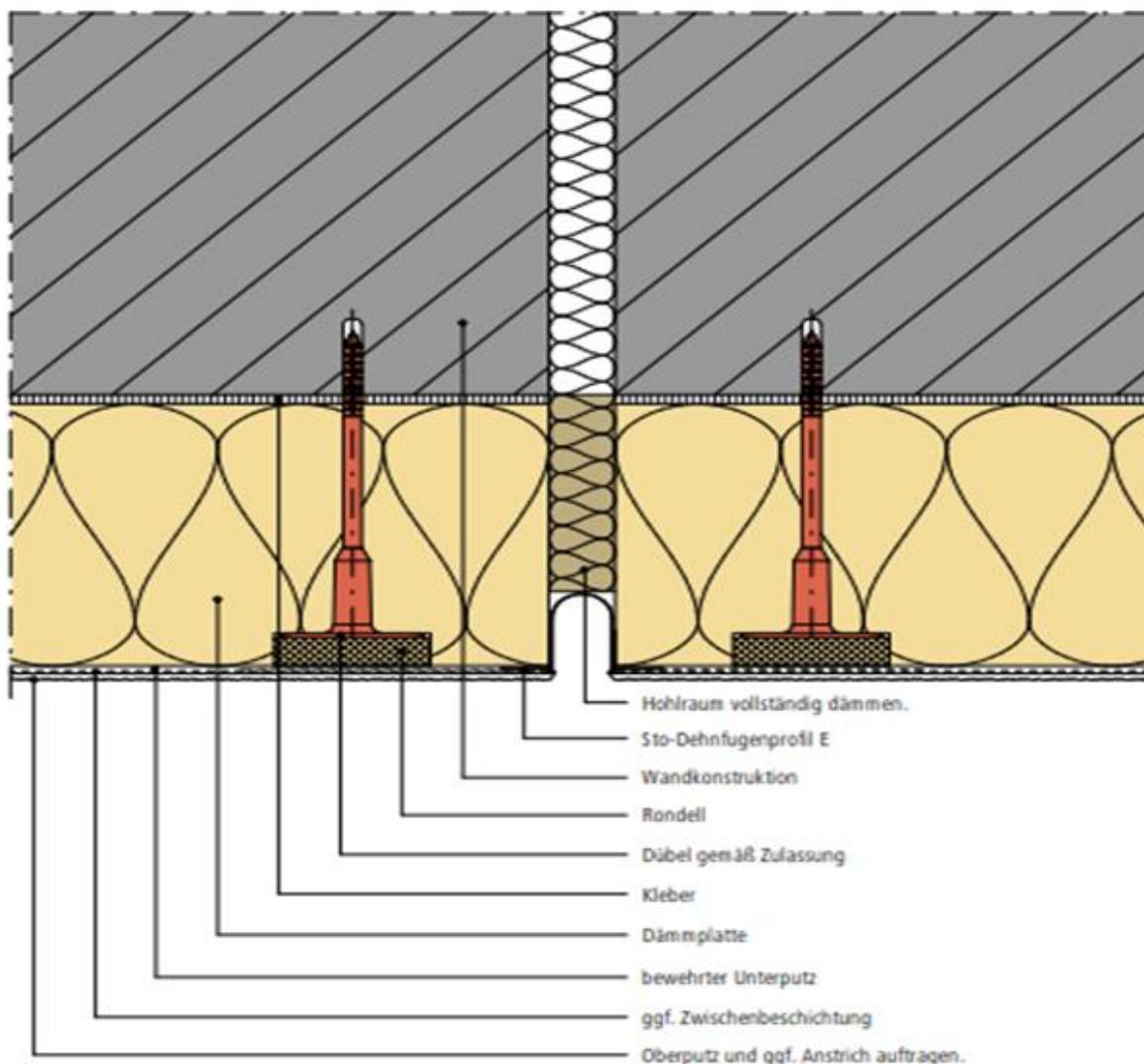


Abbildung 41: Ausbildung einer Bewegungsfuge im WDVS. Quelle: BBP.

Eine nicht unbedeutende Thematik, die dann bereits die Überleitung zu „Erfahrungen im Bereich der Gebäudetechnik“ bildet, ist, dass

- energetische Ertüchtigungen der Gebäudehülle,
- die Versorgung über neue Hausanschlussstationen und
- das Betreiben von Anlagen der Heizungs- und Warmwasserversorgung

nicht immer aufeinander abgestimmt wurden. Der Architekt plant seine hochbaulichen Themen und die Haustechnik wird darauf nicht abgestimmt. Näheres dazu unter 2.4.3.

### 2.4.3 Erfahrungen in der Gebäudetechnik und Betreibung

In einem Gebiet mit ca. 1.250 Wohnungen und 28 Einzelhäusern wurden die spezifischen Wärmeverbräuche ermittelt. Sechs Häuser waren modernisiert mit Dämmung der Gebäudehülle und Erneuerung der Fenster.

Weitere 15 Gebäude hatten neue Fenster und die Giebel sowie das Dach und die Kellerdecke hatten eine Zusatzdämmung erhalten. An sieben verbleibenden Gebäuden wurden keine Maßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt. Diese galten diesbezüglich als unsaniert.

Im Ergebnis einer Analyse der Verbrauchsdaten lag der jährliche Heizwärme- und Warmwasserverbrauch im Mittel bei 162 W/m<sup>2</sup>K. Diese Größenordnung ist für die erfolgten Sanierungen unakzeptabel und erschwerend kommt hinzu, dass sich die modernisierten Gebäude nur unwesentlich von den „unsanierten“ unterschieden (Abb. 42). Nachdem an den vier bis fünf Jahre alten, hocheffizienten Hausanschlussstationen (Abb. 43) die Vorlauftemperaturen zum Teil um 12 Grad Celsius abgesenkt und die Fahrweise optimiert worden ist, stellten sich Einsparungen zwischen 9 und 26 % (Abb. 44) ein. Ein sich anschließender hydraulischer Abgleich des Heizungssystems ergab dann nochmals durchschnittlich eine Einsparung von 4 %.

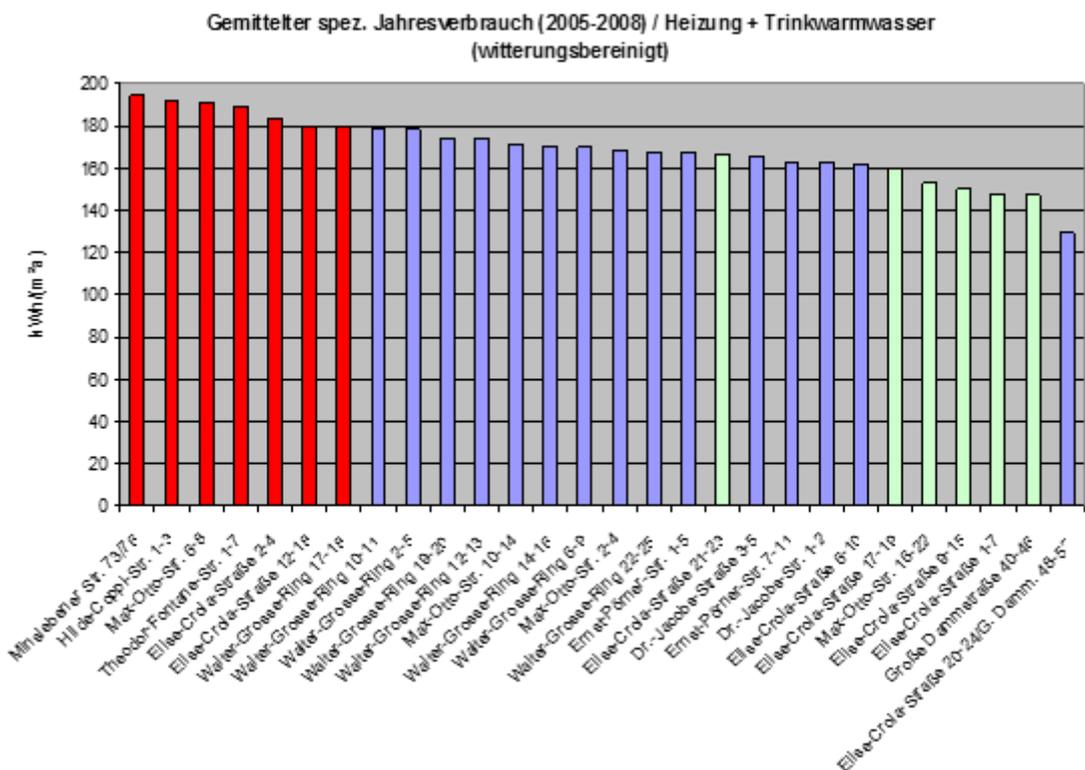


Abbildung 42: Spezifische Jahresverbräuche von 28 Einzelhäusern; rot = unsaniert; blau = teilsaniert; grün = vollsaniert. Quelle: BBP.



Abbildung 43: Moderne und effiziente Hausanschlussstation für Fernwärme. Quelle: BBP.

In Abbildung 44 sieht man die Auswertung der so optimierten Häuser. Es ergibt sich optimiert ein durchschnittlicher Verbrauch von 133 W/m<sup>2</sup>K im Jahr (durchschnittliche Einsparung von 18 %) und die modernisierten Gebäude sind mit etwa 120–125 W/m<sup>2</sup>K folgerichtig die mit den niedrigsten Verbräuchen.

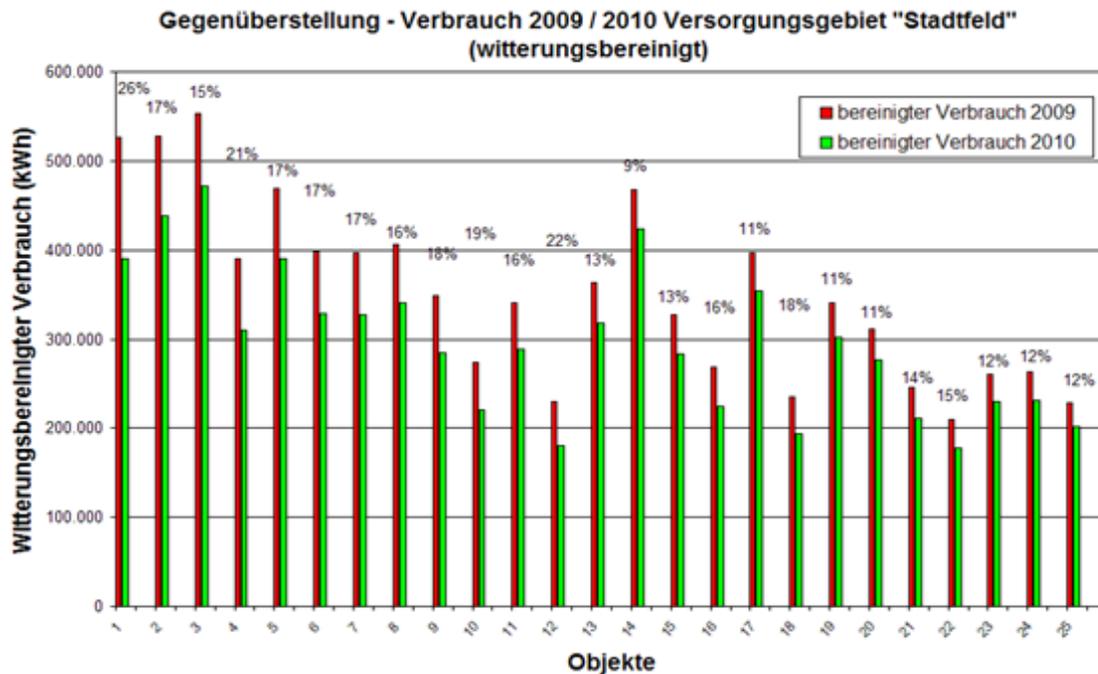


Abbildung 44: Gegenüberstellung der Verbräuche von 25 Gebäuden vor und nach der Optimierung der Betriebsführung. Quelle: BBP.

Ein zweites Beispiel soll Vorgenanntes untermauern. In ein fast 30 Jahre altes Ostberliner Gebäude der Wohnungsbauserie P2 wurde eine neue Wärmeversorgungsanlage (Gas-Brennwert-Kessel) installiert. Als Fahrweise war eine Nachtabsenkung mit den entsprechenden Energieeinsparungen vorgesehen (Abb. 45). Weiterhin waren eine Datenübertragung und ein entsprechendes Controlling geplant. Aufgrund von Lieferengpässen kam dieses System erst drei Monate verspätet zum Einsatz. Es konnte festgestellt werden, dass die Temperaturen nachts nicht absanken, sondern anstiegen (Abb. 46). Ein Fehler bei der Verdrahtung der Regelungstechnik hatte zu diesem ungewollten Effekt geführt, der während des Zeitraums eines Vierteljahres aufgrund der Jahreszeit nicht festgestellt werden konnte.

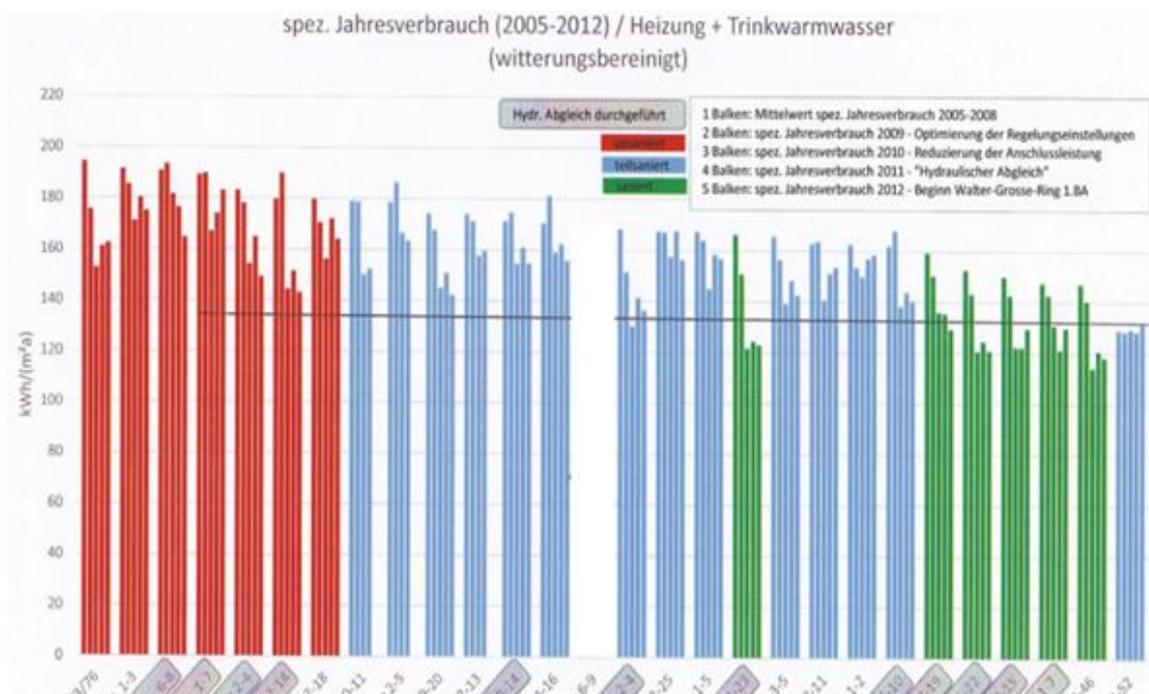


Abbildung 45: Gegenüberstellung der Verbräuche von 27 Häusern im Rahmen der Optimierung über einen Zeitraum von fünf Jahren.  
Quelle: BBP.

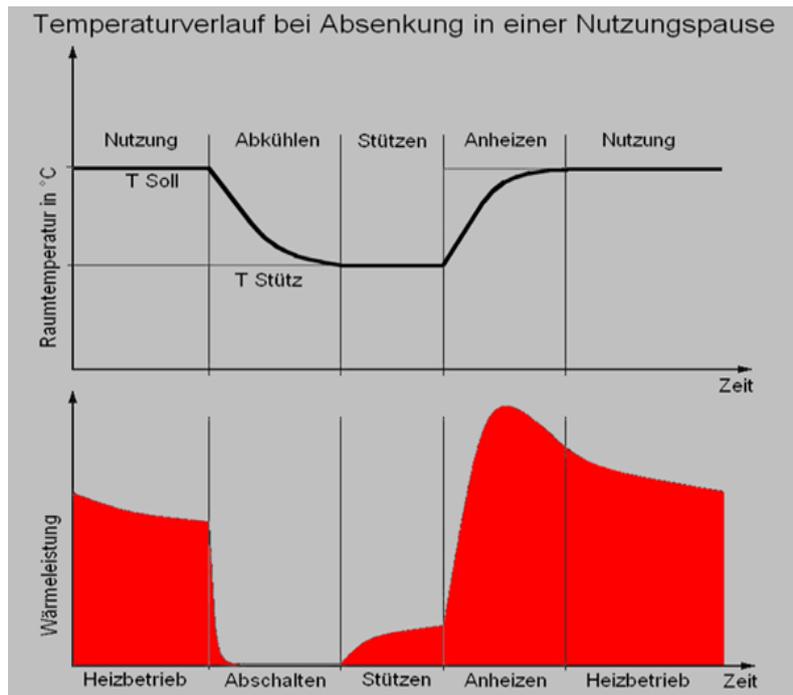


Abbildung 46: Schema des Heizverlaufes bei einer Nachtabsenkung. Quelle: BBP.

Eine effiziente Gebäudesanierung ist ohne eine Berücksichtigung der Anlagentechnik, ohne den hydraulischen Abgleich und ohne eine Kontrolle und Optimierung der Fahrweise der Anlagen nicht möglich.

Man sieht an dem Ausgeführten, dass man mit gering investiven Maßnahmen bedeutende Einsparungen generieren kann. Oftmals ist nicht die umfängliche Investition erforderlich, sondern ein verantwortlicher Umgang mit dem Gesamtthema ausreichend.

## 2.5 Sanierung der Sanierung

Geht man davon aus, dass die ersten umfassenden Sanierungen ca. 1993 stattfanden, dann weisen diese Gebäude eine Standzeit von 25 Jahren für die sanierten Bestandteile auf. Nach 25 Jahren ist ein nicht unerheblicher Verschleiß eingetreten. Insbesondere im Bereich der Energieeffizienz wurden seit der ersten Sanierung die Anforderungen drastisch erhöht. Die heutigen energetischen Anforderungen an zu sanierende Bestandsgebäude sind höher als die Anforderungen an Neubauten Anfang der 1990er-Jahre. Damals galt die 2. Wärmeschutzverordnung (WSVO), welche zwischenzeitlich durch die 3. WSVO und diese wiederum durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) ersetzt wurde. Letztere, 2002 eingeführt, wurde bis heute bereits dreimal hinsichtlich der energetischen Anforderungen verschärft.

Wenn man dann noch einen Gebäudebestand besitzt, der keine vollständige Modernisierung der Gebäudehülle aufweist, wurden oftmals die Gebäudelängsseiten nur malermäßig instand gesetzt und die Fugen nachträglich abgedichtet – und dann ergibt es durchaus Sinn, bereits jetzt eine erneute Sanierung zu planen und umzusetzen. Bei dem im Folgenden beispielhaft aufgeführten Fall handelt es sich um einen 11-geschossigen WBS-70-Block mit 86 Wohnungen. Abbildung 47 dokumentiert den Ist-Zustand und die Abbildungen 48 sowie 49 zeigen das Gebäude nach der ersten Sanierung.



Abbildung 47: 11-geschossiges WBS-70-Gebäude im Ist-Zustand. Quelle: BBP.



Abbildung 48: 11-geschossiges WBS-70-Gebäude nach abgeschlossener erster Sanierung, u. a. erfolgte eine Loggiaerneuerung und ein Fensteraustausch. Quelle: BBP.



Abbildung 49: Gebäudelängsseite mit Farbanstrich und Sanierung der Fugen mittels Fugenbändern; Überdachung des Hintereinganges. Quelle: BBP.

Die in 1998/99 erfolgte erste Sanierung umfasste die folgenden Maßnahmen:

- Fenstererneuerung;  $U_w = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dämmung des Daches
- Anordnung neuer Stahlbetonloggien und Dämmung der Loggia-Außenwände
- Fugensanierung und malermäßige Instandsetzung der Längsaußenwände
- Hydraulischer Abgleich des Heizungssystems

Der spezifische Heizwärmebedarf lag ursprünglich bei  $136 \text{ kWh/m}^2$  Wohnfläche im Jahr und verringerte sich mit der ersten Sanierung auf  $84 \text{ kWh/m}^2$ . Mit weitergehenden Maßnahmen, die 2017 durchgeführt wurden, nämlich

- Dämmung der Längsaußenwände mit einer Dicke von 14 cm Mineralwolle,
- Dämmung der Kellerdecke mit 8 cm Mineralwolle,
- Erneuerung der Fenster (drei Scheiben),  $U_w = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ , und
- erneutem hydraulischem Abgleich,

wurde rechnerisch ein Heizwärmebedarf von  $39 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  ermittelt. Damit wurde das sogenannte Effizienzhauskriterium 85 erreicht, was wiederum Grundlage war, bei der staatlichen Förderbank KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau, einen zinsgünstigen Kredit und darüber hinaus Zuschüsse in Höhe von 17,5 % der Kosten

der energetischen Maßnahmen zu erhalten. Auf diese Weise konnte die Wirtschaftlichkeit der Gesamtmaßnahme erreicht werden. Die Heizkosten liegen mit unter 30 Eurocent pro m<sup>2</sup> Wohnfläche im Monat auf einem für Deutschland extrem geringen Niveau.

Zusätzlich wurden die Eingangsvorbauten großzügig und barrierefrei gestaltet. Die zwei Aufzüge wurden erneuert und als sogenannte Durchlader ausgebildet. Bisher lag der erste Haltepunkt des Aufzugs im Treppenraum und war über eine halbgeschosshohe Treppenanlage erreichbar. Der neue Aufzug hat nun einen äußeren Haltepunkt auf Höhe des Geländes. Auf diese Weise entstanden schlagartig 86 barrierearme Wohnungen, die bei der immer älter werdenden Bevölkerung dringend gesucht werden. Und die gestalterische Qualität wurde ebenfalls verbessert (Abb. 50 und 51).



Abbildung 50: Zweite Sanierungsphase, Planungsstand. Quelle: BBP.



Abbildung 51: Abschluss der zweiten Sanierungsphase. Quelle: BBP.

Dergestalt sanierte Bestandsgebäude stehen Neubauten nicht nach. Vielmehr ist die Energieeffizienz besonders hoch. Im Vergleich zu einem Neubau kann die sogenannte „Graue Energie“ eingespart werden, die für die Demontage des Bestandes, seine Entsorgung, die Herstellung der neuen Bauteile und Baustoffe sowie die Errichtung des neuen Gebäudes erforderlich wäre.

Die energiepolitischen Ziele Deutschlands gehen für 2050 von einem CO<sub>2</sub>-neutralen Gebäudebestand aus. Der heutige Gebäudebestand wird nach entsprechenden Prognoserechnungen dann noch etwa 80 % des Gesamtbestandes ausmachen. Der Zuwachs an Neubauten, ab 2020/21 wahrscheinlich schon als energieerzeugende Gebäude zu errichten, wird dieses Ziel unterstützen. Die Hauptlast ist jedoch durch die energetische Aufwertung des Bestandes zu leisten.

Was 1990 im großen Stil in Ostdeutschland begann und zwischenzeitlich stetig im energetischen Niveau verbessert wurde, stellt nur einen Zwischenschritt dar. Es bedarf bis 2050 einer weiteren gewaltigen Sanierungsoffensive für alle Gebäude.

### 3 Energetische Gebäudesanierung in Deutschland von 2002 bis 2014

#### 3.1 Einleitung

##### 3.1.1 Gesetzliche und normative Änderungen und Neueinführungen

Die Unterschiede zur Sanierung in den 1990er-Jahren sind durch Änderungen der Voraussetzungen bedingt. So sind zu Beginn des neuen Jahrhunderts einige Neuerungen in der Gesetzgebung und in den technischen Normen eingeführt worden. Dies erfolgte mit der am 16. November 2001 von der Bundesregierung verabschiedeten Energieeinsparverordnung (kurz: EnEV). Die Verordnung ist im Februar 2002 mit dem Ziel in Kraft getreten, den Heizenergiebedarf von Gebäuden um 30 % gegenüber dem Anforderungsniveau der dritten Wärmeschutzverordnung (WSVO '95) zu senken. Die EnEV ist die deutsche Umsetzung der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) –, dem zentralen Instrument der Europäischen Union (EU), um die Energieeffizienz im Gebäudebereich zu verbessern.

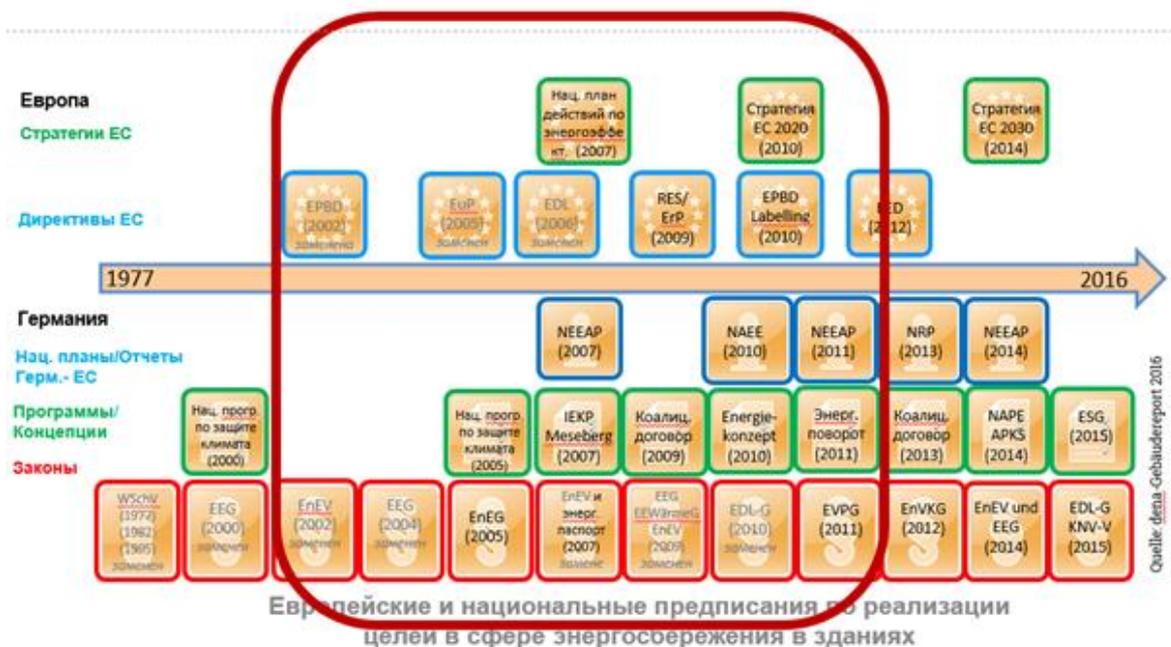


Abbildung 52: Übersicht der gesetzlichen Rahmen (rot umkreist ist 2002 bis 2014).

Insbesondere regelt die EnEV folgende Bereiche:

- Energetische Mindestanforderungen für
  - Neubauten
  - Modernisierung, Umbau, Ausbau und Erweiterung bestehender Gebäude und Anlagen
  - Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie Warmwasserversorgung
- Zulässige Berechnungsmethoden für die energetischen Mindestanforderungen

- Inhalte und Anforderungen an Aussteller von Energieausweisen für bestehende und neue Gebäude sowie Empfehlungen für die Verbesserung der Energieeffizienz
- Energetische Inspektion von Klimaanlage

Bei den energetischen Mindestanforderungen der EnEV unterscheidet man zwischen Anforderungen für Wohngebäude und Nichtwohngebäude und in beiden Kategorien jeweils für Neubau und Bestand. Neubauten müssen die Anforderungen einhalten. Im Bestand wird noch einmal unterschieden in unbedingte Anforderungen, die sogenannten Nachrüstpflichten, und in bedingte Anforderungen, die nur erfüllt werden müssen, wenn in bestimmter Größenordnung saniert wird und dann je nachdem, ob es sich um Einzelmaßnahmen oder eine Komplettsanierung handelt. Außerdem gibt es Anforderungen an die gebäudetechnischen Anlagen. Die Paragraphen der EnEV beschreiben, was in welchem Fall getan werden muss; die konkreten Werte und Details dazu stehen in den Anhängen.

Da mit der EnEV 2007 ein vollständig neues Berechnungsverfahren eingeführt wurde, das nun Wohngebäude und Nichtwohngebäude getrennt betrachtet, sind die Anforderungen im Vergleich zur EnEV 2002 zunächst nicht verschärft worden. Dies erfolgte erst mit der EnEV 2014, die eine 30-prozentige Reduzierung der zulässigen Anforderungswerte im Vergleich zur EnEV 2007 vorsieht.



Abbildung 53: Entwicklung der energetischen Anforderungen und baulicher Praxis. Quelle: Fraunhofer IBP.

Hierdurch ist es möglich geworden, das ganze Spektrum moderner Energiespartechnik zu nutzen, um zu wirtschaftlich optimalen Lösungen zu kommen. Die Bundesregierung unterstützt damit u. a. den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien, z. B. über Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung oder Wärmepumpen. Außerdem liefert sie hierdurch zusätzliche Anreize für innovative Entwicklungen im Baubereich, z. B. alternative und ökologische Dämmstoffe.

In Deutschland wird der Energiebedarf primärenergetisch bewertet. Das heißt, die Verluste, die durch Gewinnung, Umwandlung und Transport des jeweiligen Energieträgers entstehen, fließen mittels eines Primärenergiefaktors in die Energiebilanz des Gebäudes ein. Die Primärenergiefaktoren der einzelnen Energieträger sind in DIN-V 18599-1:2016-10, die auch für die Berechnungsmethoden angewendet werden, pauschal festgelegt oder können alternativ für einen bestimmten Versorger ausgerechnet werden. Damit wird die EPBD-Anforderung zur Berücksichtigung des positiven Einflusses erneuerbarer Energien abgebildet (für weitere Informationen siehe „Energieeffizientes Bauen in Deutschland und Russland. Vergleich der rechtlichen, normativen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen und Empfehlungen zur Harmonisierung“, dena 2017).

Die 2002 neu eingeführte EnEV definiert Anforderungen für den Primärenergiebedarf in Gebäuden und fördert die Nutzung erneuerbarer Energien. Damit werden die Sanierungsziele unabhängig von der Gebäudetypologie um Wechsel bzw. neue Kombinationen der Energieträger ergänzt.

Die Anforderungen an die thermische Hülle wurden an den Stand der Technik angepasst und erst 2014 erneut verschärft. Für Bestandsgebäude gelten diese Parameter, sobald mehr als 20 % der Fläche von jeweiligen Bauteilen saniert werden.

Komponente	Wärmeschutzverordnung 1995 Wärmeleitkoeffizient $k$ [W/m <sup>2</sup> ·K] Sanierungen (Angaben informativ zur Orientierung)	Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 und 2007 Mittelwert [W/m <sup>2</sup> ·K] (Wärmedurchgangskoeffizient – U)	Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014 Mittelwert [W/m <sup>2</sup> ·K]	Passivhaus Classic [W/m <sup>2</sup> ·K] (Angaben informativ zur Orientierung)
Außenwand	0,5	0,45	0,28	≤ 0,15
Dach, oberste Geschossdecke	0,30	0,25	0,20	≤ 0,15
Fenster	1,8	1,7	1,3	≤ 0,80 oder ≤ 0,85
Kellerdecke, Bodenplatte, Kellerboden	0,50	0,4	0,35	≤ 0,15

Tabelle 5: EnEV-Anforderungen an Bauteile (Auszug).

### 3.1.2 Soziale und gesellschaftliche Strukturen, kulturelle und anthropogene Faktoren

Die Abwanderung der Bevölkerung aus Ostdeutschland nach Westdeutschland führte zu hohen Leerstandsquoten und dem Abfall der Immobilienpreise in ostdeutschen Plattenbauten. Wohngebäude in Ostdeutschland waren zu Beginn des neuen Jahrtausends keine attraktive Kapitalanlage. Viele mit industriellen Vorfertigungsmethoden erstellte Wohngebäude wurden abgerissen oder abgestockt. Anfang der 2000er-Jahre entstanden Konzepte und Studien von Planungsbüros und Universitäten zur Weiterverwendung der Platten.

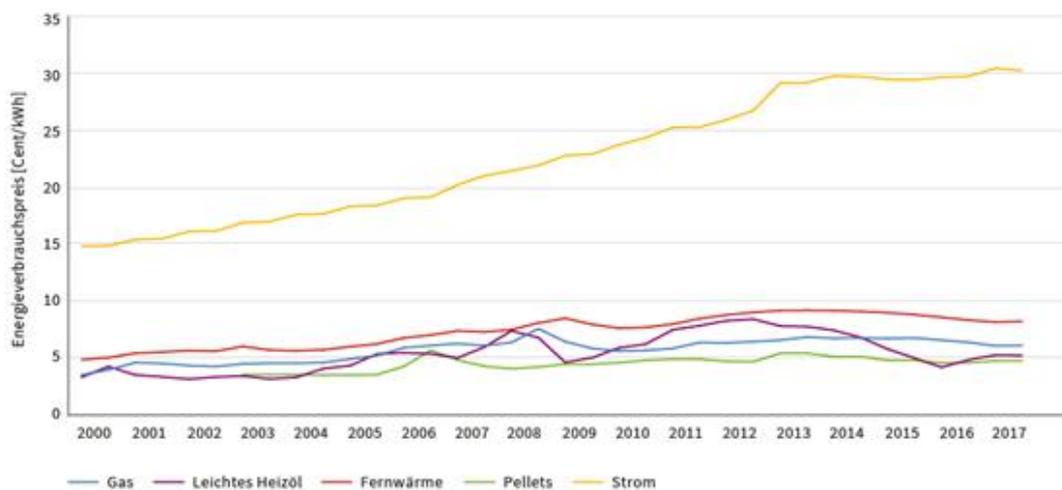
Gesundheit, Familie, Beruf und Selbstverwirklichung stehen für die meisten Menschen an vorderster Stelle. Das Leben in Gebäuden, die unpersönlich sind und an jedem Ort der Welt stehen könnten, wird weniger geschätzt. Die Konzepte für „grüne“ Gebäude und gesundes Wohnen, an denen die Wissenschaft bereits seit

den 1980er-Jahren arbeitet, stoßen auf breites Interesse. Während in der Gesellschaft der 1990er-Jahre der Lebensstandard über Konsum und materielle Güter definiert wurde, spielen in den 2000er-Jahren gesunder Lebensstil und das soziale Umfeld eine größere Rolle. Somit wird Energieeffizienz zu einem wichtigen Merkmal von guter Architektur.

### 3.1.3 Ökonomische Faktoren

Neben sinkenden Mieten in ostdeutschen Städten (außer Berlin) steigen im Gegensatz die Energiepreise. Man spricht von der „zweiten Miete“

**Abb. 18: Verbraucherpreise für Heizenergie nach Energieträger**



Quelle: Destatis, 2017b; BMWi, 2017c; eigene Berechnung

Abbildung 54: Verbraucherpreise für Heizenergie nach Energieträger. Quelle: dena Gebäudereport kompakt 2018.

Die Investitionen in energetische Sanierung amortisieren sich bei steigenden Energiepreisen schneller.

### 3.1.4 Technischer Fortschritt

CAD und weitere Computerprogramme werden zur Standardausstattung in Planungsbüros. Dabei wird die Planung inhaltlich immer komplexer und die Anzahl der Schnittstellen zwischen Gewerken steigt. Somit wächst der Abstimmungsbedarf. Es wird der Begriff des Gebäudeenergiekonzepts eingeführt. Die komplex gewordene Energiebedarfsberechnung von Gebäuden wird mithilfe von Software erstellt.

Durch die in den 1990er-Jahren gesammelten Erfahrungen wurde die Qualität der Bauausführung deutlich verbessert. Es wurden einige Mängelercheinungen analysiert und Lösungen entwickelt. So ist ein Lüftungskonzept zur Pflicht bei jedem Sanierungsvorhaben geworden. Das fordert die Energieeinsparverordnung.

Um die energetischen Eigenschaften der Gebäude für alle Eigentümer und Nutzer anschaulich zu machen, wird der Energieausweis für Gebäude entwickelt und im Feldversuch untersucht.

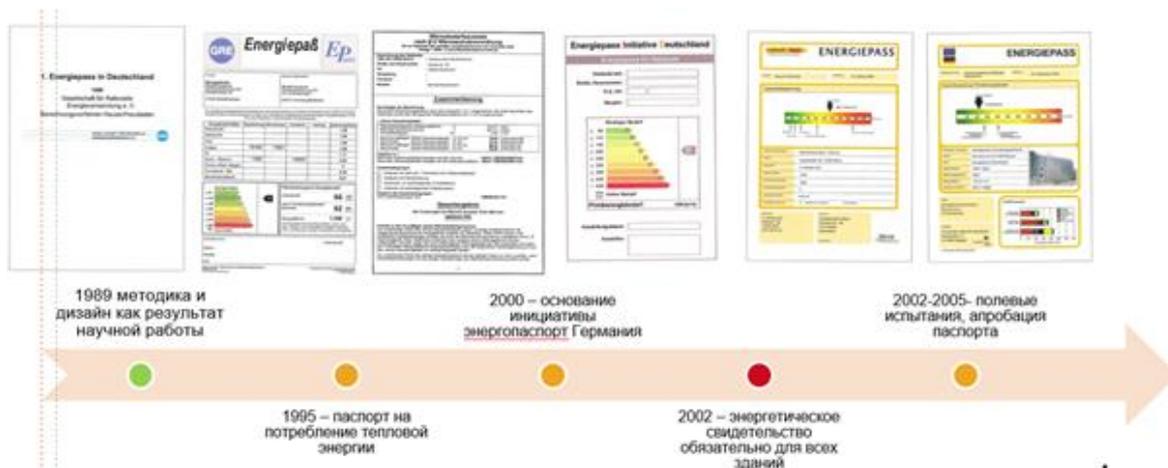


Abbildung 55: Geschichte Energiepass.

Die dena entwickelte im Auftrag des Bundesbauministeriums ein Energieausweis-Konzept und Energieberatungsverfahren und begleitete von 2002 bis 2007 gemeinsam mit mehreren Partnern aus Politik, Bau- und Wohnungswirtschaft, Energieexperten vor Ort bei der Energieberatung und Energieausweiserstellung für Bestandsgebäude. Auf Basis der daraus gewonnenen Erfahrungen wurden Optimierungen für das Verfahren und Design des Energieausweises ausgearbeitet.

2007 wurde der Energieausweis (siehe Energieausweis und neue Energieeffizienzklassen) auch für Bestandsgebäude eingeführt. Der Energieausweis für Bestandsgebäude kann nur von akkreditierten Experten ausgestellt werden. Die Anforderungen an die Qualifikation und auch die Fortbildung der Experten sind in der EnEV festgelegt. Demnach müssen diese Folgendes nachweisen:

- Hochschulabschluss in Architektur, Hochbau, Bauingenieurwesen, Technische Gebäudeausrüstung (TGA), Physik, Bauphysik, Maschinenbau oder Elektrotechnik
- Aktuell ausgeübte Tätigkeit im Bereich energiesparendes Bauen
- Fortbildungsnachweise



Abbildung 56: Gebäudeenergieausweis.

### 3.2 Umsetzungsstrategien, Förderung, technische Maßnahmenpakete

Zu Beginn der 2000er-Jahre befanden sich zwei Drittel aller 7.700.000 Wohneinheiten der neuen Bundesländer und Ostberlins in Mehrfamilienhäusern (MFH). Davon stammt etwa die Hälfte aus DDR-Zeiten. Der durchschnittliche Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> der Wohnfläche liegt in großen MFH bei 100 kWh/(m<sup>2</sup>a), in den Hochhäusern bei 160 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Die Nutzung bestehender Gebäude ist ein wesentliches Mittel zur Bewahrung kultureller Identität. Der Bewahrung von bestehenden Gebäuden liegen auch zu würdige wirtschaftliche Aspekte zugrunde.

Die Bestandsnutzung wird unter ganzheitlicher Berücksichtigung der ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Aspekte und Kriterien betrachtet:

- Reduzierung von Bauschuttmassen
- Anwendung umweltverträglicher und gesundheitlich unbedenklicher Baustoffe
- Weitestgehende Erhaltung von in den Gebäuden bereits „verbauten“ stoffgebundenen Energieinhalten („Graue Energie“)
- Gleichzeitige Optimierung wirtschaftlicher Gesichtspunkte wie z. B. Verminderung der Investitionskosten, Optimierung der Betriebskosten usw.
- Berücksichtigung einer möglichst langen Lebensdauer und damit einer hohen Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der eingesetzten Sanierungsbaustoffe
- Erhalt der vorhandenen, die Baukultur der jeweiligen Errichtungszeit beeinflussenden Gebäude oder Bauteile (für denkmalgeschützte Gebäude)

In vielen Fällen tendieren die Eigentümer zu Einzelmaßnahmen. So erscheint die Sanierung kostenmäßig übersichtlicher und für die Bauherren verständlicher. Die nötige Summe für eine Komplettsanierung aufzubringen ist nicht immer leicht. Fassaden, Wände, Fenster, Heizungen und Dächer lassen sich durchaus über Jahre verteilt modernisieren. Dieses Vorgehen ist zwar in Summe etwas teurer, aber unter Umständen der einzige realistische Weg.

Geteilt in kleine Schritte lassen sich die einzelnen Maßnahmen sowie die Finanzierung jedoch übersichtlich darstellen. Eine systematische Sanierungsstrategie statt „Löcher zu stopfen“ verbindet Wirtschaftlichkeit, Bewohnerwünsche, wie z. B. höheren Komfort, und Klimaschutz miteinander.

Die dena hat zusammen mit Partnern eine Gesamtmethodik für einen individuellen Sanierungsfahrplan für Wohngebäude entwickelt. Der individuelle Sanierungsfahrplan für Wohngebäude stellt die aufeinander abgestimmten Schritte einer energetischen Sanierung dar. Er kann standardmäßig bei Energieberatungen angewendet werden, sowohl für eine Komplettsanierung als auch für eine Schritt-für-Schritt-Sanierung. Das Instrument lässt sich bei Ein- und Zweifamilienhäusern sowie bei Mehrfamilienhäusern anwenden.



Abbildung 57: Schritt für Schritt zum sanierten Haus: Beispiel eines individuellen Sanierungsfahrplans.

Um Organisations- und Planungsaufwand, die Baustelleneinrichtung sowie Belastungen für die Bewohner zu reduzieren, ist es sinnvoll, Maßnahmenpakete zu schnüren. Dabei werden zeitlich näher beieinanderliegende Maßnahmen zu einem Maßnahmenpaket zusammengefasst, das jeweils einen Modernisierungsschritt bildet. Sinnvoll sind vier bis sechs Schritte, z. B. Dach – Wand – Keller – Heizung – Lüftung. Die genaue Reihenfolge wird hausindividuell geplant (zu weiteren Informationen siehe dena-Infobrief „Schritt-für-Schritt-Sanierung“ 2017).

In den folgenden Tabellen werden charakteristische Konstruktionen für verschiedene Bauteile dargestellt, die als Grundlage für den individuellen Sanierungsfahrplan herangezogen werden können. Ein Detailschema im sanierten Zustand (oberhalb bzw. rechts der gestrichelten Linie) und im unsanierten Zustand (unterhalb bzw. links der gestrichelten Linie) vereinfacht die Lesbarkeit. Zu den Konstruktionsschichten werden in der oberen Tabellenhälfte typische Kosten (ohne Mehrwertsteuer) für eine Instandsetzung ohne energetische Maßnahmen, für den Standard „EnEV-Neubau minus 30 %“ aufgelistet. Da jedes Bauvorhaben individuelle Rahmenbedingungen aufweist, wird das Spektrum niedriger und hoher Kosten für übliche Baumaßnahmen dargestellt.

Porenbeton-Mauerwerk 1945 – 1972	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Innenputz 1,5 cm	5,00 €	22,00 €	5,00 €	22,00 €
	2 Porenbetonwerk 30 cm				
	3 Außenputz 2 cm	12,00 €	50,00 €		
	4 WDVS 17 cm			55,00 €	75,00 €
	Gerüst	4,00 €	6,00 €	4,20 €	6,60 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>	<b>21,00 €</b>	<b>78,00 €</b>	<b>64,20 €</b>	<b>103,60 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	14 cm	17 cm	20 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	1,25	0,23	0,20	0,17
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> Kf		31,70 €	34,40 €	37,10 €
	Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	105,00	19,32	16,80	14,28
Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart			0,009 €	0,010 €	

Tabelle 6: Charakteristische Konstruktionen für Porenbeton-Mauerwerk (Preise 2006–2009). Quelle: dena „EnEV minus 30%“

Mauerwerk mit WDVS 1972 – 1985	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Innenputz 1,5 cm	0,00 €	12,00 €	0,00 €	12,00 €
	2 Kalksandstein				
	3 Dämmung 5 cm	10,00 €	25,00 €	3,00 €	10,00 €
	4 WDVS 16 cm			54,00 €	74,00 €
	Gerüst	4,00 €	6,00 €	4,20 €	6,60 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>	<b>14,00 €</b>	<b>43,00 €</b>	<b>61,20 €</b>	<b>102,60 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	14 cm	17 cm	20 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	0,67	0,22	0,18	0,15
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> <sub>KF</sub>		49,80 €	53,40 €	57,00 €
	Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	56,28	18,48	15,12	12,60
Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,033 €	0,032 €	0,033 €	

Tabelle 7: Charakteristische Konstruktionen für Mauerwerk mit WDVS (Preise 2006–2009). Quelle: ebd

Beton sandwich-Konstruktion 1960 – 1985	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Innenputz 1,5 cm	0,00 €	12,00 €	0,00 €	12,00 €
	2 Betonschale 15 – 20 cm				
	3 Dämmung 4 (-6 cm)				
	4 Betonvorsatzschale 6 cm	15,00 €	60,00 €	5,00 €	30,00 €
	5 WDVS 16 cm			54,00 €	74,00 €
	Gerüst	4,00 €	6,00 €	4,20 €	6,60 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>	<b>19,00 €</b>	<b>78,00 €</b>	<b>64,20 €</b>	<b>122,60 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	14 cm	17 cm	20 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	0,67	0,22	0,18	0,15
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> <sub>KF</sub>		40,80 €	44,40 €	48,00 €
Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	56,28	18,48	15,12	12,60	
Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,027 €	0,027 €	0,027 €	

Tabelle 8: Charakteristische Konstruktionen für Betonsandwich-Konstruktion (Preise 2006–2009). Quelle: ebd

Dachboden, Stahlbeton 1960 – 1972	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Innenputz				
	2 Stahlbetondecke 16 cm				
	3 Dämmung/Bestand 2 cm				
	4 Estrich/Bestand 4 cm				
	5 Dämmung 25 cm			15,00 €	20,00 €
	6 Estrich/Platten			15,00 €	25,00 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>			<b>30,00 €</b>	<b>45,00 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	20 cm	25 cm	30 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	1,26	0,22	0,17	0,14
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> <sub>KF</sub>		34,00 €	37,50 €	44,50 €
Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	105,8	18,5	14,3	11,8	
Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,010 €	0,010 €	0,012 €	

Tabelle 9: Charakteristische Konstruktionen für Dachboden, Stahlbeton (Preise 2006–2009). Quelle: ebd

Stahlbetondecken 1960 – 1972	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Oberboden	20,00 €	90,00 €	20,00 €	90,00 €
	2 Estrich				
	3 Dämmung 2 cm				
	4 Stahlbetondecke 18 cm				
	5 Dämmung 16 cm			14,00 €	22,00 €
	6 Oberfläche/Spachtelung	5,00 €	15,00 €	15,00 €	30,00 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>	<b>25,00 €</b>	<b>105,00 €</b>	<b>49,00 €</b>	<b>142,00 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	12 cm	6 cm	20 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	1,15	0,26	0,21	0,17
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> Kf		26,90 €	30,50 €	34,10 €
	Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	96,6	21,8	17,6	14,3
	Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,009 €	0,010 €	0,010 €

Tabelle 10: Charakteristische Konstruktionen für Stahlbetondecken (Preise 2006–2009). Quelle: ebd

	Glasfüllung und Maß der Zwischenräume	Fenster gesamt U <sub>w</sub>	Verglasung U <sub>g</sub>	Rahmen U <sub>r</sub>	Gesamtenergie- durchlassgrad g-Wert	Mehrinvestition pro m <sup>2</sup> Fensterfläche
		W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)		€/m <sup>2</sup>
Aluminiumrahmen, thermisch getrennt	Argon 1*16 mm	1,7 – 1,8	1,2	2,0 – 2,2	0,6	
PVC-Rahmen als 3-Kammer-Profil	Argon 1*16 mm	1,5 – 1,6	1,2	1,7 – 1,8	0,6	Referenz
PVC-Rahmen als 5-Kammer-Profil	Argon 1*16 mm	1,4	1,2	1,2	0,6	10 – 20
PVC-Rahmen als 5-Kammer-Profil, Dreischeibenverglasung	Argon 2*16 mm	1,0	0,7	1,2	0,48 – 0,60	50 – 100
PVC-Rahmen als 5-Kammer-Profil, Dreischeibenverglasung	Krypton 2*11 mm	0,9	0,5 – 0,6	1,2	0,45 – 0,60	60 – 120
Holzrahmen	Argon 1*16 mm	1,4 – 1,6	1,2	1,4 – 1,5	0,6	0
Holzrahmen	Krypton 1*11 mm	1,3 – 1,4	1,0	1,4 – 1,5	0,45 – 0,60	50 – 100
Holzrahmen	Argon 2*16 mm	1,1 – 1,2	0,7	1,4 – 1,5	0,48 – 0,60	40 – 80
Rahmen 0,7, Dreischeibenverglasung	Argon 2*16 mm	0,80	0,7	0,7	0,48 – 0,60	120 – 160
Rahmen 0,7, Dreischeibenverglasung	Krypton 2*11 mm	0,76	0,5 – 0,6	0,7	0,45 – 0,60	140 – 180
Rahmen 0,6, Dreischeibenverglasung	Krypton 2*11 mm	0,70	0,5 – 0,6	0,6	0,45 – 0,60	140 – 180

Tabelle 11: Fenster U-Wert U<sub>w</sub> in Abhängigkeit von Verglasung und Rahmen sowie Mehrinvestitionen pro m<sup>2</sup> Fensterfläche bei energetisch hochwertigen Fensterlösungen (berechnet für das Fenstermaß 1,23 × 1,48 m), die Referenzkosten für Standardfenster liegen bei 200 bis 350 Euro/m<sup>2</sup>. Quelle: ebd

Im Bereich Wärmeversorgung sind die primären Maßnahmen in Mehrfamilienhäusern:

- Modernisierung der Hausanschlussstation für die Fernwärmeversorgung mit automatischer Steuerung und Effizienzpumpen
- Umbau auf Zwei-Rohr-System, Dämmung der Verteilleitungen und hydraulischer Abgleich
- Mechanische Abluftanlage bzw. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Solarthermie-Unterstützung für Warmwasserversorgung

Die Rahmenbedingungen für die Sanierungsumsetzungen und -strategien, die in der Regel nicht auf Typenserien, sondern individuelle Gebäude bezogen sind, setzen sich zusammen aus Eigentümerstruktur, Finanzierungsmöglichkeiten, verfügbaren Förderprogrammen, dem technischen Zustand des Hauses und den Sanierungszielen. Dabei besteht in Deutschland keine Sanierungspflicht. Für den Gesetzgeber ist die Technologieoffenheit wichtig, daher macht die EnEV lediglich Vorgaben für den Energiebedarf. Dieser darf bei einer umfassenden Sanierung 140 % des Neubauniveaus nicht überschreiten.

Auf dieser Grundlage werden die Förderprogramme des Bundes entwickelt. Sanierungsvorhaben, die einen besseren Energiestandard als die EnEV-Anforderungen erreichen, können staatliche Förderung erhalten (siehe dazu auch Kapitel 5.4).

Eine umfassende energetische Sanierung ist ein Paket aufeinander abgestimmter Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz eines Gebäudes. Dazu gehören z. B. Fassaden- und Dachdämmung, Fenstertausch, Modernisierung des Heizungssystems und der Lüftung. Energetisch notwendige oder sinnvolle Maßnahmen wie die Modernisierung der Elektroverteilung oder die Instandsetzung der Balkone können hinzukommen.

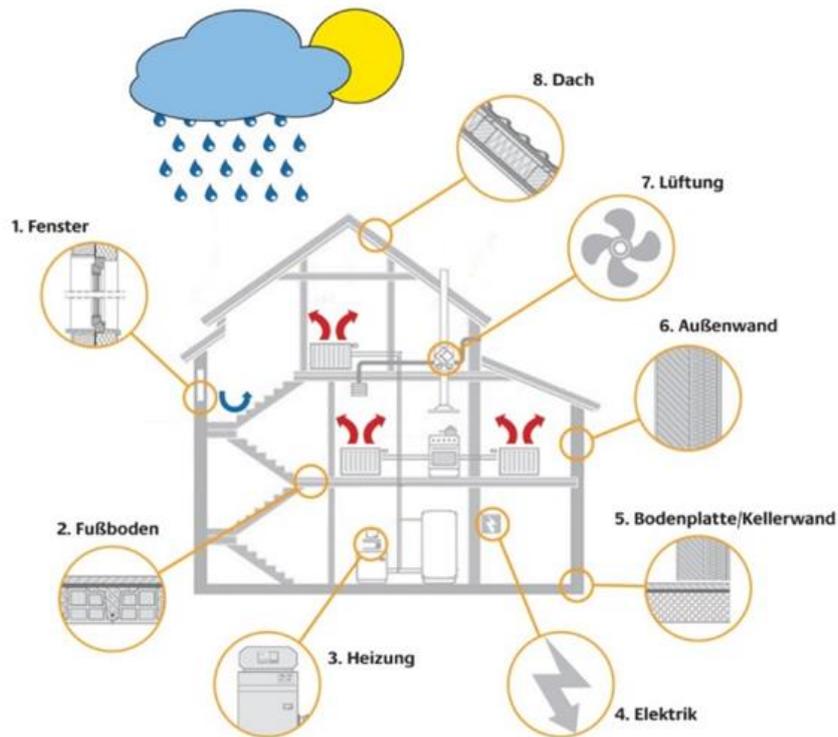


Abbildung 58: Übersicht der Gebäudekomponenten, die bei der umfassenden energetischen Sanierung behandelt werden.

Vorteile einer umfassenden Sanierung sind:

- Sanierungsarbeiten können „in einem Rutsch“ abgeschlossen werden
- Zeitlich begrenzte Maßnahme
- Reduzierte Kosten für Baustelleneinrichtung
- Größtmögliche Energieeinsparung
- Bestmöglicher Komfort

Alle Gewerke sind miteinander koordiniert und abgestimmt.

### 3.2.1 Sanierungsszenarien

Im Grunde lassen sich die Szenarien in drei Kategorien nach Aufwand einstufen:

- Minimale Einzelmaßnahmen, die im Ergebnis zur Senkung des Energieverbrauchs führen, jedoch oft nicht zur Erreichung der Neubauanforderung. Das sind beispielsweise Fenstertausch, Modernisierung der Hausanschlussstation, Dämmung der obersten Geschoss- oder Kellerdecke. Für Einzelmaßnahmen, die Neubauniveau erreichen, gibt es Förderprogramme.
- Optimierung des Energiebedarfs gemäß EnEV-Anforderungen. Das sind umfassende Maßnahmen, die zur Erreichung der Normwerte führen. Dabei ist im Bereich Plattenbau eine Senkung des Energiebedarfs um ca. 50 % möglich. Für Sanierungen, die nur das gesetzlich vorgeschriebene Minimum erreichen, gibt es keine Förderung.
- Eine technisch mögliche, aber ohne Förderung nicht immer wirtschaftliche Lösung ist die energetische Sanierung auf das „nearly Zero-Energy Building“-Niveau (nZEB-Niveau) oder ähnliche Konzepte, wie Passivhaus, KfW 70 usw. Im Ergebnis erhält man neben einer wesentlichen Senkung des Energiebedarfs eine deutliche Komfortsteigerung für die Bewohner.

Konzeptionell lassen sich folgende Szenarien im Umgang mit der Energie unterscheiden:

- Energie richtig nutzen. Dieses Szenario beruht auf Effizienzsteigerungen, die insbesondere durch höhere Standards in der Wohnbausanierung und durch verbesserte Heizsysteme erreicht werden. Das ist das Szenario, das im Breitenmarkt eingesetzt wird. Neben anspruchsvollen technischen Lösungen gemäß EnEV-Anforderungen sind dabei umfassende Energieberatungen für die Bauherren, Gebäudeeigentümer und Bewohner erforderlich. Förderfähige Szenarien wurden von der KfW und der dena entwickelt: Effizienzhaus 100, Effizienzhaus 85, Effizienzhaus 70. Bei einem KfW-Energieeffizienzhaus 70 beispielsweise ist der Wärmeenergieverbrauch um 30 % geringer als bei einem vergleichbaren Neubau, welcher nach den Mindestanforderungen der EnEV gebaut worden ist. Die Zahl steht für den geringeren Energiebedarf im Vergleich zu Neubauanforderungen.
- Die richtige Energie nutzen, mit Schwerpunkt erneuerbare Energien. Dabei werden am und im Gebäude fossile Technologien durch die Nutzung erneuerbarer Energien teilweise oder ganz ersetzt, beispielsweise durch Solarthermie, Blockheizkraftwerke (BHKW), Lüftung mit Wärmerückgewinnung. In diesen Fällen muss die thermische Hülle entsprechend angepasst werden, um einen hohen Wirkungsgrad der Anlagen zu ermöglichen.
- Energie bewusst nutzen. Durch ein bewussteres Nutzerverhalten und automatische Regelungstechniken lässt sich der Energiebedarf senken, ohne dass das Gebäude durch technische Maßnahmen und Investitionen wesentlich verändert wird. Veränderungen in Lebensstil und Verhalten können helfen, Lebensqualität und individuelles Wohlbefinden zu verbessern. Aufklärungs- und Beratungskampagnen sowie Energieberatungen zeigen die Belohnung für die Veränderung hin zu einem nachhaltigeren Lebensstil auf: steigendes Sozialkapital und, damit verbunden, seelisches Wohlbefinden und eine bessere Gesundheit.

Die Anforderungen der EnEV können in unterschiedlichen Kombinationen und Umfängen erfüllt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind Komponenten typischer Gebäude der 1970er-Jahre beschrieben. Es wird zudem dargestellt, mit welchen Maßnahmen diese EnEV-gerecht ertüchtigt werden können.

Kategorie	Bestehende Gebäude	Gering investive Maßnahmen EnEV2009-Sanierung	Optimal – umfassende Sanierung gemäß EnEV2009-Neubau	best – nZEB oder Passivhaus oder Effizienzhaus 55* Ca.-Werte
Außenwand	U = 1,1 W/(m <sup>2</sup> ·K) Beton-Sandwich-Platte	U = 1,1 W/(m <sup>2</sup> ·K)	U = 0,57 W/(m <sup>2</sup> ·K) + 3 cm Wärmedämmung -26 kWh/(m <sup>2</sup> a)	U = 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·K) + 9 cm Wärmedämmung -50 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Fenster	U = 2,8 W/(m <sup>2</sup> ·K) Kunststoff oder Holz	U = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2-Scheibenwärmeschutzverglasung -16 kWh/(m <sup>2</sup> a)	U = 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) 2- Scheibenwärmeschutzverglasung -16 kWh/(m <sup>2</sup> a)	U = 0,8W/(m <sup>2</sup> ·K) 3- Scheibenwärmeschutzverglasung -17 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Dach	U = 1,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) 15 cm Beton + 2 cm Wärmedämmung	U = 0,37 W/(m <sup>2</sup> ·K) 5 cm Wärmedämmung -6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	U = 0,37 W/(m <sup>2</sup> ·K) 5 cm Wärmedämmung -6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	U = 0,14 W/(m <sup>2</sup> ·K) 20 cm Wärmedämmung -9 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Kellerdecke	U = 1,2 W/(m <sup>2</sup> ·K) 15 cm Beton + 2 cm Trittschalldämmung + 5 cm Estrich	U = 1,2 W/(m <sup>2</sup> ·K)	U = 0,43 W/(m <sup>2</sup> ·K) + 5 cm Wärmedämmung -6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	U = 0,35 W/(m <sup>2</sup> ·K) + 7 cm Wärmedämmung -7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizung	Fernwärme, von KWK fossil, Pufferspeicher, Hausanschlussstation, Steuerung, Pumpe, außerhalb der thermischen Hülle	-	Neue Hausanschlussstation	Neue Hausanschlussstation
Warmwasser	Von KWK Fernwärme	-	-	-
Lüftung	Fenster	-	Mechanische Abluft	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung -29 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Endenergiebedarf	186 kWh/(m <sup>2</sup> a)	~140 kWh/(m <sup>2</sup> a)	97 kWh/(m <sup>2</sup> a)	51 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Tabelle 12: Beispiele für Maßnahmenpakete in der Sanierung: Einzelmaßnahmen, optimale umfassende Sanierung, nZEB.

### 3.2.2 Förderung

Der Staat unterstützt zukunftsfähige umweltfreundliche Sanierungsmaßnahmen mit Zuschüssen. Im Folgenden werden Förderprogramme aufgeführt, die energetisch verbessernde Maßnahmen im Baubestand fördern. Die Programme ändern sich schnell, deshalb basiert die Übersicht für dieses Kapitel „Energetische Gebäudesanierung in Deutschland von 2002 bis 2014“ auf dem Stand 2008 als Beispiel. Die Fördermöglichkeiten nehmen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen, was auch politischer Wille ist. So kann es danach durchaus wirtschaftlich sein, eine Dämmschichtdicke von 80 auf 120 mm zu erhöhen, besonders, wenn ohnehin saniert werden muss. Diese Erhöhung ist z. B. dann sinnvoll, wenn dadurch der Anspruch auf eine Zinsverbilligung gewährleistet wird.

Die Förderung des Bundes erfolgt grundsätzlich für:

- Energetische Sanierungen auf Neubauniveau nach EnEV und besser. Bei Einhaltung bzw. Unterschreitung der Neubauwerte für den Jahresprimärenergiebedarf und den Transmissionsverlust nach § 3 EnEV wird ein Tilgungszuschuss in Höhe von 5 % des Zusagebetrages gewährt.
- Unterschreitungen des EnEV-Neubauniveaus um mindestens 30 %. Bei einer Unterschreitung der Werte nach § 3 EnEV um 30 % und mehr wird ein Tilgungszuschuss in Höhe von 12,5 % des Zusagebetrages gewährt.

Eine Kumulation öffentlicher Förderprogramme miteinander ist in der Regel zulässig, sofern die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme übersteigt.

#### **Förderprogramme des Bundes – Übersicht wesentlicher Programme**

##### **Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung**

Gefördert wurde die Erstinstallation von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung bis max. 40 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche. Der Zuschuss beträgt 60,- Euro pro angefangenem m<sup>2</sup> installierter Bruttokollektorfläche, mind. 410,- Euro.

##### **Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung**

Gefördert wird die Erstinstallation von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung bis max. 40 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche sowie zu solarer Kälteerzeugung oder zur Bereitstellung von Prozesswärme. Der Zuschuss beträgt 105,- Euro pro angefangenem m<sup>2</sup> installierter Bruttokollektorfläche. Die Mindestkollektorfläche muss bei Flachkollektoren 9 m<sup>2</sup> und bei Vakuumröhrenkollektoren 7 m<sup>2</sup> betragen. Zusätzlich muss ein Pufferspeicher für die Heizung von 40 Litern je m<sup>2</sup> bei Flach- und 50 Litern je m<sup>2</sup> bei Vakuumröhrenkollektoren vorhanden sein.

##### **Holzackschnitzelheizung**

Gefördert werden automatisch beschickte Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung von Holzackschnitzeln zur Wärmeerzeugung mit einer installierten Nennwärmeleistung von 5 bis 100 kW. Förderfähig sind Anlagen ab einem Pufferspeichervolumen von 30 l/kW. Der Zuschuss beträgt pauschal 1.000,- Euro je Anlage.

## **Pelletheizungen**

Gefördert werden in der Basisförderung automatisch beschickte Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung fester Biomasse zur Wärmeerzeugung mit einer installierten Nennwärmeleistung von 5 bis 100 kW (auch Kombinationskessel). Der Wirkungsgrad des Kessels muss bei 89 % liegen. Der Zuschuss beträgt 36,- Euro/kW errichteter Nennwärmeleistung.

## **Wärmepumpen**

Gefördert werden im Gebäudebestand in der Basisförderung ausschließlich effiziente Wärmepumpen, die sowohl die Bereitstellung des Heizwärmebedarfs in Wohngebäuden als auch die Warmwasserbereitung übernehmen. Die Förderung beträgt 20,- Euro pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, max. 3.000,- Euro je Wohneinheit. Bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohneinheiten werden max. 15 % der Nettoinvestitionskosten gefördert.

Die Förderung von Luft/Wasser-Wärmepumpen beträgt 10,- Euro pro m<sup>2</sup> Wohnfläche, max. 1.500,- Euro je Wohneinheit. Bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohneinheiten werden max. 10 % der Nettoinvestitionskosten gefördert.

## **CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm – Zuschuss**

Das KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm ist Bestandteil des Nationalen Klimaschutzprogramms und dient der Förderung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Wohngebäuden. Für Wohngebäude, die bis zum 31.12.1983 fertiggestellt worden sind, erfolgt die Förderung für energetische Sanierungen

- auf Neubauniveau nach EnEV oder noch besser sowie
- bei Unterschreitung des EnEV-Neubauniveaus um mind. 30 %. Bei Einhaltung bzw. Unterschreitung der Neubauwerte für den Jahresprimärenergiebedarf und den Transmissionsverlust nach § 3 EnEV wird ein Tilgungszuschuss in Höhe von 10 % auf die förderfähigen Investitionskosten, max. 5.000,- Euro je Wohneinheit, gewährt. Bei Unterschreitung der Werte um 30 % und mehr beträgt der Zuschuss 17,5 % der förderfähigen Investitionskosten, max. 8.750,- Euro je Wohneinheit.

## **CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm – Kredit**

Die Förderung erfolgt gemäß den Grundsätzen des Bundes für Wohngebäude, die bis zum 31.12.1983 fertiggestellt worden sind.

In der Praxis werden in der Konzeptphase, in der Regel im Rahmen einer Energieberatung, an einem Gebäude unterschiedliche Szenarien untersucht und auf technische und wirtschaftliche Eignung in Kombination mit Fördermöglichkeiten geprüft. Die meisten Maßnahmen sind im Paket besonders wirksam. So erreicht z. B. die Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage den geplanten Wirkungsgrad nur bei einer Luftdichtheit der Hülle  $n_{50} = 1,5 \text{h}^{-1}$  und besser.

Als Entscheidungshilfe für die Gebäudeeigentümer und Entscheider hat die dena anhand von fünf fiktiven Gebäudebeispielen ermittelt, was sich wie rechnet und welche Fördermittel für die einzelnen Maßnahmenpakete erwartet werden können.

Die dena hat beispielhaft fünf typische energiesparende Sanierungen zusammengestellt und zeigt, was es kostet, wie viel der Staat dazugibt und wann sich die Investitionen rechnen. Was energetisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, muss selbstverständlich für jedes Gebäude individuell entschieden werden. (Grundlage der Berechnungen: freistehendes Einfamilienhaus, Baujahr 1970, 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche, unsaniert, 4-Personen-

Haushalt, Energiepreis: 0,08 Euro/kWh, Energiekosten vor Sanierung: 3.600 Euro/a für 45.000 kWh/a; Zinssatz für Finanzierung: 5 %, Energiepreissteigerung für die Amortisation: 6 %. Ausnahme ist die Variante 5 – KfW-Kredit „Energieeffizient Sanieren“ mit einer Sollzinsbindung von 1,41 % für die ersten zehn Jahre, mit Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035.) Die folgenden Sanierungspakete umfassen Maßnahmen für beinahe jeden Geldbeutel und jeden ökologischen Anspruch:



Abbildung 59: Sanierungspaket 1: Kostengünstige Maßnahmen.

**Sanierungspaket 1: Kostengünstige Maßnahmen** Jährlich Energiekosten einzusparen, ohne das Budget allzu stark zu strapazieren, ist möglich, indem man die oberste Geschossdecke, die Kellerdecke und die Rohrleitungen dämmt, Thermostatventile einbaut und die Heizung gründlich überprüft und einstellt. Werden zudem die Heizkörper regelmäßig entlüftet, die richtige Raumtemperatur gewählt, sinnvoll gelüftet und Wärmestau vermieden, rechnen sich die Investitionen laut dena bereits nach vier Jahren. Kosten: 3.000 Euro, Energieeinsparung pro Jahr: 710 Euro.

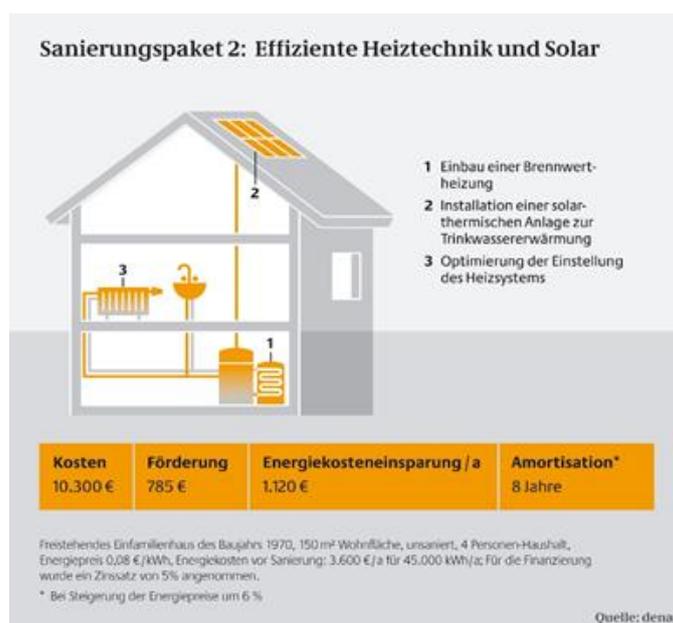


Abbildung 60: Sanierungspaket 2: Effiziente Heiztechnik und Solar.

**Sanierungspaket 2: Effiziente Heiztechnik und Solar** Mehr Einsparungen sind durch den Einbau einer Öl- oder Gas-Brennwertheizung und die Installation einer solarthermischen Anlage zur Trinkwassererwärmung möglich. Nach acht Jahren sind die Kosten gedeckt. Kosten: 9.515 Euro, staatliche Förderung: 785 Euro, Energieeinsparung pro Jahr: 1.120 Euro.



Abbildung 61: Sanierungspaket 3: Dämmung der Gebäudehülle.

**Sanierungspaket 3: Sanierung der Gebäudehülle** Eine gute Gebäudedämmung schützt im Winter vor Wärmeverlusten und hält im Sommer für lange Zeit die Hitze draußen. Um an Fördermittel zu gelangen, werden die Außenwände mit mindestens 14 cm, das Dach mit mindestens 16 cm und die Kellerdecke mit mindestens 11 cm Dämmstoff gedämmt. Zudem werden Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung eingebaut. Die Modernisierung rechnet sich nach 14 Jahren. Kosten: 26.730 Euro, staatliche Förderung: 2.170 Euro, Energieeinsparung pro Jahr: 1.780 Euro.



Abbildung 62: Rundum-Sanierung auf Neubauniveau.

**Sanierungspaket 4: Rundum-Sanierung auf Neubauniveau** Den Altbau so zu sanieren, dass er die energetischen Mindestanforderungen an einen heutigen Neubau erfüllt, ist gemäß dena technisch problemlos möglich. Neben der Dämmung des Dachs mit 20 cm, der Außenwände mit 14 cm und der Kellerdecke mit 11 cm Dämmstoff werden auch die alten Fenster gegen neue mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Die Stärke der Dämmstoffe entspricht dabei den Kriterien der jeweiligen Förderprogramme. Zudem wird eine moderne Heizung eingebaut und eine Solaranlage mit Trinkwassererwärmung installiert. Ebenfalls bei den Kosten zu Buche schlagen die in diesem Fall erforderliche Baubegleitung und Qualitätssicherung. Nach 15 Jahren machen sich die Investitionen bezahlt. Kosten: 43.200 Euro, staatliche Förderung: 5.690 Euro, Energieeinsparung pro Jahr: 2.390 Euro.



Abbildung 63: Komplettanierung zum Effizienzhaus.

**Sanierungspaket 5: Komplettanierung zum Effizienzhaus** Wer sein Haus optimal energetisch saniert, wird mit stark reduzierten Energiekosten belohnt: rund 85 % lassen sich jährlich einsparen. Der sanierte Altbau verbraucht in diesem Fall rund 50 % weniger Energie, als der Gesetzgeber von einem vergleichbaren Neubau fordert. Eine umfangreiche Dämmung des Dachs mit 30 cm, der Außenwände mit 24 cm und der Kellerdecke mit 8 cm Dämmstoff ist Bestandteil des Konzepts, ebenso neue Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung. Zusätzlich können beispielsweise eine Pelletheizung eingebaut und eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung installiert werden. Mit dem Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist das Sanierungspaket komplett. Auch bei dieser Variante ist die Vorbereitung und Baubegleitung durch einen Fachplaner notwendig. Die Ausgaben amortisieren sich nach 12 Jahren. Kosten: 68.300 Euro, staatliche Förderung: 18.398 Euro, Energieeinsparung pro Jahr: 3.010 Euro.

### Ergebnis

Die Sanierungsvorhaben im Breitenmarkt sind zwar auf einfacherem energetischem Standard ausgeführt worden als die oben beschriebenen Vorhaben, im Gesamtergebnis ist der Endenergieverbrauch aber in privaten Haushalten gesunken, wie im unten stehenden Diagramm dargestellt wird.

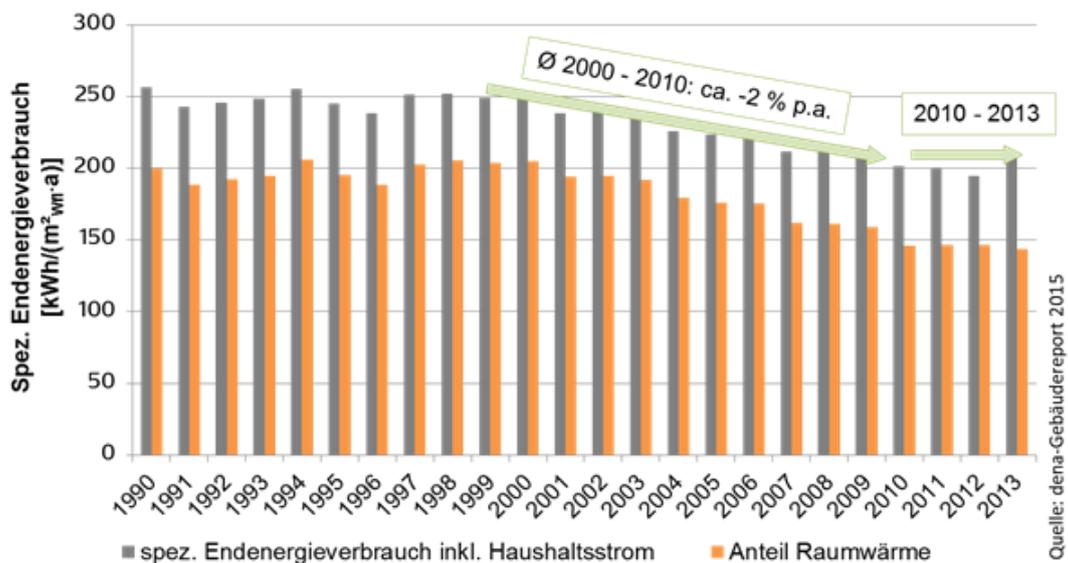


Abbildung 64: Entwicklung des spezifischen Endenergieverbrauchs in privaten Haushalten 1990–2013, klimabereinigt.

Der Endenergieverbrauch inklusive des Haushaltsstroms je m<sup>2</sup> Wohnfläche ist gegenüber 1990 um ca. 18 % gesunken. Während der Endenergieverbrauch zwischen 1990 und 2000 um 250 kWh/(m<sup>2</sup>a) schwankte, ist er von 2000 bis 2010 stetig um ca. 2 % pro Jahr auf ca. 200 kWh/(m<sup>2</sup>a) zurückgegangen. Der Rückgang ist auf Einsparungen im Bereich Raumwärme zurückzuführen. Im Zeitraum von 2000 bis 2010 ist der Endenergieverbrauch für Raumwärme um ca. 25 % gesunken. Seit 2010 ist der Anteil Raumwärme weitgehend konstant. Der Haushaltsenergieverbrauch einschließlich Haushaltsstrom ist von 2012 bis 2013 – insbesondere wegen des starken Anstiegs im Bereich Warmwasser – so deutlich angestiegen wie seit 1997 nicht mehr.

### 3.2.3 Contracting

Neben der Förderung ist ein weiteres Vertragsmodell das Contracting (siehe Energiespar-Contracting unten). Der eindeutige Vorteil davon ist, dass der Gebäudeeigentümer, ohne große Summen investieren zu müssen, Energie spart und jetzt schon CO<sub>2</sub>-Emissionen seines Gebäudes reduziert. Die dadurch entstehenden Zahlungen erfolgen nachträglich in belastbaren Beiträgen.

#### Energiespar-Contracting

Beim Contracting überträgt der Gebäudeeigentümer Aufgaben rund um die Effizienzsteigerung seines Gebäudes auf einen Dienstleister, den sogenannten Contractor. Im Energiespar-Contracting betrachtet der Contractor die technischen Anlagen des Gebäudes ganzheitlich, mit dem Ziel, den Energieverbrauch insgesamt zu senken und damit die Energiekosten zu reduzieren. Der Contractor plant, realisiert und finanziert individuell auf die Liegenschaft zugeschnittene technische, bauliche und organisatorische Maßnahmen, die zu einer Einsparung beim Energieverbrauch führen. Die Energiekosteneinsparung, die so erzielt wird, garantiert der Contractor vertraglich.

Für seine Dienstleistungen und die getätigten Investitionen erhält er einen Teil der Einsparung, die Contractingrate.

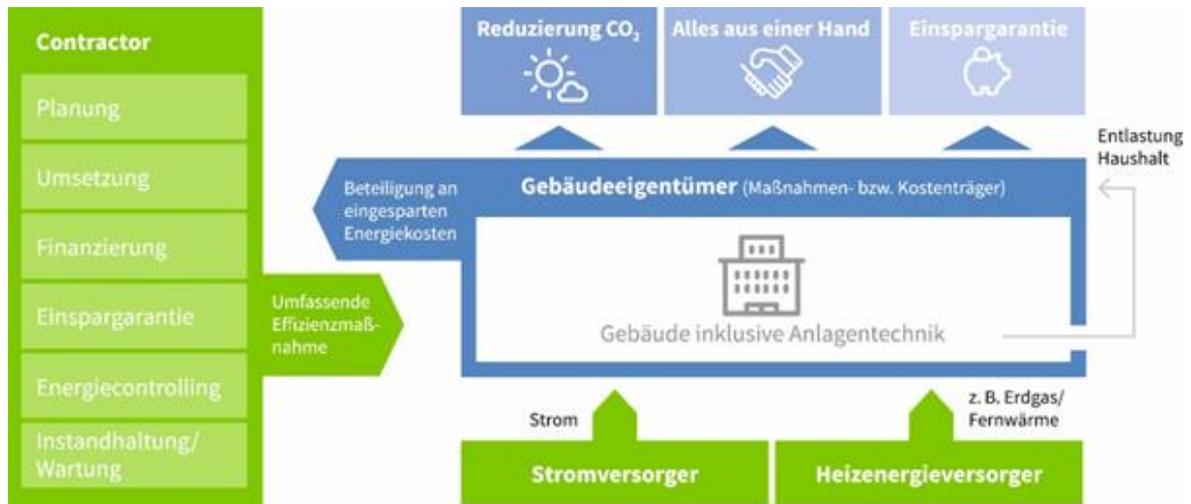


Abbildung 65: Funktionsprinzip Energiespar-Contracting. Quelle: dena-Leitfaden ESC 2018.

Da sich die umgesetzten Maßnahmen über die Vertragslaufzeit refinanzieren müssen, werden sie mit einer besonders hohen Qualität umgesetzt. Die Laufzeit von Energiespar-Contracting-Verträgen beträgt in der Regel zwischen sieben und zwölf Jahren.

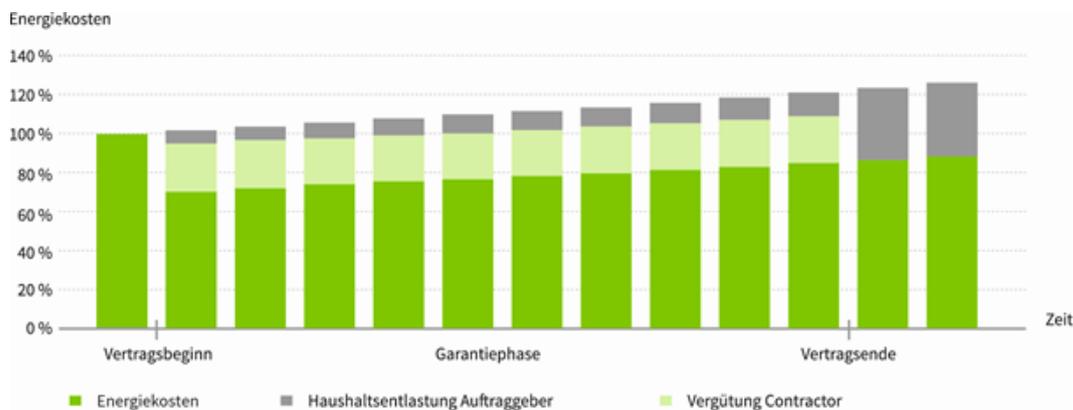


Abbildung 66: Kostenverlauf Energiespar-Contracting. Quelle: dena-Leitfaden ESC 2018.

Mit einer Finanzierungsbeteiligung, z. B. einem Baukostenzuschuss, sind auch umfangreichere Maßnahmen umsetzbar, die sich nicht allein aus der Einsparung refinanzieren lassen. Energiespar-Contracting ist auch dann möglich, wenn der Gebäudeeigentümer die Maßnahmen selbst finanziert, mit dem Contractor jedoch eine Einspargarantie vereinbart und dieser – wie auch bei klassischen Energiespar-Contracting-Projekten – die Maßnahmen plant, umsetzt sowie die Zielerreichung garantiert.

Die Erfahrung und Fachkompetenz des Contractors können in der Regel zu höheren Einsparungen als bei der Eigenumsetzung führen.

Die Praxis zeigt, dass mit Energiespar-Contracting hohe Einsparpotenziale erschlossen werden können: 30 % Einspargarantie sind keine Seltenheit, in Einzelfällen sind sogar bis zu 50 % möglich.

Weil Energiespar-Contracting für die öffentliche Hand eine attraktive Beschaffungsvariante für Effizienzmaßnahmen darstellt und darüber hinaus umfassendes Know-how und Serviceleistungen bietet, ist es eine gute Alternative zur Umsetzung in Eigenregie. Anwender profitieren nicht nur vom Spezialwissen des Contractors, sie übertragen ihm auch die wirtschaftlichen und technischen Risiken für die Energieeffizienzmaßnahmen.

### Energieliefer-Contracting

Energieliefer-Contracting (ELC), auch „Anlagen-Contracting“ oder „Wärme-Contracting“ genannt, ist in Deutschland ein seit den 2000er-Jahren bewährtes Instrument, um Energieeffizienzmaßnahmen in Energieversorgungsanlagen sowie innovative und umweltschonende Technologien wie z. B. Kraft-Wärme-Kopplungs-, Biomasse- oder Geothermieanlagen zu realisieren.



Abbildung 67: Funktionsprinzip Energieliefer-Contracting. Quelle: dena 2011.

### Beispiel: Mehrfamilienhäuser, Reinickendorf, Umsetzung 2003:

#### Contractingart:

Energieliefer-Contracting

#### Ausgangslage:

Das Objekt wurde in den 1960er-Jahren zu Wohnzwecken (ca. 4.100 m<sup>2</sup>) gebaut und hatte einen objektspezifischen Dämmstandard und Wärmeverbrauch. Die gesamte Wohnanlage wurde mit Nachtstromspeicheranlagen beheizt. Der Bauherr hat parallel zum Neubau der Heizstation die Fassaden saniert und gegen Wärmeverluste gedämmt.

Mit dem neuen gasbefeuernten Niedertemperaturkessel, in Verbindung mit Energiecontrolling, modernster Regelungstechnik und Fassadendämmung, reduzierte sich der Energieverbrauch um 25 %.

**Technische Ausstattung:**

300-kW-Niedertemperaturkessel

**Zusatzleistungen:**

Gebäudeleittechnik, elektronische Störmeldeüberwachung, Energiecontrolling, Heizanlagenmonitoring

**Aufwand Contracting:**

38.000,- Euro = 0,52 Euro/m<sup>2</sup> Monat

**Einsparung:**

25 % geringerer Energieverbrauch



Abbildung 68: Gebäude in Reinickendorf. Quelle: [www.energiecontracting.de](http://www.energiecontracting.de).

### 3.3 dena-Modellvorhaben

Zurückgehend auf eine Empfehlung des Rates für Nachhaltigkeit initiierte die dena das Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“, das im November 2003 startete. Ziel des Modellvorhabens ist es, anhand von Best-Practice-Projekten:

- den Know-how-Transfer zu beschleunigen,
- innovative Technologien der energetischen Gebäudesanierung bekannt zu machen und weiterzuentwickeln sowie
- durch übertragbare, wirtschaftlich tragfähige Sanierungsempfehlungen zur Nachahmung anzuregen.

An der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit stehende Energiesparttechnologien sollen so auch bei Sanierungsmaßnahmen verstärkt in den Markt eingeführt werden, damit solche Maßnahmen mittelfristig auch ohne Förderung wirtschaftlich werden. Das Vorhaben erhielt Unterstützung der Bundesregierung.

**Sonderförderung „Modellvorhaben“**

Die energetische Sanierung des Gebäudes auf Neubauniveau nach EnEV minus 50 % kann gesondert gefördert werden. Voraussetzung ist die Einhaltung der Maßgabe eines entsprechenden Pflichtenheftes der dena. Wohngebäude, die bis zum 31.12.1994 fertiggestellt worden sind, werden im Rahmen von Maßnahmenpaketen gefördert. Gefördert werden bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten einschließlich Nebenkosten (Architekt, Energieeinsparberatung), max. 50.000,- Euro pro Wohneinheit.

## Umsetzung des Modellvorhabens

In den ersten 3 Projektphasen nahmen 143 Gebäude mit rund 2.230 Wohneinheiten auf mehr als 138.000 m<sup>2</sup> teil. Etwa 49 % der Gebäude gehören der Wohnungswirtschaft, die verbleibenden 51 % sind im Besitz von Privatpersonen (24 % private Vermieter und 27 % Besitzer von Ein- und Zweifamilienhäusern).

## Beispiel: Zustand der Gebäude vor der Sanierung

Gebäude in Leipzig



Abbildung 69: Mehrfamilienhaus in Leipzig vor der Sanierung 2003.

- Primärenergiebedarf: 184 kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Wand:  $U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster:  $U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Oberste Geschossdecke:  $U = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Kellerdecke:  $U = 1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Lüftung: natürlich
- Transmissionswärmeverluste:  $1,76 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Gebäude in Karlsruhe



Abbildung 70: Mehrfamilienhaus in Karlsruhe vor der Sanierung 2005.

- Primärenergiebedarf: 253 kWh/(m<sup>2</sup> a)
- Wand:  $U = 0,80\text{--}1,28 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster:  $U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Oberste Geschossdecke:  $U = 2,95 \text{ B/m}^2\text{K}$
- Kellerdecke:  $U = 0,6 \text{ B/m}^2\text{K}$
- Lüftung: natürlich
- Transmissionswärmeverluste:  $1,78 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Umgesetzte Best-Praxis-Beispiele

Mehrfamilienhaus in Leipzig. Investitionsvolumen: 6.720.342 Euro → 650 Euro/m<sup>2</sup>



Abbildung 71: Plattenbau P2/11 vor der Sanierung.



Abbildung 72: Plattenbau P2/11 nach der Sanierung.

	Bestand	EnEV minus 30 % Var. 1		EnEV minus 30 % Var. 2	
	U-Wert W/m <sup>2</sup> K	U-Wert W/m <sup>2</sup> K	Dämmung	U-Wert W/m <sup>2</sup> K	Dämmung
Außenwand	0,44	0,17	12 (+8) cm	0,19	10 (+8) cm
Decke ü. OG	0,76	0,16	26 cm	0,21	18 cm
Kellerdecke	1,86	0,27	14 cm	0,36	8 cm
Fenster	2,50	U <sub>w</sub> = 1,3	g = 0,52	U <sub>w</sub> = 1,4	g = 0,52
Wärmebrücken	0,10	D U <sub>WB</sub> = 0,05		D U <sub>WB</sub> = 0,05	
Lüftung	Freie Lüftung	Abluft		Zu-/Abluft mit WRG	
Heizungsanlage					
Anlagenaufwandzahl		1,20		0,89	
<b>Jahresprimärenergiebedarf Q<sub>p</sub> (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>					
zulässiger Höchstwert		71,9		71,9	
berechneter Wert	184,0	49,8		46,0	
unter EnEV-Neubau		31%		68%	
<b>Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub> (W/m<sup>2</sup>K)</b>					
zulässiger Höchstwert		0,84		0,84	
berechneter Wert		0,38		0,56	
unter EnEV-Neubau		55%		33%	

Tabelle 13: Werte nach der Modernisierung je Variante.

Dieser Plattenbau wurde noch in der DDR im Jahr 1973 gebaut. Die Wohnfläche des Gebäudekomplexes beträgt 10.326 m<sup>2</sup> mit 167 Wohnungen. Die Maßnahmen zur energetischen Sanierung dieses Gebäudes wurden von 2003 bis 2005 durchgeführt und gelten als Muster der erfolgreichen Sanierung. Die Außenwände des Gebäudes wurden mit 10 cm starken Mineralwollplatten gedämmt. Die oberste Geschossdecke wurde durch 12 cm Mineralwolle gedämmt. Alle alten Fenster wurden durch neue energieeffiziente Doppelglasfenster ersetzt. Das Gebäude wird mit Fernwärme beheizt. Sonnenkollektoren bedecken ca. 181 m<sup>2</sup> der Gesamtfläche, wurden auf den Balkonzäunen installiert und versorgen die Bewohner mit heißem Wasser. Auch wurde in jeder Wohnung eine Abluftanlage mit Luftfiltern an der Außenwand installiert.

Die Sanierung dieses Wohngebäudes erreichte eine Primärenergieeinsparung von rund 75 %. Die Kohlendioxidemissionen in die Atmosphäre wurden um 428,1 t pro Jahr reduziert. Aufgrund der energetischen Modernisierung konnte das Image des Gebäudetyps verbessert werden. Außerdem wurden alte Balkone abgebaut und größere Balkone mit einer thermischen Trennung von der Mauer hinzugefügt (zugebaut). Dadurch wurden die Wärmeverluste durch Wärmebrücken deutlich reduziert und der Wohnkomfort erhöht. Eine weitere Etage mit großen Dachterrassen kam hinzu. Vor der Sanierung war das Haus zu 75 % bewohnt und nach der Sanierung überstieg die Nachfrage das Angebot.



Abbildung 73: Mehrfamilienhaus in Berlin, 2006 das größte Niedrigenergiehaus.

Das größte Niedrigenergiehaus Deutschlands steht in der Lichtenberger Schulze-Boysen-Straße 35/37. Im Dezember 2006 wurde die Komplettsanierung des 1974 erbauten 18- und 21-geschossigen Doppelhochhauses beendet und die fast 300 Wohnungen mit modernsten energietechnischen Standards ausgestattet. Somit können die Mieter bis zu 60 Prozent des bisherigen Energiebedarfes sparen. Rund 8,5 Millionen Euro investierte das Unternehmen. Im Haus wurden alle Wasserleitungen komplett erneuert, die Fassade mit einer 12-cm- und das Dachgeschoss mit einer 14-cm-Schicht gedämmt sowie Fenster mit 3-Scheiben-Isolierverglasung eingebaut. Herzstück des Energiekreislaufes im Haus ist die neue Fernwärme-Hausanschlussstation mit BHKW-Modul und einer kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung. Die intelligente Kombination zwischen Hausanschlussstation und BHKW ermöglicht nicht nur eine gleichmäßige und reduzierte Anschlussleistung, sondern auch eine Brauchwarmwasserbereitung.

Im Ergebnis der Analyse der dena-Modellvorhaben waren die meist umgesetzten Lösungen in Bezug auf Einzelkomponenten:

- Fenster –  $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Dämmstärken Fassade – durchschnittlich über alle Gebäude: 17 cm
- Dämmstärken Dach/oberste Geschossdecke – durchschnittlich über alle Gebäude: 28 cm
- Dämmstärken Kellerdecke – durchschnittlich über alle Gebäude: 12 cm
- 51 % der Gebäude mit thermischer Solaranlage
- 72 % der Gebäude mit Zu-/Abluftanlage mit WRG

### Gesamtergebnisse der Modellvorhaben

Insgesamt werden mit den Sanierungsmaßnahmen der ersten bereits fertiggestellten und ausgewerteten Projekte etwa 3.400 t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart. Die angestrebten Nachahmungseffekte liefern einen weiteren Beitrag zum Klimaschutz. Gleichzeitig konnte durch das Projekt eine erfolgreiche Wirtschaftsförderung umgesetzt werden, die das BMVBS mit bis zu 28 Millionen Euro zinsverbilligten Darlehen und einem Teilschulderrlass in Höhe von 5,6 Millionen Euro unterstützt hat.

- Das sich im Jahr 2005 verstärkende Interesse sowohl der Fachöffentlichkeit als auch der Endverbraucher am Informationsangebot der dena zeugt von dem großen Erfolg des Modellvorhabens. Es zeigte sich bereits zu diesem Zeitpunkt, dass die für die Sanierungsobjekte entwickelten Standards hochinnovative Techniken mit langfristigem wohnungswirtschaftlichem Nutzen verbinden und diese innovativen Standards schrittweise marktfähig werden. Eine umfassende wissenschaftliche Auswertung der Projekte erfolgte in den Jahren 2006 und 2011. Die Ziele der Forschung waren: der Gewinn praktischer Erfahrungen

zu den am Markt verfügbaren Techniken und ihren Kosten, die Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen daraus sowie der Gewinn wissenschaftlicher Grundlagen und Basisdaten, die in die Definition neuer Förderstandards und die Gesetzgebung einfließen können.

Ein wichtiger Erfolg des Modellvorhabens ist die Eingliederung des im Modellvorhaben erprobten Effizienzstandards („30 % unter EnEV Neubau“) in die Breitenförderung des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms der KfW-Bank. Darüber hinaus wird ab September 2007 auch der Zukunftsstandard „50 % unter EnEV Neubau“ in die Förderung integriert.

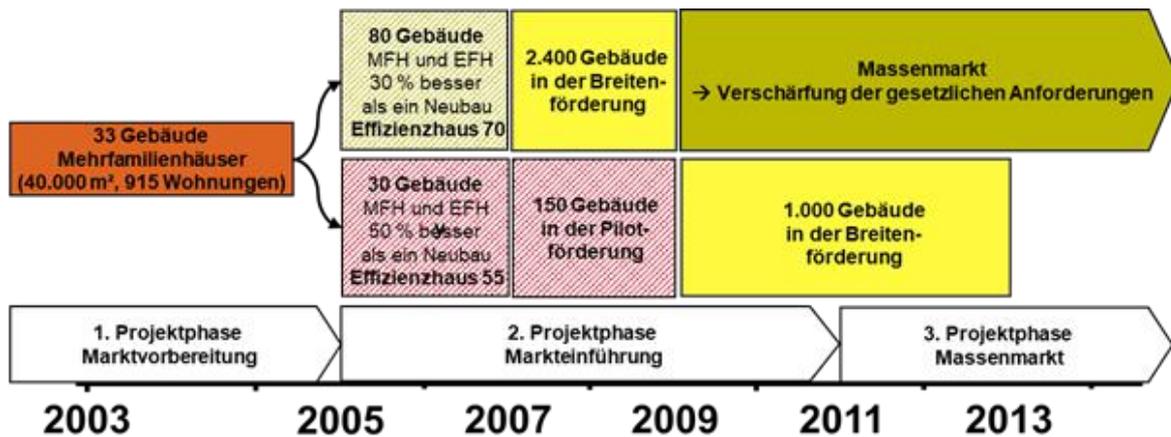


Abbildung 74: Entwicklungsphasen der Modellvorhaben.

## 4 Energetische Gebäudesanierung in Deutschland heute

### 4.1 Einleitung

Das derzeit geltende Ordnungsrecht hat sich über einen längeren Zeitraum entwickelt: Normative Vorgaben wie Gesetze sind dabei eingebettet in Programme und Strategien auf europäischer und deutscher Ebene (z. B. Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE), Energieeffizienzstrategie Gebäude).

Bei der Festlegung der konkreten Energieeinsparziele orientiert sich Deutschland weiterhin an den Strategien der Europäischen Union (EU) und ist bestrebt, die dort formulierten Ziele auf nationaler Ebene zu übertreffen: Ziel der Bundesregierung ist eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von mindestens 40 % bis 2020 und 80 bis 95 % bis 2050 gegenüber 1990; u. a. durch einen weitgehend CO<sub>2</sub>-neutralen Gebäudebestand bis 2050. Dieses Ziel soll durch den Ausbau erneuerbarer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Diese Punkte sind in ihren Grundzügen bereits im Energiekonzept von 2010 festgeschrieben. In der folgenden Abbildung findet sich ein Überblick über die von der EU vorgegebenen Konzepte und Richtlinien sowie die in Deutschland existierenden Programme und Gesetze (in zeitlicher Reihenfolge).

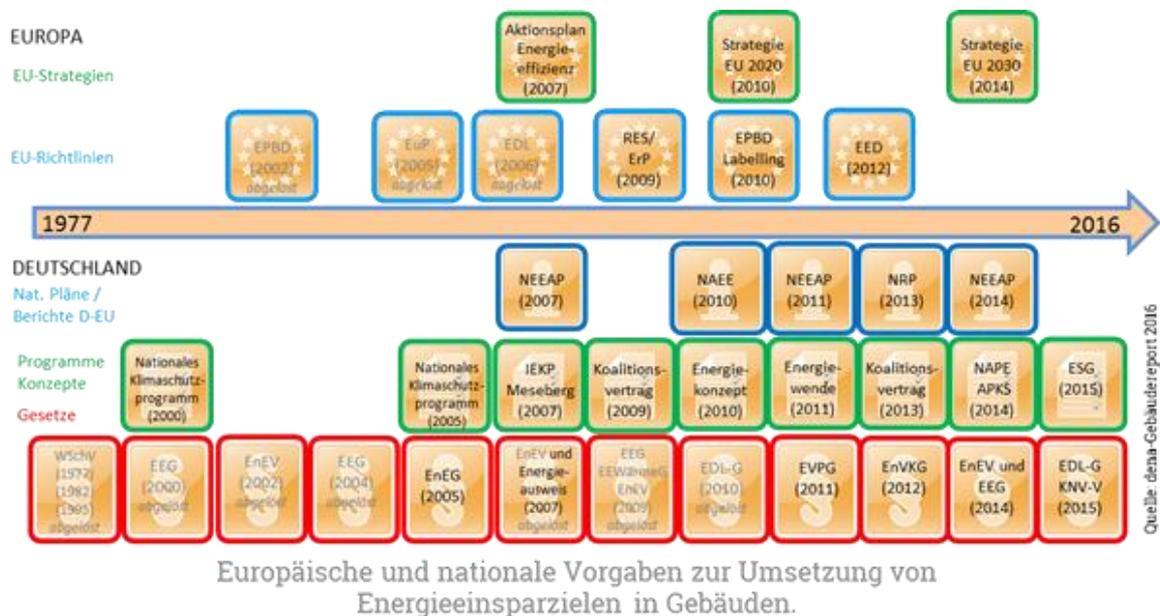


Abbildung 75: Ordnungsrecht: Überblick. Quelle: dena-Gebäudereport 2016.

Nach Anforderungen der EPBD 2010 tritt die neue verschärfte Energieeinsparverordnung 2014 in Kraft. 2016 wurde sie noch einmal um 25 % verschärft. Das Diagramm zeigt die Standards des Energiebedarfes in zeitlicher Reihenfolge.

## Entwicklung des energiesparenden Bauens

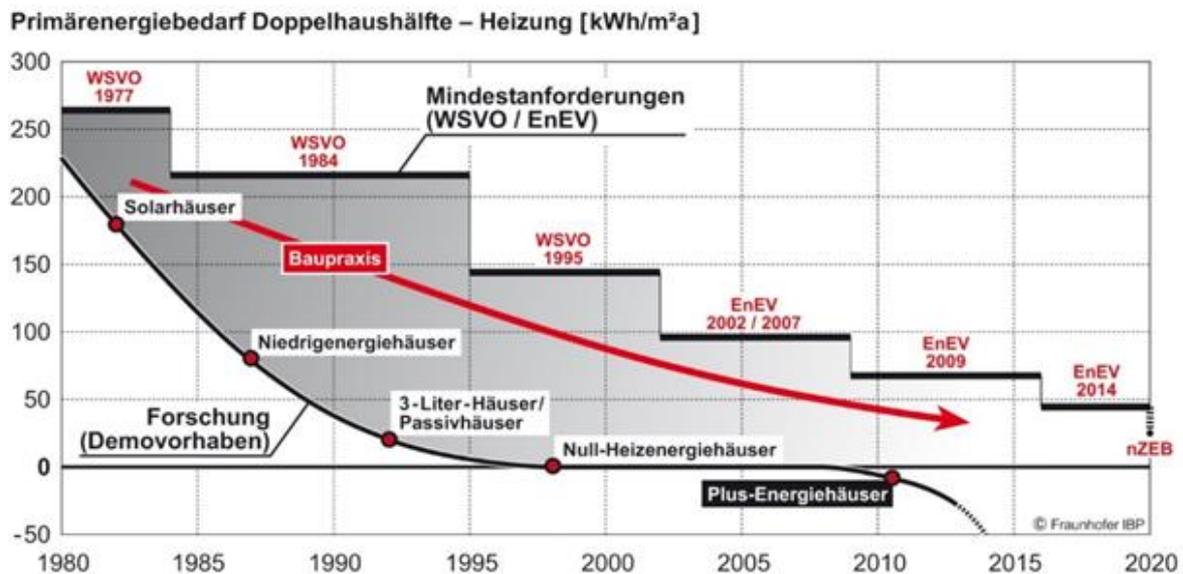


Abbildung 76: Entwicklung des energiesparenden Bauens. Quelle: Fraunhofer IBP, Erhorn.

Die gesetzlichen Anforderungen und noch mehr die Baupraxis nähern sich dem minimalen Energiebedarf. So sind beispielsweise die Ende der 1980er-Jahre konzipierten und als Forschungsprojekte gebauten Niedrigenergiehäuser überholt und dürfen nicht mehr gebaut werden. Der maßgebende Kennwert in den Mindeststandards (EnEV) ist der Primärenergiebedarf. Dieser wird durch die Definition der Eigenschaften des Referenzgebäudes für Neubau und Sanierung eingeschränkt. Der Wert wird verschärft und ist im Diagramm dargestellt. Dabei bleiben die Endenergiewerte, über die die Effizienzklassen der Gebäude bestimmt werden, gleich. Die U-Werte, die das Referenzgebäude wesentlich prägen, werden immer wieder verschärft. Die Entwicklung ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Konstruktion	EnEV 2002 и 2007 г. U-Wert [Вт/м <sup>2</sup> ·°C]	EnEV 2014 г. U-Wert [Вт/м <sup>2</sup> ·°C]	EnEV 2016 г. U-Wert [Вт/м <sup>2</sup> ·K]	Passivhaus classic [Вт/м <sup>2</sup> ·K]	Rusland
<b>Außenwände</b>	0,45	0,28	0,28	≤ 0,15	0,40
<b>Dach, oberste Geschossdecke</b>	0,25	0,20	0,20	≤ 0,15	0,27
<b>Fenster</b>	1,7	1,3	1,3	≤ 0,80 oder ≤ 0,85 (eingebaut)	3,0
<b>Kellerdecke, Bo- denplatte</b>	0,4	0,35	0,35	≤ 0,15	0,30

Tabelle 14: Anforderungen an U-Werte der Konstruktionen der Gebäudehülle Wohngebäude, Neubau.

Das nachfolgende Diagramm zeigt den flächenspezifischen Transmissionswärmeverlust ( $H_T'$ -Wert) der Ein- und Mehrfamilienhäuser in den alten und neuen Bundesländern und seine Veränderung im Verlauf der Jahre.

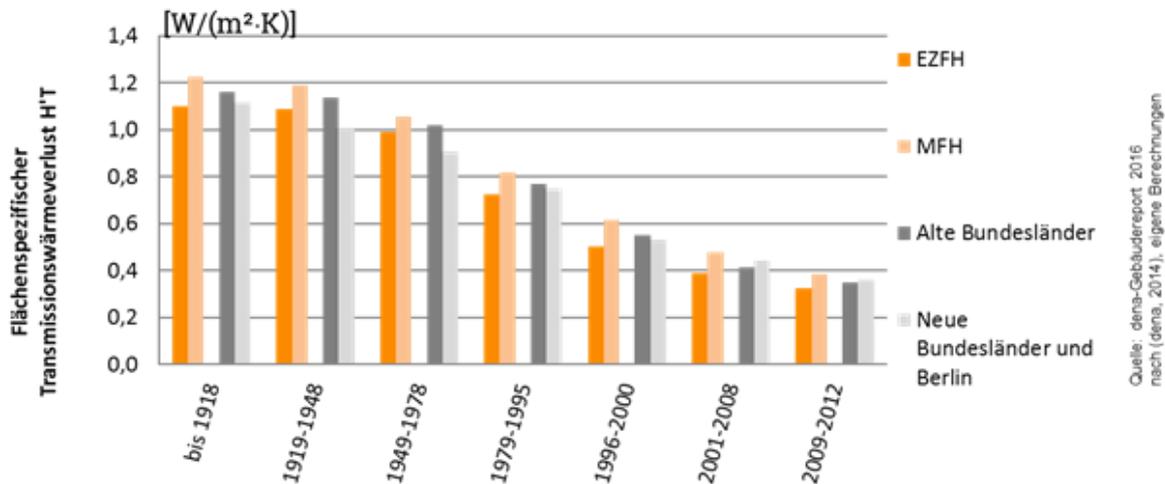


Abbildung 77: Transmissionswärmeverlust  $H_T'$ . Quelle: dena 2016<sup>2</sup>.

Folglich ist der  $H_T'$ -Wert bei Gebäuden, die seit Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung (01.11.1977) gebaut wurden, deutlich verbessert worden. Rechnerisch ist der Wert inzwischen (EnEV 2009) etwa dreimal so gut wie der durchschnittliche Wert bei Altbauten vor der 1. WSchVO. Die Werte von Altbauten in den neuen Bundesländern liegen im Durchschnitt etwas unter denen aus den alten Bundesländern. Darin zeigt sich der etwas bessere Sanierungsstand insbesondere der MFH in Ostdeutschland.

## 4.2 Anpassungen der Ordnungspolitik und Ergebnisse

### 4.2.1 Energieausweis und neue Energieeffizienzklassen

Im Jahr 2007 wurde der Energieausweis für Bestandsgebäude eingeführt. Ziel des Energieausweises ist es, Verbraucher über den Energieverbrauch zu informieren und Gebäude besser vergleichen zu können. Schließlich ist die Angabe der Effizienzklasse in Immobilienanzeigen Pflicht. Nach Vorgaben der EPBD fordert die EnEV, bereits in den Vermietungs- oder Verkaufsanzeigen der Immobilien die energetischen Kennwerte anzugeben:

- Art des Energieausweises (Bedarfs- oder Verbrauchsausweis)
- Endenergiebedarfs- oder -verbrauchswert
- Im Energieausweis genannte wesentliche Energieträger für Heizung
- Bei Nichtwohngebäuden getrennte Angabe der Werte für Strom und Wärme und für Endenergiebedarf bzw. -verbrauch
- Bei Wohngebäuden Baujahr des Gebäudes laut Energieausweis

<sup>2</sup> dena (2016): dena-Gebäudereport 2016, Berlin, Deutschland.

- Bei Wohngebäuden die Effizienzklasse laut Energieausweis, sofern ein Energieausweis mit Effizienzklasse vorliegt

Dabei ist spätestens bei der Besichtigung des Objektes der Energieausweis den Interessenten vorzulegen. Ziel ist es, Transparenz über den Energieverbrauch für die Nutzer und Eigentümer zu schaffen und damit die Marktentwicklung zu steuern. Das Fehlen des Energieausweises ist eine strafbare Ordnungswidrigkeit.

Um die Qualität der Energieausweise zu fördern, regelt die EnEV, § 21, wer Energieausweise für Bestandsgebäude ausstellen darf:

1. Personen mit berufsqualifizierendem Hochschulabschluss in

a) den Fachrichtungen Architektur, Hochbau, Bauingenieurwesen, Technische Gebäudeausrüstung, Physik, Bauphysik, Maschinenbau oder Elektrotechnik oder

b) einer anderen technischen oder naturwissenschaftlichen Fachrichtung mit einem Ausbildungsschwerpunkt auf einem unter Buchstabe a genannten Gebiet,

2. Personen im Sinne der Nummer 1 Buchstabe a im Bereich Architektur der Fachrichtung Innenarchitektur,

3. Personen, die für ein zulassungspflichtiges Bau-, Ausbau- oder anlagentechnisches Gewerbe oder für das Schornsteinfegerwesen die Voraussetzungen zur Eintragung in die Handwerksrolle erfüllen, sowie Handwerksmeister der zulassungsfreien Handwerke dieser Bereiche und Personen, die aufgrund ihrer Ausbildung berechtigt sind, ein solches Handwerk ohne Meistertitel selbständig auszuüben,

4. staatlich anerkannte oder geprüfte Techniker, deren Ausbildungsschwerpunkt auch die Beurteilung der Gebäudehülle, die Beurteilung von Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen oder die Beurteilung von Lüftungs- und Klimaanlage umfasst,

5. Personen, die nach bauordnungsrechtlichen Vorschriften der Länder zur Unterzeichnung von bautechnischen Nachweisen des Wärmeschutzes oder der Energieeinsparung bei der Errichtung von Gebäuden berechtigt sind, im Rahmen der jeweiligen Nachweisberechtigung.

Diese Personen müssen energiesparendes Bauen als Schwerpunkt ihrer Tätigkeit haben und Fortbildungen in diesem Bereich nachweisen. Die Personen müssen unabhängig sein. Das heißt, sie dürfen nicht für ein Amt oder einen Hersteller tätig sein.

Das Design des Energieausweises für Gebäude, der bisher nur für Neubauten ausgestellt wurde, wurde verbessert. Die energetischen Kennwerte werden künftig nicht nur auf einer Skala von Grün bis Rot dargestellt, sondern das Gebäude wird zusätzlich einer von neun Effizienzklassen zugeordnet. Ähnlich wie bei der Kennzeichnung von Elektro- und Haushaltsgeräten reicht diese Skala von A+ (niedriger Energiebedarf/-verbrauch) bis H (hoher Energiebedarf/-verbrauch). Diese Zuordnung gilt für neu ausgestellte Ausweise. Bereits vorliegende Energieausweise ohne Angabe von Effizienzklassen behalten ihre Gültigkeit bis zum Ablaufdatum zehn Jahre ab dem Ausstellungsdatum.

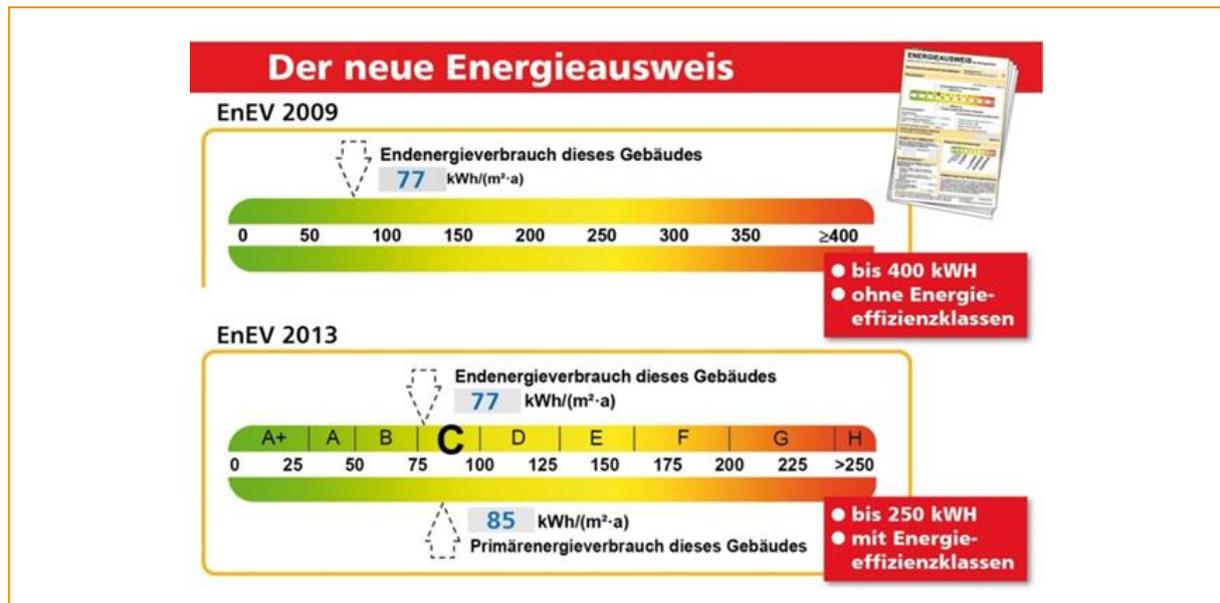


Abbildung 78: Effizienzskala neu.

Die seit 2014 ausgestellten Energieausweise werden gemäß EPBD-Vorgaben kontrolliert. Nach der EPBD 2010/31 Art. 18 gewährleisten die Mitgliedsstaaten, dass für die Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz und die Inspektionsberichte für Heizungs- und Klimaanlage unabhängige Kontrollsysteme gemäß Anhang II eingerichtet werden. Die Mitgliedsstaaten können separate Systeme für die Kontrolle der Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz und der Inspektionsberichte für Heizungs- und Klimaanlage einführen.

Daher müssen alle Ausweise registriert werden. Jeder Ausweis bekommt eine individuelle ID. Um dies umsetzen zu können, wurde eine zentrale Datenbank angelegt. Die Aussteller der Energieausweise sind hier gelistet und haben einen Zugang zu dieser Datenbank. Jeder der von ihnen erstellten Energieausweise wird in der Datenbank registriert und kann kontrolliert werden.

Das Kontrollsystem ist dreistufig:

- Elektronische Kontrolle der hochgeladenen Ausweise
- Stichprobenartige Überprüfung angeforderter Berechnungsgrundlagen (in Verantwortung der Bundesländer)
- Stichprobenartige Begehung konkreter Gebäude (in Verantwortung der Bundesländer)

Die elektronischen Kontrollen (derzeit Stufe 1 für Energieausweise) wurden vom Gesetzgeber übergangsweise an das DIBt (das Deutsche Institut für Bautechnik) übertragen.

Im Rahmen der stichprobenartigen elektronischen Kontrolle müssen Ausweisaussteller auf Anforderung dem DIBt entsprechende Kontrolldaten (XML) zu einer konkreten Registriernummer übermitteln. In der Regel werden die Kontrolldaten direkt im Anschluss an die Vergabe der Registriernummer angefordert. Wenn eine Registriernummer betroffen ist, wird dies per E-Mail mitgeteilt.

## 4.2.2 Vor-Ort-Beratung und Expertenförderung

Das Förderprogramm „Energieberatung für Wohngebäude (Vor-Ort-Beratung, individueller Sanierungsfahrplan)“ trägt zur Umsetzung des energiepolitischen Ziels der Bundesregierung bei, bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Eine qualifizierte Energieberatung für Wohngebäude soll Eigentümern einen sinnvollen Weg aufzeigen, wie sie die Energieeffizienz ihres Gebäudes verbessern können. Die Umsetzung dieses Programms verwaltet das BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle). Die Beratung beinhaltet eine ausführliche persönliche Beratung der Gebäudeeigentümer, die Begutachtung des Gebäudezustandes und die Berichterstellung in Form eines Sanierungskonzeptes oder Sanierungsfahrplans. Die Beratung wird durch akkreditierte Energieeffizienzexperten durchgeführt.

Viele Hauseigentümer interessieren sich für energetische Sanierung, empfinden aber die Einstiegsschwelle als zu hoch: An wen kann ich mich wenden? Wieso soll ich viel Geld für eine Energieberatung bezahlen, wenn das Ergebnis unsicher ist? Die „Energieberatung für Wohngebäude“ des BAFA können Haus- und Wohnungseigentümer, aber auch Mieter in Anspruch nehmen. Die dafür vom BAFA zugelassenen Energieberater müssen über zusätzliche Fertigkeiten verfügen. Es bestehen zum Teil hohe Anforderungen an deren Fach- und Methodenkompetenz, aber auch an die Arbeits- und Persönlichkeitskompetenzen. Bei der Methodenkompetenz kommt es vor allem auf die Anwendung der Diagnose- und Planungstechniken sowie die Bedienung einzusetzender Geräte bzw. Software an. Wichtige persönliche Kompetenzen sind die Fähigkeit zu systemübergreifendem und vernetztem Denken, ein hohes Maß an Selbständigkeit und Urteilsfähigkeit, die Beherrschung von Lerntechniken (insbesondere des Selbstlernens) und eine hohe Transferfähigkeit. Das BAFA fördert die Beratungskosten aktuell mit einem Zuschuss in Höhe von 60 % des zuwendungsfähigen Beratungshonorars.

Die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen wird über die KfW-Förderprogramme staatlich unterstützt. Die Förderanträge können nur von Energieeffizienzexperten, als erste Qualitätssicherungsstufe, gestellt werden. Dafür müssen diese Experten im Vergleich zu den für die Energieberatung für Wohngebäude (BAFA) zugelassenen Personen über weitere zusätzliche Qualifikationen verfügen und diese nachweisen können. Sie müssen sich nicht nur mit den Förderprogrammen auskennen und dem Eigentümer optimale Vorschläge machen. Sie müssen auch die Planung begleiten, die detaillierter sein muss, und die Bauausführung, die sehr anspruchsvoll ist. Energieeffizienzexperten werden in der deutschlandweiten Energieeffizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes nach einer Eignungsprüfung gelistet und können vom Verbraucher nach Anliegen und Postleitzahl in Wohnortnähe gefunden werden. Zurzeit (Stand 2018) sind rund 13.000 Experten gelistet. Die Arbeit der Experten wird von der KfW stichprobenweise kontrolliert. Die hohen Qualifikationsanforderungen schaffen den Bauherren Sicherheit und sollen zu einem einheitlichen Qualitätsstandard führen.

Die Qualität der Beratungsleistungen wird in erster Linie durch die einheitlichen Vorgaben für die Vorbildung gesichert. Die dena hat einen Katalog mit Modulen zu relevanten Fachthemen erstellt, an den sich lokale Anbieter halten müssen. Der Umfang der Weiterbildung beträgt 130 bis 210 Stunden (je nach Vorkenntnissen und angestrebter Qualifikation) und unterscheidet sich zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden; für die denkmalgeschützten Gebäude gibt es auch zusätzliches Material. Die Module sind:

1. Rechtliches
2. Gebäudehülle
3. Anlagentechnik, erneuerbare Energien
4. Bilanzierung und Wirtschaftlichkeit, Projektbericht
5. Planung, Baubegleitung

Um die Experten auf dem Laufenden zu halten und bei der praktischen Arbeit zu unterstützen als auch um die Qualität zu stärken, hat die dena einen Expertenservice eingerichtet. In dem Internetportal finden die Experten relevante Informationen, Tools, Checklisten und Tipps, die den Alltag erleichtern.

### 4.3 Übersicht der Gesamtergebnisse auf dem Markt

Bis zum Jahr 2020 soll der Wärmebedarf gegenüber dem Jahr 2008 um 20 % reduziert werden. Von 2008 bis 2015 hat sich der Wärmebedarf um 11,1 % verringert. Klimabereinigt liegt die Reduzierung bei 9,7 %. Bei Fortsetzung des klimabereinigten Trends wird das Ziel für 2020 nicht erreicht, sondern erst ca. zwei Jahre später.

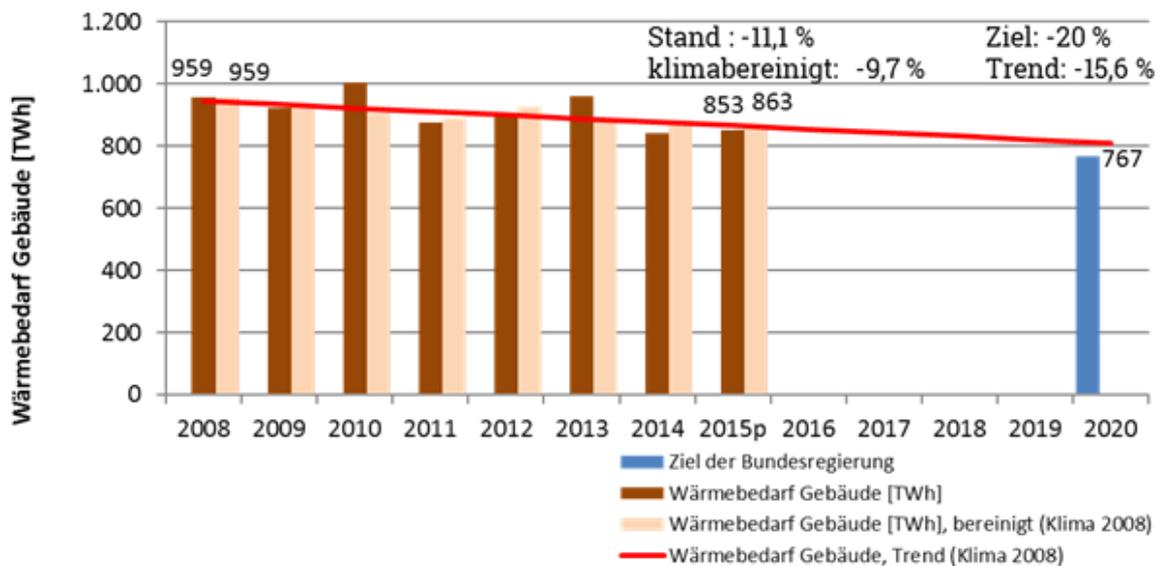


Abbildung 79: Wärmebedarf in Gebäuden.

Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch auf 14 % gesteigert werden. 2015 lag der Anteil bereits bei 13,2 %. Bei Fortsetzung des Trends wird damit gerechnet, dass der Zielwert 2020 erreicht oder sogar übertroffen wird. Hinweis: Der hier dargestellte Wärmeverbrauch (Abbildung 80) schließt neben Gebäudewärme auch Industriewärme mit ein.

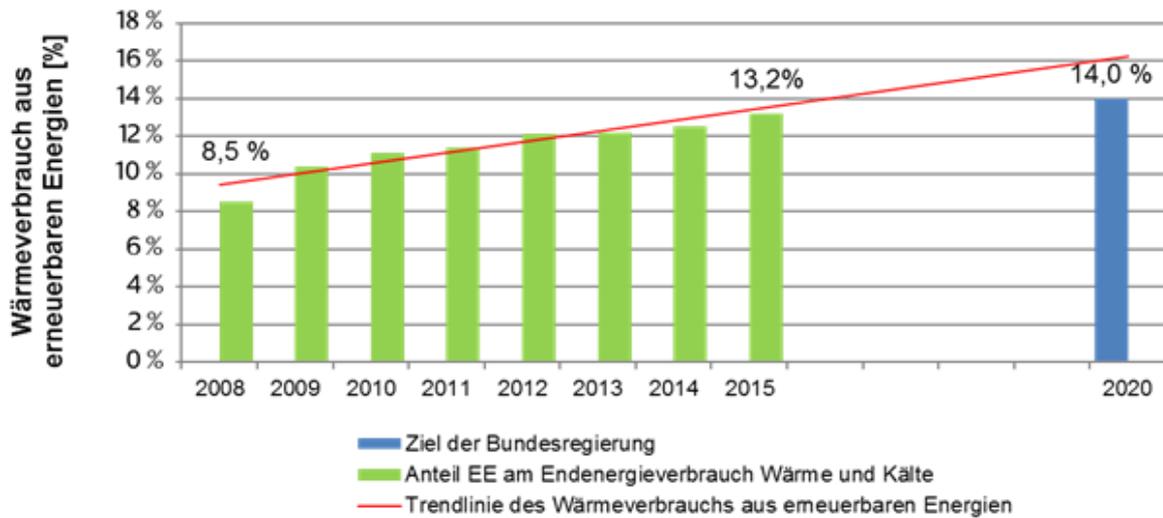


Abbildung 80: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch.

Nur etwas mehr als 10 % des Wohngebäudebestands (Stand 2014) sind in Bezug auf den Endenergiebedarf mindestens so energieeffizient wie ein heutiger Neubau, nach den bis Ende 2015 gültigen Grenzwerten der EnEV 2009 (entspricht max. ca. 60 bis 70 kWh/(m<sup>2</sup>A<sub>N</sub>-a)). 50 % des Bestands haben einen Endenergiebedarf von weniger als ca. 185 kWh/(m<sup>2</sup>A<sub>N</sub>-a), 50 % liegen über diesem Wert (Median). Der Median für EZFH beträgt ca. 190 kWh/(m<sup>2</sup>A<sub>N</sub>-a), der für MFH ca. 170 kWh/(m<sup>2</sup>A<sub>N</sub>-a).

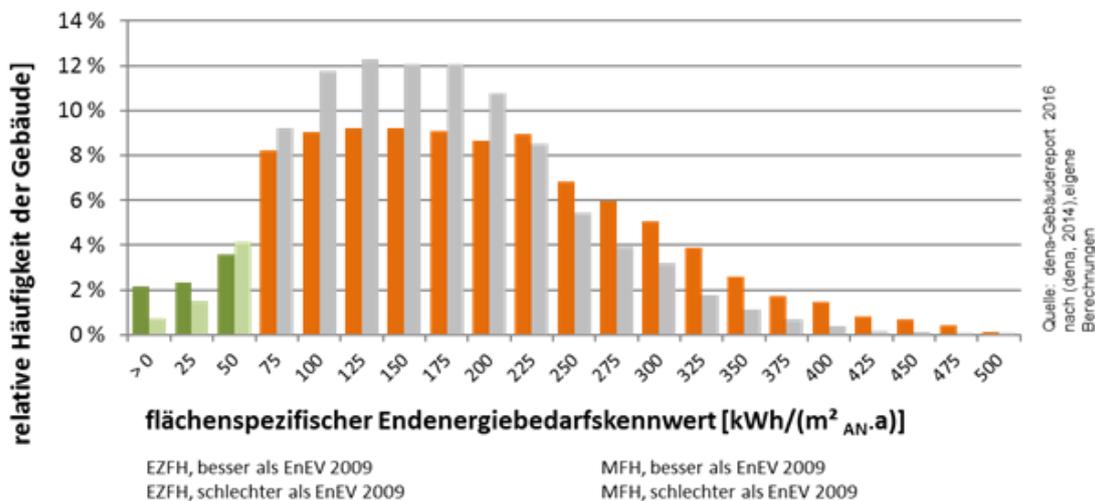


Abbildung 81: Verteilung Endenergiebedarf.

Die energetischen Sanierungsraten für einzelne Bauteile (siehe Abbildung 82) unterscheiden sich erheblich. Am höchsten liegen sie bei der Dämmung des Dachs oder der obersten Geschossdecke (ca. 1,5 % p. a.), gefolgt von der Außenwanddämmung (ca. 0,8 % p. a.). Die geringste Sanierungsaktivität liegt beim Fußboden bzw. bei der Kellerdecke vor (ca. 0,3 % p. a.). Zwischen EZFH und MFH sind kaum wesentliche Unterschiede in der Sanierungsaktivität der verschiedenen Bauteile erkennbar. Regional liegen die Sanierungsraten in Norddeutschland im Bereich Außenwand und Dach/oberste Geschossdecke etwas über, in Süddeutschland etwas

unter dem Durchschnitt. Im Bereich Fußboden/Kellerdecke liegen die Werte in Ostdeutschland höher, in Süddeutschland niedriger als im Bundesdurchschnitt.

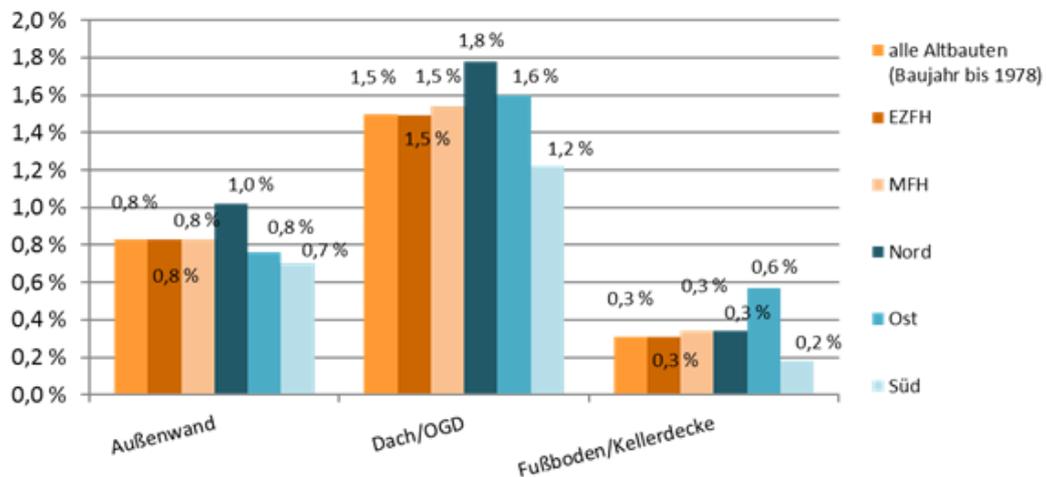


Abbildung 82: Sanierungsrate nach Bauteil.

Der Absatz an produzierten Fenstern in Deutschland liegt seit 2004 bei ca. 15 bis 16 Millionen m<sup>2</sup> Fensterfläche pro Jahr. Die Hochphase der Fensterproduktion lag in den 1990er-Jahren als Folge der Wiedervereinigung und der damit verbundenen Investitionen in den neuen Bundesländern. In diesem Zeitraum wurden zwischen 20 und 30 Millionen m<sup>2</sup> Fensterfläche pro Jahr abgesetzt. Gut abzulesen sind die Auswirkungen der 1. Wärmeschutzverordnung 1977: Durch diese ist die Produktion von Einfach-, Kasten- und Verbundfenstern in wenigen Jahren eingestellt und durch die Herstellung von Fenstern mit Isolierglas ersetzt worden. Mit Inkrafttreten der ersten EnEV im Jahr 2002 wurden praktisch ausschließlich Fenster mit verbesserter 2-fach-Wärmeschutzverglasung (Edelgasfüllung, verbesserte Abstandshalter) produziert. Seit 2011 werden erstmals mehr Fenster mit 3-fach-Verglasung abgesetzt als 2-fach-verglaste Fenster. Seit Mitte der 1990er-Jahre ist der durchschnittliche Gesamt-U-Wert der Fenster ( $U_w$ ) kontinuierlich weiter gesunken: von ca. 3,75 W/(m<sup>2</sup>·K) auf ca. 1,25 W/(m<sup>2</sup>·K). Der  $U_w$ -Wert setzt sich aus dem U-Wert für die Verglasung ( $U_g$ ), dem Rahmenanteil ( $U_f$ ) und den Wärmebrückenzuschlägen zusammen. Hinweis: Die Fensterproduktion bildet nicht exakt den deutschen Fenstermarkt ab, da ein Teil der in Deutschland eingebauten Fenster aus ausländischer Produktion stammt.

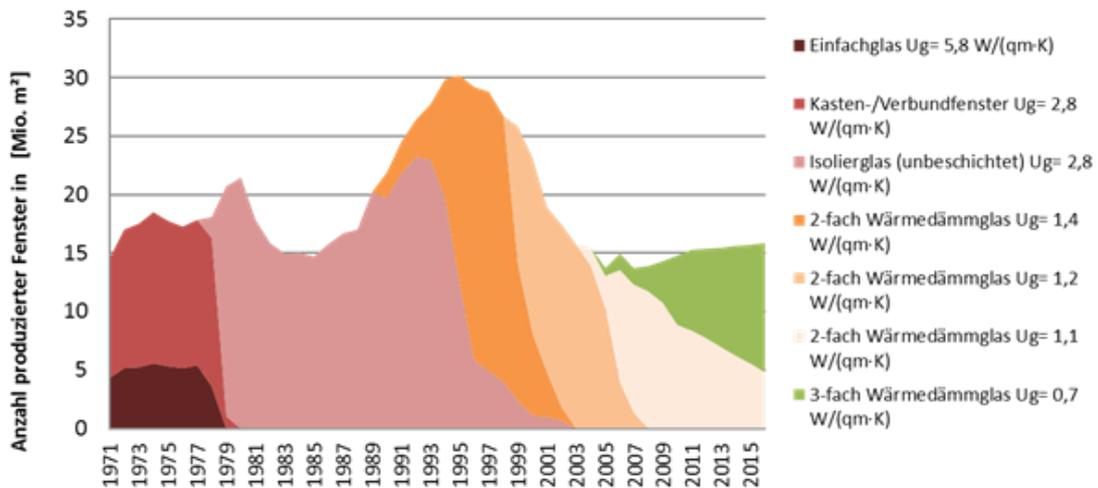


Abbildung 83: Produzierte Fenster nach Verglasungsart.

#### 4.4 Verhältnis von Investitionen und Ergebnissen, Förderung

Die Anzahl der geförderten Maßnahmen durch die KfW (siehe Abbildung 84) hat sich im Neubausegment seit 2009 mehr als verdoppelt und erreichte 2015 einen neuen Höchststand. Dies ist nicht nur durch den allgemeinen Anstieg des Neubaus in diesem Zeitraum zu erklären, sondern zeigt auch die Attraktivität der Förderkonditionen des Bundes. Auch die ohnehin zu erfüllenden Anforderungen zum Einsatz erneuerbarer Energien durch das EEWärmeG (Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich) begünstigen den Bau (primär-)energetisch effizienter bzw. sparsamer Wohngebäude. Im Segment der Sanierung geht die Anzahl der umgesetzten Effizienzhausprojekte relativ kontinuierlich zurück, insbesondere in den Jahren 2011 und 2014. Das Verhältnis zwischen Neubau und Sanierung zeigt eine annähernd neunmal höhere Projektanzahl im Neubau gegenüber Effizienzhaus-Sanierungen in 2015. Das Effizienzhaus 130 (Sanierung) wurde im Juni 2010 eingestellt. Hinweis: Die Effizienzhaus-Klassen mit Bezug auf die EnEV 2007 wurden auf das Niveau der EnEV 2009 umgerechnet.

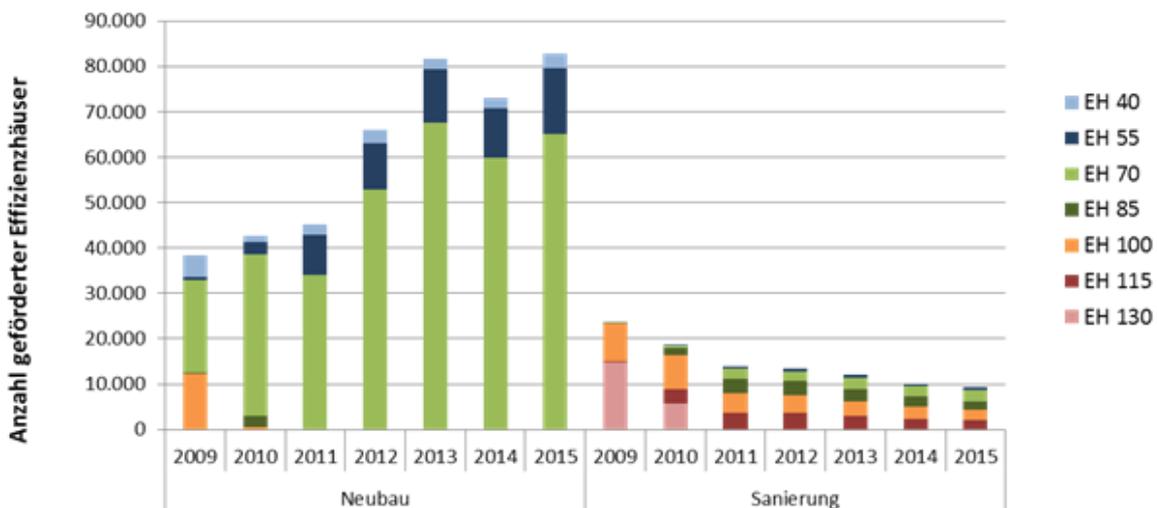


Abbildung 84: Sanierung und Neubau: Zusagen KfW-Förderung nach Effizienzklasse.

Auch in der Förderung der Einzelmaßnahmen (siehe Abbildung 85) zeigt die Darstellung deutlich die Abnahme der Förderzusagen und der umgesetzten Maßnahmen im Jahr 2011. Dies ist ganz maßgeblich durch den (zwischenzeitlichen) Wegfall des stark nachgefragten Programms zur Heizungsoptimierung bedingt. Mittlerweile bietet die KfW die Optimierung von Heizungssystemen als Fördermaßnahme im sogenannten „Heizungs-/Lüftungspaket“ wieder an. Die größte Zahl der Zusagen 2010 bezog sich auf den Austausch von Heizungspumpen (ca. 200.000). In den Jahren 2012 und 2013 stieg die Anzahl der geförderten Einzelmaßnahmen, nachdem 2011 ein starker Einbruch zu verzeichnen war. Insbesondere die Sanierung der Heizung und der Fenster wird stark nachgefragt. Sanierungen der Außenwände und Dachflächen werden deutlich weniger umgesetzt. 2015 ist ein leichter Rückgang gegenüber dem Vorjahr auf ca. 152.000 geförderte Maßnahmen zu verzeichnen. Innerhalb der Einzelmaßnahmen gab es eine leichte Verschiebung zugunsten der Heizungssysteme, in erster Linie zulasten von Maßnahmen an der Gebäudehülle.

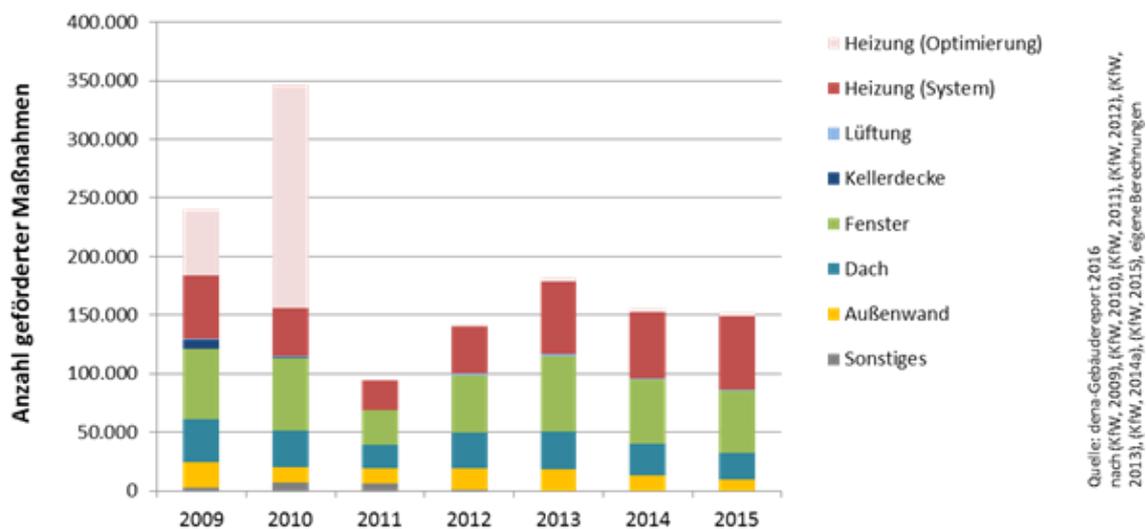


Abbildung 85: Zusagen KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen in der Sanierung.

Nationale Förderprogramme sind in „Energieeffizientes Bauen in Deutschland und Russland. Vergleich der rechtlichen, normativen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen und Empfehlungen zur Harmonisierung“ (dena 2017) ausführlich beschrieben.

### Kontrollen der Umsetzung geförderter Maßnahmen

Die dena untersuchte zusammen mit Partnern über 400 KfW-geförderte Effizienzhäuser und Einzelmaßnahmen pro Jahr. Nach standardisiertem Verfahren finden Begehungen vor Ort und Auswertungen durch Fachprüfer statt. Im Jahr 2014 konnte in 90 % der Fälle bei den Effizienzhäusern das Erfüllen der Anforderungen bestätigt werden, 5 % wurden in der Förderung zurückgestuft und ca. 4 % mussten die Förderung zurückerstatten. Bei den Einzelmaßnahmen mussten 7 % der Teilnehmer die Förderung zurückerstatten. Insgesamt bewirkt die Tatsache, dass stichprobenweise kontrolliert wird, eine höhere Ausführungsqualität.

## 4.5 Deutsche Gebäudetypologie

Wer ohne großen Aufwand eine grobe Schätzung zu Verbrauch und möglichen Modernisierungskonzepten seines Gebäudes erhalten möchte, dem hilft eine Gebäudetypologie.

Sie führt beispielhaft typische Häuser mit typischen Verbräuchen und konkreten Sanierungsmöglichkeiten auf. Einen genaueren Zuschnitt der Aussagen auf die individuelle Gebäudeform, -größe und technische Ausstattung erlaubt ein Kurzverfahren. In wenigen Schritten kann sich ein Eigentümer so über die typischerweise erreichbaren Energieeinsparungen informieren.

Gebäudeexperten benötigen jedoch detaillierte und genaue Energiebilanzverfahren, um Energieausweise zu erstellen und auf das Einzelgebäude zugeschnittene Modernisierungskonzepte zu entwickeln. Damit können Fragen geklärt werden wie: Welchen Einfluss haben nicht überdämmbare Wärmebrücken auf den Energieverbrauch bei diesem Gebäude? Welche Leitungsführung und -dämmung ist in diesem Fall die beste? Soll jedoch ohne großen Aufwand ein Überblick gegeben werden, greift man besser auf vorberechnete Beispiele aus einer Gebäudetypologie zurück. Hiermit kann ein Gebäudeeigentümer über die typischerweise erreichbaren Energieeinsparungen informiert werden.

### **Typische Gebäude zur Veranschaulichung der Energieeinsparpotenziale**

Gebäudetypologien werden in Deutschland seit vielen Jahren in unterschiedlichen Bereichen genutzt, insbesondere im Rahmen von Energiesparkampagnen auf lokaler oder regionaler Ebene. Gebäudetypologien dienen hier der beispielhaften Ermittlung und anschaulichen Darstellung des erreichbaren Einsparpotenzials für gegebene Modernisierungsmaßnahmen. Aber auch Vor-Ort-Energieberater können mithilfe der typischen Fälle die von ihnen für ein konkretes Gebäude ermittelten Aussagen überprüfen.

Auch für Wohnungsunternehmen ist es lohnend, typische Gebäude aus ihrem Bestand in Form einer Typologie aufzubereiten. So können Standardmodernisierungen in Abhängigkeit von Gebäudetypen definiert werden. Die ermittelten und dokumentierten typischen Investitionskosten und üblicherweise erreichbare Energieeinsparungen dienen als Vergleichswerte für konkrete Modernisierungsvorhaben.

### **Modell zur Abbildung des deutschen Gebäudebestands**

Liegen darüber hinaus statistische Angaben vor, kann ein Satz typischer Gebäude auch als Modell zur rechnerischen Analyse des Energiebedarfs des Gesamtbestands verwendet werden. Wohnungsunternehmen schätzen so den Energieverbrauch ihres Gebäudeportfolios ab und stellen strategische Überlegungen zur schrittweisen Reduzierung an. Das Gleiche gilt für den Gebäudebestand auf kommunaler, regionaler und nationaler Ebene (siehe Publikationen zur deutschen Gebäudetypologie).

Ebenso wie bei der Energieberatung für Einzelgebäude sollte auch bei der Analyse des Gesamtbestands nach Möglichkeit der tatsächliche Energieverbrauch ermittelt werden. Dies gilt sowohl für den unsanierten als auch für den sanierten Zustand. Durch diese „Erdung“ der Berechnungen bleibt gewährleistet, dass die ermittelten Reduktionspotenziale für den End- und Primärenergieverbrauch und für die CO<sub>2</sub>-Emissionen realistisch sind.

In der Typologie wird der deutsche Wohngebäudebestand entsprechend seinen energierelevanten Merkmalen in eine Reihe von Baualters- und Größenklassen eingeteilt.

	Region	Construction Year Class	Additional Classification	SFH	TH	MFH	AB
				Single-Family House	Terraced House	Multi-Family House	Apartment Block
1	National (nicht regional spezifiziert)	... 1859	Generic (Basis-Typ)	 DEN.SFH.01.Gen		 DEN.MFH.01.Gen	
2	National (nicht regional spezifiziert)	1860 ... 1918	Generic (Basis-Typ)	 DEN.SFH.02.Gen	 DEN.TH.02.Gen	 DEN.MFH.02.Gen	 DEN.AB.02.Gen
3	National (nicht regional spezifiziert)	1919 ... 1948	Generic (Basis-Typ)	 DEN.SFH.03.Gen	 DEN.TH.03.Gen	 DEN.MFH.03.Gen	 DEN.AB.03.Gen
4	National (nicht regional spezifiziert)	1949 ... 1957	Generic (Basis-Typ)	 DEN.SFH.04.Gen	 DEN.TH.04.Gen	 DEN.MFH.04.Gen	 DEN.AB.04.Gen
5	National (nicht regional spezifiziert)	1958 ... 1968	Generic (Basis-Typ)	 DEN.SFH.05.Gen	 DEN.TH.05.Gen	 DEN.MFH.05.Gen	 DEN.AB.05.Gen
6	National (nicht regional spezifiziert)	1969 ... 1978	Generic (Basis-Typ)	 DEN.SFH.06.Gen	 DEN.TH.06.Gen	 DEN.MFH.06.Gen	 DEN.AB.06.Gen

Abbildung 86: Auszug Haustypenmatrix: Baualters- und Größenklassen. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

Die Baualtersklassen orientieren sich an historischen Einschnitten, den Zeitpunkten statistischer Erhebungen und den Veränderungen der wärmetechnisch relevanten Bauvorschriften. Durch Klassifizierung des Bestands nach Größe und Baualter sind die Basistypen (engl. „generic types“) der Gebäudetypologie definiert. Jedes deutsche Wohngebäude kann einem dieser – in Abbildung 86 dargestellten – Basistypen zugeordnet werden. Insbesondere für Hochrechnungen auf den gesamten Wohngebäudebestand hat man sich für die Beschränkung auf 36 Basistypen entschieden. Darüber hinaus finden sich weitere energierelevante Merkmale, die auf bestimmte Gebäude eines Basistyps zutreffen können. Solche Untergruppen oder „Subtypen“ sind in der deutschen Typologie traditionell schon berücksichtigt.

Code <i>(kursiv: TABULA Code)</i>	Bild eines Beispiel- gebäudes	Bau- alters- klasse	typische Bauweise: häufiges Erscheinungsbild / energierelevante Merkmale (Baukörper / Konstruktionen)
<b>HH_E</b> <i>DE.N.AB.05.HR</i>		1958 ... 1968	mehr als 8 Geschosse; Flachdach; Stahl- oder Stahlbeton-Skelettbauweise, Betonelemente oder Mauerwerk
<b>HH_F</b> <i>DE.N.AB.06.HR</i>		1969 ... 1978	typisch 5- bis 8-geschossig; Flachdach; Großtafelbauweise mit Beton-Sandwich-Elementen; Betondecken, Loggien durchgehend betoniert
<b>EFH_F/F</b> <i>DE.N.SFH.06.LightFrame</i>		1969 ... 1978	Sondertyp Fertighaus: meist 1- bis 2-geschossig mit Satteldach; Großtafeln in Leichtbau- oder Beton-Sandwich-Bauweise, in Norddeutschland meist mit Klinker-Vorsatzschale oder Riemchen; Beton- oder Holzbalkendecken, Kellerdecke massiv
<b>NBL_MFH_D</b> <i>DE.East.MFH.04.Gen</i>		1949 ... 1957 <sup>2</sup>	typisch 3- bis 5-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaldach), Dachgeschoss nicht ausgebaut (Trockenboden); Mauerwerk teilweise auch Fertigteilbauweise mit Leichtbetonblockelementen, Geschossdecken und Kellerdecke massiv (Stahlbetondecken)
<b>NBL_MFH_E</b> <i>DE.East.MFH.05.Gen</i>		1958 ... 1968	typisch 3- bis 5-geschossig; einschichtige Leichtbetonblockelemente (z.B. Blockbauweise 8 kN), teilweise auch einschalige Großtafeln; mit Sattel- oder Flachdach, Dachgeschoss nicht ausgebaut (Trockenboden); Betondecken
<b>NBL_GMH_F</b> <i>DE.East.AB.06.Gen</i>		1969 ... 1978	typisch 5-/6-geschossig; Großtafelbauweise (z.B. Typ P2, WBS 70), einschalig (Leichtbeton), zweischalig (Innen- oder Außendämmung) oder dreischalig; Flachdach (Kaldach); Betondecken

Abbildung 87: Auszug Subtypen nach energetischen Merkmalen. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

Bei der Datenerhebung und Systematisierung wurden neben den energetischen Eigenschaften auch die Häufigkeit von Gebäudetypen, die Häufigkeit von Konstruktionstypen, die Restriktion für den Wärmeschutz und die Häufigkeit unterschiedlicher Wärmeversorgungssysteme untersucht. Daraufhin wurden bauliche Maßnahmen zur energetischen Sanierung typisiert und als Orientierungsgrößen für zwei Energieeffizienz-niveaus entsprechend tabellarisch dargestellt. Das Energieeffizienz-niveau 1 „konventionell“ entspricht der praktischen Umsetzung, wenn die Mindeststandards der Energieeinsparverordnung 2009 eingehalten werden. Das Energieeffizienz-niveau 2 „zukunftsweisend“ orientiert sich an den baupraktisch realisierbaren Techniken und entspricht damit den für Passivhäusern üblichen Dämmstandards.

<b>oberste Geschossdecke</b> 	bei dauerhaft unbeheizten Dachböden oder Spitzböden	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmebrückenwirkung dort wo Dämmebene von Innenwänden durchstoßen wird</li> <li>Wärmebrücken und Lüftlichkeit bei Treppenhäuslaufgängen, -türen und Bodenluken beachten</li> <li>im Fall von Spitzböden kann je nach Ausführung eine durchgängige Dachflächen-dämmung sinnvoller sein als die Dämmung und Abdichtung der Kehlbalkendecke</li> </ul>	0,18 ... 0,24 W/(m <sup>2</sup> K)	0,08 ... 0,12 W/(m <sup>2</sup> K)
<b>obersseitige Dämmlage</b> 	übliche Ausführung auch leicht unabhängig von anderen Sanierungsmaßnahmen umsetzbar Aufblasen von Dämmlocken (Zellulose), Verlegen von Dämmplatten (Mineralfolle, Styropor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begehbarkeit von Dachböden kann durch Dämmung (Reduktion der Raumhöhe) eingeschränkt werden, kann im Fall von Holzbalkendecken gegebenenfalls durch vorheriges Freiräumen und zusätzliches Dämmen der Gefache verbessert werden</li> <li>Begehbarkeit der Dämmung durch Spanplatten o.ä. herstellen, bei nicht genutzten Dachböden reichen Laufbohlen</li> <li>Anschluss an außenseitige Wanddämmung im Bereich des Giebels wärmebrückenfrei kaum herstellbar, schwing manchmal auch im Traufbereich</li> </ul>	12 cm	30 cm
<b>untersseitige Dämmlage</b> 	in Kombination mit Innendämmung der Außenwände, oder falls Dachraum schwer zugänglich, oder bei Deckensenovierung in einzelnen Wohnungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmebrückenwirkung der Innenwände</li> <li>Entkopplung des Raums von thermischer Wärmespeicherfähigkeit der Decke führt zu schnellerer Aufheizung im Sommer</li> <li>gegebenenfalls Kombination mit (späterer) obersseitige Dämmung</li> </ul>	8-12 cm	bei alleiniger Umsetzung nicht erreichbar

Abbildung 88: Auszug Tabelle Typisierung von Wärmeschutzmaßnahmen. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

Die folgende Abbildung (Abbildung 89) geben die Energiekennwerte der Musterhäuser der Gebäudetypologie wieder. Die Kennwerte beziehen sich jeweils auf die beheizte Wohnfläche der Gebäude. Würde man die Kennwerte auf die aus dem Gebäudevolumen abgeleitete „Gebäudenutzfläche“ nach EnEV ( $A_N$ ) beziehen, so lägen sie um etwa 20 % niedriger.

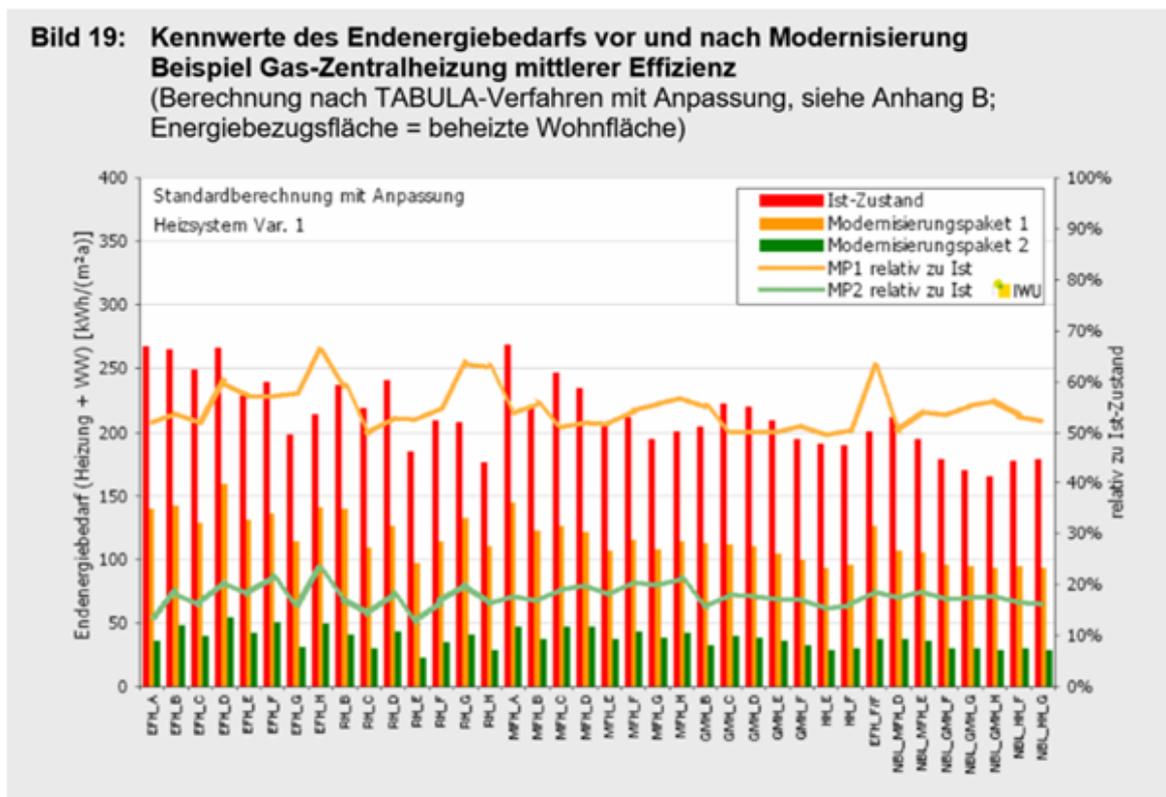


Abbildung 89: Kennwerte des Endenergiebedarfs vor und nach Modernisierung. Beispiel Gaszentralheizung mittlerer Effizienz. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

Für jeden Gebäudetyp wurden je zwei Modernisierungsmaßnahmenpakete konzipiert und kalkuliert.

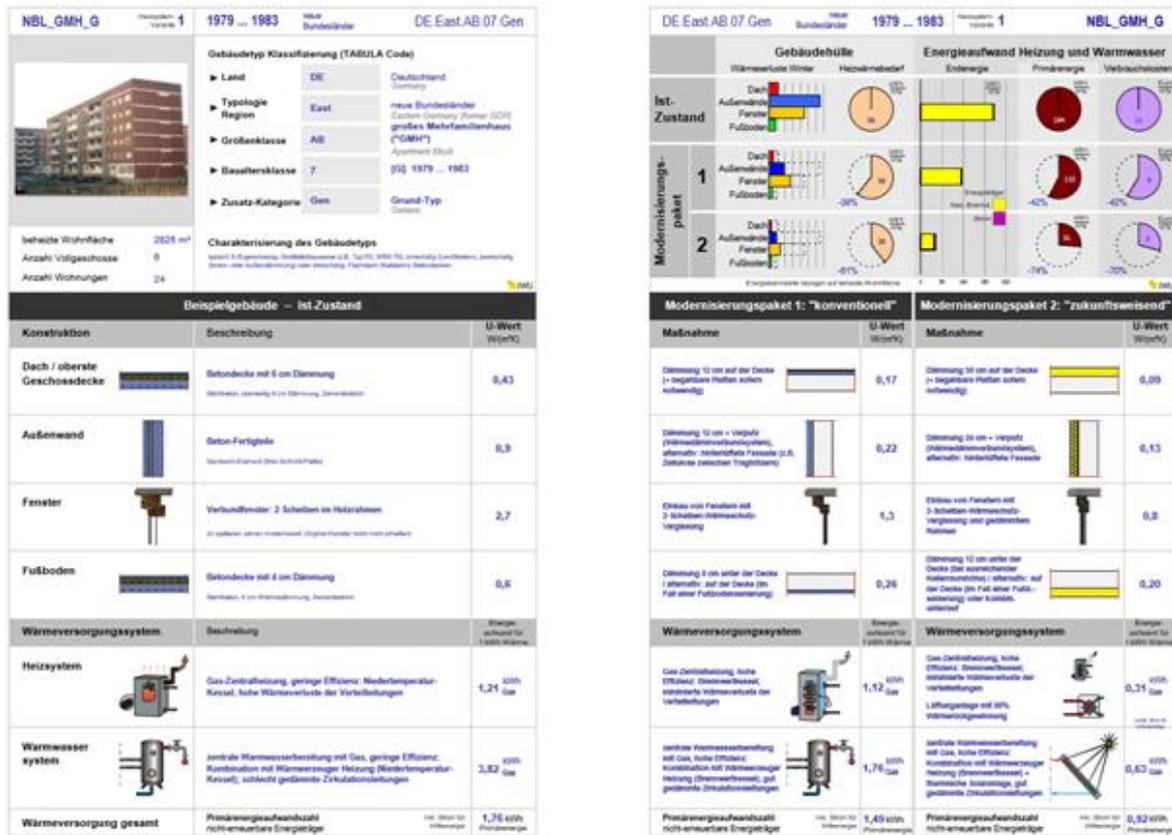


Abbildung 90: Gebäudedatenblatt und Modernisierungspakete. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

## 4.6 Sanierungsszenarien an umgesetzten Beispielen

### 4.6.1 Hochhausanierung „Binzengrün“ in Freiburg

Im Freiburger Stadtteil Weingarten saniert die städtische Wohnungsbaugesellschaft nach und nach über 1.000 Wohneinheiten. Ein Leuchtturmprojekt in energetischer, sozialer und gestalterischer Hinsicht stellt die Kernsanierung des Hochhauses „Binzengrün 9“ mit 104 Wohnungen dar. Das Energiekonzept, die zeitgemäßen Wohntypologien sowie die direkte Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz sind hierbei wesentliche Argumente für das Quartier und somit die Grundlage für die Entwicklung vom sozialen Brennpunkt zu einem attraktiven Wohnstandort. Das Haus aus 1967, errichtet in Plattenbauweise, wurde in den Jahren 2011–2013 auf Passivhausstandard saniert und hat das Effizienzhaus 55 übertroffen.

Das A/V-Verhältnis (Kompaktheit des Gebäudes) liegt bei günstigen 0,27. Die Gebäudehülle wurde luftdicht und wärmebrückenarm gemacht. Dank einer 24 cm starken Wärmedämmung liegt der U-Wert der Außenwände bei 0,14 W/(m<sup>2</sup> · K), die 3-Scheiben-Fenster weisen einen U-Wert von 0,8–0,9 W/(m<sup>2</sup> · K) auf. So hat die Gebäudehülle einen Transmissionswärmeverlust von 0,35 W/(m<sup>2</sup> · K).



Abbildung 91: Das Haus Binzengrün nach der Sanierung.



Abbildung 92: In der Lüftungszentrale: Anlage mit Wärmerückgewinnung. Haus Binzengrün, Freiburg.

Dank der zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Fernwärme werden 60 t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart. Der Endenergiebedarf liegt bei 43,9 kWh/m<sup>2</sup> · a, der Primärenergiebedarf bei 26,7 kWh/m<sup>2</sup> · a (Referenzgebäude: 67,8).

#### 4.6.2 Mehrfamilienhaus in Pforzheim

Das Gebäude wurde 1969 gegenüber dem Pforzheimer Hauptbahnhof für Mitarbeiter der Bahn errichtet. Im Urzustand besaß es 9 Geschosse mit 16 Wohnungen und einer Gewerbeeinheit im Erdgeschoss. Der gleichmäßigen Lochfassade waren kleine Balkone vorgelagert, was dem damaligen Zeitgeist entsprach. Nach 40 Jahren war das Haus dringend sanierungsbedürftig: Die Fassade war verschmutzt, die Wärmedämmung ungenügend, die Fenster undicht, der Schallschutz fehlte. Zudem waren die Bäder marode und die technische Gebäudeausrüstung nicht mehr zeitgemäß. Dagegen genügen die Wohnungsgrößen mit rund 90 m<sup>2</sup> und die als Zweispänner organisierte Gliederung auch heutigen Ansprüchen.

Im Rahmen der Sanierung wurde 2014 das Haus um eine Etage aufgestockt. Das hat neben der Schaffung von Wohnraum zu einer verbesserten Gebäudeproportion und – weil das neue Geschoss höher ausgebildet ist – zu einem klar definierten oberen Abschluss geführt. Die jetzt hoch gedämmte hinterlüftete Fassade besteht aus sandgestrahlten Betonfertigteilen; die dreifach verglasten Fenster sind Holz-Aluminium-Konstruktionen. Sie wurden nach Aufmaß einzeln angefertigt und eingepasst. Anstelle der alten Balkone gibt es großzügige Loggien auf der Südseite. Das Flachdach erhielt eine 35 cm starke Polystyrolämmung, die Fassade wurde mit 28 cm Mineralwolle gedämmt, die Kellerdecke mit 10 cm Polyurethan-Hartschaumplatten.



Abbildung 93: MFH Pforzheim nach der Sanierung.

## Energiekonzept

Die elektrischen Nachtspeicherheizungen und Warmwasserboiler in den Wohnungen wurden durch eine neue Heizungsanlage ersetzt. Die Heizwärme erzeugen zwei in Kaskade geschaltete Sole/Wasser-Wärmepumpen mit je 12,6 kW Leistung, die über Solar/Luftabsorber mit Wärme versorgt werden. In den Kapillarrohmatten der Absorber zirkuliert ein Wasser-Glykol-Gemisch (Sole). Sie besitzen eine Fläche von 93 m<sup>2</sup> und sind nicht sichtbar in die südliche Betonfertigteilfassade integriert. Vier Heizwasserpufferspeicher mit je 1.000 Litern Fassungsvermögen ergänzen das System. Die Warmwasserbereitung erfolgt über Hybridwohnungskombistationen mit nachgeschalteten Elektrodurchlauferhitzern.

Ein Eisspeicher im Erdreich unter den angrenzenden Parkplätzen dient als saisonaler Zwischenenergiespeicher. Über ihn werden im Sommer die Wohnungen passiv gekühlt (nicht über die Wärmepumpe). Zum Kühlsystem gehört ebenfalls ein 1.000-Liter-Pufferspeicher. Nur in den Wintermonaten, wenn die Fassadenabsorber nicht ausreichend Energie liefern, nutzen die Wärmepumpen den Eisspeicher als zusätzliche Wärmequelle. Die Wärmepumpen nehmen die enthaltene Kristallisationsenergie beim Übergang zu Eis auf und entziehen dem Wasser die Wärme. Der Eisspeicher besitzt ein Volumen von 81 m<sup>3</sup>, sein Durchmesser beträgt 6,50 m, die Höhe 3,00 m. Die Temperierung der Bestandswohnungen erfolgt über Deckenheiz- und -kühlplatten, die als Abhangdecken ausgeführt sind. Die zwei neuen Lofts im Obergeschoss erhielten eine Fußbodenheizung.

## Lüftung

In den Wohnungen sorgen dezentrale Lüftungsanlagen mit 86-prozentiger Wärmerückgewinnung für frische Luft. Die Ab- und Zuluftführung erfolgt nach dem Überstromprinzip; die Leitungen verlaufen in den abgehängten Decken der Flure. Die Wärme aus der Abluft wird auch dem Eisspeicher zur Regeneration zugeführt.

## Stromversorgung

Auf dem Flachdach befinden sich eine Photovoltaik- und eine Kleinwindkraftanlage, die grünen Strom erzeugen. Die Sonnenkraftanlage besitzt eine Modulfläche von 66 m<sup>2</sup> und besteht aus 40 polykristallinen Photovoltaikmodulen. Sie liefert 13,5 kWp Leistung. Dazu kommen 5 kW Strom von der Vertikalwindkraftanlage. Bei Vertikalläufern drehen sich die Rotoren um die eigene Achse, egal aus welcher Richtung der Wind weht. Zudem arbeiten sie geräuschärmer als herkömmliche Windräder, was für die Schallschutzaufgaben des Bauamts entscheidend war.

Durch die erneuerte Technik und die ausschließliche Verwendung regenerativer Energien hat sich der Ausstoß von klimaschädlichem Kohlendioxid von knapp 66 kg/(m<sup>2</sup>a) auf nur noch 6 kg/(m<sup>2</sup>a) sowie der Jahresheizwärmebedarf von knapp 200 kWh/m<sup>2</sup>a auf etwa 14 kWh/m<sup>2</sup>a verringert. Damit erreicht das Gebäude den Standard eines Passivhauses bzw. eines KfW-Effizienzhauses 55.

### 4.6.3 Industrielle Sanierung

Bedingt durch die Notwendigkeit, die Sanierungsrate zu erhöhen, haben sich in den letzten Jahren mehrere Fachinstitute in Deutschland, wie auch in anderen europäischen Ländern, mit seriellen Sanierungsmethoden wie z. B. industrieller Vorfertigung auseinandergesetzt.

In Deutschland wird die Initiative für seriell Sanieren nach dem Energiesprong-Prinzip von der dena koordiniert, unterstützt vom GdW und vollständig finanziert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Gemeinsam mit innovativen Unternehmen der Bau- und Wohnungswirtschaft wird das Energiesprong-Prinzip an den deutschen Markt angepasst und ein erster Absatzmarkt entwickelt.

Energiesprong ist ein neuartiger Sanierungsansatz, der für hohen Wohnkomfort, minimale Sanierungszeiten und ein innovatives Finanzierungsmodell steht. Ziel ist eine Sanierung auf NetZero, also darauf, dass ein Gebäude über ein Jahr so viel Energie erzeugt, wie es verbraucht.

Das Energiesprong-Prinzip setzt dabei auf Sanierungen mit vorgefertigten Elementen und eine modulare Bauweise. So können die Umsetzungszeiten gering gehalten und der Personalaufwand an Fachkräften gesenkt werden – was wiederum die Baukosten minimiert, bei gleichzeitig sehr guter Ausführungsqualität. Nach der Sanierung fallen die bisher von den Mietern gezahlten Energiekosten nicht mehr an, das Geld kann stattdessen in die Refinanzierung des Umbaus fließen. Das nutzt nicht nur den Mietern, die warmmieten-neutral ein modernes und komfortables Zuhause erhalten, sondern auch den Vermietern und Bauunternehmen. Es entsteht ein Markt, der für alle Seiten profitabel ist und hohes Wachstumspotenzial bietet.



Abbildung 94: Prinzip der industriellen Sanierung.

#### 4.6.4 Mögliche Zukunftsszenarien für die Sanierung

Durch dezentrale Energieerzeugung werden Gebäude in der (näheren) Zukunft Teil des gesamten Energiesystems. Erzeugungskonzepte sollten je nach verfügbaren Ressourcen und Siedlungstyp auf Gebäude- oder Quartiersebene umgesetzt werden. Diese im Neubau bekannten Ansätze des Aktivhauses oder Energie-Plus-Hauses werden im immer größeren Maßstab umgesetzt.

Durch die Fähigkeit, Energie speichern zu können, werden Gebäude netzdienlich. Um größere Speichermassen zu aktivieren, sollte auch die Quartiersebene betrachtet werden. Durch Interaktion von Verbräuchen und Netz können Investitionen in Infrastruktur optimiert werden.

Durch eine gezielte Steuerung des Energieverbrauchs im Gebäude kann ein Beitrag zur Stabilisierung des Energiesystems geleistet werden. Neben Wärme/Kälte, Warmwasser und Haushaltsstrom (Beleuchtung, Geräte) sind auch die Energieerzeugung und Speicherung Teil des Steuerungsmanagements.

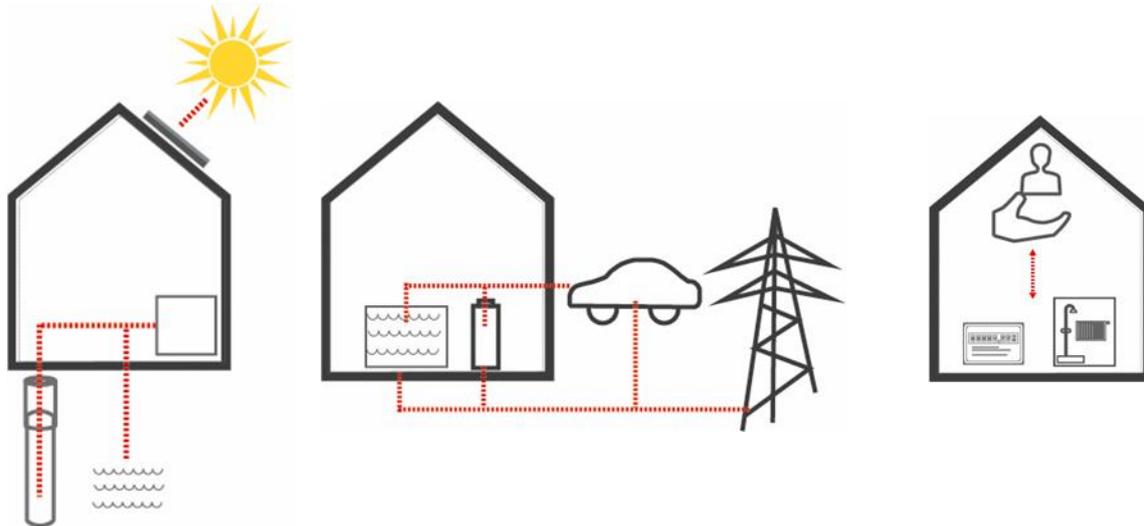


Abbildung 95: Gebäude in der Rolle als Energieerzeuger; Abbildung 96: Gebäude in der Rolle als Energiespeicher; Abbildung 97: Gebäude in der Rolle als Energiemanager.

### Gebäudebeispiel: Aktivstadthaus in Frankfurt am Main



Abbildung 96: Aktivstadthaus, Ansicht.

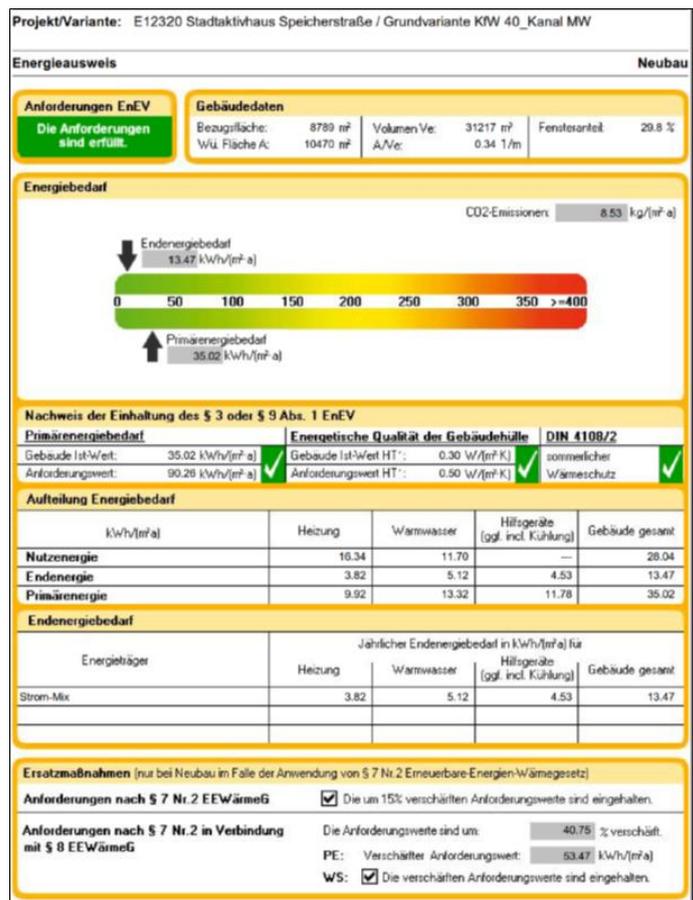


Abbildung 97: Energieausweis vom Aktivstadthaus.

Das Aktivstadthaus schreibt die Evolution der Energiewende in den vergangenen drei Jahrzehnten fort. Die Planer des Gebäudes kombinierten dabei die passive Energieeinsparung auf Basis einer hoch wärmege-  
dämmten Gebäudehülle mit aktiver Energiegewinnung.

Die auf dem Dach und an der Fassade angebrachten Hocheffizienzmodule erzeugen Solarenergie, der er-  
zeugte Strom wird in einer Batterie im Haus gespeichert und kann dadurch auch nachts genutzt werden.  
Dank eines Abwasserwärmetauschers lässt sich zudem die Wärme aus dem Abwasser nutzen, um das Ge-  
bäude zu beheizen. Möglich wird damit über das gesamte Jahr hinweg die Versorgung mit Wärme aus Res-  
sourcen, die bislang ungenutzt blieben.

Das Gebäude erzeugt mehr Energie für Heizung, Warmwasser, Haushalt und Aufzug, als seine Nutzer tatsäch-  
lich verbrauchen. Erst die Mieter machen das Aktivstadthaus zu einer wirklichen Innovation. Denn ein Mehr  
an Energieeffizienz ist nur dann zu schaffen, wenn seine Bewohner die Sparpotenziale konsequent nutzen.  
Über ein neu entwickeltes Touchpaddisplay ist jeder Mieter jederzeit über seinen Energieverbrauch infor-  
miert und kann diesen mit der aktuellen Stromerzeugung vergleichen, sein Konsumverhalten beobachten  
und gegebenenfalls verändern.

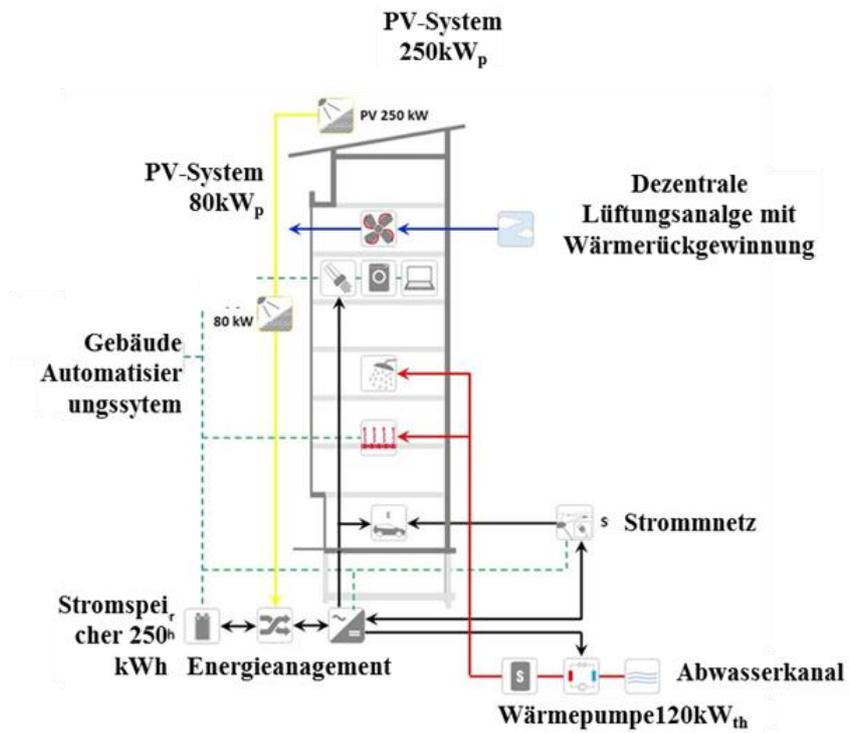


Abbildung 98: Aktivstadthaus. Energiekonzept.

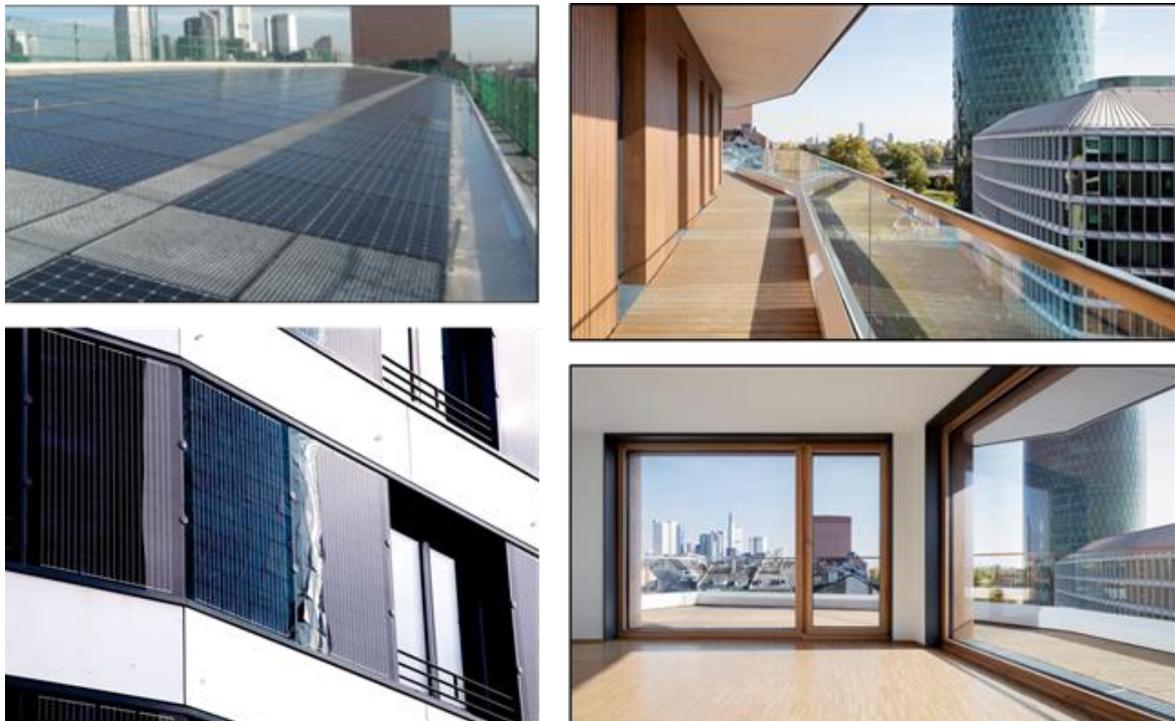


Abbildung 99: Aktivstadthaus. Impressionen.

## 5 Empfehlungen für Russland

### 5.1 Strategische Empfehlungen

Das Minstroy (Ministerium für Bauwesen und Wohnungs- und Kommunalwirtschaft RF) hat die dena gebeten, Vorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden, z. B. mittels energetischer Sanierungen russischer Mehrfamilienhäuser, zu machen.

#### **Günstige Rahmenbedingungen für Investitionen schaffen**

Bei Mehrfamilienhäusern, die in der Regel im Besitz einer großen Eigentümergemeinschaft sind, ist zunächst die Frage nach Gemeinschaftseigentum und Sondereigentum sowie der Organisation der Eigentümergemeinschaft zu klären. Soll beispielsweise die Fassade gedämmt werden, muss geklärt werden, wie mit Balkonen und in Eigenregie eingebauten Verglasungen umzugehen ist. Jedes Haus muss auch durch eine juristische Person vertreten sein, um beispielsweise Kredite aufnehmen und Bauunternehmen beauftragen zu können.

Eine wichtige Entscheidungsgrundlage ist die Bestandssituation. Um hier Transparenz zu schaffen, müssen zumindest Energieausweise/Energieaudits für die Wohngebäude vorhanden sein, die allen Bewohnern in Kopien zugestellt werden können. Es müssen nicht für jedes Wohnhaus umfangreiche Energieberatungen stattfinden, es könnten auch Verbrauchsausweise mit standardisierten Sanierungsempfehlungen für häufig vorkommende Bauserien sein. Liegen Daten zum aktuellen Energieverbrauch oder -bedarf vor, wird deutlich, wie weit der Abstand zu den aktuellen Anforderungen an den Energiebedarf in Gebäuden ist. In der Regel ist diese Anforderung mithilfe von Modernisierungsmaßnahmen erreichbar.

Sind Eigentümer an einer energetischen Sanierung interessiert, brauchen sie unbedingt fachkundige Ansprechpartner vor Ort, die sie zur Vorgehensweise informieren und bei der qualitätvollen Umsetzung begleiten. Eine Sanierung bedeutet immer auch eine Entscheidung über finanzielle Mittel, die meist nur knapp vorhanden sind. Deshalb ist es wichtig, dass die Berater unabhängig und kompetent agieren, um Vertrauen zu schaffen. Nur so wird es gelingen, Eigentümer mit privatem Kapital für umfangreiche Sanierungen zu begeistern.

#### **Technische Rahmenbedingungen dem Stand der Technik anpassen**

Der erste Schritt zur Umsetzung einer energetischen Sanierung ist die Erstellung eines Sanierungskonzeptes. Dabei werden allgemein bekannte Maßnahmen und Pakete individuell an das Haus angepasst und die Energieeinsparung berechnet. Da die Berechnung sehr umfangreich ist, sind hier Excel-Tabellen als Instrument zur Erfassung umständlich und zudem leicht zu manipulieren. Eine komplexe akkreditierte Software ermöglicht detaillierte Berechnungen mit deutlich weniger Aufwand und Fehlern, dafür mit sicheren Ergebnissen und leicht erstellten Varianten. Die Software sollte mindestens folgende Berechnungen beinhalten:

- Energiebedarfsberechnung mit Sanierungsvarianten
- U-Wertberechnung, Wärmebrückenberechnung
- Ausweisausstellung nur über Software
- Idealerweise Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Variantenvergleichen

Die technischen Normen in Russland basieren oft nicht auf den modernsten Technologien. Nicht selten stellt das ein Hindernis für die Einführung der Innovationen oder Anlagen dar, die dem heutigen Stand der Technik

entsprechen. So können beispielsweise keine Pellet- oder Gaskessel in den Kellern der Mehrfamilienhäuser aufgestellt werden. Daher sollten die technischen Normen unbedingt dem Stand der Technik angepasst und die Fachleute entsprechend aus- und weitergebildet werden.

### **Erstellung einer Gebäudetypologie zur Vereinfachung von Sanierungen**

Die europäischen und deutschen Gebäudetypologien sind ein gutes Instrument für die frühen Konzeptionsphasen bei der Sanierung größerer Liegenschaften. Die russischen Mehrfamilienhäuser sind bereits in der Erstellung standardisiert worden und werden oft von größeren Hausverwaltungen verwaltet. Die Typologie hilft dabei, schnell einen Überblick zu Einsparpotenzial und Investitionsvolumen zu bekommen sowie eine Priorisierung der Objekttypen vorzunehmen. Für jeden definierten Gebäudetyp sollten mindestens zwei Sanierungspakete definiert werden. Daraus können später Förderprogramme entwickelt werden. Für weitere und detaillierte Empfehlungen für die Förderung und den Ausbau der Förderprogramme siehe Punkt 5.2.

### **Aus- und Weiterbildung von Experten**

Für Gebäudeeffizienzexperten sollten Schulungen angeboten werden, die überall im Land die gleichen Inhalte haben. Auf einem sehr großen Markt wie Russland besteht die Gefahr, dass in der breiten Praxis schnell Qualitätsunterschiede in der Leistungserbringung entstehen. Ein zentrales Expertentool, beispielsweise eine Institution, kann Bildungs- und Umsetzungsstandards sichern und auch für Qualitätskontrollen sorgen.

Die Qualifikationsanforderungen für Experten sollten umfassen:

- Hochschulabschluss in Architektur, Hochbau, Bauingenieurwesen, TGA, Physik, Bauphysik
- Aktuell ausgeübte Tätigkeit im Bereich energiesparendes Bauen
- Fortbildungsnachweise – ab 100 Stunden Weiterbildung als Einstiegsqualifikation nach zentralen Bildungsstandards, dann 16 Stunden jährlich
- Eingetragener, unabhängiger Experte aus einem zentralen Online-Register; kein Mitarbeiter eines Amtes oder Herstellers

Die Qualifikation ist zu überprüfen, bevor ein Experte seine Zulassung bekommt. Das könnte auch eine Aufgabe der oben genannten Institution sein.

### **Öffentlichkeitsarbeit zur Steigerung des Bewusstseins für Energieeffizienz in Gebäuden**

Die energieeffiziente Sanierung von Gebäuden ist nicht zuletzt eine kommunikative Herausforderung, auch weil am Ende nicht nur finanzielle und politische Anreize, sondern vor allem die Nachfrage und das Interesse der Hausbesitzer und -nutzer entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung sind.

Ein gutes Beispiel für den strategischen Einsatz von Öffentlichkeitsarbeit ist die Sanierungskampagne „Die Hauswende“, die von der dena mit Unterstützung der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft durchgeführt wurde. Das Ziel war es, das Image der energetischen Sanierung aufzuwerten, Vorurteile und Vorbehalte abzubauen und das Vertrauen in die Qualität und den Wert einer energetischen Sanierung mit erneuerbaren Energien zu vergrößern.

Ein wesentlicher Bestandteil der Kampagne war eine kontinuierliche Presse- und Medienarbeit. „Die Hauswende“ konnte eine hohe regionale und überregionale Aufmerksamkeit für das Thema energetische Sanierung erzielen.

Die Website [www.die-hauswende.de](http://www.die-hauswende.de) bot als zentrale Plattform umfangreiche Hintergrund- und Fachinformationen rund um die energetische Modernisierung. Hausbesitzer konnten von dort direkt unabhängige Energieeffizienzexperten in ihrer Nähe finden. Das Informationsangebot wurde durch Veranstaltungen sowie relevante Informationen zu Förderung und Finanzierung vervollständigt.

Im Rahmen der Kampagne „Die Hauswende“ fand zudem der Wettbewerb „Sanierungshelden“ statt, mit dem „Geschichten des Gelingens“ in den Mittelpunkt gestellt wurden. Eine prominent besetzte Jury mit Experten aus Bundesministerien, Fachwelt und Kultur wählte die besten Geschichten aus. Die „Sanierungshelden“-Geschichten wurden online in aufwendigen Multimediareportagen unter [www.sanierungshelden.de](http://www.sanierungshelden.de) erzählt und lösten von vielen Seiten ein sehr positives Echo aus.

Die Kampagne „Die Hauswende“ hat gezeigt, wie die Wärmewende als gesamtgesellschaftliches Projekt erfolgreich gestartet werden kann: durch unabhängige und zielgruppengerechte Informationen rund um das Thema energetische Sanierung sowie durch die Einbeziehung aller beteiligten Branchen, Gewerke und regionalen Akteure. Mit der Kampagne konnte ein durchweg positives Bild von energetischen Sanierungen vermittelt werden.

Im „Sanierungshelden“-Wettbewerb suchte die dena die besten Modernisierungsgeschichten und zeichnete sie aus. Teilnehmen konnten private Hausbesitzer, die ihr Haus komplett saniert oder einzelne Maßnahmen wie eine Heizungsmodernisierung, eine Wärmedämmung oder einen Fenstertausch umgesetzt haben oder erneuerbare Energien nutzen. Die Teilnehmer erzählten, wie sie die energetische Sanierung ihrer eigenen vier Wände erlebt oder warum sich die Umbauten für sie besonders gelohnt haben. Eine prominent besetzte Jury wählte die Gewinner in mehreren Rubriken aus, diese erhielten ihre Auszeichnung im Rahmen einer festlichen Veranstaltung. So rückte der Wettbewerb die Geschichten von Menschen, die die Energiewende durch eine energetische Sanierung ihres Hauses voranbringen, ins Rampenlicht und regte andere Hausbesitzer zum Nachahmen an.



Abbildung 100: Logo des dena-Wettbewerbs „Sanierungshelden“. Hier wurden gelungene Sanierungsvorhaben gesucht und ausgezeichnet.

Der Bildband „Energieeffizienz trifft Architektur“ zeigt, wie Wohnhäuser hocheffizient saniert und gleichzeitig architektonisch aufgewertet werden können. Großformatige Fotos werden ergänzt durch Faktenseiten mit energetischen Kennwerten, Sanierungsmaßnahmen und eingesparter Primärenergie. So zeigt die Broschüre auf anschauliche und informative Weise, dass Energieeffizienz sich nicht nur wirtschaftlich lohnt, sondern auch Hand in Hand mit architektonischem Anspruch geht – ob beim typischen Einfamilienhaus, bei der

1920er-Jahre-Villa oder dem denkmalgeschützten Fachwerkhaus, bei Gründerzeithäusern, Wohnblöcken der 1950er- oder Plattenbauten der 1970er-Jahre.

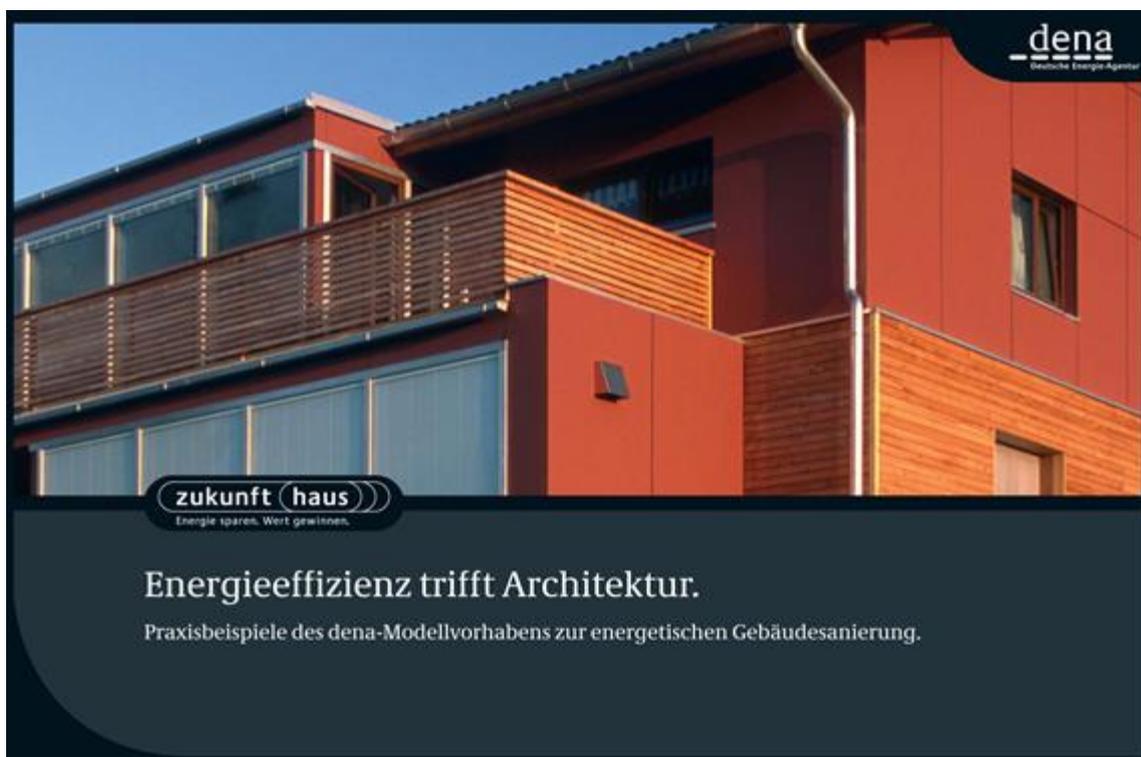


Abbildung 101: Titelseite der dena-Broschüre „Energieeffizienz trifft Architektur“. Hier werden gute architektonische Lösungen in Kombination mit Effizienzsteigerung gezeigt.

## 5.2 Empfehlungen für die finanzielle Förderung

### Möglicher Ausbau der vorhandenen Förderprogramme in Russland

Das existierende Förderprogramm, das Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz explizit einschließt und über den „Fonds zur Reformierung der Wohn- und Kommunalwirtschaft“ finanziert wird, bietet aus Sicht der dena zahlreiche gute Ansatzpunkte und könnte durch gezielte Weiterentwicklungen noch effektiver werden:

**Laufzeit:** Die Erfahrung in Deutschland zeigt, dass Förderprogramme Zeit brauchen, um einen hinreichenden Bekanntheitsgrad zu erreichen. Auch für Antragsteller ist die mittelfristige Planung wichtig. Vor diesem Hintergrund ist die Verlängerung des Programms bis 2019 zu begrüßen, empfehlenswert wäre eine noch langfristige und verlässlichere Konzeption.

**Beschränkung auf Gemeinschaftseigentum:** Die energetische Sanierung von Häusern ist dann besonders wirkungsvoll, wenn sie mehrere aufeinander abgestimmte Maßnahmen enthält. Dies gestaltet sich aufgrund der Eigentümer- und Entscheidungsstrukturen in russischen Mehrfamilienhäusern in der Praxis als schwierig. Zu überlegen wäre deshalb in einem ersten Schritt, ob Maßnahmen, die im Zuge eines geförderten Projekts von einzelnen Eigentümern durchgeführt werden (insbesondere der Austausch der Fenster in den Wohnungen), in die Förderung einbezogen werden können. Mittelfristig sollte ein Mechanismus für die Verbindung von energetischen Maßnahmen am Gemeinschafts- und Privateigentum angedacht werden.

**Berechnung der Einsparungen:** Die Grundlage für das Förderprogramm bildet die finanzielle Ersparnis auf der Basis des Energieverbrauchs vor und nach den Modernisierungsarbeiten (bei der Heizenergie klimabereitigt). Der faktische Energieverbrauch hängt in hohem Maße vom Nutzerverhalten ab und ist daher als Bemessungsgröße für die Verbesserung der energetischen Qualität des Gebäudes nur bedingt geeignet. Sinnvolle Alternativen stellen Berechnungen gemäß Energiebedarf dar, beispielsweise auf der Grundlage der erreichten Energieeffizienzklasse, belegt durch einen Energieausweis.

**Berechnung und Höhe der Förderung:** In Anlehnung an den obigen Kommentar könnte die Förderung so berechnet werden, dass ihre Höhe nicht von den finanziellen Ersparnissen abhängig gemacht wird, sondern als pauschale Summe oder prozentualer Anteil der Investitionssumme – von der erreichten Verbesserung im Energiebedarf (beispielsweise: Verbesserung um eine bestimmte Anzahl von Effizienzklassen). Die Orientierung der Förderung an der veranschlagten Investitionssumme würde für Bauherren auch die Planungssicherheit erhöhen. Welcher konkrete Förderumfang tatsächlich einen Anreiz für Bauherren darstellt, könnte im Rahmen eines Feldversuchs ermittelt werden.

**Öffentlichkeitsarbeit:** Die bisher zurückhaltende Beteiligung legt nahe, dass das Programm bei potenziellen Antragstellern nur unzureichend bekannt ist; als Multiplikatoren fungieren nach gegenwärtigen Erkenntnissen vorrangig regionale Verwaltungen und Bauträger. Sofern dies noch nicht erfolgt ist, könnte in einem ersten Schritt darüber nachgedacht werden, die Multiplikatoren noch stärker in die Bekanntmachung des Programms einzubeziehen – beispielsweise durch die Teilnahme an regionalen Veranstaltungen, zu denen Vertreter der Administration und Bauträger eingeladen werden. Als Multiplikatoren bieten sich auch Banken an, die entsprechende Baukredite vergeben.

**Qualitätssicherung:** Aus den Unterlagen ist nicht vollständig ersichtlich, in welcher Art die Qualitätssicherung der Maßnahmen erfolgt. Hier sollte in jedem Fall sichergestellt sein, dass staatlich geförderte Maßnahmen hohen qualitativen Standards genügen. So sollten Maßnahmen nach der Fertigstellung durch fachkundiges Personal bestätigt und stichprobenartig auch die Erfüllung der erreichten Einsparungen überprüft werden.

Etliche der vorgeschlagenen Änderungen erfordern zur Konkretisierung und Auswahl der optimalen technischen und organisatorischen Lösungen eine breite Datengrundlage. In Deutschland haben sich dafür Feldversuche und Modellvorhaben ausdrücklich bewährt, in deren Rahmen (in einer Modellregion oder mit einer überschaubaren Zahl an Teilnehmern) verschiedene technische Lösungen und Förderstandards erprobt und wissenschaftlich begleitet und ausgewertet wurden.

### 5.3 Beispiele für Paketlösungen

#### Welche technischen Komponenten werden modernisiert?

Als optimierte ausgewogene Lösung hat sich eine umfassende Gebäudesanierung bewährt. Es bietet sich an, energetische Sanierungsmaßnahmen in einem Zug mit baulichen Maßnahmen umzusetzen, die ohnehin anstehen (z. B. Instandsetzung, statische Sicherheit, Austausch abgenutzter Komponenten). Dazu können auch weitere Maßnahmen kommen, die einer Verbesserung der Wohnqualität dienen, wie beispielsweise eine Neugestaltung der Eingangsbereiche, Küchen und Bäder. Die energetischen Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle sind: Dämmung der Außenwand, oberer und unterer Abschluss (Dach und Kellerdecke) der thermischen Hülle, Austausch von Fenstern und Außentüren. Die für den Energiebedarf relevante Gebäudetechnik umfasst Komponenten der Wärmeversorgung bzw. die Hausanschlussstation, Heizungsverteilung

und -regelung sowie Lüftungsanlage. Auch Lösungen für die Warmwasserversorgung können in der Regel optimiert werden.

Bei jedem Wohngebäude ist daher eine Einzelfallentscheidung dazu nötig, welche Maßnahmen durchgeführt werden sollen. Wie diese Maßnahmen genau umzusetzen sind, wird im Energiekonzept und in der technischen Fachplanung festgelegt.

### Beschreibung von drei Szenarien allgemein

Die Maßnahmen der energetischen Sanierung lassen sich gut in drei verschiedene Pakete aufteilen. Diese unterscheiden sich in Sanierungszielen, die entsprechend mit unterschiedlichen Investitionen und technischen Lösungen erreicht werden können.

Name	Zweck	Maßnahmen	Ergebnis
Geringinvestive Maßnahmen	Absolute Schwachstellen behandeln, Budget schonen	Einzelmaßnahmen, z. B. Dämmung oberste Geschossdecke, Fenstertausch, ITP, Thermostate, Abluftanlage	Senkung des Energiebedarfes um 20–30 %
Optimal	Energetische Optimierung im Rahmen der Gebäudemodernisierung	Umfassende Sanierung aller relevanten Komponenten, technisch nah am Neubau, wirtschaftlich optimiert. Eventuell Einsatz erneuerbarer Energien.	Senkung des Energiebedarfes um 40–75 %, Komfortsteigerung
Best	Modernisierung des Gebäudes auf das technisch bestmögliche Niveau	Umfassende Sanierung aller relevanten Komponenten, Einsatz von Technologien mit erneuerbaren Energien. Technisch die bestmachbare Lösung, wirtschaftlich oft nur in Kombination mit Förderung.	Senkung des Energiebedarfes um 60–90 %, Komfortsteigerung, besseres Image, deutliche Wertsteigerung

Tabelle 15: Beschreibung Sanierungsszenarien.

### Beispiel für die Umsetzung der Szenarien an einem Wohngebäude der Typenserie 515/9

Als Rechenbeispiel wurde ein Haus in Plattenbauweise, Serie 515/9, in einem Klima mit Gradtagzahl von ca. 3.100 (Südrussland) ausgesucht, da es dem deutschen Klima ähnlich ist.



Abbildung 102: Hausansicht 1.



Abbildung 103: Hausansicht 2.



Abbildung 104: Dach.

- Baujahr – 1970er- bis 1980er-Jahre, Bauserie 515/9, 9 Stockwerke, 4 Treppenhäuser
- 108 WE, Raumvolumen: 17.000 m<sup>3</sup>, Heizfläche: ca. 7.000 m<sup>2</sup>
- Keller, Wände – Betonfertigteile: 400 mm, Loggien und Balkone, Flickendämmung, Einbauten, Flachdach mit Drenpel
- Fernwärme/7 % individuelle Heizung, Wärmepumpe, Wetterautomation, Hauserfassung, Ein-Rohr-System, Endenergieverbrauch: 260 kWh/m<sup>2</sup>, zentrale Warmwasserversorgung, alternativ Elektrospeicher und Durchlauferhitzer



Abbildung 105: Heizungskomponente – ungedämmt.



Abbildung 106: Rohre im Keller – funktionsuntüchtige Rohrdämmung.



Abbildung 107: Im Drenpel – Dämmung fehlt, vermüllt.

Die technischen Eigenschaften der Komponenten sowie Lösungen für Sanierungspaket „Optimal“ – Sanierung auf das mittlere wirtschaftliche Effizienzniveau (in etwa entsprechend der Darstellung in der Broschüre „Energieeffizientes Bauen in Deutschland und Russland. Vergleich der rechtlichen, normativen und förder-technischen Rahmenbedingungen und Empfehlungen zur Harmonisierung“, dena 2017) und Sanierungspaket „Best“ sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Variante	Ist-Zustand	Optimal	Best
Quelle der Werte		Empfehlung dena	Deutschland EnEV 2014 Neubau
Außenwände [W/m <sup>2</sup> · K]	U = 0,60	MW 100 mm U = 0,32	EPS 150 mm U = 0,22
Oberste Geschossdecke* [W/m <sup>2</sup> · K]	U = 0,30	MW 150 mm U = 0,22	MW 200 mm U = 0,17
Fenster * [W/m <sup>2</sup> · K]	U <sub>w</sub> = 1,9 / 2,7	U <sub>w</sub> = 1,9 / 1,3	U <sub>w</sub> = 1,3
Kellerdecke [W/m <sup>2</sup> · K]	U = 0,60	MW 100 mm U = 0,321	MW 150 mm U = 0,220
Alle Außentüren [W/m <sup>2</sup> · K]	U = 4,00	Alu U = 1,8	Alu U = 1,6
H' <sub>τ</sub> [W/m <sup>2</sup> · K]	0,808	0,568	0,442
E <sub>max</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a] Nutzenergie Heizung	73	52	17
Endenergie Heizung [kWh/m <sup>2</sup> a]	113	83	38
Heizung	Ein-Rohr-Heizung Fernwärme	Zwei-Rohr-Heizung Fernwärme ITP*	Zwei-Rohr-Heizung Fernwärme ITP
Lüftung	Natürliche Abluft	Zentrale Abluftanlage*	Zentrale Zu- und Abluft- anlage mit Wärmerück- gewinnung
Warmwasser	dezentral	dezentral	dezentral
Einsatz erneuerbare Energien	keine	keine	keine

Tabelle 16: Übersicht der Maßnahmenpakete für die Sanierung der Serie 515/9, Vorschlag.\* – Geringinvestive Einzelmaßnahmen (Variante 1).

Als Einzelmaßnahmen können die Maßnahmen des Paketes „Optimal“ schrittweise umgesetzt werden. Dabei ist auf eine sinnvolle Reihenfolge zu achten.

Das Beispiel zeigt, dass der Energiebedarf um bis zu 55 % an diesem Serientyp in diesem Klima gesenkt werden kann. Die Wirtschaftlichkeit lässt sich schwer beurteilen, denn hier müssen die lokalen Bau- und Energiekosten berücksichtigt werden. In dem Beispielsfall betragen die Energiekosten 0,74 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche. Im Sanierungsfall würden diese auf 0,40 Euro/m<sup>2</sup> bzw. 0,24 Euro/m<sup>2</sup> entsprechend den beiden Varianten sinken. Dazu sind Investitionen von bis zu 70 Euro/m<sup>2</sup> in die energetisch nicht relevanten allgemeinen Sanierungs-

maßnahmen (abhängig vom Ist-Zustand) und 100 bzw. 200 Euro/m<sup>2</sup> in die energetischen Maßnahmen erforderlich. Nicht bekannt, aber zu berücksichtigen sind bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung die Kosten für die laufenden Reparaturen, die im Sanierungsfall anfallen würden. Dabei bleibt es auch im Paket „Best“ bei dem Fernwärmeanschluss und der dezentralen Warmwasserversorgung, was den Einsatz von erneuerbaren Energien – wie beispielsweise Solarthermie – erschwert.

Wir empfehlen, die in Russland vorhandenen Serien detaillierter zu untersuchen: 515/9, 480, 464, 87 und 94. Dabei sollten die Sanierungsziele zunächst gemeinsam mit russischen Experten abgestimmt und festgelegt werden. Dazu sind zumindest folgende Inhalte notwendig:

- Sanierungsziel: Welcher energetische Standard soll erreicht werden?
- Klimadaten
- Bestandspläne
- Angaben zum aktuellen Energieverbrauch und zu den aktuellen Energiekosten
- Baukosten

## 5.4 Empfehlungen zum Umsetzungsprozess

### **Haftung der Planer und Energieprüfer für die Richtigkeit bei der Bestimmung von Energieeffizienzklassen**

Es ist ratsam, dass die Planer und Energieprüfer (einschließlich Energieprüfern der staatlichen Bauaufsicht und der staatlichen Wohnungsinspektion) für die Erteilung der Energieeffizienzklasse des Gebäudes haften, um die Qualität der Dokumente zu erhöhen. Und Analoges sollte gelten für Bauausführende in Bezug auf die Anwendung von Materialien und Konstruktionen sowie im Fall von Montagearbeiten, die den Planungswerten nicht entsprechen oder durch die infolge mangelhafter Ausführung die Gesamtkennzahlen nicht eingehalten werden können.

### **Obligatorische Maßnahmen**

Neben bereits bestehenden obligatorischen Maßnahmen sollten weitere eingeführt werden:

- Dämmung oder Austausch der Dämmung des Dachs bzw. der obersten Geschossdecke sollten als obligatorische und vorrangige Maßnahmen in die grundlegenden Instandsetzungsmaßnahmen aufgenommen werden. Der Wärmedurchgangswiderstand der renovierten Konstruktion sollte nach Empfehlungen der dena den Anforderungen von SP 50.13330  $R = 3,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  entsprechen.
- Hydraulischer Abgleich des Heizungssystems inklusive Einbau der relevanten Steuerungseinrichtungen wie Ventilen, Klappen und Reglern.

### **Prozesssteuerung**

Neben den technischen Fragen sind weitere Aspekte der Qualitätssicherung auf dem Sanierungsmarkt zu beachten. Vordefinierte Maßnahmen für die energetische Sanierung sind eine gute Grundlage für die Konzeptplanung bei der Sanierung größerer Bestände oder bei der Entwicklung von Förderprogrammen. Die Umsetzung der energetischen Sanierung einzelner Mehrfamilienhäuser muss genauer geplant und vorbereitet werden. Bei den einzelnen Bauvorhaben sollten die Maßnahmen oder Maßnahmenpakete individuell angepasst werden, das betrifft beispielsweise Material und Stärke der Dämmung, die Auslegung der Komponenten der

Heizungsanlage oder die Integration der erneuerbaren Energien. Denn auch bei den Typenserien gibt es unterschiedliche Ausführungen und jedes Gebäude hat nach der Fertigstellung seine eigene Geschichte und seinen Zustand. Es ist eine individuelle Entscheidung, auf welchen Standard saniert werden soll.

Experten sollten daher für jedes Mehrfamilienhaus individuelle Sanierungskonzepte und Sanierungsfahrpläne erstellen. In einem Konzept werden die entscheidenden Weichen für die spätere energetische Qualität des ganzen Gebäudes gestellt. Der ganzheitliche Systemansatz sollte in der weiteren Planung unter Einbindung von Fachplanern, Nutzern und Entscheidern verfolgt werden. Bei den Entscheidungen sollten perspektivisch auch alle Phasen des Lebenszyklus des Gebäudes berücksichtigt werden. Die Lösungen sollten möglichst nachhaltig und wartungsarm sein.

Bei fremdfinanzierten Maßnahmen gilt es sicherzustellen, dass diese gemäß den Anträgen umgesetzt werden. In Deutschland sind die Gebäudeeffizienzexperten dafür zuständig und werden stichprobenweise von der dena kontrolliert. Solch ein Mechanismus wäre auch in Russland für die Förderprogramme wünschenswert.

Grundsätzlich sollte ein Gebäudeeffizienzexperte die Planung und Bauausführung überwachen. Gerade bei der Bestandssanierung ist die Ausführung schwierig und Mängel können zu erheblichen Schäden führen. In Fällen grober Ausführungsfehler müsste unter Umständen die Förderung auch zurückbezahlt werden.

Nach der Fertigstellung trägt das Verhalten der Bewohner maßgeblich dazu bei, dass der errechnete Energiebedarf eingehalten werden kann. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Gebäudeeffizienzexperten entsprechende Verhaltenshinweise geben und Aufklärungsarbeit leisten.

Diese Aspekte betreffen verschiedene Marktakteure, Fachleute und Institutionen auf mehreren Ebenen. So spezialisiert sich beispielsweise Nostroy als Nichtregierungsorganisation und Fachverband der Baubranche ausschließlich auf die Bauausführung und nicht auf das anschließende Monitoring. Ein Monitoring des Energieverbrauchs auch nach der Sanierung wird am ehesten von den Hausverwaltungen übernommen. Die Planerverbände achten ebenso auf eine klare Abgrenzung. Der dena ist nicht bekannt, wie die Hausverwaltungen, außerhalb betreuter Pilotprojekte, die notwendige Qualifikation erwerben, um Monitoringergebnisse fachgerecht auszuwerten und Handlungsempfehlungen daraus abzuleiten. Daher empfiehlt die dena, in Russland einen zentralen Ansprechpartner und Qualitätssicherer zu etablieren, beispielsweise in Form eines Kompetenzzentrums mit den folgenden Aufgaben:

- Fachkräfte stärken und durch Vorgaben von Qualifikation und Weiterbildung effizientere Arbeit und neue Berufsperspektiven ermöglichen
- Qualität verbessern, Bauschäden und unnötige Folgekosten vermeiden
- Mehr Umsetzung schaffen, dadurch mehr Masse und mehr Einspareffekte
- Durch gute Information der Akteure Potenzialausschöpfung verbessern
- Innovation und Forschung in die Breite bringen
- Regionen einbinden und so für koordinierte Umsetzung sorgen

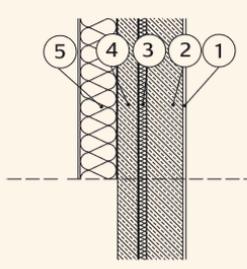
Die wichtigsten Tätigkeiten eines solchen Kompetenzzentrums könnten beispielsweise sein: Schulungen für alle Beteiligten, Erstellung Bilanzierungssoftware mit den oben beschriebenen Funktionalitäten, Konzeption und Qualitätssicherung der Förderprogramme im Auftrag bzw. im Sinne der russischen Regierung oder der Ministerien.

## Abbildungsverzeichnis

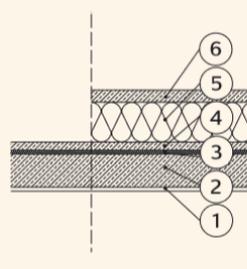
Abbildung 1:	Sanierungsbedarf der 273.000 Plattenwohnungen in Berlin. Quelle: „Plattenbausanierung“, H. Kalleja, D. Fläming. ....	15
Abbildung 2:	Produktion von Wandblöcken der Serie Q3A um 1957. Quelle: BBP. ....	19
Abbildung 3:	Q3A-Gebäude im Ist-Zustand; nachträglich gedämmter Giebel. Quelle: BBP.....	19
Abbildung 4:	Denkmalgerechte Sanierung eines QP 64 in Berlin-Mitte. Quelle: BBP. ....	20
Abbildung 5:	Viertelkreisförmiges Haus der Serie P2, 11-geschossig. Quelle: BBP.....	21
Abbildung 6:	Erstes errichtetes WBS-70-Gebäude in Neubrandenburg. Quelle: BBP. ....	22
Abbildung 7:	21- und 18-geschossiges Hochhaus; Serie WHH GT. Quelle: BBP.....	22
Abbildung 8:	Wohnhochhaus in Skelettbauweise, Serie WHH SK. Quelle: BBP. ....	23
Abbildung 9:	Geschädigter, konstruktiver Leichtbeton. Quelle: BBP. ....	24
Abbildung 10:	Netzartige Rissbildung in einer Loggiaseitenwand; Serie WBS 70-11 infolge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Quelle: BBP.....	25
Abbildung 11:	Untersuchung zur Carbonatisierungstiefe x und Betondeckung c an WBS-70- Wetterschalen. Quelle: BBP.....	26
Abbildung 12:	Geschädigte Auflagerkonsole einer Balkonplatte; Serie Q3A. Quelle: BBP. ...	27
Abbildung 13:	Typisches Rissbild in den Wetterschalen der WBS 70. Quelle: BBP. ....	27
Abbildung 14:	Stark korrodiertes Auflager einer Loggiadecke; Serie P2-11. Quelle: BBP. ....	28
Abbildung 15:	Stark gerissene Keramikbekleidung; Serie QP. Quelle: BBP. ....	28
Abbildung 16:	Versprödeter und gerissener Fugenkitt; Serie QP. Quelle: BBP.....	29
Abbildung 17:	Schema der offenen Fuge bei der WBS 70. Quelle: BBP. ....	29
Abbildung 18:	Fernwärmeübergabestation mit zwei Röhrenwärmetauschern für die Trinkwarmwasserbereitung. Quelle: BBP.....	30
Abbildung 19:	Wärmebrücken am Giebel der Serie WBS 70; Thermografie. Quelle: BBP. ....	31
Abbildung 20:	Schematische Darstellung eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS). Quelle: BBP. ....	34
Abbildung 21:	Schematische Darstellung „Vorgehängte hinterlüftete Fassade“ (VHF). Quelle: BBP. ....	35
Abbildung 22:	Mischfassade aus WDVS und VHF; Wohnhochhaus der Serie WHH GT. Quelle: BBP.....	36
Abbildung 23:	Erneuerte Loggien in Stahlbetonausführung. Quelle: BBP. ....	37
Abbildung 24:	Aufzug nachträglich vor dem Treppenraum angeordnet. Quelle: BBP.....	38

Abbildung 25:	Nachträgliche Einbringung einer Aussparung für den Aufzug im Gebäude. Quelle: BBP. ....	38
Abbildung 26:	Modernisierte Hausanschlussstation; Fernwärmeversorgung. Quelle: BBP. .	40
Abbildung 27:	Strangschema Ein-Rohr-Heizung mit hydraulischem Abgleich. Quelle: BBP. 40	
Abbildung 28:	Schema einer Wohnungsstation zur Warmwasserbereitung. Quelle: BBP. ....	41
Abbildung 29:	Modernisierte Badlösung. Quelle: BBP. ....	42
Abbildung 30:	Wärmetauscher im Einbauzustand eines Sanitärschachtes. Quelle: BBP. ....	43
Abbildung 31:	Gebäude mit Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung (rot) und nur Abluft (gelb). Quelle: BBP. ....	43
Abbildung 32:	Wirksamkeit der Wärmerückgewinnung anhand der spezifischen Heizwärmeverbräuche. Quelle: BBP. ....	44
Abbildung 33:	Am Anfang der Sanierung stand die Farbe; sanierte Serie QP 71. Quelle: BBP. ....	46
Abbildung 34:	Das größte Keramik-Kunstobjekt Europas am Giebel eines QP 71. Quelle: BBP. ....	46
Abbildung 35:	Fassadenmalerei an einem Wohnhochhaus WHH GT. Quelle: BBP. ....	47
Abbildung 36:	Sanierungsobjekt WBS 70, 11-geschossig. Quelle: BBP. ....	47
Abbildung 37:	Algenbildung auf Wärmedämmverbundsystemen. Quelle: BBP. ....	48
Abbildung 38:	Die Anordnung der Dübel zeichnet sich auf einer Fassade ab. Quelle: BBP. ..	49
Abbildung 39:	Versenkbarer und wärmedämmter Dübel. Quelle: BBP. ....	49
Abbildung 40:	Extreme Putzschäden bei einer überdämmten Bewegungsfuge. Quelle: BBP. ....	50
Abbildung 41:	Ausbildung einer Bewegungsfuge im WDVS. Quelle: BBP. ....	51
Abbildung 42:	Spezifische Jahresverbräuche von 28 Einzelhäusern; rot = unsaniert; blau = teilsaniert; grün = vollsaniert. Quelle: BBP. ....	52
Abbildung 43:	Moderne und effiziente Hausanschlussstation für Fernwärme. Quelle: BBP. 53	
Abbildung 44:	Gegenüberstellung der Verbräuche von 25 Gebäuden vor und nach der Optimierung der Betriebsführung. Quelle: BBP. ....	53
Abbildung 45:	Gegenüberstellung der Verbräuche von 27 Häusern im Rahmen der Optimierung über einen Zeitraum von fünf Jahren. Quelle: BBP. ....	54
Abbildung 46:	Schema des Heizverlaufes bei einer Nachtabsenkung. Quelle: BBP. ....	55
Abbildung 47:	11-geschossiges WBS-70-Gebäude im Ist-Zustand. Quelle: BBP. ....	56
Abbildung 48:	11-geschossiges WBS-70-Gebäude nach abgeschlossener erster Sanierung, u. a. erfolgte eine Loggiaerneuerung und ein Fensteraustausch. Quelle: BBP. ....	56

- Abbildung 49: Gebäudelängsseite mit Farbanstrich und Sanierung der Fugen mittels Fugenbändern; Überdachung des Hintereinganges. Quelle: BBP. .... 57
- Abbildung 50: Zweite Sanierungsphase, Planungsstand. Quelle: BBP. .... 58
- Abbildung 51: Abschluss der zweiten Sanierungsphase. Quelle: BBP. .... 59
- Abbildung 52: Übersicht der gesetzlichen Rahmen (rot umkreist ist 2002 bis 2014). .... 60
- Abbildung 53: Entwicklung der energetischen Anforderungen und baulicher Praxis. Quelle: Fraunhofer IBP. .... 61
- Abbildung 54: Verbraucherpreise für Heizenergie nach Energieträger. Quelle: dena Gebäudereport kompakt 2018. .... 63
- Abbildung 55: Geschichte Energiepass. .... 64
- Abbildung 56: Gebäudeenergieausweis. .... 64
- Abbildung 57: Schritt für Schritt zum sanierten Haus: Beispiel eines individuellen Sanierungsfahrplans. .... 66

Beton sandwich-Konstruktion 1960 – 1985	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Innenputz 1,5 cm	0,00 €	12,00 €	0,00 €	12,00 €
	2 Betonschale 15 – 20 cm				
	3 Dämmung 4 (-6 cm)				
	4 Betonvorsatzschale 6 cm	15,00 €	60,00 €	5,00 €	30,00 €
	5 WDVS 16 cm			54,00 €	74,00 €
	Gerüst	4,00 €	6,00 €	4,20 €	6,60 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>	<b>19,00 €</b>	<b>78,00 €</b>	<b>64,20 €</b>	<b>122,60 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	14 cm	17 cm	20 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	0,67	0,22	0,18	0,15
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> K <sub>F</sub>		40,80 €	44,40 €	48,00 €
	Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	56,28	18,48	15,12	12,60
	Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,027 €	0,027 €	0,027 €

67

Dachboden, Stahlbeton 1960 – 1972	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Innenputz				
	2 Stahlbetondecke 16 cm				
	3 Dämmung/Bestand 2 cm				
	4 Estrich/Bestand 4 cm				
	5 Dämmung 25 cm			15,00 €	20,00 €
	6 Estrich/Platten			15,00 €	25,00 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>			<b>30,00 €</b>	<b>45,00 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	20 cm	25 cm	30 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	1,26	0,22	0,17	0,14
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> K <sub>F</sub>		34,00 €	37,50 €	44,50 €
Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	105,8	18,5	14,3	11,8	
Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,010 €	0,010 €	0,012 €	

67

Stahlbetondecken 1960 – 1972	Kostenvergleich pro m <sup>2</sup> Konstruktionsfläche	Instandsetzung		Standard EnEV minus 30 %	
		niedrig	hoch	niedrig	hoch
	1 Oberboden	20,00 €	90,00 €	20,00 €	90,00 €
	2 Estrich				
	3 Dämmung 2 cm				
	4 Stahlbetondecke 18 cm				
	5 Dämmung 16 cm			14,00 €	22,00 €
	6 Oberfläche/Spachtelung	5,00 €	15,00 €	15,00 €	30,00 €
	<b>Summe (ohne MwSt.)</b>	<b>25,00 €</b>	<b>105,00 €</b>	<b>49,00 €</b>	<b>142,00 €</b>
	Dämm-Varianten	Bestand	12 cm	6 cm	20 cm
	U-Wert, W/(m <sup>2</sup> K)	1,15	0,26	0,21	0,17
	Mehrinvestition, €/m <sup>2</sup> Kf		26,90 €	30,50 €	34,10 €
	Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> a)	96,6	21,8	17,6	14,3
	Wirtschaftlichkeit, €/kWh eingespart		0,009 €	0,010 €	0,010 €

68

Abbildung 58: Übersicht der Gebäudekomponenten, die bei der umfassenden energetischen Sanierung behandelt werden. .... 69

Abbildung 59: Sanierungspaket 1: Kostengünstige Maßnahmen. .... 74

Abbildung 60: Sanierungspaket 2: Effiziente Heiztechnik und Solar. .... 75

Abbildung 61: Sanierungspaket 3: Dämmung der Gebäudehülle. .... 76

Abbildung 62: Rundum-Sanierung auf Neubauniveau..... 77

Abbildung 63: Komplettsanierung zum Effizienzhaus..... 78

Abbildung 64: Entwicklung des spezifischen Endenergieverbrauchs in privaten Haushalten 1990–2013, klimabereinigt..... 79

Abbildung 65: Funktionsprinzip Energiespar-Contracting. Quelle: dena-Leitfaden ESC 2018. .... 80

Abbildung 66: Kostenverlauf Energiespar-Contracting. Quelle: dena-Leitfaden ESC 2018. . 80

Abbildung 67: Funktionsprinzip Energieliefer-Contracting. Quelle: dena 2011. .... 81

Abbildung 68: Gebäude in Reinickendorf. Quelle: www.energiecontracting.de..... 82

Abbildung 69: Mehrfamilienhaus in Leipzig vor der Sanierung 2003. .... 83

Abbildung 70: Mehrfamilienhaus in Karlsruhe vor der Sanierung 2005..... 84

Abbildung 71: Plattenbau P2/11 vor der Sanierung. .... 84

Abbildung 72: Plattenbau P2/11 nach der Sanierung. .... 85

Abbildung 73: Mehrfamilienhaus in Berlin, 2006 das größte Niedrigenergiehaus. .... 86

Abbildung 74: Entwicklungsphasen der Modellvorhaben..... 87

Abbildung 75: Ordnungsrecht: Überblick. Quelle: dena-Gebäudereport 2016. .... 88

Abbildung 76: Entwicklung des energiesparenden Bauens. Quelle: Fraunhofer IBP, Erhorn..... 89

Abbildung 77: Transmissionswärmeverlust  $HT'$ . Quelle: dena 2016. .... 90

Abbildung 78: Effizienzskala neu..... 92

Abbildung 79:	Wärmebedarf in Gebäuden.....	94
Abbildung 80:	Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch. ....	95
Abbildung 81:	Verteilung Endenergiebedarf. ....	95
Abbildung 82:	Sanierungsrate nach Bauteil. ....	96
Abbildung 83:	Produzierte Fenster nach Verglasungsart. ....	97
Abbildung 84:	Sanierung und Neubau: Zusagen KfW-Förderung nach Effizienzklasse. ....	97
Abbildung 85:	Zusagen KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen in der Sanierung. ....	98
Abbildung 86:	Auszug Haustypenmatrix: Baualters- und Größenklassen. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. ....	100
Abbildung 87:	Auszug Subtypen nach energetischen Merkmalen. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. ....	101
Abbildung 88:	Auszug Tabelle Typisierung von Wärmeschutzmaßnahmen. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. ....	101
Abbildung 89:	Kennwerte des Endenergiebedarfs vor und nach Modernisierung. Beispiel Gaszentralheizung mittlerer Effizienz. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. ....	102
Abbildung 90:	Gebäudedatenblatt und Modernisierungspakete. Quelle: Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. ....	103
Abbildung 91:	Das Haus Binzengrün nach der Sanierung. ....	104
Abbildung 92:	In der Lüftungszentrale: Anlage mit Wärmerückgewinnung. Haus Binzengrün, Freiburg. ....	104
Abbildung 93:	MFH Pforzheim nach der Sanierung. ....	105
Abbildung 94:	Prinzip der industriellen Sanierung. ....	107
Abbildung 95:	Gebäude in der Rolle als Energieerzeuger; Abbildung 96: Gebäude in der Rolle als Energiespeicher; Abbildung 97: Gebäude in der Rolle als Energiemanager. ....	108
Abbildung 96:	Aktivstadthaus, Ansicht. ....	108
Abbildung 97:	Energieausweis vom Aktivstadthaus. ....	109

Abbildung 98:	Aktivstadthaus. Energiekonzept.....	110
Abbildung 99:	Aktivstadthaus. Impressionen. ....	110
Abbildung 100:	Logo des dena-Wettbewerbs „Sanierungshelden“. Hier wurden gelungene Sanierungsvorhaben gesucht und ausgezeichnet. ....	113
Abbildung 101:	Titelseite der dena-Broschüre „Energieeffizienz trifft Architektur“. Hier werden gute architektonische Lösungen in Kombination mit Effizienzsteigerung gezeigt. ....	114
Abbildung 102:	Hausansicht 1.....	117
Abbildung 103:	Hausansicht 2.....	117
Abbildung 104:	Dach.....	118
Abbildung 105:	Heizungskomponente – ungedämmt.....	118
Abbildung 106:	Rohre im Keller – funktionsuntüchtige Rohrdämmung.....	119
Abbildung 107:	Im Drempel – Dämmung fehlt, vermüllt.....	119

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Förderbare Maßnahmen. Quelle: „Förderprogramm zur Sanierung und Modernisierung von Plattenbauten“ ..... 12
Tabelle 2:	Maßnahmen-Kosten-Matrix nach dem Berliner „Platten“-Fördermodell. Quelle: „Plattenbausanierung“, H. Kalleja, D. Fläming ..... 14
Tabelle 3:	Förderquoten in den Programmen zur Plattenbausanierung. Quelle: „Plattenbausanierung“, H. Kalleja, D. Fläming. .... 16
Tabelle 4:	Vergleich: Berlin – Marzahn-Hellersdorf. Quelle: BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e. V. .... 17
Tabelle 5:	EnEV-Anforderungen an Bauteile (Auszug). .... 62
Tabelle 6:	Charakteristische Konstruktionen für Porestein-Mauerwerk (Preise 2006–2009). Quelle: dena „EnEV minus 30%“ ..... 66
Tabelle 7:	Charakteristische Konstruktionen für Mauerwerk mit WDVS (Preise 2006–2009). Quelle: ebd ..... 67
Tabelle 8:	Charakteristische Konstruktionen für Betonsandwich-Konstruktion (Preise 2006–2009). Quelle: ebd ..... 67
Tabelle 9:	Charakteristische Konstruktionen für Dachboden, Stahlbeton (Preise 2006–2009). Quelle: ebd ..... 67
Tabelle 10:	Charakteristische Konstruktionen für Stahlbetondecken (Preise 2006–2009). Quelle: ebd ..... 68
Tabelle 11:	Fenster U-Wert $U_w$ in Abhängigkeit von Verglasung und Rahmen sowie Mehrinvestitionen pro $m^2$ Fensterfläche bei energetisch hochwertigen Fensterlösungen (berechnet für das Fenstermaß $1,23 \times 1,48$ m), die Referenzkosten für Standardfenster liegen bei 200 bis 350 Euro/ $m^2$ . Quelle: ebd ..... 68
Tabelle 12:	Beispiele für Maßnahmenpakete in der Sanierung: Einzelmaßnahmen, optimale umfassende Sanierung, nZEB. .... 71
Tabelle 13:	Werte nach der Modernisierung je Variante. .... 85
Tabelle 14:	Anforderungen an U-Werte der Konstruktionen der Gebäudehülle Wohngebäude, Neubau. .... 89
Tabelle 15:	Beschreibung Sanierungsszenarien. .... 116
Tabelle 16:	Übersicht der Maßnahmenpakete für die Sanierung der Serie 515/9, Vorschlag* – Geringinvestive Einzelmaßnahmen (Variante 1). .... 120

## Literaturverzeichnis

<http://aktivplusev.de>

[www.baunetz-wissen.de](http://www.baunetz-wissen.de)

[www.energiecontracting.de](http://www.energiecontracting.de)

**BBSR (Hrsg.) (2005):** Bauwirtschaftliche Kooperationschancen bei der energetischen Sanierung des Wohnungsbestandes in MOE-Partnerstaaten am Beispiel der Ukraine

**BBSR (Hrsg.) (2009):** Begleitforschung zur energieeffizienten Sanierung und Modernisierung eines Wohngebäudes in Plattenbauweise in St. Petersburg

**dena (Hrsg.) (2006):** Besser als ein Neubau: „EnEV minus 30 %“. Planungshilfe zur energieeffizienten Sanierung im Rahmen des KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms

**dena (Hrsg.) (2016):** dena-Gebäudereport. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.

**dena (Hrsg.) (2017):** Leitfaden Energiespar-Contracting (ESC): Arbeitshilfe für die Vorbereitung und Durchführung von Energiespar-Contracting

**dena (Hrsg.) (2018)** dena-Gebäudereport kompakt 2018. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.

**dena (Hrsg.) (2012):** Planungshandbuch. Energieeffizientes Bauen und Sanieren

**dena (Hrsg.) (2012):** dena-Sanierungsstudie. Teil 2: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung in selbstgenutzten Wohngebäuden

**dena (Hrsg.) (2017):** Energieeffizientes Bauen in Deutschland und Russland. Vergleich der rechtlichen, normativen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen und Empfehlungen zur Harmonisierung

**Gänsmantel, J., Geburtig, G., Eßmann, F. (2006):** EnEV und Bauen im Bestand

**Gesellschaft für rationale Energieverwendung (Hrsg.) (2007):** Energieeinsparung im Wohngebäudebestand

**Hoffmann, R. (2009):** Altbauten energetisch richtig sanieren

**Institut für Bauforschung e. V. (Hrsg.) (2008):** Atlas Bauen in Bestand

**Kaleja, H., Flämig, D. (Hrsg.) (1999):** Plattenbausanie rung. Instandsetzung, städtebauliche Entwicklung und Finanzierung

**Kerschberger, A., Brillinger, M., Binder, M. (2007):** Energieeffizient sanieren

**Loga, T., Diefenbach, N., Born, R. (2011):** Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

**Neddermann, R. (2009):** Energetische Gebäudemodernisierung

**Reiß, J., Erhorn, H., Reiber, M. (2002):** Energetisch sanierte Wohngebäude

**Reuther, S., Weber, C. (2008):** Energetische Modernisierung von Wohngebäuden. Eine Chance für Veränderung

**Bochnig, H., Stimmann, H., Specht + Partner (Berlin), Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen, Berlin (Hrsg.) (1992):** Großsiedlungen. Montagebau in Berlin (Ost)

**Wüstenrot Stiftung (Hrsg.) (2006):** Energieeffizienz von Gebäuden

**Verbraucherzentrale (Hrsg.) (Autoren: Burk, P., Weizenhöfer, G.) (2009):** Gebäude Modernisieren – Energiesparen

