
BACHELORARBEIT

Frau
Nicole Richter

**Maßnahmenplanung zur Stei-
gerung der Energieeffizienz
beim Bauen im Bestand**

Mittweida, 2015

BACHELORARBEIT

**Maßnahmenplanung zur Stei-
gerung der Energieeffizienz
beim Bauen im Bestand**

Autor:

Frau

Nicole Richter

Studiengang:

**Immobilienmanagement und Facilities Mana-
gement**

Seminargruppe:

FM11w2-B

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Mehlis

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. Ulrich Zink

Einreichung:

Mittweida, 16.11.2015

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2015

Faculty Industrial Engineering

BACHERORTHESIS

Action planning to improve energy efficiency in existing buildings

author:

Ms.

Nicole Richter

course of studies:

**Real Estate Management and Facilities Man-
agement**

seminar group:

FM11w2-B

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Jörg Mehlis

second examiner:

Dipl.-Ing. Ulrich Zink

submission:

Mittweida, 16.11.2015

defence/ evaluation:

Mittweida, 2015

Bibliografische Beschreibung:

Richter, Nicole:

Maßnahmenplanung zur Steigerung der Energieeffizienz beim Bauen im Bestand. - 2015. - V, 75, XVI S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Bachelorarbeit, 2015

Referat:

Klimaschutz ist ein allgegenwärtiges Thema, mit dem die Menschheit immer wieder in Verbindung tritt. Nicht nur im öffentlichen Verkehr und in der Industrie gelangen Mengen an Kohlenstoffdioxid in die Umwelt - auch Gebäude, vor allem Bestandsimmobilien, verantworten einen großen Teil der weltweiten CO₂-Emissionen. Zudem gewinnt im Rahmen der Energiewende das Thema der Energieeffizienz beim Bauen stetig an Bedeutung. Durch innovative bautechnische Maßnahmen kann es gelingen, die schädlichen Emissionen zu reduzieren und den Energieverbrauch um ein Wesentliches zu senken. Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit den erforderlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beim Bauen im Bestand. Die erworbenen Kenntnisse werden anschließend an einem ausgewählten Sanierungsvorhaben veranschaulicht.

Das Sanierungsobjekt ist ein Modellprojekt des BAKA Bundesverband Altbausanierung e.V. Berlin, welches anlässlich der Bildungsoffensive 2050 zu Forschungszwecken zur Verfügung gestellt wurde. Das Projekt wird vom Ingenieurbüro Integra Planen und Gestalten GmbH begleitet und voraussichtlich im Jahr 2016 umgesetzt.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Betrachtung der Energieeffizienz von Wohngebäuden	3
2.1 Grundlagen und Definitionen	3
2.1.1 Energieeffizientes Bauen	3
2.1.2 Energetische Gebäudesanierung	4
2.1.3 Nutzen, Bedarf und Aufwand	5
2.1.4 Energiebilanz	6
2.2 Einordnung in den Immobilienlebenszyklus	9
2.3 Aspekte der Nachhaltigkeit	10
2.4 Gesetze und Verordnungen	12
2.4.1 Die Energieeinsparverordnung (EnEV)	12
2.4.1.1 Der Energieausweis	14
2.4.1.2 Einhaltungspflicht	16
2.4.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	16
3 Bestandsanalyse, Bestanderfassung und Bestandsbewertung	18
3.1 Bauliche Analyse	18
3.2 Denkmalschutz und Energieeffizienz	20
3.3 Energetische Bestandsaufnahme	21
3.4 Gebäudediagnose "idi-al"	22
3.5 Qualitätssicherung	23
4 Planungsgrundsätze und Maßnahmen einer energetischen Gebäudesanierung	25
4.1 Bauliche Maßnahmen der Gebäudehülle	26
4.1.1 Außenwanddämmung	26

4.1.2	Fenstersanierung	28
4.1.3	Dachdämmung	30
4.1.4	Dämmung der Kellerdecke	32
4.2	<i>Maßnahmen der Haustechnik</i>	33
4.2.1	Optimierung der Heizungsanlage	33
4.2.1.1	Heizungsanlage sanieren	34
4.2.1.2	Heizungsanlage erneuern und regenerative Systeme nutzen	34
4.2.2	Einsatz von Lüftungsanlagen	37
5	Fallstudie: Energetisches Sanierungsvorhaben eines Mehrfamilien-	
	wohnhauses	39
5.1	<i>Problemstellung</i>	39
5.2	<i>Bauliche und energetische Bestandserfassung</i>	40
5.2.1	Anamnese	40
5.2.2	Zustandsanalyse, Gebäuediagnose, Bewertung	40
5.3	<i>Energetische Maßnahmenplanung</i>	42
5.3.1	Gebäudehülle	42
5.3.2	Anlagentechnik	50
5.4	<i>Energetisch relevante Baukosten</i>	56
6	Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten	58
6.1	<i>Wirtschaftlichkeit</i>	58
6.2	<i>Förderung und Finanzierung</i>	59
6.2.1	Steuerliche Geltendmachung	61
6.2.2	Förderungen in Brandenburg	63
6.3	<i>Auswirkung des zukünftigen Gebäudestandards auf den Wert des</i>	
	<i>Gebäudes</i>	67
6.3.1	Bewertung der Immobilie als Effizienzhaus	67
6.3.2	Auswirkungen auf den Mietpreis und die Vermietbarkeit	68
7	Fazit	72
	Literaturverzeichnis	76
	Anlagen 87	
	Anlagen, Teil 1	I
	Anlagen, Teil 2	III
	Anlagen, Teil 3	VI

Anlagen, Teil 4	XIII
Anlagen, Teil 5	XV
Anlagen, Teil 6	XVI
Selbstständigkeitserklärung	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Maßnahmen einer energetischen Gebäudesanierung	5
Abbildung 2: Zusammenhang Nutzen, Bedarf und Aufwand in einem Wohnraum	6
Abbildung 3: Immobilienlebenszyklus	10
Abbildung 4: Einflussgrößen nachhaltiger Modernisierungskonzeptionen	12
Abbildung 5: Energieausweis für Wohngebäude	15
Abbildung 6: Beispiel Stärken-Schwächen-Profil nach idi-al	23
Abbildung 7: Qualitätssicherungsinstrument der KfW	23
Abbildung 8: Wärmeverluste eines Hauses	25
Abbildung 9: Varianten Wärmedämmung der Außenwände	28
Abbildung 10: Verglasung und Wärmedurchgang	30
Abbildung 11: Varianten der Dämmung am geneigten Dach	31
Abbildung 12: Schematische Darstellung Dämmung der Kellerdecke.....	33
Abbildung 13: Möglichkeiten zur Optimierung der Heizungsanlage	34
Abbildung 14: Möglichkeiten von Wärmepumpen.....	36
Abbildung 15: Zentrales Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung	38
Abbildung 16: Dezentrales Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung.....	38
Abbildung 17: Sanierungsobjekt in Bad Belzig	39
Abbildung 18: Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf Bestand	41
Abbildung 19: Zusammenfassung SSP Bestand	42
Abbildung 20: Übersicht nachträgliche Dämmmaßnahmen an der Außenwand	43

Abbildung 21: Schematische Darstellung Innenwanddämmung	44
Abbildung 22: Dämmung des Daches und des Dachgeschosses	47
Abbildung 23: Unterseitige Dämmung der Kellerdecke	48
<i>Abbildung 24: Ökobilanz der Varianten des Heizsystems</i>	53
Abbildung 25: Option Photovoltaik-Anlage	55
Abbildung 26: Finanzierung von Maßnahmen durch KfW	61
Abbildung 27: Entwicklung des energiesparenden Bauens	67
Abbildung 28: SSP- Sanierungsobjekt Bad Belzig	A-II
Abbildung 29: Hofseitige Sicht des Sanierungsobjektes	A-III
Abbildung 30: Dachgeschoss Ist-Zustand	A-III
Abbildung 31: Fenster EG Ist-Zustand	A-IV
Abbildung 32: Straßenseitige Sicht Fassade und Fenster OG	A-IV
Abbildung 33: Preußische Kappendecke	A-V
Abbildung 34: Veraltete Heizungsanlage	A-V
Abbildung 35: Lageplan	A-VI
Abbildung 36: Grundriss Sanierung Kellergeschoss	A-VII
Abbildung 37: Grundriss Sanierung Erdgeschoss	A-VIII
Abbildung 38: Grundriss Sanierung Obergeschoss	A-IX
Abbildung 39: Grundriss Sanierung Dachgeschoss	A-X
Abbildung 40: Schnitt A-A Sanierung	A-XI
Abbildung 41: Schnitt B-B Sanierung	A-XII

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren der Energieträger	8
Tabelle 2: Höchstwerte Wärmedurchgangskoeffizient für Wohngebäude	14
Tabelle 3: Vergleichswerte Endenergieverbrauch	15
Tabelle 4: Typische Konstruktionsmerkmale von Bestandsgebäuden	20
Tabelle 5: U-Wert Bauteile vor und nach der Sanierung	49
Tabelle 6: Vergleich regenerativer Heizsysteme	52
Tabelle 7: Energetisch relevante Baukosten	57
Tabelle 8: Anschaffungs-/Herstellungskosten und Erhaltungsaufwendungen	62
Tabelle 9: Übersicht Fördermöglichkeiten Bad Belzig	65
Tabelle 10: KfW-Effizienzhaus Typen	65
Tabelle 11: Gradtagzahlfaktoren für Wohngebäude	A-XIII
Tabelle 12: Temperaturkorrekturfaktoren für Bauteile	A-XIV
Tabelle 13: KfW-Effizienzhaus-Einstufung und Tilgungszuschuss (151/152)	A-XV
Tabelle 14: KfW-Effizienzhaus Zuschuss (430)	A-XV
Tabelle 15: Umrechnungsfaktoren beim Verhältnis Wohnfläche/Mietpreis	A-XVI
Tabelle 16: Durchschnittlich pauschalisierte Bewirtschaftungskosten	A-XVI

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
A_N	energetische Gebäudenutzfläche
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAKA	Bundesarbeitskreis Altbaurenung e.V.
BEWOG	Bad Belziger Wohnungsgesellschaft mbH
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
CAD	computer-aided design
cm	Zentimeter
CO₂	Kohlenstoffdioxid
ct.	Cent
dena	Deutsche Energie-Agentur
DIN	Deutsches Institut für Normung
d.h.	das heißt
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung

e_p	Anlagenaufwandszahl
EStDV	Einkommensteuer-Durchführungsverordnung
EStG	Einkommensteuergesetz
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
GWh	Gigawattstunde
HGB	Handelsgesetzbuch
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
idi-al	Intelligente Diagnose Informationsmethode - Altbau für Gebäude und Immobilien
i.d.R.	in der Regel
ILB	Investitionsbank des Landes Brandenburg
JAZ	Jahresarbeitszahl
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt peak
LBO	Landesbauordnung
m²	Quadratmeter
MAP	Marktanreizprogramm
MFH	Mehrfamilienhaus
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarden
NEH	Niedrigenergiehaus
Nr.	Nummer
o.J.	ohne Erscheinungsjahr
o.O.	ohne Erscheinungsort

p.a.	pro Jahr (lat. per annum)
Q_p	Primärenergiebedarf
Tab.	Tabelle
u.a.	und andere
usw.	und so weiter
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
Vgl.	Vergleich
W	Watt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheit
WF	Wohnfläche
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WSVO	Wärmeschutzverordnung
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1 Einleitung

Die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung stehen fest: Reduzierung des Wärmebedarfs bis 2020 auf 20 % sowie Verringerung des Primärenergiebedarfs bis 2050 auf 80%. Die Anforderungen an die energetische Gebäudequalität von Wohngebäuden werden stetig verschärft und die maximal zulässigen Höchstwerte des Primärenergiebedarfs herabgesetzt. Bestandsgebäude sind für das Gelingen der Energiewende besonders wichtig. Sie verantworten einen Großteil des gesamten Energieverbrauchs - allen voran Wohngebäude. In Deutschland beanspruchen diese nach aktuellen Studien mehr als 40 % des gesamten Energieverbrauchs. In privaten Haushalten werden davon rund 85 % des gesamten Energiebedarfs für Raumerwärmung und Warmwasser eingesetzt. Heute sind die mittelfristig erreichbaren Energieeinsparpotentiale zunehmend von Bedeutung. Hierbei besteht vor allem im Gebäudemodernisierungsbereich ein riesiges Einsparpotential, welches Gebäudeeigentümer, Mieter und Unternehmen langfristig durch Energieeinsparmaßnahmen finanziell entlastet und gleichzeitig den Klimaschutz fördert.¹

Neben ordnungspolitischen Vorgaben durch steigende Energieeffizienzanforderungen in der Energieeinsparverordnung (EnEV) und finanziellen Anreizen durch diverse Förderungsprogramme, zum Beispiel KfW-Programme, setzt man in Deutschland flankierend auf systematische und zielgerichtete Entwicklungsaktivitäten im Bereich energetischer Gebäudesanierungen.² Durch die Altersstruktur und die Lebensdauer der Gebäude in Deutschland steht das Bauen im Bestand im Fokus. Mehr als die Hälfte aller Bauinvestitionen fließen in den Gebäudebestand, denn Bestandsgebäude stellen im Vergleich zu Neubauten vielfältigere Anforderungen. Beispielsweise wird bei Bestandsbauten zur Beheizung etwa dreimal so viel Energie als in Neubauobjekten benötigt. Von den energetischen Einsparpotentialen wird jedoch bei Sanierungen bisher durchschnittlich nur rund ein Drittel ausgeschöpft.³ Daher steht eine strukturierte und effiziente Vorgehensweise im Analysierungs- und Planungsprozess im Vordergrund. Mit einer energetischen Sanierung wird nicht nur ein Beitrag für die Umwelt geleistet, sondern - "Eine Sanierungswelle würde ganz nebenbei als insgesamt kostenneutrales Konjunkturprogramm für Mittelstand und

¹ Vgl. [1BuM2015]

² Vgl. [EnOB2015]

³ Vgl. [dena2015]

Handwerk wirken."⁴ Volkswirtschaftlich rechnen sich Investitionen in Maßnahmen zur Gebäudeenergieeffizienz bereits nach wenigen Jahren.

Energetische Gebäudesanierung zu planen, auszuführen, zu betreiben und rückzubauen wird künftig eine bedeutsame Aufgabe, insbesondere für Architekten, Planer, Ingenieure, Bauausführende und Facility-Manager, darstellen. Durch fachgerechtes Modernisieren sowie dem Einsatz moderner Gebäudetechnik besteht ein großes Potential den Zielen der Bundesregierung näher zu kommen.⁵

Ziel dieser Arbeit ist es, Wege zur Energieeinsparung an Bestandsgebäuden und Handlungsmöglichkeiten einer energetischen Gebäudesanierung aufzuzeigen. Ferner werden diese unter Berücksichtigung ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht. Dabei werden zunächst theoretische Aspekte zu Grunde gelegt. Anschließend werden die Vorgehensweise, typische Konstruktionsmerkmale von Bestandsgebäuden und eine spezielle Methodik beim Planen eines energetischen Sanierungsvorhabens vorgestellt. Infolgedessen werden bauliche Möglichkeiten der Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik präsentiert und anschließend an einer Fallstudie erprobt. An dieser Stelle wird ein ausgewähltes Sanierungsobjekt in Bad Belzig vorgestellt und die Effizienz verschiedener Maßnahmen, insbesondere regenerativer Heizsysteme, gegenübergestellt. Im Anschluss werden Finanzierungsmodelle untersucht und eine Bewertung der Immobilie als Energieeffizienzhaus und damit dem Einfluss auf die Vermietbarkeit vorgenommen.

Insgesamt soll in der vorliegenden Arbeit die Schnittstelle zwischen Wirtschaftlichkeit, Baulichkeit und Betrieb einer energetischen Sanierung dargestellt werden. Abschließend werden die gewonnenen Kenntnisse zusammen gefasst und in die aktuelle Realität eingeordnet.

⁴ [BDI2014] S.4

⁵ Vgl. [DIW2015]

2 Betrachtung der Energieeffizienz von Wohngebäuden

2.1 Grundlagen und Definitionen

2.1.1 Energieeffizientes Bauen

Energieeffizientes Bauen befasst sich mit dem Entwerfen, Planen und Erstellen von energiesparenden und ressourcenschonenden Gebäuden, bei dem der Planungs- und Bauausführungsprozess auf die Energieeffizienz ausgerichtet ist. Energieeffizientes Bauen im Bestand umfasst insbesondere Maßnahmen zur Modernisierung, Instandhaltung, Instandsetzung, dem Umbau, dem Erweiterungsbau und zum Wiederaufbau. Es stellt ein Teilkonzept des noch weitergehenden Konzepts des nachhaltigen Bauens dar. Der Planungs- und Bauprozess bildet hierbei eine Kette von weitreichenden Entscheidungen.⁶

"Effizienz beschreibt, aus dem Lateinischen kommend [efficere = bewirken], allgemein die Wirksamkeit von Maßnahmen, [diese sich] hier auf den Energiebedarf bei der Gestaltung von Gebäuden und deren Anlagentechnik [bezieht]."⁷ Energieeffiziente Gebäude sind demnach Gebäude, die zur Erfüllung ihrer Nutzbedingungen einen möglichst geringen Energiebedarf aufweisen. Die Energieeinsparung eines Gebäudes kann durch zwei grundlegende Maßnahmen erreicht werden. Zum einen durch eine Bedarfsreduzierung der Nutzer und zum anderen durch Anlagentechnik mit geringem Energieaufwand.

Maßnahmen zur Energiebedarfsreduzierung wie z.B. die Verringerung der Nutzeranforderungen durch Wohlbehagen mit geringeren Raumtemperaturen oder die Erhöhung der Wärmedämmung der Gebäudehülle, besitzen einen passiven Charakter im Umgang mit Energie. Im Gegensatz dazu haben Maßnahmen zum Bau von Anlagen mit geringem Energieaufwand immer einen aktiven Charakter, da sie Wärme- und Stoffströme gezielt an den genutzten Raum übergeben, im Gebäude verteilen, speichern, transformieren oder erzeugen. Passive Maßnahmen der Energiebedarfsreduzierung stehen jedoch immer im Wechselspiel mit den aktiven Maßnahmen der Anlagentechnik, sodass diese nicht

⁶ Vgl. [KrJö2009] S.19

⁷ [HoRe2012] S.12

isoliert voneinander betrachtet werden können und immer in ihren Wechselwirkungen untersucht werden müssen.⁸

2.1.2 Energetische Gebäudesanierung

Eine energetische, auch thermische Gebäudesanierung bedeutet die Modernisierung eines Gebäudes mit dem Ziel der Minimierung des Energieverbrauchs, also des Verbrauchs an Primärenergie bezüglich Heizung, Warmwasser und Lüftung. Hieraus ergibt sich geradezu eine Einsparung an regelmäßig entstehenden Betriebskosten, beispielsweise für den Einkauf von Heizöl, Erdgas oder elektrischer Energie.⁹

Von einer Sanierung spricht man bei einer Wiederherstellung des Sollzustandes von baulichen und technischen Anlagen, die nicht mehr den technischen und gesetzlichen Anforderungen entsprechen. Sanierungsmaßnahmen sind Maßnahmen, die vorhandene strukturelle Defizite beseitigen. Diese sind i.d.R. weitergehend als die einer Modernisierung. "Modernisierungen sind nach § 3 HOAI bauliche Maßnahmen zur nachhaltigen Erhöhung des Gebrauchswertes eines Objektes, einschließlich der durch diese Maßnahmen verursachten Instandsetzungen."¹⁰ Sanierungsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz eines Bestandsgebäudes können hierbei die Dämmung der Außenwände, des Daches und der Kellerdecke, die Erneuerung der Fenster sowie die Nutzung von effizienter Heizungs- und Anlagentechnik sein. Einer fundierten energetischen Sanierung geht eine genaue Hausuntersuchung durch Fachleute wie Energieberater, Architekten oder Fachingenieure voraus.¹¹

⁸ Vgl. [HiRa2008] S.7

⁹ Vgl. [1PaR2014]

¹⁰ [PfMa2008] S.61

¹¹ Vgl. [PfMa2008] S.61f

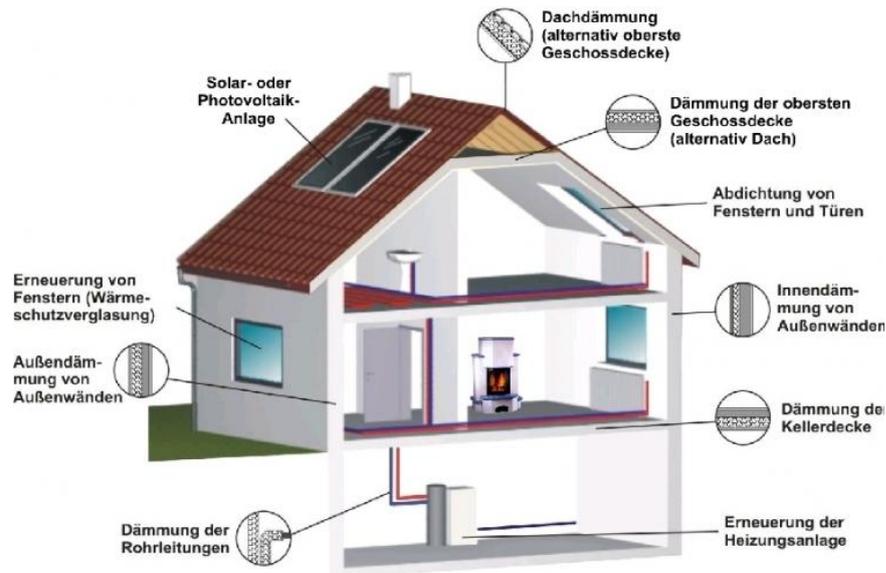


Abbildung 1: Maßnahmen einer energetischen Gebäudesanierung¹²

2.1.3 Nutzen, Bedarf und Aufwand

Bei der Bestimmung der Energieeffizienz von Gebäuden und deren Anlagentechnik muss wie bei jeder Planung zwingend eine bedarfsorientierte Vorgehensweise angewendet werden. Die Energieeffizienz ist ein Maß für den Energieaufwand zur Erreichung eines festgelegten Nutzens. Ein Vorgang ist dann effizient, wenn ein bestimmter Nutzen mit minimalem Energieaufwand erreicht wird. Dies entspricht dem ökonomischen Prinzip.

Eine bedarfsorientierte Vorgehensweise bildet die Grundlage für die Bestimmung der Energieeffizienz von Gebäuden. "Der Bedarf ist stets entscheidend für die Anforderungen an Gebäude und Anlagentechnik und damit bestimmend für den Aufwand, der zur Bedarfsdeckung nötig ist."¹³ Der Bedarf ist keine festgelegte Größe, sondern orientiert sich an den Größen, die von dem sich in dem Raum aufhaltenden Nutzer wahrgenommen werden und deren Maximal- oder Minimalwerte er sich z.B. aus Behaglichkeitsgründen wünscht. Die gewünschte Raumtemperatur des Nutzers stellt den Sollwert dar und damit die Beschreibung des Nutzens. Treten Raumtemperaturen ohne Einwirkung von Anlagentechnik unterhalb des Sollwertes auf, löst dies einen Bedarf an Wärmezufuhr aus. Um diesen Bedarf zu decken, muss mit Hilfe von Anlagentechnik ein Aufwand für die Wärmezufuhr betrieben werden. Bei realen Wärmeübergabesystemen (Heizkörper, Flächenhei-

¹² [LöWe2015]

¹³ [HiRa2008] S.13

zungen usw.) wird der Energieaufwand im Wesentlichen durch die Art der Regelung, die Trägheit des Wärmeübergabesystems und die Speichkapazität des Raumes bestimmt.

Unter Betrachtung dieses Sachverhaltes wird bereits an dieser Stelle die für den Energieaufwand wichtige Kopplung des passiven Systems, in diesem Fall der Raum, mit dem aktiven System (Wärmeübergabe durch geeignete und effiziente Heizkörper) deutlich.¹⁴ Das bedeutet, dass der laufend durch Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste entstehende Wärmebedarf durch z.B. die Wärmeversorgungsanlage gedeckt werden muss. Maßnahmen der Dämmung reduzieren durch die Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials den Heizwärmebedarf und somit den Aufwand, den das Heizsystem betreiben muss. In Deutschland werden ungefähr 2/3 des Jahres als Heizperiode beschrieben.

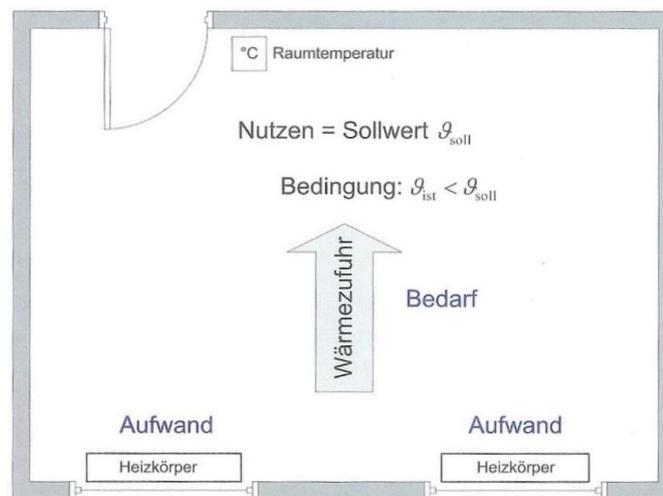


Abbildung 2: Zusammenhang Nutzen, Bedarf und Aufwand in einem Wohnraum¹⁵

2.1.4 Energiebilanz

Eine Energiebilanz dient der Beurteilung des Energiebedarfs eines Gebäudes. Diese Bilanz ergibt sich aus den Wärmegewinnen und -verlusten. Wärmegewinne entstehen z.B. durch Sonnenenergie und interne Energien; Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung. Zudem können Wärmeverluste durch Umwandlungs- bzw. Verteilungsverluste infolge von ungedämmten Rohrleitungen und Wärmespeichern verursacht werden. Da Lüftungswärmeverluste und interne Wärmegewinne jedoch stark nutzungsabhängig sind, besteht das Ziel einer energetischen Gebäudesanierung darin, die Transmissionswärmeverluste zu reduzieren, d.h. die Wärme, die durch die Gebäudehülle an die Umwelt abgegeben wird, zu minimieren.

¹⁴ Vgl. [HiRa2008] S.13

¹⁵ [HiRA2008] S.14

Grundsätzlich wird für die Planung energieeffizienter Gebäude eine Energiebilanzrechnung durchgeführt. Das können errechnete oder tatsächlich gemessene Werte sein. Mit der Energiebilanz lässt sich der theoretische Heizwärmebedarf ermitteln; dieser kann jedoch aufgrund des individuellen Verhaltens der Gebäudenutzer abweichen. Die Energiebilanz eines Gebäudes betrifft in aller Regel die Wärmemengen, die das Gebäude auf verschiedenen Wegen verlassen bzw. in das Gebäude eingebracht werden.¹⁶

Als Bilanzierungsverfahren stehen die DIN V 18599 "Energetische Bewertung von Gebäuden und für Wohngebäude", die DIN V 4108 "Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden" und die DIN V 4701-10 "Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen" zur Verfügung.¹⁷ Für Wohngebäude wird mit der EnEV 2014 ein vereinfachtes, tabellengestütztes Nachweisverfahren eingeführt (Modellgebäudeverfahren bzw. „EnEV Easy“). Dieser Nachweis darf anstelle der rechnerischen Bilanzierung bei Wohngebäuden verwendet werden, wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind (begrenzter Fensterflächenanteil, einfacher Grundriss usw.).¹⁸ Der berechnete Energiebedarf bezieht sich dabei auf die beheizte Gebäudenutzfläche A_N .

Heizwärmebedarf

Zuerst wird der Wärmebedarf untersucht. Dieser ergibt sich aus den Wärmeverlusten abzüglich der Wärmegewinne. Die Brauchwassererwärmung ist in die Bilanz einzubeziehen, d.h. der Nutzenergiebedarf ergibt sich aus dem Heizwärmebedarf und dem Brauchwasserwärmebedarf. Die Heizungsanlage benötigt zum Betrieb i.d.R. außerdem Hilfsenergie (Strom), somit gilt vereinfacht:

Endenergiebedarf = Nutzenergiebedarf + Anlagenverluste + Hilfsenergie

Endenergiebedarf

Der Endenergiebedarf umfasst die Energiemenge, die in einem Jahr für Heizung, Warmwasser und Lüftung verbraucht wird, d.h. die Energiemenge, die am Gebäude angeliefert werden muss, z.B. in Form von Brennstoff (Erdgas, Heizöl, Pellets, Holz), Wärme (Fernwärmeversorgung) oder in Form von elektrischen Strom. Der berechnete Endenergiebedarf ist jedoch nicht vergleichbar mit dem tatsächlichen Verbrauch, weil bei der Ermittlung viele Bedingungen standardisiert werden und das Nutzerverhalten unberücksichtigt bleibt.

¹⁶ Vgl. [PfMa2008] S.49

¹⁷ Vgl. [1Bau2015]

¹⁸ Vgl. [MaFr2014] S.12

Primärenergiebedarf

„Der Primärenergiebedarf setzt sich aus dem Endenergiebedarf und der Energiemenge zusammen, die zusätzlich benötigt wird, um den jeweils eingesetzten Energieträger zu gewinnen, umzuwandeln, zu verteilen und zu transportieren.“¹⁹ Somit ist die am Ende verbrauchte Energiemenge größer als die am Gebäude angelieferte. Dabei betrachtet die EnEV nur den nicht erneuerbaren Anteil der Primärenergie, der endgültig verloren ist. Dafür wird ein sogenannter Primärenergiefaktor festgelegt:

Energieträger	Primärenergiefaktor EnEV
Steinkohle	1,1
Braunkohle	1,2
Heizöl	1,1
Erdgas, Flüssiggas	1,1
Elektrische Energie	2,4
Nah- und Fernwärme aus Heizwerken	0,1 bzw. 1,3
Nah- und Fernwärme aus Heizkraftwerken (Kraft-Wärme-Kopplung)	0 bzw. 0,7
Solarenergie und Umgebungswärme	0

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren der Energieträger²⁰

Es gilt vereinfacht:

Primärenergiebedarf = Endenergiebedarf × Primärenergiefaktor oder auch:

$$Q_p = (Q_h + Q_w) \times e_p \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$$

- Q_p** – Jahresprimärenergiebedarf (EnEV)
 e_p – Anlagenaufwandszahl (DIN V 4701-10)
 Q_h – Jahresheizwärmebedarf (DIN 4108-6)
 Q_w – Trinkwasserwärmebedarf (EnEV für Wohngebäude pauschal 12,5 kWh/m²a)

¹⁹ Vgl. [Bund2014]

²⁰ Vgl. [EnEV2009] S.12

2.2 Einordnung in den Immobilienlebenszyklus

Der Immobilienlebenszyklus stellt den zeitlichen Ablauf der Prozesse von der Entstehung eines Gebäudes, über die verschiedenen Nutzungen, bis hin zum Abriss dar. Der Zyklus wird in vier Phasen beschrieben: Planen, Bauen, Betreiben und Verwerten.²¹ In der Planungsphase im Lebenszyklus eines Gebäudes werden elementare Grundlagen für die Energieeffizienz festgelegt. Das Ziel ist eine kostenorientierte und nachhaltige Vorgehensweise bei allen Planungs- und Bauprozessen der Immobilie. In den Nutzungsphasen soll ein optimaler, wirtschaftlicher Betrieb der technischen Anlagen sowie der nutzungsgerechten Funktionalität der Gebäudesubstanz gewährleistet werden. Der Gedanke der Energieeffizienz muss daher in allen Bereichen umgesetzt werden.

Mit Beginn der Energiewende und der Novellierung der Gesetze hinsichtlich des Energieverbrauchs von Gebäuden in Deutschland wird vor allem die Optimierung des Energieverbrauchs angestrebt. Im Ergebnis kostet der Betrieb im Lebenszyklus eines Gebäudes ein Mehrfaches der Anschaffung. Aus diesem Grund sind Komplettlösungen in der Verwertungsphase, von der Sanierung bis hin zur wirtschaftlichen Nutzung, immer mehr von Bedeutung. Die Lebensdauer der Gebäude nimmt heute einen hohen Stellenwert ein, so dass die Bestandspflege maßgeblich für den Werterhalt der Immobilie ist. Das ganzheitliche Denken steht demnach immer im Vordergrund.²²

Eine energetische Sanierung findet während oder am Ende einer Nutzung der Immobilie statt. Die Verwertungsphase beginnt nun nach Ende einer Nutzungsphase. Hier gibt es generell zwei Optionen. Entweder die Immobilie wird abgerissen oder sie wird revitalisiert, so dass eine weitere Nutzung möglich ist.

In den folgenden Kapiteln soll die Option einer Revitalisierung bzw. einer energetischen Gebäudesanierung behandelt und die Auswirkungen auf die Nutzungskosten der Immobilie untersucht werden. In der Phase des Verwertens bzw. Sanierens stehen die Ziele der Optimierung des Bauablaufes, des Energieeinsatzes und der Verwendung umweltschonender Baustoffe im Vordergrund.

Wesentliche Kriterien für das entwurfsgerechte Funktionieren der Gebäudetechnik sind die klare Anlagenstruktur, die übersichtliche Anordnung und Zugänglichkeit, die Wartungsfreundlichkeit und die anschauliche Dokumentation für den Nutzer. Ziel der koordinierten Abwicklung von Prozessen ist es, die Betriebs- und Bewirtschaftungskosten dauerhaft zu senken, Fixkosten zu flexibilisieren, die technische Verfügbarkeit der Anlagen zu sichern und den Wert von Gebäuden und Anlagen langfristig zu erhalten. Das

²¹ Vgl. [ScJa2013]

²² Vgl. [PfMa2008] S.148

Gebäude muss als ganzheitliches Produkt angesehen werden, das Ansprüche an Gestaltung und Nutzung erfüllt.²³



Abbildung 3: Immobilienlebenszyklus²⁴

2.3 Aspekte der Nachhaltigkeit

Schon bei der Planung einer Sanierung sollten ökonomische, ökologische und soziale Aspekte für das Bestandsgebäude abgewogen werden, denn Energiekonzepte machen schon in frühen Planungsphasen eine objektivere Bewertung möglich. Als Bezeichnung dafür ist der Begriff der "Nachhaltigkeit" geprägt worden. „Nachhaltigkeit im Bereich der Gebäudemodernisierung bedeutet für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden eine Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen, eine Reduzierung der Kosten sowie eine möglichst geringe Belastung des Naturhaushalts und eine Erhöhung der Nutzungsgerechtigkeit.“²⁵ Energiebedarf, Behaglichkeit und Emissionen können über Kennwerte und Maßnahmenbeschreibungen mit vertretbarem Aufwand recht präzise ermittelt und bewertet werden.²⁶ Die nachhaltige energetische Gebäudesanierung basiert auf folgenden drei Aspekten:

²³ Vgl. [HiRA2008] S.124

²⁴ Vgl. [ScJa2013]

²⁵ [PfMa2008] S.47

²⁶ Vgl. [PfMa2008] S.47

Ökologische Aspekte:

Die ökologischen Aspekte betrachten mögliche negative Folgewirkungen der Energienutzung und -gewinnung auf die Umwelt. Die primäre Bewertungsgröße ist die Emission von CO₂. Ökologische Aspekte umfassen insbesondere die Kriterien der Verringerung des Ressourcenverbrauchs, die Einschränkung des Flächenverbrauchs sowie eine möglichst geringe Belastung des Naturhaushalts im gesamten Lebenszyklus bezüglich Bau, Nutzung und Rückbau eines Gebäudes. Die energetische Modernisierung wird in Deutschland durch die Bestimmungen der aktuellen Energieeinsparverordnung geregelt. Es gibt jedoch verschiedene Energiekonzepte, die deutlich über die Forderungen der EnEV hinausgehen, z.B. Niedrigenergiehäuser, Passivhäuser, Plus-Energie-Häuser etc.

Ökonomische Aspekte:

Die ökonomischen Aspekte des nachhaltigen Bauens beschreiben die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Gebäudes und setzen sich aus der Optimierung der Gesamtkosten, d.h. Bau-, Nutzungs-, und Lebenszykluskosten und der Optimierung der Zeitpunkte für Investitionen sowie Erneuerungs- und Wartungszyklen unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten, zusammen. Zur Ökoeffizienz gehört dabei die Nutzung von regenerativen Energiequellen. Hohe Bau- und Nutzungskosten von Gebäuden korrelieren oft mit hohen Umweltbelastungen. Um die negativen Auswirkungen auf das Ökosystem möglichst gering zu halten, lässt sich nur in Verbindung mit einer Analyse der laufenden Kosten, der Fördermaßnahmen und der gegebenenfalls zu erwirtschaftenden Einnahmen aus der Nutzung erneuerbarer Energien ein Gesamtbild der Ökonomie einer Maßnahme erreichen.

Soziale Aspekte:

Bei der Beurteilung von Energiekonzepten müssen insbesondere die Auswirkungen auf die Nutzer berücksichtigt werden. Neben der städtebaulichen bzw. landschaftsräumlichen Integration haben funktionale, gestalterische, denkmalpflegerische und andere die Allgemeinheit berührende Aspekte einen hohen Stellenwert. Die Nutzerakzeptanz ist für das Wohlbefinden bzw. Behaglichkeitsempfinden und für einen planungsgemäßen Betrieb letztendlich die entscheidende Voraussetzung. Zudem stellen die Möglichkeiten auf das Raumklima einwirken zu können, z.B. durch Öffnung der Fenster, regelbaren Sonnen- und Blendschutz etc., weitere bedeutende Einflussgrößen für die Zufriedenheit der Nutzer dar.²⁷

²⁷ Vgl. [PfMa2008] S. 48, [StWü2010] S.42

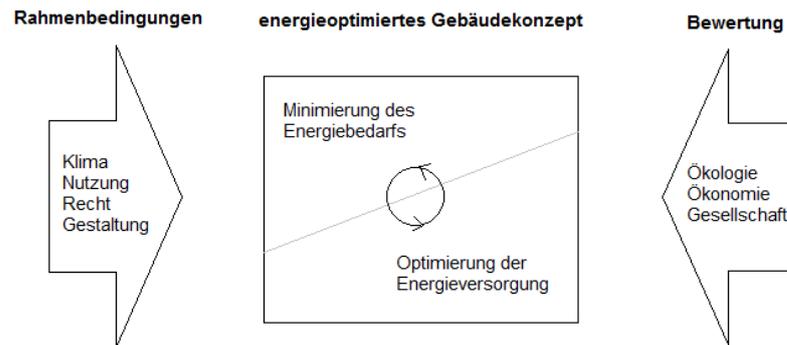


Abbildung 4: Einflussgrößen nachhaltiger Modernisierungskonzeptionen²⁸

2.4 Gesetze und Verordnungen

Basierend auf dem Wissen, dass öffentliche und private Gebäude 40% des Primärenergiebedarfs in Deutschland verbrauchen, hat sich die Bundesregierung zum Ziel gemacht, Einsparpotentiale mittels Gesetzen und Verordnungen zu erschließen. Durch fachgerechtes Bauen und Sanieren kann ein bedeutender Teil des Energiebedarfs eingespart werden. Es ist detailliert geregelt, welchen Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) das Bauteil nach der Sanierung erreichen muss. Zudem gibt es Anforderungen, welcher Anteil des Wärmebedarfs von Gebäuden durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss. Hierfür werden Standards in Gesetzen und Verordnungen formuliert.

Bei heutigen Bauvorhaben sind die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), welche im Folgenden detaillierter betrachtet werden, zwingend zu beachten.²⁹ Desweiteren gelten die Vorschriften des Energieeinsparungsgesetzes (EEG), der zutreffenden Landesbauordnung (LBO), EU-Gebäuderichtlinien, örtliche Bauschriften, die DIN Vorschriften (z.B. DIN 4701 Heizlast), der Stand der Technik und weitere Richtlinien mit Relevanz.

2.4.1 Die Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die EnEV vereint die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung aus den Jahren 1995 und 1998 und trat am 1. Februar 2002 in Kraft. Die Verordnung ist das zentrale Regelwerk zur Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz und stellt ein wichtiges Instrument der gegenwärtigen Energie- und Klimaschutzpolitik dar. Sie soll mehr Transparenz für den Verbraucher schaffen und stellt Anforderungen an die energetische Qualität von zu errichtenden Gebäuden sowie an bestehenden Gebäuden.

²⁸ [StWü2010] S.42

²⁹ Vgl. [HoRe2012] S.19

Bei der energetischen Beurteilung werden nicht mehr nur die Einzelkomponenten wie z.B. die Heizungstechnik, sondern die Gesamtenergiebilanz betrachtet. Die aktuelle EnEV 2014 fordert, dass die Gebäudehülle sehr gut wärmegeklämt ist und der Primärenergiebedarf eines Gebäudes zum Heizen, Wassererwärmen, Kühlen und Beleuchten den Niedrigenergiehaus-Standard (NEH) mit einem spezifischen Heizwärmebedarf zwischen 40-70 kWh/m²a erfüllt. Dazu müssen alle wirtschaftlich vertretbaren Wärmedämmmaßnahmen durchgeführt werden.³⁰ Die EnEV legt verbindliche Grenzwerte (siehe Tab.2) und Berechnungsvorschriften für den Energieverbrauch fest und strebt durch Nachrüstverpflichtungen eine stärkere Nutzung der Energieeinsparpotentiale im Gebäudebestand an. Der Wärmeschutz eines Gebäudes wird durch den Wärmetransport der Gebäudehülle beeinflusst und physikalisch durch den Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ausgedrückt.

Eine Grundregelung der EnEV 2014 ist zudem, dass alte Öl- und Gasheizkessel durch neue, energieeffiziente Heizsysteme ersetzt werden müssen. Diese Vorschrift betrifft insbesondere Heizkessel die vor dem 01.10.1978 eingebaut wurden. Mit der novellierten EnEV 2014 besteht die Verpflichtung, ungedämmte Rohrleitungen und die oberste Geschossdecke unter nicht ausbaufähigen Dachräumen nachträglich zu dämmen.³¹ Die Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle sollen mit der Referenzanforderung verknüpft werden. „Der spezifische, auf den Wärmeübertragung bezogene Transmissionswärmeverlust eines [...] Wohngebäudes wird an den entsprechenden Wert des jeweiligen Referenzgebäudes gekoppelt.“³² Der Jahresprimärenergiebedarf bezogen auf ein Referenzgebäude gleicher Geometrie und Gebäudenutzfläche sowie der spezifische Transmissionswärmeverlust bezogen auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche darf die im Anhang 1 beschriebenen Höchstwerte nicht überschreiten.

³⁰ Vgl. [HoRe2012] S.20

³¹ Vgl. [BAKA2015] S.121

³² [BAKA2015] S.121

Bauteil	Maximaler Wärmedurchgangskoeffizient für Wohngebäude U_{\max} in $W/(m^2K)$
Außenwände	0,24
Fenster, Fenstertüren	1,3
Dachflächenfenster	1,4
Verglasungen	1,1
Vorhangfassaden	1,5
Glasdächer	2
Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	2
Sonderverglasungen	1,6
Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	2,3
Dachflächen einschließlich Dachgauben, Wände gegen unbeheizten Dachraum, oberste Geschossdecken	0,24
Dachflächen mit Abdichtung	0,2
Wände sowie Decken nach unten gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	0,3
Fußbodenaufbauten	0,5
Decken nach unten an Außenluft	0,24

Tabelle 2: Höchstwerte Wärmedurchgangskoeffizient für Wohngebäude³³

2.4.1.1 Der Energieausweis

Seit dem 1. Juli 2008 besteht in Deutschland eine Energieausweispflicht für Wohngebäude. Ein Energieausweis wird von dazu berechtigten Personen auf Grundlage des berechneten Energieverbrauchs erstellt und dient zum Überblick des energetischen Zustandes eines Gebäudes pro Quadratmeter Nutzfläche und Jahr und soll mögliche Schwachstellen aufzeigen um den Gebäudeeigentümer zu energetisch wirksamen Modernisierungen zu motivieren.

Die Energieeffizienz von Gebäuden wird über die Energieeffizienzklassen A+ bis H eingestuft. Je weiter hinten die Effizienzklasse im Alphabet liegt, desto schlechter ist der energetische Zustand des Hauses. Dabei werden der Wärmeschutz, die verwendete Anlagentechnik und die Umweltverträglichkeit der eingesetzten Energieträger berücksichtigt. Der maximal zulässige Primärenergiebedarf wird für Gebäude anhand eines Referenzgebäudes individuell festgelegt. Dies ermöglicht einen Vergleich der Beschaffenheit von Gebäuden in Deutschland.³⁴ Es stehen zwei Verfahren zur Verfügung; zum einen die Berechnung auf Basis des Energieverbrauchs (Bedarfsausweis) und zum anderen die Ermittlung auf Basis von Energieverbrauchswerten (Verbrauchsausweis).³⁵

Bisher galt eine Energieausweispflicht nur dann, wenn ein Objekt verkauft, neu vermietet oder verpachtet werden sollte. Seit 1. Mai 2014 gilt die Regelung, dass Interessenten schon allein bei der Objektbesichtigung berechtigt sind, über energetische Daten des Ge-

³³ Vgl. [StUI2010] S.33

³⁴ Vgl. [MaFr2014] S.25f

³⁵ Vgl. [StUI2010] S.382

bäudes informiert zu werden. Der potenzielle Interessent hat darüber hinaus einen Rechtsanspruch, das Dokument einzusehen.³⁶

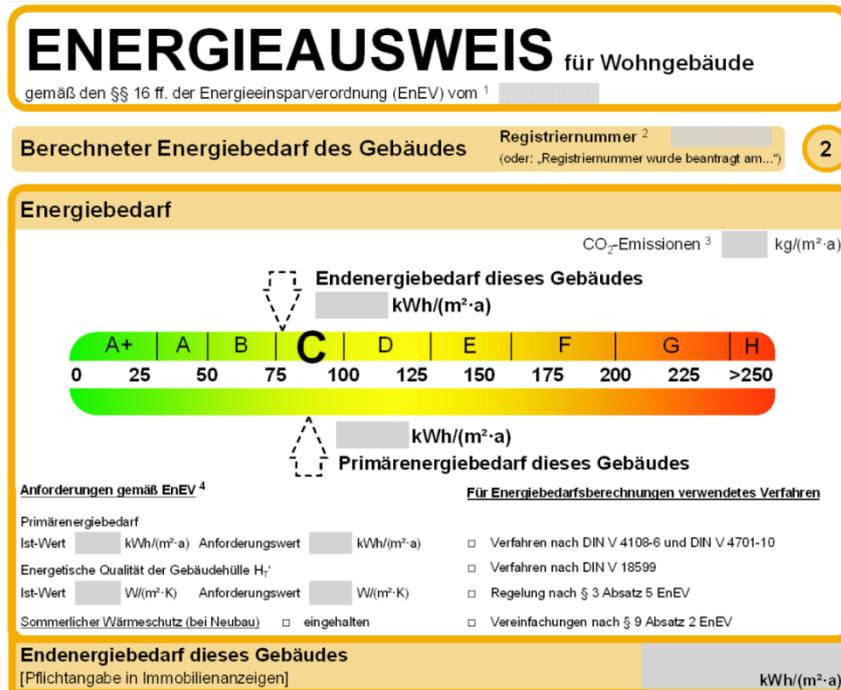


Abbildung 5: Energieausweis für Wohngebäude³⁷

Die folgende Tabelle stellt Vergleichswerte des jeweiligen Endenergiebedarfs hinsichtlich ihrer Energieeffizienz dar.

Vergleichswert	Gebäudestandard
0	Passivhaus
25	Effizienzhaus 40
50	MFH Neubau
75	EFH Neubau
100 bis 125	EFH energetisch gut modernisiert
150 bis 175	Durchschnitt Wohnungsgebäudebestand
200	MFH energetisch nicht wesentlich modernisiert
225 bis 250	EFH energetisch nicht wesentlich modernisiert

Tabelle 3: Vergleichswerte Endenergieverbrauch³⁸

³⁶ Vgl. [GeVe2014]

³⁷ [StDi2015]

2.4.1.2 *Einhaltungspflicht*

Ignorieren sollten Bauherren die Anforderungen der EnEV nicht, denn dafür ist eine Bußgeldstrafe in Höhe von bis zu 50.000 € vorgesehen. Geplant sind stichprobenartige Überprüfungen durch die Behörden, ob die durchgeführten Maßnahmen auch den Anforderungen der EnEV entsprechen. Jedoch gilt das Wirtschaftlichkeitsgebot, welches Haubesitzer von den Anforderungen befreit, wenn sich Investitionen in einem angemessenen Zeitraum nicht amortisieren. Außerdem gibt es eine Bagatellgrenze von zehn Prozent bei kleineren Sanierungsmaßnahmen. Bei energetischen Sanierungsmaßnahmen von mehr als zehn Prozent an Fenstern, Fassade, Decken und Dach gelten die aktuellen Anforderungen der EnEV. Werden diese zehn Prozent jedoch unterschritten, wenn z.B. nur Risse an der Fassade ausgebessert oder Dachziegel erneuert werden, greift die EnEV nicht.³⁹

Im Jahr 2009 wurde in der EnEV auch die Unternehmererklärung, die Handwerksbetriebe ausstellen müssen, eingeführt. Darin sind Bauteilerneuerungen von mehr als zehn Prozent zu dokumentieren und vom Fachhandwerker zu unterschreiben. Der Bauherr sollte die Erklärung fünf Jahre aufbewahren.

War bisher nur der Bauherr für die Umsetzung der EnEV verantwortlich, stehen nun alle Baubeteiligten in der Verantwortung: Planer, Ingenieur und ausführende Firmen.⁴⁰

2.4.2 **Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz**

Das EEWärmeG 2009 verfolgt das Ziel, dass in Deutschland spätestens im Jahr 2020 14 % der Wärme aus erneubaren Energien stammt. „Ziel ist es, einerseits Ressourcen zu schonen, andererseits aber eine sichere und nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten und aktiven Klimaschutz zu betreiben.“⁴¹ Mit der Novellierung zum 1.Mai 2011 gilt die Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien im Wärmesektor nicht nur für Neubauten, sondern auch für bestehende öffentliche Gebäude.

Zu den erneubaren Energien zählen: Wärme aus fester, flüssiger oder gasförmiger Biomasse, solare Strahlungsenergie, Umweltwärme oder Geothermie. Die Art der erneuerbaren Energieform ist dabei nicht vorgeschrieben.⁴² Welche Form von erneuerbaren Energien genutzt werden soll, kann der Eigentümer selbst entscheiden. Dabei sind einige Min-

³⁸ [VeNw2015]

³⁹ Vgl. [1EnF2015]

⁴⁰ Vgl. [StUI2010] S.32

⁴¹ [StUI2010] S.32

⁴² Vgl. [BAKA2015] S.129

destanforderungen zu beachten: Der Wärmebedarf soll anteilig mit erneubaren Energien gedeckt werden. Dieser Anteil ist abhängig davon, welche erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Bei der Nutzung thermischer solarer Strahlungsenergie müssen derzeit mindestens 15 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs des Gebäudes durch eine solarthermische Anlage gedeckt werden; bei der Nutzung von fester oder flüssiger Biomasse sind es 50 %, beim Einsatz von Geothermie ebenfalls 50%. Hintergrund der unterschiedlichen Quoten sind abweichende Investitions- und Brennstoffkosten.

Wer keine erneuerbaren Energien nutzen möchte, kann aus verschiedenen, so genannten Ersatzmaßnahmen wählen. So gilt die Nutzungspflicht als erfüllt, wenn der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50% aus Abwärme oder aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gedeckt wird. Ebenso können Ersatzmaßnahmen durch konventionell erzeugte Fernwärme oder Fernkälte sowie durch eine verbesserte Energieeinsparung beim Gebäude erzielt werden.⁴³

⁴³ Vgl. [2BuM2015]

3 Bestandsanalyse, Bestanderfassung und Bestandsbewertung

Um den Anforderungen der Bundesregierung und der Energiewende gerecht zu werden, sind Fachkräfte gefordert, die im Gebäudesektor bestehenden Einsparpotentiale zu erkennen und zu generieren sowie geeignete Maßnahmen zur Minderung des Energieverbrauchs zu identifizieren. Die Nachfrage an qualifizierte Fachkräfte im Umgang mit Bestandsimmobilien steigt stetig. Im Bestandsbau sind anders als beim Neubau vorhandene bauliche und technische Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Die energetische Sanierung beginnt mit der Analyse der unbekannt Parameter des Gebäudes. Diese werden im Rahmen einer Gebäuediagnose vor dem Beginn der eigentlichen Planungsaufgabe ermittelt. Um fachgerechte Maßnahmen und Kostenplanungen für eine folgerichtige Sanierung erstellen zu können, ist es notwendig, eine umfangreiche bautechnische und energetische Erfassung des Gebäudes durchzuführen. Dabei ist es wichtig, das Gebäude ganz individuell zu betrachten und zu analysieren.⁴⁴ Von Bedeutung ist, wie das Gebäude bisher genutzt wurde (Anamnese), wie der Zustand des Gebäudes ist (Diagnose), die Auswertung der Diagnose (Analyse) und was der „Heilungsprozess“ bzw. die werterhaltenden und -verbessernden Maßnahmen darstellen (Therapie). Daran schließt sich die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes nach Fertigstellung an und wie die Wartung und Unterhaltung gestaltet werden (Reha). Eine planungsrechtliche Prüfung des Denkmalschutzes und Baurechtes ist ebenfalls zu unternehmen. Bei der Planung sollte eine frühzeitige Abstimmung mit ggf. dem Denkmalschutz und den Behörden berücksichtigt werden.⁴⁵

3.1 Bauliche Analyse

Bei der Ermittlung des Heizenergieverbrauchs und des Energieeinsparpotentials ist ein detailliertes Wissen über die Baukonstruktion des bestehenden Gebäudes Grundvoraussetzung, denn nur auf dieser Grundlage können Entscheidungen über die folgenden Maßnahmen gezielt getroffen werden. Die Kenntnisse über Materialart, Bauteildicke und Bauteilaufbau sind von besonderer Bedeutung hinsichtlich der baulichen und energetischen Verbesserung des Objektes.

⁴⁴ Vgl. [StUI2010] S.9f

⁴⁵ Vgl. [BAKA2015] S.59

Bestandsgebäude weisen hinsichtlich ihres Alters typische Konstruktionsmerkmale und Mängel auf, welche in der folgenden Tabelle aufgelistet werden:

Gebäudealter	Typische Konstruktionsmerkmale für Wohngebäude
Bis 1918	<ul style="list-style-type: none"> • einschaliges, selten zweischaliges Mauerwerk, Naturstein- oder Vollziegelmauerwerk, regional Lehm- oder Fachwerkwände (ungedämmt) • ungedämmter Dachstuhl • kleinformatische, einfachverglaste Fenster • veraltete Heizungsöfen/ Brenneranlagen und Heizungen und Überdimensionierung • ungedämmte Keller- und Geschossdecken
Von 1919 -1948	<ul style="list-style-type: none"> • durch Kriegszeit bedingt oft mangelhafte Bauausführung und Materialqualität • Mauerwerk aus Voll- oder Lochziegeln mit strukturierter Putz- oder Klinkerfassade später Kalksandstein, Beton-, Betonschalungs- oder Betonhohlblockstein (ungedämmt) • ungedämmter Dachstuhl (U-Wert 1,8 bis 3 W/m²K) • einfachverglaste Holzfenster • Holzbalkendecken (U-Wert ca. 2,2 W/m²K) Kellerdecken z.T. Massivdecken, Stahlbetondecken oder Hohlsteindecken (ungedämmt) • veraltete Heizungsöfen/ Brenneranlagen und Heizungen und Überdimensionierung
Von 1949-1957	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederaufbau durch Kriegszerstörung, Wohnungsnot → kostensparende Bauweise, z.T. Verwendung minderwertiger Baumaterialien • Mauerwerk meist aus Voll- und Lochziegeln bzw. Betonsteinen, Betonschalungs- oder Betonhohlblocksteinen (24-30 cm dick), selten Verblendermauerwerk (ungedämmt) • Dachdeckung: sichtbare Sparren, mit Mineralwolle verkleidet und verputzt, ungedämmter Dachstuhl • ein- bis zweiflüglige, einfachverglaste Holzfenster • Ortbeton-/Holzbalkendecken, oberseitig Verbundestrich, Kellerdecken oberseitig Dielung oder Estrich (ungedämmt) • veraltete Heizungsöfen/ Brenneranlagen und Heizungen
Von 1958-1968	<ul style="list-style-type: none"> • Ende des Wiederaufbaus → neue Materialien, neue Konstruktionen, neue Formen des Bauens • Mauerwerk aus Lochziegeln, Betonsteinen oder Kalksandsteinen, minimale Wanddicken, Betonsandwichenelemente z.T. mit Kerndämmung • Dachdeckung meist Tonziegel und Betondachsteine, unzureichende oder fehlende Dämmung • Holz-, Aluminium- oder Kunststofffenster, großformatige Fensteröffnungen, Einfach- und Isolierverglasung • Betondecken mit schwimmenden Estrich (ungedämmt)
Von 1969-1978	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung neuer industrieller Bauweisen, Steigerung der Produktivität und Effizienz, sowie Senkung der Baukosten im Fokus • industriell vorgefertigte Stahlbetonbauteile, Mauerwerk aus

	<p>Lochziegeln, Betonsteinen oder Kalksandsteinen (30-40 cm dick), Putzfassaden (meist ungedämmt)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ungedämmter Dachstuhl, zunehmend Flachdächer • häufig Kunststofffenster, seltener Holz- und Aluminiumfenster, Isolierverglasung, großformatige Fensteröffnungen • Betondecken, schwimmende Estriche (ungedämmt) • Zentralheizungen, veraltete Heizanlagen
Von 1979-2000	<ul style="list-style-type: none"> • technische Entwicklung, neue ökologische und energetische Anforderungen, Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung • bewährte Systeme der Außenwände werden mit dickeren Dämmstoffschichten bzw. verbesserten Materialien ausgeführt, verputzt und mit Verblendermauerwerk versehen • zunehmend Kunststofffensterrahmen, doppelte Verglasung • gedämmte Dächer und Decken, vorgefertigte Sandwichelemente • Mängel bestehen größtenteils durch Schadstoffbelastungen in den Bauteilen, sowie Erneuerungen im Wärmeversorgungssystem
Ab 2001	<ul style="list-style-type: none"> • 1.2.1002 Ablösung der Wärmeschutzverordnung durch die Energieeinsparverordnung → vereint bis dahin gültige Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung • steigende Anforderungen an den Wärmeschutz • Etablierung von Niedrigenergiestandsystemen • Dämmung der Gebäudehülle und effiziente Anlagentechnik stehen im Fokus

Tabelle 4: Typische Konstruktionsmerkmale von Bestandsgebäuden⁴⁶

3.2 Denkmalschutz und Energieeffizienz

Etwa 5 % der bis 1978 errichteten Altbauten sind ganz oder teilweise denkmalgeschützt und unzählige weitere haben erhaltenswerte Fassaden. Der Denkmalschutz ist in den Denkmalschutzgesetzen der einzelnen Bundesländer geregelt. Das Denkmalschutzrecht begründet eine besondere Erlaubnispflichtigkeit baulicher Veränderungen des Denkmals.

Die gesellschaftspolitischen Interessen Energieeffizienz und Klimaschutz stehen nicht ohne Widerspruch zum Thema Denkmalschutz. Seitens des Denkmalschutzes soll die vorhandene Altbausubstanz dahingehend verändert, ertüchtigt und umgebaut werden, dass sie mit möglichst geringem Energieeinsatz sowie geringen CO₂-Emissionen nutzbar ist. Andererseits will der Denkmalschutz die Ursprünglichkeit und den möglichst unveränderten Weitererhalt von Substanz und Erscheinungsbild historischer Gebäude gewährleisten. Dabei bedeutet jede Veränderung zugunsten energiewirtschaftlicher Belange eine Verminderung an Originalerhalt. Denkmalpflegerische Auflagen beschneiden somit die Möglichkeiten auf Reduzierung des Energieverbrauchs. Diese Gegensätzlichkeit ist nur mit

⁴⁶ Vgl. [BAKA2015] S.21ff, [PfMa2008] S.56ff

Kompromissen und entgegenkommender Anforderung beiderseits zu lösen. Der Verzicht auf Maximalforderungen der einen Seite erlaubt es dann der anderen, wenigstens anteilig ihre Interessen zu verfolgen und umgekehrt. Denn jede neue Nutzung wirkt auf das Denkmal ein und verändert es.⁴⁷

Ohne eine Wiedernutzung der vorhandenen Substanz kann kaum ein Denkmal erhalten werden. Dabei gilt es Lösungen für die energetische Sanierung zu erarbeiten, die mit baukulturellen Erfordernissen vereinbar sind. Wie ein solcher Kompromiss aussehen kann, wird im nachfolgenden Fallbeispiel verdeutlicht.

3.3 Energetische Bestandsaufnahme

Modernisierung, Instandsetzung und Instandhaltung, aber auch Umbau und Erweiterung gehören zu den wesentlichen Maßnahmen im Umgang mit der bestehenden Bausubstanz. Als Grundlage dient dabei eine detaillierte Bestandsaufnahme für eine Bewertung der Bausubstanz bzw. der Anlagentechnik und zur Zielsetzung der Leistungen. Die energetische Bestandsaufnahme dient zudem der Ermittlung der Komponenten, an denen am meisten Energie verloren geht und wo Wärmebrücken oder Undichtheiten vorhanden sind.

Methoden der Bestandsaufnahme

Bestandsaufnahme vom Bauwerk:

- Handaufmaß
- CAD-gestütztes Handaufmaß
- Tachymetrie
- Fotogrammetrie
- mit dem IST-Zustand überprüfte Bestandspläne zur EDV Weiterverarbeitung, Archivierung

Bautechnische Bestandsaufnahme:

- Untersuchung der Tragfähigkeit
- Feststellung von Materialfestigkeiten
- Ultraschallmessung
- Feuchtemessung
- Salzuntersuchungen
- Ermittlung von Schichtdicke und Schichtaufbau
- Thermografie-Untersuchungen → Wärmebrücken lokalisieren
- Blower-Door-Test → Luftdichtheit beurteilen

⁴⁷ Vgl. [FrSa2010]

- Messungen von Luftfeuchte, Lufttemperatur, Luftströmung, Oberflächentemperatur
- einfache Messmethoden z.B. Gipsmarken, Karsten'sches Prüfröhrchen

Anlagentechnische und energetische Bestandsaufnahme:

- Prüfung der Anlage auf Vollständigkeit, Art, Zustand und technische Richtigkeit
- Erhebung bezüglich Verbräuche, Dimensionierung, Auslegung, Bilanzierung
- Dokumentation von Schwachstellen, Mängeln und Schäden⁴⁸

3.4 Gebäuediagnose "idi-al"

Grundlage für die Planung von energetischen Sanierungsmaßnahmen in der vorliegenden Arbeit ist die idi-al Methode. Diese Methode ist eine bundesweit anerkannte Methode, die eine ganzheitliche Untersuchung des bautechnischen und energetischen Zustands eines Gebäudes realisiert und kompetente und sachdienliche Auskünfte für weitere Entscheidungen ermöglicht. Zudem kann sie mit einer Energieberechnung ergänzend für eine Fördermittelbeantragung dienen und ist für alle Immobilienarten geeignet. Auf der Basis dieser Methode kann der Fachmann grundlegende Maßnahmen und Kosteneinschätzungen ableiten. Die Methode wurde entwickelt, um alle relevanten Parameter durch eine umfangreiche Analyse zu ermitteln.⁴⁹

Mithilfe einer Software werden die Gebäudedaten aufgenommen und stehen zur Weiterverarbeitung bereit. Einzelne Bauteile werden in einem sogenannten Stärken-Schwächen-Profil zusammengefasst und qualitativ bewertet. Das Stärken-Schwächen-Profil ist in 7 Kategorien von A bis G gegliedert (siehe Abb.6). Die Bewertung der einzelnen Gebäudeteile erfolgt anhand von hinterlegten Textbausteinen, die sowohl positiv als auch negativ mit der Bewertungsstufe 1- 5 bewertet werden (siehe Anlage Teil 1). Auf dieser Grundlage werden dann das Restrisiko und weitere Untersuchungen festgelegt, die Gewichtung der Maßnahmen definiert und die Kosten kalkuliert. Anwender der Methode sind Planer, Architekten, Fachingenieure, Energieberater und Sachverständige. Nutzer sind Käufer bzw. Verkäufer, Eigentümer, Bauherren Immobilienberater und Makler.⁵⁰

⁴⁸ Vgl. [PfMa2008] S.64

⁴⁹ Vgl.[EnGe2015]

⁵⁰ Vgl. [BAKA2015] S.47

Abbildung 6: Beispiel Stärken-Schwächen-Profil nach idi-al⁵¹

3.5 Qualitätssicherung

Ziel ist es, die energetische Sanierung und das energieeffiziente Bauen für den Investor verlässlicher zu machen und eine ganzheitliche Bauwerkswertförderung zu schaffen. Die Anforderungen der Effizienzhäuser und Einzelmaßnahmen verlangen eine hohe Qualität der energetischen Konzeption und der Fachplanung durch qualifizierte Fachleute, um das geplante energetische Niveau zu erreichen. Dafür hat die KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) ein umfassendes Qualitätssicherungssystem entwickelt, welches den kompletten Bau- und Planungsprozess, d.h. die Energieberatung und Vorhabensplanung, die Antragstellung und Zusage, die Umsetzung der Maßnahmen und den Abschluss des Vorhabens begleitet (siehe Abb.7).⁵²

Abbildung 7: Qualitätssicherungsinstrument der KfW⁵³

⁵¹ [1idi2015]

⁵² Vgl. [BAKA2015] S.133

⁵³ Vgl. [BAKA2015] S.133

Jedoch stehen nicht nur die Energieeinsparung im Mittelpunkt, sondern auch Aspekte des Brandschutzes, der Vermeidung von Schimmelpilzen und die Verbesserung des Wohnkomforts. Um alle Anforderungen zu erfüllen, ist es seit 2014 Pflicht, einen Sachverständigen aus der Expertenliste für Förderprogramme des Bundes in das Bauvorhaben einzubinden. Diese bieten eine kompetente Beratung von der Planung bis zur Abnahme der Maßnahmen. Alle Projektbeteiligten sollen so miteinander agieren, dass ein kostengünstiges, umweltverträgliches und sozial gerechtes Ergebnis der energetischen Sanierung erzielt wird. Prüffähige Baupläne und -beschreibungen sind Grundlagen einer planungs- und baubegleitenden Qualitätssicherung.

Grundsätzliche Maßnahmen zur Qualitätssicherung sind: die Festlegung der regelmäßigen Überprüfung, die Lieferung kompetenter Informationen, die richtige Auswahl der Projektbeteiligten, die eindeutige Leistungsbeschreibung, eine abgeschlossene Planung vor Baubeginn und eine umfangreiche Dokumentation aller prozessrelevanten Daten.⁵⁴

⁵⁴ Vgl. [PfMa2008] S. 207f

4 Planungsgrundsätze und Maßnahmen einer energetischen Gebäudesanierung

Die energetischen Schwächen von Bestandsgebäuden liegen vor allem in den Bereichen Gebäudekörper und Heizungssystem. Diese führen zu einem hohen Heizwärmebedarf des Gebäudes und Wärmeverlusten über die Gebäudehülle (siehe Abb.8). Eine umfassende Sanierung mit Wärmedämmung kann Energieverluste beispielsweise durch Wärmebrücken, d.h. örtlich begrenzte Stellen in einer Konstruktion an denen ein verstärkter Wärmedurchgang stattfindet, wesentlich verringern oder neutralisieren. Zudem spielen die richtige Fensterverglasung, ein effizientes Heiz- und Anlagensystem und der Einsatz einer Lüftungsanlage mit zu den wichtigsten Faktoren einer energieeffizienten Sanierung.

Bei der Planung von Maßnahmen zur Verbesserung des energetischen Gebäudestandards ist eine detaillierte Kenntnis über die vorhandene Bau- und Anlagentechnik unumgänglich. Dabei stehen vor allem die Kenntnis von bestehender Materialart, Bauteildicke und -aufbau der wärmetauschenden Hüllfläche sowie die Anlagentechnik im Vordergrund. An welchem Bauteil wie stark gedämmt werden muss, hängt von der Ausrichtung, der Geometrie, der Nutzfläche und der Anlagentechnik des Hauses ab. Die Bau- und Anlagentechnik müssen hierbei aufeinander abgestimmt sein, um Bauschäden zu verhindern und Einsparpotentiale bestmöglich auszuschöpfen.⁵⁵

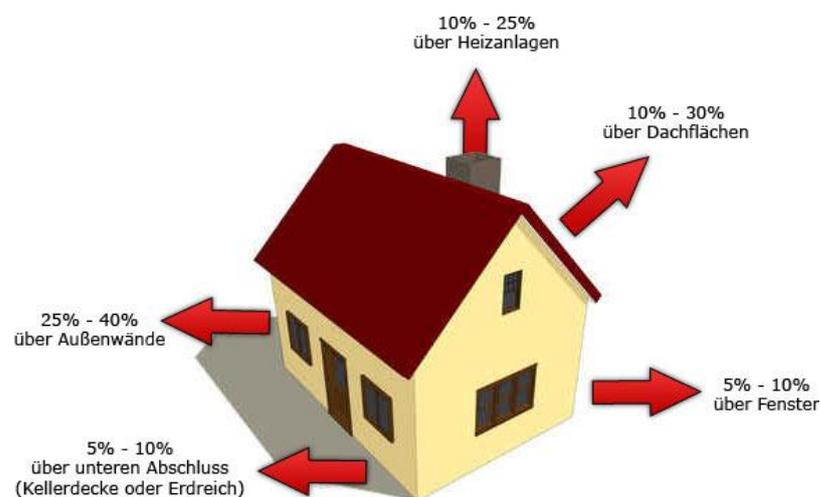


Abbildung 8: Wärmeverluste eines Hauses⁵⁶

⁵⁵ Vgl. [PfMa2008] S.131

⁵⁶ [RoFe2015]

4.1 Bauliche Maßnahmen der Gebäudehülle

Es gibt eine Reihe von Dämmstoffen für die Wand-, Boden- und Dachdämmung. Anorganische Dämmstoffe sind z.B. Glaswolle, Steinwolle, Gipschaum, geschäumte Materialien und Perlite. Zu den organischen bzw. natürlichen Stoffen zählen Holz, Kork Zellulose, Flachs, Stroh, Schilf, Seegras, Wolle und Baumwolle. Das eingesetzte Material variiert je nach gewünschtem Zweck, der jeweiligen Brandschutzanforderung und welche Dämmwirkung erreicht werden soll. Eine Dampfbremse oder -sperre ist bei nahezu allen gedämmten Konstruktionen (Dächer, Wände, Decken) ein wesentliches Element für die Gewährleistung der Luftdichtigkeit. Dabei handelt es sich um ein Material (Folie oder reißfeste Papierlage), welches unbeschädigt sein und mit allen Anschlussbauteilen verbunden werden muss, um den in der Innenluft befindlichen Wasserdampf daran zu hindern mit der Dämmung in Kontakt zu treten.⁵⁷

Die angebotenen Dämmstoffe werden entsprechend ihrer Wärmeleitfähigkeit in Gruppen eingeteilt (WLG). Die Einteilung reicht von WLG 020 bis WLG 065, in Sonderfällen auch darüber hinaus. Die Wärmeleitfähigkeit wird in Lambda angegeben, d.h. WLG 020 entspricht 0,020 W/mK. Je niedriger der Zahlenwert, umso besser die Dämmwirkung des Stoffes.

Eine wichtige Rolle bei der Dämmung spielt zudem der Wärmeschutz. Dieser umfasste alle Maßnahmen zum Verringern der Wärmeübertragung durch die Bauteile der Umfassungsfläche mit anderen Temperaturen. Dabei unterscheidet man in sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz. Der sommerliche Wärmeschutz hat die Aufgabe die Wärmezufuhr von außen weitgehend zu begrenzen. Der winterliche Wärmeschutz hingegen hat die Aufgabe den Wärmeverlust von innen nach außen möglichst gering zu halten.⁵⁸

4.1.1 Außenwanddämmung

Außenwände vermitteln nicht nur den visuellen Gesamteindruck eines Hauses, sie bieten zudem eine Schutzfunktion gegen Wärmeverluste, Schall- und Witterungseinwirkung und Brandbeanspruchung. Eine ungedämmte Hausfassade bietet durch Montage einer Wärmedämmung eines der größten Energieeinsparpotentiale. Die Praxis zeigt jedoch, dass eine Außenwanddämmung nicht an jedem Objekt realisierbar ist. Zum einen gibt es Hausaußenwände, die direkt an der Außenwand von Nachbargebäuden stehen, zum an-

⁵⁷ Vgl. [VeNw2009] S.91

⁵⁸ Vgl. [StUI2010] S.163

deren gibt es Häuser mit kunsthandlich verzierten Fassaden, die zum Teil denkmalgeschützt sind und daher nur von innen gedämmt werden können.

Neben unterschiedlichen Wandkonstruktionen wurden im Gebäudebestand auch unterschiedliche Materialien verbaut; hierbei sind klassische Baustoffe Holz, Mauerwerk und Beton. Außenwände können tragend oder nichttragend, einschalig oder zweischalig sowie bekleidet konstruiert sein. Durch fehlende oder unzureichende Wärmedämmung sind hohe Energieverluste, die Beeinträchtigung der Behaglichkeit der Innenräume und damit ein mangelhafter Wärmeschutz zu verzeichnen. Der fachgerechte Einsatz eines Wärmeschutzsystems ist eine effektive Möglichkeit diesen Faktoren entgegenzuwirken, den Heizwärmeverbrauch zu reduzieren und letztendlich einen Beitrag zum Schutz der Umwelt zu leisten und sollte daher unter Beachtung bautechnischer, gesundheits- und umweltrelevanter Kriterien erfolgen.⁵⁹

Es gibt eine Reihe verschiedener Möglichkeiten, eine Außenwand zu dämmen und somit den Wärmeverlust über diese zu verringern. Sie richten sich nach Art und Aufbau der vorhandenen Wandkonstruktion, nach bauaufsichtlichen Auflagen und den verfügbaren finanziellen Mitteln. Die am häufigsten praktizierte Dämmmaßnahme ist die Außenwanddämmung, welche eine physikalisch erprobte Lösung darstellt, Schutz der Bausubstanz bietet, Wärmebrücken vermindert, die Lebensdauer verlängert und insgesamt zum Werterhalt des Gebäudes beiträgt.

Angewendete Dämmmaßnahmen im Bestand sind Wärmedämmung als Wärmedämmverbundsystem (WDVS), Wärmedämmung mit Vorhangfassade, Wärmedämmung als Kerndämmung und die Innenwanddämmung. Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über alle Möglichkeiten nachträglicher Dämmmaßnahmen an der Außenwand. Mit einer geeigneten Dämmmaßnahme kann ein U-Wert von bis zu 0,2 W/m²K und kleiner erreicht werden. Je kleiner der U-Wert einer Gebäudewand ist, desto besser ist diese gedämmt.⁶⁰

⁵⁹ Vgl. [StUI2008] S.211f

⁶⁰ Vgl. [BAKA2015] S.190f

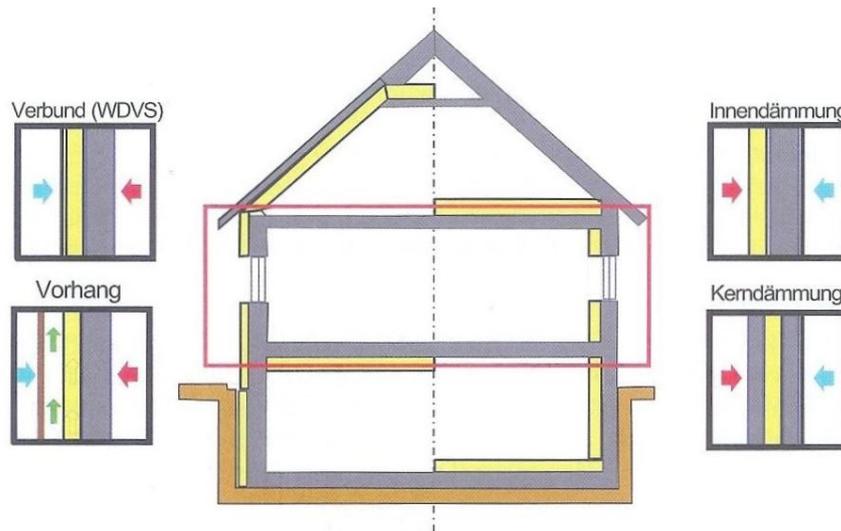


Abbildung 9: Varianten Wärmedämmung der Außenwände⁶¹

4.1.2 Fenstersanierung

Fenster dienen der Belichtung und Belüftung von Gebäuden und haben im Hinblick auf die Energieeffizienz eine gesonderte Rolle. Denn hier ist nicht nur der bauliche Zustand von Bedeutung, sondern auch das Lüftungsverhalten der Nutzer. Fenster stellen große energetische Schwachstellen am Haus dar. Hier drängt die kalte Luft nach innen, während die mühsam erzeugte Wärme nach draußen entfliehen kann. Zu den Sanierungsmaßnahmen von Fenstern zählt eine komplette Fenstererneuerung und eine Teilerneuerung. Oft sind die Fenster durch Pflege der Eigentümer noch intakt, weisen jedoch Mängel im Schließsystem, Undichtigkeit und fehlenden Wärme- und Schallschutz auf. Nur in den seltensten Fällen ist es möglich den Fensterahmen zu erhalten, denn auch ein energetisch optimierter Fensterrahmen trägt zu guten Wärmedämmwerten bei. Ein anderer Punkt ist, dass das Gewicht moderner Isolierverglasung in der Regel für alte Rahmen und Beschläge zu hoch ist und dies somit zum Versagen der Öffnungsmechanik führen kann.⁶²

Als Bestandteil der Außenhülle müssen Fenster heute den Anforderungen bezüglich Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Tauwasserschutz, Schlagregendichtheit, Luftdichtheit und Einbruchschutz genügen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und das Gesamtbild, die Struktur und die Architektur des bestehenden Objektes zu wahren, ist die richtige Wahl des auszutauschenden Fensters von großer Bedeutung. Im Bestand sind häufig Holzfenster, Kunststofffenster sowie Metallfenster mit Sprossenteilung vorzufinden. Maßnahmen bezüglich der Fenster sollten jedoch immer im Zusammenhang mit

⁶¹ [StUI2008] S.211

⁶² Vgl. [VeNw2009] S.174ff

der Außenwand gesehen werden, da ein Austausch der Fenster in den Aufbau der Außenwand eingreift, eine spätere Wärmedämmung schwieriger zu installieren wäre und an den Laibungen neue Wärmebrücken entstehen können.

Sanierungsmaßnahmen umfassen alle Bauteile des Fensters, d.h. Verglasung, Bauteilanschluss und Fensterrahmen. Die Wärmeleitfähigkeit des Fensters kann durch verschiedene bauliche Maßnahmen gesenkt werden. Zum einen durch den Austausch der Verglasung (Isolierverglasung oder Dreifach- Wärmeschutzverglasung), durch spezielle Wärmedämmbeschichtungen auf der Glasfläche (Zinnoxid, Gold, Silber), einer Gasfüllung im Scheibenzwischenraum (Schwefelhexafluorid) oder einer besonders schweren Ausbildung der Fenster zur Verbesserung des Schallschutzes. Wichtig ist außerdem die Dichtigkeit des Rahmens hinsichtlich Luftdichtigkeit und Schlagregenschutz.⁶³

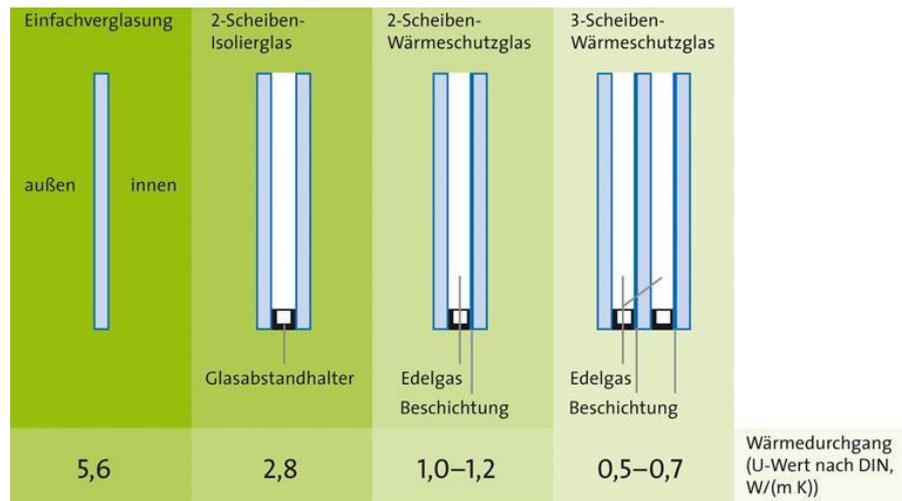
Für den Einbau neuer Fenster gibt es zahlreiche Richtlinien. Hierbei ist vor allem der Anschlussbereich zwischen Mauerwerk und Fensterrahmen (Zarge) von Bedeutung. Unsachgemäßer Einbau kann zu Wärmebrücken, Feuchteproblemen, Rissen und letztendlich auch zu Bauschäden führen. Der Fenstertausch sollte im Sommer und vor der Innendämmung durchgeführt werden, um neue Wärmebrücken und Schimmelbildung zu vermeiden.⁶⁴ Das Fenster sollte aber in jedem Fall keinen niedrigeren U-Wert wie die Außenwand haben, da die Fensterscheibe nach der Sanierung unter Umständen nicht mehr der kälteste Bereich im Raum ist und die Kondensation der Raumluft nicht mehr an der kalten Fensterscheibe, sondern am kältesten Bauteil, in dem Fall der Außenwand stattfindet und es folglich zu Feuchteschäden kommen kann.

Ziel einer Fenstersanierung soll die Verbesserung der Luftdichtheit und des Raumklimas sowie die Verringerung eines unkontrollierten Luftaustausches durch undichte Fenster, des Energieverlustes und der Schallübertragung sein. Die Senkung des U-Wertes allein um 0,1 W/m²K spart beispielsweise pro Quadratmeter Fensterfläche einen Liter Heizöl im Jahr.⁶⁵

⁶³ Vgl. [StUI2008] S.172ff

⁶⁴ Vgl. [EnSp2015]

⁶⁵ Vgl. [StUI2008] S.171

Abbildung 10: Verglasung und Wärmedurchgang⁶⁶

4.1.3 Dachdämmung

Das Dach hat die Aufgabe, die Bewohner und das Inventar eines Hauses vor Einflüssen der Außenwelt zu schützen. Diese Funktion übernimmt jedoch nur eine intakte und dichte Dachhaut. Vor allem im Dachbereich spielen die Luftdichtheit, bauphysikalische Anforderungen an den Wärmeschutz und die Verhinderung von Wärmebrücken eine wichtige Rolle. Beim klimabedingten Feuchteschutz steht die Verhinderung von Feuchtigkeitseinflüssen innerhalb der Dämmkonstruktion im Fokus. Einer Dämmmaßnahme im Dach sollte eine sorgfältige Analyse der vorhandenen Bausubstanz bezüglich Sparrenbreite, Raumhöhe, statische Last, und Dachneigung vorausgehen. Daher ist vor einer energetischen Dachsanierung zu überlegen, ob das vorhandene Dach erneuert werden muss oder ob es vom Zustand her erhaltenswert ist. Danach können verschiedene Konstruktionsmöglichkeiten infolge von Betrachtungen des sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes durchgeführt werden.⁶⁷

Entscheidend ist, ob der Dachraum bewohnt werden soll oder ob er nur zur Lagerung genutzt wird. Je nach gewünschter Nutzung bietet sich eine komplette Dachdämmung oder lediglich die Dämmung der obersten Geschossdecke zum unbewohnten Dach hin an. Besteht weder die Absicht noch die Möglichkeit den Dachraum als Wohnraum zu nutzen, ist es wirtschaftlicher und damit auch preisgünstiger den Dachraum als Kaltdach zu belassen. Ein Kaltdach hat im Unterschied zu einem Warmdach eine Be- und Entlüftungsebene zwischen Dachhaut und Wärmedämmung. Soll der Dachraum bewohnt werden, sollte die Decke zum Spitzboden ebenfalls gedämmt werden. Es empfiehlt sich bei Altbauten mit geneigten Dächern zunächst, die komplette Sparrenhöhe für eine so-

⁶⁶ Vgl. [ScWo2015]

⁶⁷ Vgl. [StUI2010] S.38f

nannte Zwischensparrendämmung auszunutzen. Genügt diese nicht, gibt es noch weitere Möglichkeiten einer Aufsparrendämmung, einer Untersparrendämmung oder einer Kombination einzelner Verfahren. Desweiteren sind belüftete und unbelüftete Konstruktionen zu unterscheiden.

Es gibt in der Praxis folgende Konstruktionsprinzipien:

- Zwischensparrendämmung, belüftet
- Zwischensparrendämmung, unbelüftet
- Zwischensparrendämmung kombiniert mit Aufsparrendämmung, unbelüftet
- Zwischensparrendämmung mit Untersparrendämmung, unbelüftet
- Aufsparrendämmung, unbelüftet
- Untersparrendämmung, belüftet
- Dämmung auf Massiver Dachkonstruktion ⁶⁸

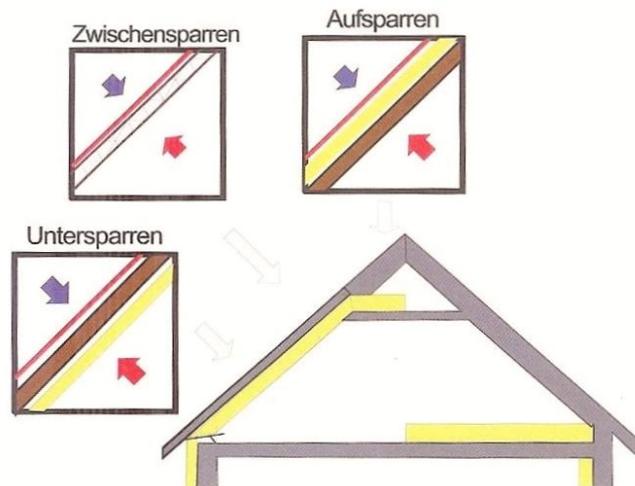


Abbildung 11: Varianten der Dämmung am geneigten Dach ⁶⁹

Die Dämmung einer Zwischensparren- oder Untersparrendämmung wird von innen montiert, entweder zwischen oder unter den Sparren der von der Traufe zum First laufenden Träger des Dachstuhls. Im Gegensatz dazu wird eine Aufsparrendämmung von außen angebracht und erfordert somit einen höheren Aufwand. Jedoch bleibt hier der Dachinnenraum unberührt und die Dicke der Dämmschicht kann optimal gewählt werden. Hinsichtlich der Belüftung ist diese sinnvoll, damit aufsteigende Luft entweichen und Feuchtigkeit heraus diffundieren kann. Führt man eine Wärmedämmung ohne Hinterlüftung aus, muss die innere Dampfsperre absolut dampfdicht ausgeführt werden. Handelt es sich um ein Flachdach, also ein Dach mit nur geringer oder keiner Neigung, gibt es bei einer nachträglichen Dämmung grundsätzlich zwei Möglichkeiten: entweder wird das vorhandene

⁶⁸ Vgl. [BAKA2015] S. 272ff

⁶⁹ [StUI2010] S.38

Dach demontiert und mit einer Dämmung wieder neu aufgebaut oder eine Einblasdämmung wird vorgenommen.

Ein gut gedämmtes Dach kann die Wärmeverluste des gesamten Hauses um rund 15-20 % mindern. Vorteile einer Dämmung des Daches sind nicht nur im Winter zu verzeichnen; auch im Sommer schützt eine gute Dämmung vor übermäßiger Hitze. Eine Wärmedämmung der Gebäudehülle sollte im Idealfall ohne Unterbrechung durchlaufen. Im Falle einer Außendämmung sollte der Dachüberstand für eine eventuelle Fassadendämmung vorbereitet werden, um einen geeigneten Anschluss gewährleisten zu können.⁷⁰

4.1.4 Dämmung der Kellerdecke

Besonders in Altbauten ist eine Kellerdeckendämmung nur selten vorhanden, so dass die Wärme aus den Wohnräumen nahezu ungehindert abfließen kann. Eine folglich sparsame und effektive Maßnahme ist die Wärmedämmung der Kellerdecken oder von Estrichböden, welche beheizte Räume vor Wärmeverlusten schützt und die Kosten vergleichsweise nur einen geringen Aufwand erfordern. Die EnEV fordert, dass die unterste Decke entsprechend dem vorgeschriebenen Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 gedämmt werden muss. Je nach Örtlichkeit und Möglichkeit sollte die Dämmung bevorzugt aus Mineralfaserplatten, Hartschaum- oder Steinwollplatten vollständig und lückenlos an der Unterseite der Decke angebracht werden. Besonders günstig ist dies, wenn unbeheizte Kellerräume zum Wohnraum hin gedämmt werden. Um Wärmebrücken zu vermeiden, sollte die Dämmung zusätzlich mindestens 50 cm an der Wand nach unten gezogen werden. Eine Dämmung ab einer Stärke von acht 8 Zentimetern erhöht den Wohnkomfort im Erdgeschoss und senkt erheblich die Heizkosten. Da in Kellerräumen von Bestandshäusern oftmals Feuchtigkeit herrscht, sollte man im Zuge einer Sanierung eine mögliche Dichtungsmaßnahme berücksichtigen um die optimale Effizienz einer Kellerdämmung zu erreichen.⁷¹

⁷⁰ Vgl. [StUI2010] S. 39ff

⁷¹ Vgl. [2EnF2015]

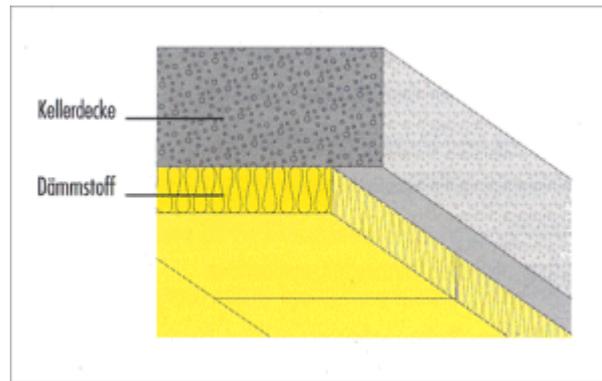


Abbildung 12: Schematische Darstellung Dämmung der Kellerdecke⁷²

4.2 Maßnahmen der Haustechnik

4.2.1 Optimierung der Heizungsanlage

Neben der energetischen Optimierung der Gebäudehülle sollte auch das Heizsystem verbessert und optimal an die neue Gebäudehülle angepasst werden. Der größte Energieverbrauch der Haushalte entsteht beim Heizen; somit liegen auch hier die größten Einsparkapazitäten. Bei der energetischen Sanierung spielt die Heizungsanlage in Kombination mit regenerativen Energien, insbesondere im Hinblick auf Ressourcenschonendes und umweltgerechtes Bauen eine immer größere Rolle. Erneuerbare bzw. regenerative Energien werden aus Quellen bezogen, die sich kurzfristig selbst regenerieren, d.h. aus nachwachsenden Rohstoffen (Biomasse) oder aus Elementen, deren Quelle sich durch die Nutzung nicht erschöpft (Sonne, Wind, Wasser, Erdwärme).⁷³ Welche Energiemedien am Standort eingesetzt werden können und welche Heizsysteme im Gebäude installierbar sind, hängt von der Beschaffenheit des Gebäudes ab.

Grundsätzlich ist in einer Bestandsaufnahme zu prüfen, ob eine komplette Heizungsanierung notwendig ist oder ob nur einzelne Komponenten ausgetauscht werden müssen. Hierbei ist das Alter, die Bauart und die Größe der bestehenden Anlage zu untersuchen. Die EnEV 2014 enthält in § 10 grundlegende Bestimmungen für die Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden. Die klassische Heizungsanlage besteht aus dem Vorratsbehälter für den Brennstoff oder der Außenzufuhr des Brennstoffes, dem Brenner, dem Heizkessel, den Heizungspumpen, dem Rohrsystem, den Heizkörpern und den Sicherungseinrichtungen. Von energetischer Bedeutung sind vor allem der Heizkessel, der Brenner, die

⁷² [BuWä2015]

⁷³ Vgl [HoRe2012] S.106

Rohrsysteme und die Heizkörper selbst. Nicht nur über die technische Ausstattung, sondern auch über das Heizmedium lässt sich Energie viel effizienter nutzen.

4.2.1.1 Heizungsanlage sanieren

Eine schlechte Verbrennungstechnik, die Überdimensionierung der Heizsysteme und zu hohe Kesseltemperaturen verbrauchen unnötig Heizstoffe. Demzufolge werden Schwachstellen im Bereich des Heizungskessels sowie die Wärmeverteilung und der Wärmeübergabe untersucht. Bereits die Sanierung der bestehenden Heizanlage kann den Energieverbrauch und die Betriebskosten erheblich senken.

Die folgende Abbildung zeigt Möglichkeiten zur Optimierung einer vorhandenen Heizungsanlage. Diese Möglichkeiten bestehen jedoch nur, wenn die Werte nach dem Austausch oder der Optimierung der Komponenten die geforderten gesetzlichen Bestimmungen erfüllen.⁷⁴

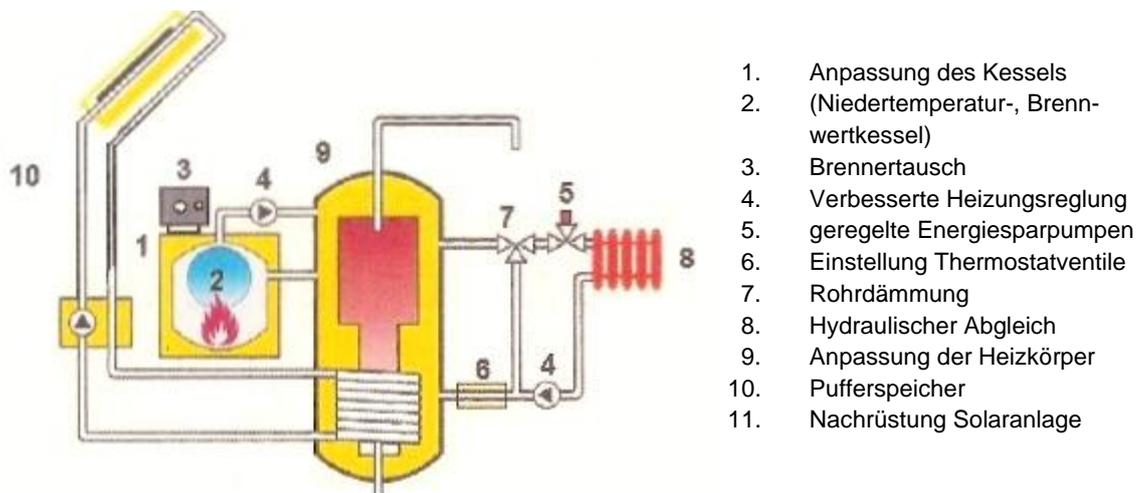


Abbildung 13: Möglichkeiten zur Optimierung der Heizungsanlage⁷⁵

4.2.1.2 Heizungsanlage erneuern und regenerative Systeme nutzen

Eine Komplettsanierung bedeutet die Entscheidungsfindung für ein neues Heizsystem, die Entscheidung über den Heizstoff, Überlegungen zur Peripherie, den Kosten und der Umweltverträglichkeit der neuen Anlage. Es gibt eine weit gefächerte Palette an Varianten, erneuerbare Energien im Sanierungsbau einzusetzen. Welche Variante die jeweils effektivste und wirtschaftlichste ist, hängt von der Art und Beschaffenheit des Gebäudes und

⁷⁴ Vgl. [StUI2010] S 219f

⁷⁵ [StUI2010] S.38

des Standortes ab. Bei einem guten Standort bzw. einer guten Gebäudeausrichtung ist die Nutzung regenerativer Energien wie Solarenergie, Photovoltaik oder sogar Geothermie möglich.⁷⁶ In diesem Zusammenhang wird in der zum 01.08.2014 novellierten Fassung des EEG das Ziel festgehalten, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu unterstützen und den Beitrag erneuerbarer Energien zur Endenergiegewinnung zu erhöhen.

Im Folgenden werden regenerative Energiesysteme vorgestellt, welche für die Beheizung und die Warmwasserbereitung genutzt werden können.

Sonnenenergie – Solaranlagen

Eine Solaranlage wandelt Sonnenenergie in Wärme um. Es besteht die Wahl zwischen Solarthermiesystemen, welche nur für die Warmwasserbereitung zuständig sind oder Anlagen, welche die gewonnene Wärme auch der Raumheizung zur Verfügung stellen. Dabei wird die Wärme der Sonne gezielt genutzt, um Küche, Bad und Dusche mit warmem Trinkwasser zu versorgen. Photovoltaiksysteme nutzen zudem die Sonnenenergie zur Umwandlung in elektrischen Strom.

Optimale Voraussetzungen für eine Solaranlage am Gebäude sind eine Südausrichtung des Daches und ein Neigungswinkel zwischen 30 - 50 Grad (Warmwasser) oder 45 - 70 Grad (Kombianlage). Die Kollektoren oder Module können aber auch an der Fassade integriert oder gegebenenfalls als separates Element im Garten installiert werden.⁷⁷

Wärme aus der Erde/ der Luft/ dem Wasser – Wärmepumpen

„Eine Wärmepumpe arbeitet im Prinzip wie ein Kühlschrank, der über einen elektrisch betriebenen Motor Wärme aus dem Innenraum abzieht und nach außen ableitet.“⁷⁸ Bei dem Tausch der Heizung gegen eine Wärmepumpe bleibt der Heizkreislauf bestehen und der Kessel entfällt. Die Wärmepumpe entnimmt ihre Energie dem Erdboden (Sole-Wasser-Wärmepumpe) oder der Umgebungsluft (Luft-Wasser-Wärmepumpe).⁷⁹ Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ist preisgünstiger als eine Erdwärmepumpe, jedoch fallen die Heizkosten bei dieser Variante höher aus.

Wärmepumpen lassen sich gut mit Photovoltaik-Anlagen kombinieren. Diese übernehmen einen wesentlichen Teil des Strombedarfs der Wärmepumpe. Je tiefer man in das Innere

⁷⁶ Vgl. [StUI2010] S.205

⁷⁷ Vgl. [HaPr2009] S.10

⁷⁸ [HaPr2009] S.10

⁷⁹ Vgl. [HaPr2009] S.12

der Erde mittels Bohrungen vordringt, desto wärmer wird es. In den ersten 100 Metern ist die Temperatur konstant um die 10°C. Danach steigt sie alle 100 Meter um circa 3°C.⁸⁰

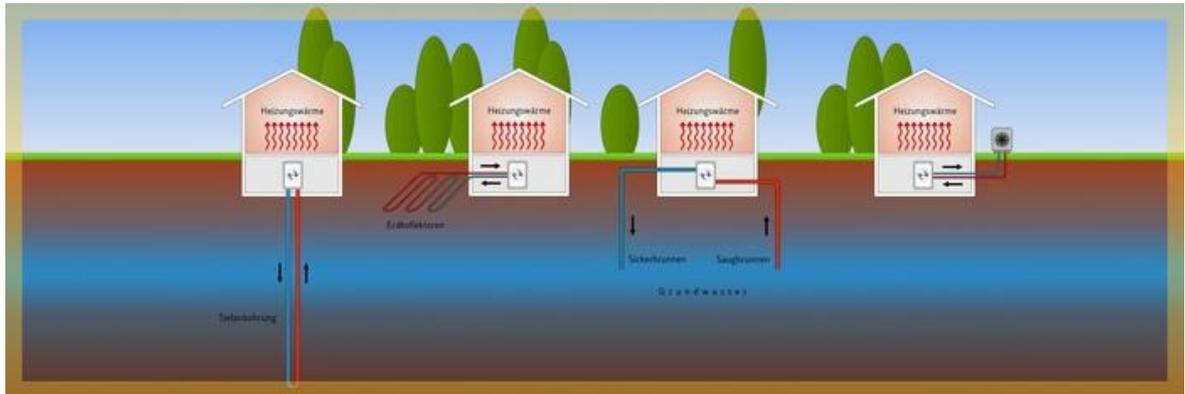


Abbildung 14: Möglichkeiten von Wärmepumpen⁸¹

Biomasse – Holzpellettheizung

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff. Für größere Wohngebäude hat sich mittlerweile die Holzpellettheizung bewährt. Eine Pellettheizung arbeitet wie eine herkömmliche Gasheizung. Der Brennstoff wird verfeuert und die Wärme über den Heizkreislauf abgegeben. Der Unterschied zum Gaskessel besteht darin, dass der Brennstoff zur Bereitstellung eines zusätzlichen Lagers bedarf. Die Brennstoffkosten sind jedoch deutlich niedriger als bei einer Gasheizung und die Pellets heizen fast CO₂ neutral.⁸²

Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) gilt als effizienteste Form der Energieversorgung durch den sparsamen Einsatz von Brennstoffen. Die KWK lässt sich sogar mit vorhandenen Öl- oder Gasheizungsanlagen kombinieren, was zu einer Reduzierung des Energieeinsatzes beim Heizen um 50 % und mehr führen kann. Das System stellt gleichzeitig Strom und Wärme bei einer effizienten Nutzung der Primärenergien bereit. Bei diesem Prinzip wird sowohl bereitgestellte Elektrizität als auch die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme genutzt. Das trägt zur Senkung der Energiekosten bei und schont die Energieressourcen.

⁸⁰ Vgl. [2Bau2015]

⁸¹ [ErWä2015]

⁸² Vgl. [HaPr2009] S.12

Dieser thermodynamische Prozess ist vielseitig nutzbar und wird für drei Techniken verwendet: Wärmeauskopplung aus Heizkraftwerken, Blockheizkraftwerken (BHKW) und Brennstoffzellen.⁸³ Seit etwa fünfzehn Jahren kommen für den Einsatz in Einfamilienhäusern, Wohngebäuden und kleinere Gewerbebetriebe sogenannte Mini-KWK-Anlagen zum Einsatz, welche staatlich durch Zuschüsse gefördert werden.⁸⁴

Biogas

In einer Biogasanlage wird Biogas aus Biomasse erzeugt. Das Nebenprodukt ist ein Dünger. Genutzt werden verschiedene Rohstoffe, wie beispielsweise Bioabfall, Gülle, Klärschlamm, Fette oder Pflanzen. Meist wird das entstandene Gas zur Strom- und Wärmeerzeugung in angeschlossenen Kleinkraftwerken genutzt. Aufgrund der beim Zersetzungsprozess entstehenden Gerüche, werden Biogasanlagen fast nur in ländlichen Regionen eingesetzt.

4.2.2 Einsatz von Lüftungsanlagen

Bei gut gedämmten Häusern entfallen nur noch 35-50% des Gesamtwärmeverlustes über die Wände, sodass der Lüftungswärmebedarf bis zu 2/3 ausmacht. Um neben der Energieeinsparung auch ein Schutz gegen Feuchte und andere Einflüsse zu gewährleisten, kommen Lüftungsanlagen in der Gebäudetechnik zum Einsatz. „Lüftungsanlagen dienen der Lufterneuerung, insbesondere der Versorgung von Atemluft, dem Abtransport von Luftverunreinigungen (Geruchsstoffe, CO₂, Stickoxide, freigesetzten Stoffen aus Reinigungsmitteln) und der Regulierung der Raumfeuchte.“⁸⁵ Die Gebäudelüftung findet durch freie Lüftung oder raumluftechnische Anlagen statt. Energetisch am effektivsten sind Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Diese nutzen die Abwärme oder Kühle der verbrauchten Luft (Abluft), um frische Luft (Zuluft) im Winter aufzuwärmen und im Sommer zu kühlen.

Bei zentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Abb.15) wird die verbrauchte Luft aus Küche, Bad, WC und Hauswirtschaftsraum abgesaugt. Dabei wird zentral über einen Wärmetauscher die Wärme entzogen und die Abluft ins Freie befördert. Zugleich wird frische Außenluft angesaugt, durch einen Luftfilter gereinigt, über den Wärmetauscher erwärmt und über Frischluftkanäle den entsprechenden Räumen wie Wohnzimmer, Schlafzimmer und Kinderzimmer zugeführt.

⁸³ Vgl. [HeFi2015]

⁸⁴ Vgl. [HaPr2009] S.13

⁸⁵ [BAKA2015] S. 357

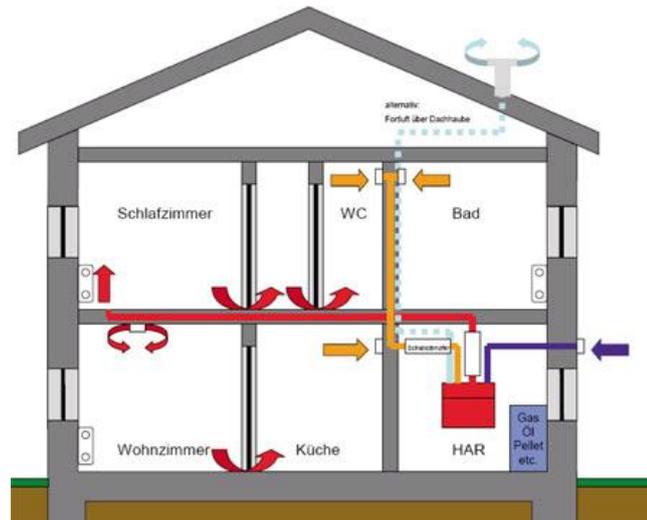


Abbildung 15: Zentrales Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung⁸⁶

Ist der bauliche und finanzielle Aufwand für ein zentrales System zu hoch, gibt es insbesondere für Bestandsgebäude dezentrale Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung (Abb.16) als Alternative. Sie bestehen aus einzelnen Lüftungseinheiten und werden für jeden Raum, der be- und entlüftet werden soll, mit einem elektrischen Anschluss in der Außenwand montiert. Im Betrieb strömt frisch gefilterte und vorgewärmte Luft ein, während verbrauchte nach außen befördert wird. Der verbrauchten Luft wird dabei Wärme entzogen, die dann der frischen Luft wieder zugeführt wird.⁸⁷



Abbildung 16: Dezentrales Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung⁸⁸

⁸⁶ [StUI2010] S.303

⁸⁷ Vgl. [StUI2010] S. 307f

⁸⁸ [StUI2010] S.309

5 Fallstudie: Energetisches Sanierungsvorhaben eines Mehrfamilienwohnhauses

5.1 Problemstellung

Anhand der erarbeiteten Maßnahmenplanung zur Steigerung der Energieeffizienz beim Bauen im Bestand wurde diese an einem Sanierungsvorhaben in Bad Belzig erprobt. Im Fokus standen dabei die im vorhergehenden Kapitel behandelten Maßnahmen, die den wesentlichen Teil der Energieeinsparung ausmachen. Das sind energetische Maßnahmen an der Gebäudehülle und Maßnahmen bezüglich der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Weitere bauliche Aktivitäten einer umfangreichen Sanierung sind nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit. Grundlagen für die Variantenuntersuchung waren Bestandspläne, Fotodokumentationen, ein idiosyncratic Gutachten der Gebäudeeinschätzungsstufe A plus, eine restauratorische Befunderhebung an der historischen Fassadenoberflächen und ein Holzschutztechnisches Gutachten. Zur Unterstützung der Untersuchung von Maßnahmen an der Gebäudehülle dienten zudem Entwürfe der Sanierungsplanung. Die genannten Dokumente wurden vom Ingenieurbüro Integra Planen und Gestalten zur Verfügung gestellt. Ziel war die Erarbeitung von einem energetischen Maßnahmenkonzept, das zur Senkung des Energieverbrauches und der Reduktion von CO₂-Emissionen beiträgt.



Abbildung 17: Sanierungsobjekt in Bad Belzig⁸⁹

⁸⁹ [DrUd2014]

5.2 Bauliche und energetische Bestandserfassung

5.2.1 Anamnese

Das zweistöckige, massiv gebaute Baudenkmal mit Stuckfassade und Satteldach befindet sich auf der Straße der Einheit 47 in 14806 Bad Belzig, Landkreis Potsdam-Mittelmarkt. Das Gebäude liegt an der Einmündung der Puschkinstraße, schräg gegenüber der Gertraudten-Kapelle. Die Entstehungszeit des einseitig angebauten Gebäudes ist Schätzungen zu Folge um 1890/1900. In den Jahren 1920 und 1935 wurde es laut Denkmalliste des Landes Brandenburg (Dokument-Nr. 09191467) umgebaut.⁹⁰ Der vollunterkellerte Mauerwerksbau mit teilausgebautem Dachgeschoss stand ungefähr 10 Jahre leer und wurde zuvor viele Jahre nur im Erdgeschoss genutzt. Die Nutzfläche des Gebäudes beträgt 393 m², davon umfasst die Wohnfläche 287 m² vor der Sanierung. Das gesamte Grundstück erstreckt sich über 667 m². Die Eintragung ist verzeichnet im Grundbuch Belzig, Blatt 621 auf dem Flur 8 mit der Flurstücks-Nummer 279/1.⁹¹

5.2.2 Zustandsanalyse, Gebäuediagnose, Bewertung

Die beiden straßenseitigen Fassadenflächen sind mit gründerzeitlichem Stuck gestaltet und an der Westseite des Hauses befindet sich ein Garten mit jüngeren Anbauten (Anbau mit Abstellkammer, Anbau mit Zugang zum Treppenhaus und Anbau als Gartenhaus) und einer nachträglich angefügten Toreinfahrt. Die beiden Hauptgeschosse mit jeweils sechs Fensterachsen pro Seite sind über einem Kellersockel angeordnet. Der Fassadenputz und die Fenster stammen aus der Bauzeit, einige Fenster wurden nachträglich zu Kastenfenstern aufgedoppelt. Durch Gesimse und eine durchgängig funktionierende Entwässerung ist der Fassadenputz nach über 120 Jahren Standzeit noch relativ gut erhalten; nur im Sockelbereich wurde der Putz auf Grund von Schäden erneuert. Gründerzeitliche Öfen gehören zum Bestand des Gebäudes.⁹² (siehe Anlage Teil 2)

Eine Holzschutztechnische Untersuchung durch Anbohren, endoskopische Analysen und Probeentnahmen der Dach- und Dachgeschossdeckenkonstruktion sowie der Decke über dem Erdgeschoss bzw. über dem Keller ergab, dass ein echter Hausschwamm nicht vorhanden ist, jedoch der Befall von Hausbockkäfern, Nagekäferarten und Nassfäulepilzen festgestellt wurde. Dieser Befall wird in Folge einer Sanierung mit einer Insektenbekämpfung beseitigt werden müssen.⁹³ Zudem ist der Zustand des Denkmals bedenklich. Es

⁹⁰Vgl. [LaBr2012]

⁹¹ Vgl. [2idi2013]

⁹² [DrUd2014]

⁹³ Vgl. [SaUw2012]

sind einige Erneuerungen erforderlich, insbesondere das Erscheinungsbild ist durch reversible nachträgliche Veränderungen verfälscht und partielle Verluste an historischen Bauteilen sind zu erkennen.

Der Endenergie- und Primärenergiebedarf (Energieeffizienzklasse H) des Bestandes liegen deutlich unter den heutigen Anforderungen, sodass eine wärmetechnische Ertüchtigung des Gebäudes dringend erforderlich ist, um den Primärenergiebedarf zu senken und eine energetische Qualität des Gebäudes zu sichern (siehe Abb.18). Gemäß dem Energiesteckbrief des Bestands liegt die Anlagenaufwandszahl e_p bei $2,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, die CO_2 -Emission bei $156,41 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$ und der Transmissionswärmeverlust H_t bei $1,77 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

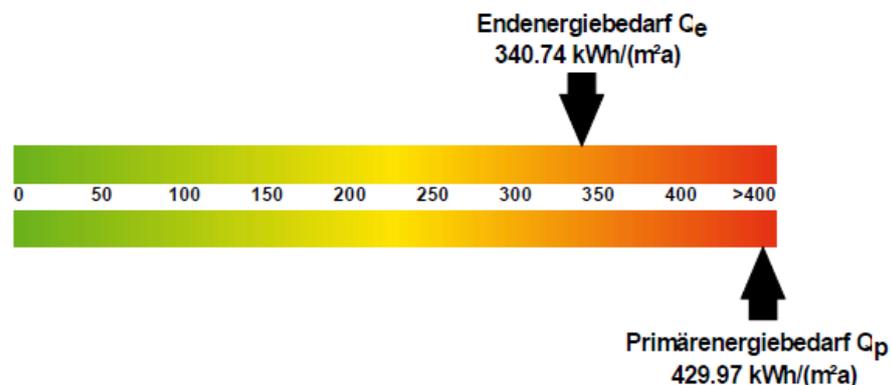


Abbildung 18: Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf Bestand⁹⁴

Die Bauzustandsanalyse nach idi-al zeigt den momentanen Zustand sowie Risiken und Chancen des denkmalgeschützten Wohnhauses. Es wurden alle Bauteile untersucht und sowohl bautechnisch als auch energetisch bewertet (vollständiges SSP in Anlage Teil 1).

Beruhend auf dem jetzigen Zustand des Gebäudes werden am Hauptgebäude nach idi-al folgende Sowiesomaßnahmen empfohlen: die Trockenlegung des Unter- bzw. Erdgeschosses, die Erneuerung der Entwässerung, die Sanierung der Stahlkappendecke, die Komplettsanierung und Restauration der Fassade, eine Fenstererneuerung, die Erneuerung des Daches und der Dacheindeckung, Holzschutzmaßnahmen, eine Fußbodensanierung, Restauration und Putzen der Wände und Decken, die komplette Erneuerung der Heizung und die Neuinstallation von Elektronik und Sanitär.⁹⁵

Geplant ist zudem der Ausbau des Dachgeschosses zu einer weiteren Wohneinheit. Damit vergrößert sich die beheizte Gebäudenutzfläche voraussichtlich auf $592,60 \text{ m}^2$ und

⁹⁴ [2idi2013]

⁹⁵ Vgl. [2idi2013]

das beheizte Gebäudevolumen entspricht dann 1851,90 m³. Die Hüllfläche beträgt dabei 896,55 m².⁹⁶

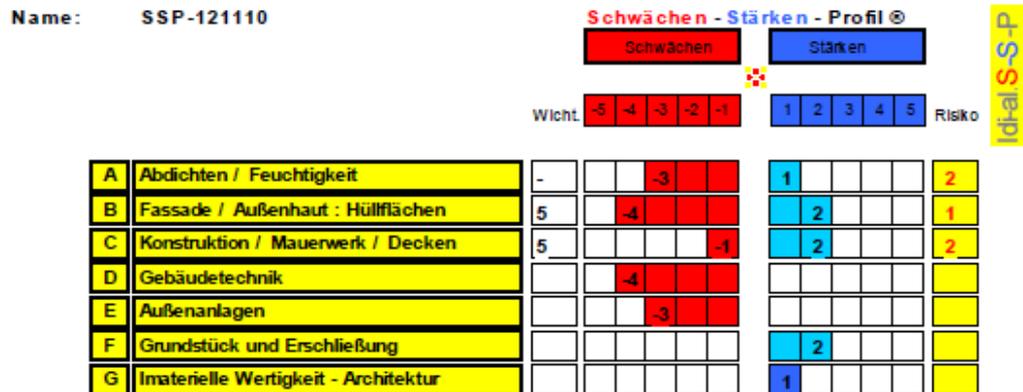


Abbildung 19: Zusammenfassung SSP Bestand⁹⁷

5.3 Energetische Maßnahmenplanung

5.3.1 Gebäudehülle

Fasadendämmung

Die Oberflächenbeschichtung der Außenfassade ist verbraucht und weist optische Mängel wie einzelne Risse und Fehlstellen auf. Der Zustand der unsanierten Außenwände ist mit einem Reparaturrückstau zu verzeichnen, jedoch ist eine Reparatur bzw. Restauration in einem vertretbaren Rahmen möglich. Die restauratorische Befunderhebung ergab, dass die Fassadenfarbigkeit des Denkmals wieder aufgegriffen werden kann.⁹⁸ Die Architektur des Objektes ist einfach, weist jedoch die Verwendung von gehobenen Materialien und aufwendigen Details an der Außenfassade auf.

Auf Grund von denkmalpflegerischen Auflagen und der Erhaltung der gründerzeitlichen Stuckfassade ist die Wahl der Dämmung eingeschränkt. Daher können nur Wärmedämmmaßnahmen von innen ausgeführt werden.

⁹⁶ [ZiUI2015]

⁹⁷ [2idi2013]

⁹⁸ Vgl. [2idi2013]

Gemäß folgender Abbildung kommt ein Wärmedämmputz oder eine Innendämmung in Betracht. Das Aufbringen von Wärmedämmputzen spielt jedoch durch die Anforderungen der EnEV eine untergeordnete Rolle und wird nur in Einzelfällen angewendet.

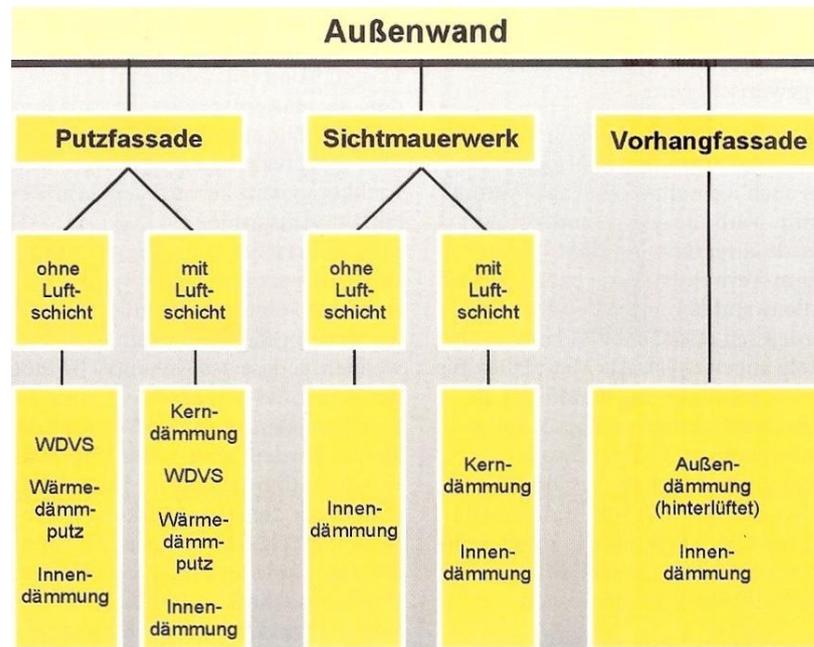


Abbildung 20: Übersicht nachträgliche Dämmmaßnahmen an der Außenwand⁹⁹

Zu beachten ist, dass der Innendämmung keine geschlossene Dämmung für die Außenhülle gegeben ist und die Dämmung zwangsläufig unterbrochen wird und somit die Gefahr von Wärmebrücken und Tauwasser sowie die der Reduzierung des Trocknungspotentials von Feuchteeinwirkungen birgt. Dieses Problem wird durch die Dämmung von Teilbereichen der Innenwand gelöst. Wichtig ist auch, dass die Innendämmung alle Ecken und Nischen, sowie die Fensterlaibung mit abdeckt. Um die Optik dabei zu verbessern, besteht die Möglichkeit des Einsatzes von Dämmstoffkeilen.

Vorteilhaft ist die Variante der Innendämmung für die Räume, die nur sporadisch genutzt und beheizt werden, da der Raum schnell aufgeheizt werden kann, ohne dass die Außenwände erwärmt werden müssen. Innendämmungen können als Bekleidung oder Vorsatzschalen mit Dämmmaterialien wie Mineralwolle-Dämmplatten/-matten, Kunststoff-Hartschaumplatten, Holzwolle-Leichtbau- und Verbundplatten, Kokosmatten, Mehrschicht-Leichtbauplatten oder Calcium-Silikatplatten ausgeführt werden.¹⁰⁰ Kapillaraktive Innendämmsysteme wie z.B. Calcium-Silikatplatten können eine stärkere Tauwasserbildung verhindern. Die modernsten Systeme zur Innendämmung sind kapillaraktiv und diffusi-

⁹⁹ [BAKA2015] S.191

¹⁰⁰ Vgl. [BAKA2015] S.191

onsoffen. Dämmschichtdicken über 80 mm sind energetisch nicht sinnvoll, da hierdurch das Feuchteschadenrisiko erhöht wird.¹⁰¹

Die Außenwand des untersuchten Objektes besteht aus massivem Mauerwerk (Vollziegen, Hochlochziegel Füllziegel $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$), welches sich vom Erd- und Obergeschoss (61 cm Länge/ 41 cm Breite) bis ins Dachgeschoss (28 cm) verjüngt. Um die historische Fassade zu erhalten, ist bei dem Objekt eine Innendämmung auszuführen. Alle potenziellen Wärmebrücken wie Decken, Trennwände, Türen und Fenster verlangen bei der Ausführung besondere Aufmerksamkeit.

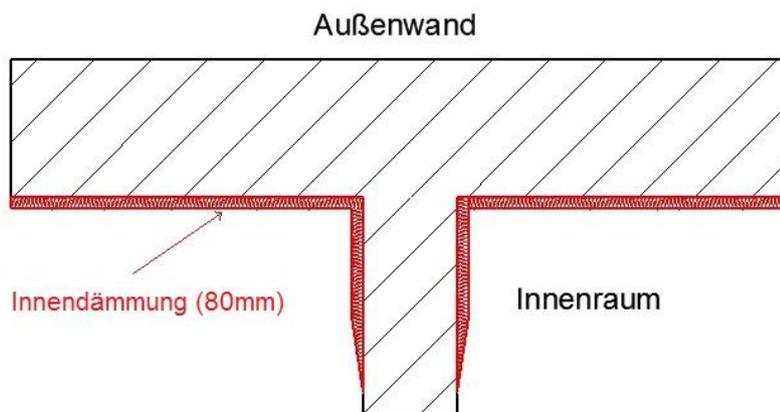


Abbildung 21: Schematische Darstellung Innenwanddämmung

Für das Objekt wird eine 80 mm starke Dämmung mit IQ-Therm als kapillaroffenes System in Betracht gezogen. Dieses Innendämmsystem puffert Feuchtespitzen der Innenraumluft und trägt zur Regulierung und Verbesserung des Innenklimas bei. Die Kapillaraktivität sorgt für eine schnelle und großflächige Verteilung der Feuchte während der Winterperiode und somit wird die Trocknung beschleunigt und die Dämmwirkung verbessert.

Ein Nachteil der bislang verfügbaren, kapillaraktiven Innendämmstoffe ist das nur mittelmäßig ausgeprägte Wärmedämmvermögen bis $\lambda = 0,065 \text{ W/mK}$, denn damit wird nur ein U-Wert von 0,6 bis 0,7 $\text{W/m}^2\text{K}$ möglich sein. Aus diesem Grund wird auf die ursprünglich geplante Ausführung von 5 cm starken Calcium-Silikatplatten verzichtet und das IQ-Therm System wegen seiner besseren Lambda Werte ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$) heran gezogen um einen besseren U-Wert zu erreichen.¹⁰² IQ-Therm hat die höchste Wärmedämmeigenschaft und zeichnet sich zudem durch Nachhaltigkeit und einer guten Ökobilanz aus. Die Dämmplatten sind extrem Emissions-arm und bieten darüber hinaus Schimmel und Bak-

¹⁰¹ Vgl. [1ibp2015]

¹⁰² [ZiUI2015]

terien keine Nahrungsgrundlage.¹⁰³ Die Sanierungsgrundrisse mit dem Verlauf des Innendämmsystems sind der Anlage Teil 3 zu sehen.

Fenstersanierung

Die Fenster sind in ihrer Funktionstüchtigkeit eingeschränkt oder zerstört und die Anschlüsse bedürfen einer Überarbeitung. Die Fenster sind in unterschiedlichen Zuständen vorzufinden, einige wurden in späteren Jahren als Kastenfenster aufgedoppelt.¹⁰⁴ Es sind also zum einen Einfachverglaste Fenster und zum anderen Kastenfenster im Objekt vorzufinden.

Die Fenster müssen im Einzelnen geprüft und gegebenenfalls bei einem zu hohen Schadensgrad teilerneuert werden. Überprüft werden sollten vor allem Rahmen und Fensterstock auf Beschädigungen und statische Festigkeit, auf einen etwaig notwendigen Austausch der Verglasung und inwieweit die Beschläge bearbeitet werden müssen.¹⁰⁵ Vorhandene Kastenfenster, die noch ausreichend gut erhalten sind, können saniert und die Verglasung im Rahmenmaterial ausgetauscht werden. Die Sanierungsmaßnahmen an den vorhandenen historischen Kastenfenstern dienen als Basis für die weiteren Maßnahmen an allen Fenstern. Es bietet sich an, alle Fenster zu Kastenfenstern zu sanieren, um das charakteristische Erscheinungsbild zu bewahren. Es ist eine energetische Aufrüstung der Fenster mit 2-facher Wärmeschutzverglasung im nutzbaren Rahmenmaterial anzustreben. Eine Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ist aus statischen Gründen nur realisierbar, wenn das Fenster komplett erneuert werden muss. Somit ist das Ziel Fenster, die erhalten bleiben können, mit einer 2-fachen Wärmeschutzverglasung zu versehen und neue Fenster mit einer Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung auszustatten.

Am Rande zu erwähnen wäre noch, dass im Zuge der Sanierung auch die Rollladenkästen erneuert werden sollten, falls diese erhalten bleiben. Da die Rollläden vermutlich nur aus einer dünnen, nicht winddichten Holzplatte bestehen, bildet sich hier ebenfalls eine Wärmebrücke. Ungedämmte Rollladenkästen sollten nach Möglichkeit von außen und von innen gedämmt werden, um das Eindringen der Außenluft zu verhindern.¹⁰⁶

¹⁰³ Vgl. [rem2015] 23.10.

¹⁰⁴ Vgl. [2idi2013]

¹⁰⁵ Vgl. [HaPr2009] S.178

¹⁰⁶ Vgl. [StUI2010] S.181

Dachdämmung

Die Tragwerksausführung besteht aus einem Pfettendach mit einem ca. 1,20 m hohen Dremmel. Im Dachboden sind am nördlichen Giebel zwei Räume sowie am Treppenhaus ein Raum ausgebaut. Die Straßenseite ist noch mit der ursprünglichen Schieferplattendeckung eingedeckt, während die Gartenseite (Wetterseite) mit Bitumenpappschindeln neu eingedeckt und instandgesetzt wurde.¹⁰⁷ Die Dacheindeckung ist in einzelnen Bereichen schadhaft und durch Dachundichtigkeiten sind Einregenstellen vorhanden. Empfohlen werden der Abriss der vorhandenen Deckung und eine Neueindeckung.

Das Dach hat Anforderungen an den Wärmeschutz zu erfüllen, da es als beheiztes Dachgeschoss ausgebaut wird. Da das Dach eine einfache Form und Gestaltung aufweist, ist als energetische Maßnahme eine Zwischensparrendämmung realisierbar. Die Zwischensparrendämmung ist in diesem Fall günstig, da die Zwischenräume der Sparren als Hohlraum zur Verfügung stehen. Jedoch ist die Breite nicht ausreichend für die Dicke der Dämmung (28 cm, Wärmeleitgruppe 035), daher könnte zusätzlich eine Dämmung unter den Sparren in Betracht gezogen werden. Eine Dämmung mit der Stärke ist notwendig, da das Dach vorher unbewohnt war und bislang einen sehr schlechten U-Wert aufweist. Als Dämmstoff empfiehlt sich die Verwendung von Steinwolle aufgrund der guten Wärmedämmeigenschaft.¹⁰⁸ Da das Dachgeschoss bisher unbewohnt war, sind die Eigenschaften des Dämmstoffes wie Altersbeständigkeit und ein dauerhaft gutes Dämmvermögen besonderes von Vorteil, sodass ein behagliches Raumklima geschaffen wird. Zudem ist der Dämmstoff nicht brennbar, schalldämmend und verrottungsfest.¹⁰⁹

Zwischen den Sparren ist eine Dicke der Dämmung von 22 cm möglich. Dazu ist dann 6 cm starke Untersparrendämmung notwendig, um insgesamt eine gute Dämmeigenschaft zu erreichen. Die Dämmung ist hinsichtlich der Wärmebrücken, welche sich vor allem bevorzugt im Anschlussbereich der Bauteile bilden, sorgfältig auszuführen.

Anzumerken ist, dass eine Zwischensparrendämmung in Kombination mit einer Aufsparrendämmung im hiesigen Fall nicht möglich ist. Zwar ist eine Neueindeckung des Daches vorgesehen, jedoch darf dieses aufgrund des Denkmalschutzes nicht viel höher werden.

¹⁰⁷ Vgl. [SaUw2012]

¹⁰⁸ Vgl. [HoRe2012], S.182

¹⁰⁹ Vgl. [BAKA2015] S.445

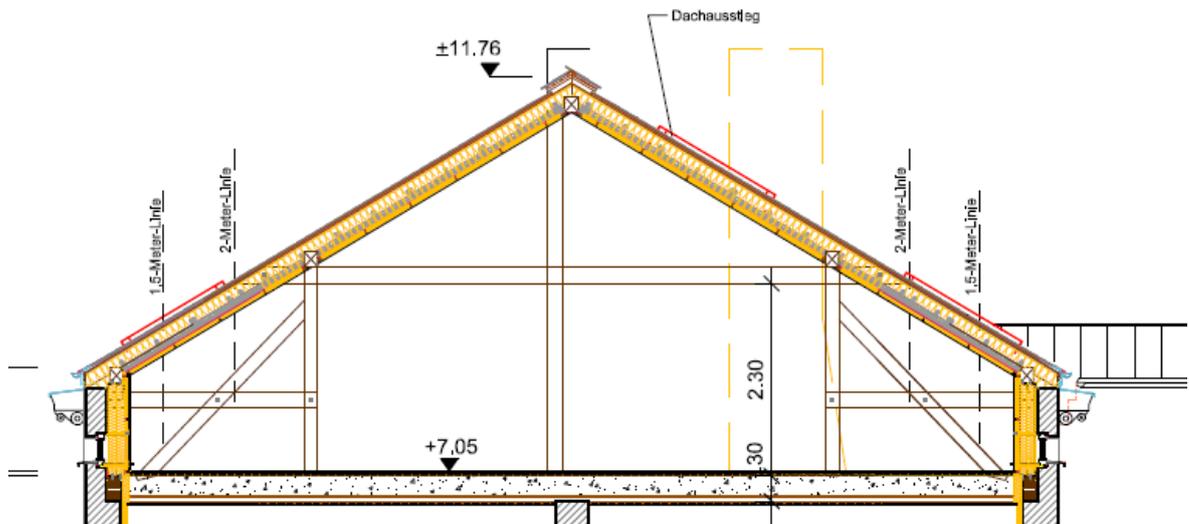


Abbildung 22: Dämmung des Daches und des Dachgeschosses¹¹⁰

Das Dachgeschoss soll nach der Sanierung zu Wohnzwecken genutzt werden, daher ist im bisher nur teilausgebauten Dachgeschoss eine stärkere Innendämmung notwendig. Lösung dafür ist eine 25 cm starke Dämmung ebenfalls aus Steinwolle mit der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035. Somit wird in diesem Geschoss ein geschlossenes System der Dämmung ermöglicht, um Wärmebrücken an den Anschlusspunkten weitestgehend zu vermeiden.

Dämmung der Kellerdecke

Die Kellerdecke ist als Preußische Kappe errichtet worden, auf der Lagerhölzer und die Dielung im Erdgeschoss verlegt sind. Das Kellermauerwerk ist durch Niederschlagseinflüsse durchfeuchtet und eine Abdichtung ist empfehlenswert. Aufgrund der teils stark korrodierten Stahlträger ist vor einer Dämmung der Kellerdecke die Reparatur der Stahlkappendecke erforderlich.¹¹¹

Wenn die Kellerdecke von unbeheizten Kellerräumen nicht gedämmt ist, besteht an dieser Stelle für den darüber liegenden beheizten Raum eine Wärmebrücke. Diese kann mit einer Kellerdeckendämmung vermieden werden. Unter diesem Gesichtspunkt wird für das Objekt die unterseitige Dämmung der Kellerdecke in Betracht gezogen. Kellerdecken mit unebener Seite wie die im Objekt befindliche Kappendecke können mithilfe einer Unter- bzw. Tragkonstruktion nachträglich gedämmt werden.

¹¹⁰ [Inte2014]

¹¹¹ Vgl. [idi2013]

Da die Kellerdecke eine F90 Branddecke ist, kommen nur nicht brennbare Baustoffe für die Dämmung in Frage.¹¹² Deshalb fällt die Wahl für die Dämmung der preußischen Stahlkappendecke auf die Verwendung von Steinwolleplatten (12 cm, Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035, Baustoffklasse A). Polystyrol-Hartschaumplatten sind im Vergleich preisgünstiger, jedoch sind diese auf Grund ihrer brennbaren Eigenschaft (Baustoffklasse B1/B2) hier nicht geeignet. Es sind hier weder 8 cm noch 10 cm der Dämmstärke in der Berechnung des U-Wertes ausreichend gewesen, um die Mindestanforderung des U-Wertes der EnEV von 0,30 W/m²K und einen guten Dämmwert zu erreichen. Daher ist eine Dicke der Platten von 12 cm zu wählen. Die Platten sollten luftdicht aneinander liegen und lückenlos an die Wände anschließen.¹¹³

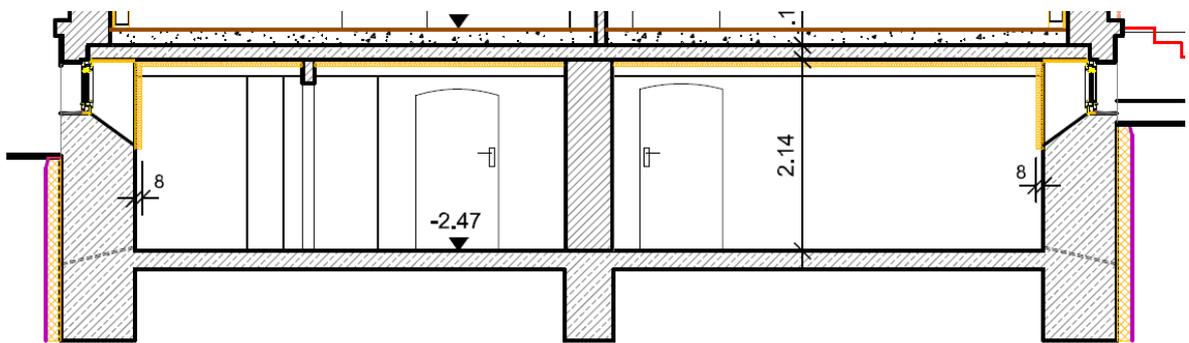


Abbildung 23: Unterseitige Dämmung der Kellerdecke¹¹⁴

Zwischenergebnis Dämmung der Gebäudehülle

Alle Maßnahmen führen zu einer wesentlichen energetischen Verbesserung der Gebäudehülle und der Wärmedurchgang wird um ein Vielfaches reduziert. Die Mindestanforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizient nach EnEV werden mit dem Einsatz geeigneter Dämmmaterialien und Verglasungen erfüllt und zum Teil übertroffen.

U-Wert der Bauteile vor und nach der Sanierung in W/(m ² K)			
Maßnahme	Vor Sanierung	Nach Sanierung (angestrebt)	Mindestanforderungen nach EnEV
WI	1,4	0,32	keine Anforderung beim Einbau von Dämm-

¹¹² [ZiUI2015]

¹¹³ Vgl. [StUI2010] S.142

¹¹⁴ [Inte2014]

			schichten auf der Innenseite, sonst 0,24
F	5,0	0,85	U_w 1,3
DA	2,6	0,13	0,24
K	1,1	0,23	0,3

Tabelle 5: U-Wert Bauteile vor und nach der Sanierung¹¹⁵

Die zusätzliche Dämmung eines vorhandenen Bauteils verringert die Transmissionswärmeverluste (Wärmeleitung) durch dieses Bauteil. Für die bauteilbezogenen Transmissionswärmeverluste gilt:

$$Q_{\text{Bauteil}} = F_{\text{GT}} \times f_{\text{xi, Bauteil}} \times A_{\text{Bauteil}} \times U_{\text{Bauteil}}$$

- Q_{Bauteil} – Transmissionswärmeverlust bauteilbezogen in kWh/a
 F_{GT} – Gradtagzahlfaktor für die Heizperiode (siehe Anlage Teil 4)
 $f_{\text{xi, Bauteil}}$ – Temperaturkorrekturfaktor (siehe Anlage Teil 4)
 A_{Bauteil} – wärmeübertragende Fläche des Bauteils in m²
 U_{Bauteil} – U-Wert des Bauteils in W/(m²K)¹¹⁶

Im Folgenden soll die Einsparung an Energie an Rechenbeispiele verdeutlicht werden:

Außenwand:

$$Q_{\text{Wand,alt}} = 73 \times 1 \times 440,40 \times 1,4 = 45.008,88 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{Wand,neu}} = 73 \times 1 \times 440,40 \times 0,32 = 10.287,74 \text{ kWh/a}$$

$$45.008,88 \text{ kWh/a} - 10.287,74 \text{ kWh/a} = \underline{34.721,14 \text{ kWh/a}} \text{ Einsparung}$$

Kellerdecke:

$$Q_{\text{Kellerdecke,alt}} = 73 \times 0,6 \times 170,25 \times 1,1 = 8.202,65 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{Kellerdecke,neu}} = 73 \times 0,6 \times 170,25 \times 0,23 = 1.715,10 \text{ kWh/a}$$

$$8.202,65 \text{ kWh/a} - 1.715,10 \text{ kWh/a} = \underline{6.487,55 \text{ kWh/a}} \text{ Einsparung}$$

¹¹⁵ Vgl. [EnEV2009] S.242f, [ZiUI2015]

¹¹⁶ Vgl. [BöJö2012] S.45

Dachfläche:

$$Q_{\text{Dach,alt}} = 73 \times 1 \times 201,42 \times 2,6 = 38.229,52 \text{ kWh/a}$$

$$Q_{\text{Dach,neu}} = 73 \times 1 \times 201,42 \times 0,13 = 1.911,48 \text{ kWh/a}$$

$$38.229,52 \text{ kWh/a} - 1.911,48 \text{ kWh/a} = \underline{36.318,04 \text{ kWh/a}} \text{ Einsparung}$$

Fenster

Durch die Fenstersanierung wird ebenfalls ein enormer Teil an Energie eingespart. Die Fenster stellen jedoch einen Sonderfall dar und können hier hinsichtlich einer Einsparung rechnerisch nicht direkt beurteilt werden. Es wurden in Deutschland bereits vor Einführung der entsprechenden Vorgaben in der EnEV weitgehend nur noch Wärmeschutzfenster mit verbesserter Qualität ($U_W \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) produziert. Zudem sind Maßnahmen am Fenster zur Instandsetzung erforderlich und bilden sowohl eine ohnehin notwendige, als auch eine energetische Maßnahme zugleich. Die Gebäudenutzer profitieren hier nach einer Instandsetzung vom technischen Fortschritt und machen durch die erreichten Energieeinsparungen einen ökonomischen Gewinn.¹¹⁷

Durch das Maßnahmenpaket wird die Gebäudehülle thermisch auf ein hohes Niveau gebracht. Es kommt während der Heizperiode und entsprechend verbesserter thermischer Behaglichkeit zu geringeren Wärmeverlusten und damit zu einer hohen Endenergieeinsparung. Die tatsächlichen Verbrauchsminderungen hängen jedoch von weiteren, in den Berechnungen nicht berücksichtigten Faktoren ab und können mitunter von den berechneten Werten abweichen.¹¹⁸ Insgesamt kann mit diesen Maßnahmen der Transmissionswärmeverlust durch die Gebäudehülle von $1,77 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ reduziert werden.

5.3.2 Anlagentechnik

Heizung

Die vorhandene Heizungsanlage ist veraltet und nicht mehr gebrauchstauglich. Es wurden Störungen und Ausfall wesentlicher Komponenten (Kessel, Brenner, Pumpen, Rohrnetz und Heizkörper, Leitungsdämmung) diagnostiziert. Somit ist eine Erneuerung der Heizungsanlage erforderlich. Voraussetzung dafür ist die Dämmung der gesamten Hüllfläche und dem damit reduzierten Heizwärmebedarf.

¹¹⁷ Vgl. [IWU2015]

¹¹⁸ Vgl. [MaFr2014] S.188

Bei der Wahl der Heizungsanlage gibt es keine universelle Lösung, denn verschiedene Faktoren spielen bei der Entscheidungsfindung eine Rolle, wie z.B. das individuelle Heizverhalten, die Anzahl der Bewohner, die geplante Nutzungsdauer und periphere Gegebenheiten. Allen voran spielt auch die Preisentwicklung der Energieträger eine entscheidende Rolle bei der Auswahl des Heizsystems.

Bei der Sanierung von Altbauten ist bis heute nach EEWärmeG noch keine Nutzung von regenerativen Energien vorgeschrieben. Die Investitionen könnten den finanziellen bzw. wirtschaftlichen Rahmen übertreffen oder die peripheren Gegebenheiten des Gebäudes lassen die Nutzung regenerativer Energien nicht zu. Zudem reicht häufig auch ein herkömmliches Heizsystem in Folge der Dämmung der Gebäudehülle aus, um den gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen des zulässigen Energieverbrauchs gerecht zu werden. So wäre bei dem Objekt in Bad Belzig eine Gas-Brennwerttechnik mit Sicherheit die günstigste Variante, den Anforderungen gerecht zu werden. Auch in der Ökobilanz erzielt diese Form der Wärmeversorgung ein gutes Ergebnis im Hinblick des Verhältnisses der Umweltbelastung zu den Kosten.

Jedoch sollen das Ziel einer energetischen Gebäudesanierung und auch das Ziel der Bundesregierung sein, eine Haustechnik zu erreichen, die die vorgegebenen Anforderungen erfüllt, aber auch darüber hinausgeht. Auch wenn es sich dabei um Baudenkmale handelt welche bestimmten Ausnahmereglungen unterliegen. Regenerative Systeme sind zwar in ihrer Anschaffung teurer, jedoch heizen sie mit preisstabileren und langfristig günstigeren Brennstoffen als Heizöl oder in dem Falle Erdgas. Die Rohstoffe müssen nicht importiert werden und unterliegen keiner zunehmenden Verknappung.¹¹⁹

Unter diesen Gesichtspunkten werden im Folgenden drei mögliche Varianten der Nutzung regenerativer Energien in Betracht gezogen und gegenübergestellt:

	Erdwärmepumpe (Sole-Wasser)	Holzpellettheizung	Mini-BHKW (Kraft-Wärme- Kopplung)
Anschaffungspreis	ca. 35.000 €	ca. 24.000 €	ca. 20.000 €
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige Heizkosten - geringer Platzbedarf - keine Emissionen vor Ort - Schornstein und Gasanschluss entfallen - nutzen vorhandene Umweltwärme 	<ul style="list-style-type: none"> - mit allen Heizkörpersystemen kompatibel - Pellets günstiger als Öl, Gas und Strom - nachwachsender Rohstoff - CO₂ arm - unabhängig von Energieversorgern 	<ul style="list-style-type: none"> - produziert Wärme und Strom → Einspeisung ins Stromnetz - geringer Platzbedarf

¹¹⁹ Vgl. [HeFi2015]

	- kann zur Kühlung dienen		
Nachteile:	- hoher Anschaffungspreis - Bohrungen (geologische Voraussetzungen) - Stromverbrauch - Flächenheizkörper	- Lager für Pellets erforderlich - nicht jedes Holz nutzbar - regelmäßige Wartung	- abhängig von Rohstofflieferant - Investitionskosten lohnen sich nur bei langen Laufzeiten im Jahr - regelmäßige Wartung
Endenergiebedarf:	12,76 kWh/m ² a	57,40 kWh/m ² a	45,24 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf:	30,63 kWh/m ² a	22,28 kWh/m ² a	37,76 kWh/m ² a
CO ₂ -Emission:	8 kg/m ² a	5 kg/m ² a	11 kg/m ² a
Anlagenaufwandszahl:	0,57 kWh/m ² a	0,41 kWh/m ² a	0,70 kWh/m ² a

Tabelle 6: Vergleich regenerativer Heizsysteme¹²⁰

Alle drei Systeme beruhen auf der Nutzung alternativer Energiequellen und leisten einen nachhaltigen Beitrag zur umweltschonenden Energiegewinnung. Die Nutzung von Solarenergie zur Wärmegewinnung wurde aufgrund der Beschaffenheit des Gebäudes ausgeschlossen. Eine Installation von Solarthermie-Elementen am Dach wäre durch die für Sonneneinstrahlung ungünstige Ausrichtung der Dachflächen nicht Gewinn bringend.

Vergleichsmerkmale bei der Gegenüberstellung waren die Kosten, Vor- und Nachteile des jeweiligen Systems, der Energiebedarf, die CO₂-Emission und die Anlagenaufwandszahl. Die dargestellten Werte wurden mit Hilfe der Software "Energieberater 18599" von Hottgenroth ermittelt. Dieses Berechnungsprogramm basiert auf Normen, die in der Energieeinsparverordnung verankert sind.

Bei einem Vergleich der drei Varianten ist deutlich zu erkennen, dass jedes System diverse Vor- und Nachteile mit sich bringt. Während für die Erdwärmepumpe geologische Bohrungen notwendig sind, um die Wärmequelle der Erde nutzbar zu machen, hat beispielsweise die Holzpellettheizung einen hohen Platzbedarf zur Lagerung des Brennstoffes. BKHW benötigen hingegen weniger Platz, jedoch hat dieses System einen relativ hohen Lärmpegel durch die Arbeitsleistung des Motors.

In der Bilanz des Primärenergiebedarfs ist zu erkennen, dass die Holzpellettheizung hier an erster Stelle steht. Das liegt daran, dass der Endenergiebedarf mit dem Primärenergiefaktor 0,2 multipliziert wird und Holz annähernd CO₂-neutral heizt. Im Kontrast dazu ist jedoch zu sehen, dass dieses Heizsystem den höchsten Wert für den Endenergiebedarf aufweist. Dies ist auf die regelmäßige Anlieferung der Pellets zurückzuführen, welche in großen Lastwagen antransportiert werden müssen. Zudem entstehen nennenswerte Fol-

¹²⁰ Vgl. [PrKI2013], [Anon2013], [1EHe2015]

gekosten durch die beispielsweise regelmäßig notwendige Wartung, Reinigung und Messung der Emissionen durch den Schornstein. Es ist also festzuhalten, dass eine Pelletheizung zwar mit einem nachwachsenden und CO₂-armen Rohstoff vor Ort arbeitet, im Gesamtergebnis jedoch Umweltbelastungen im Hintergrund verursacht und in der Ökobilanz somit vorteilhafter dargestellt wird als sie im Endeffekt arbeitet. Zudem wird dem Eigentümer bzw. Betreiber ein zusätzlicher finanzieller Aufwand während des Betriebes der Anlage abverlangt.

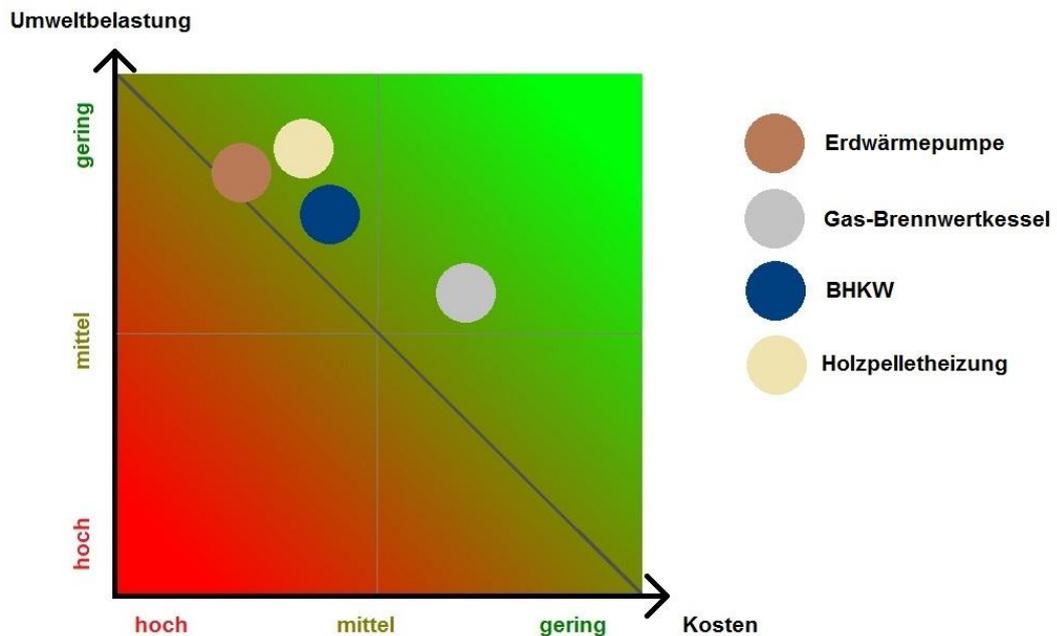


Abbildung 24: Ökobilanz der Varianten des Heizsystems

In der Gegenüberstellung der Erdwärmepumpe mit dem BHKW ist festzustellen, dass ein BHKW die wesentlich günstigere Variante darstellt, da in den Anschaffungskosten für eine Erdwärmepumpe die geologischen Bohrungen noch zu berücksichtigen sind. Als Brennstoff für ein BHKW wäre hier Erdgas denkbar, da diese Variante der Kraft-Wärme-Kopplung von den Stadtwerken Bad Belzig gefördert wird. Als Produkt erhält man nicht nur die entstehende Wärme, sondern auch Strom. An der Stelle wäre es denkbar, mit den Stadtwerken über eine günstige Erdgasversorgung zu verhandeln und im Falle von überschüssig produziertem Strom diesen ins öffentliche Netz einzuspeisen. Ein bedenkliches Merkmal bei der Nutzung eines BHKW's ist jedoch, dass dieses nur bei langen Laufzeiten im Jahr wirtschaftlich ist. Der überschüssige Strom kann ins Netz eingespeist werden, doch fraglich ist, was mit der unnutzbaren produzierten Wärme im Sommer geschieht. Hier wäre dann gegebenenfalls ein zusätzlicher Heizkessel zur Deckung von Spitzenlasten notwendig. Auf diesen Sachverhalt ist auch die vergleichbar höhere Anlagenaufwandszahl zurückzuführen. Zudem greift man bei dieser Methode trotzdem auf fossile Brennstoffe zurück, weshalb auch der Energiebedarf höher ausfällt als bei der Variante der Wärmepumpe.

Im Ergebnis des herangezogenen Vergleichs der regenerativen Systeme ist also festzuhalten, dass eine Erdwärmepumpe trotz der erstmaligen hohen Anschaffungskosten die effizienteste Form der Energiegewinnung darstellt. Die Erdwärmepumpe nutzt die vorhandene Wärme der Umwelt und bei einem Betrieb entstehen keinerlei Emissionen vor Ort. Zudem entfällt der Schornstein, womit die Folgekosten durch regelmäßige Wartung und Abgaskontrollen entfallen. Erdwärmepumpen zeichnen sich generell durch einen niedrigen Wartungsbedarf bei langen Lebenszeiten aus. Eine Wärmepumpe benötigt für den Betrieb nur einen geringen Anteil an Strom und somit fallen die Heizkosten für den Nutzer gering aus. Auch im Hinblick auf den ausgezeichneten Energieverbrauch in dem Energieausweis, welcher für Eigentümer für Wohnimmobilien immer wichtiger wird, gewinnt die Wärmepumpe mit einem niedrigen Gesamtenergieverbrauch.

Option Photovoltaik als separates Element

Die Erdwärmepumpe verbraucht wie bereits erwähnt Strom, um die gewonnene Energie aus der Umwelt für die Heizung und Warmwasserversorgung nutzbar zu machen. Der Strom kommt in der Regel vom örtlichen Energieversorger und wird zum größten Teil in Kraftwerken produziert, was zweifellos die Umweltbilanz der Wärmepumpe schmälert. Deshalb kombiniert man in der Praxis häufig Erdwärmepumpen mit Photovoltaik, um den elektrischen Energiebedarf zu bilanzieren. Dennoch kann die Wärmepumpe nicht autark mit einer separaten Photovoltaik-Anlage arbeiten, denn die Wärmepumpe benötigt vor allem in der Heizperiode zwischen Oktober und April den meisten Strom. Die Photovoltaik-Anlage erzeugt allerdings in dieser Zeit nur 33-35 % des jährlichen Ertrages und Strom kann bislang nicht wirtschaftlich gespeichert werden.¹²¹ Trotzdem ermöglicht die Kombination einer Wärmepumpe mit Photovoltaik in den meisten Fällen, dass die Photovoltaik-Anlage rechnerisch über das Jahr so viel solaren Strom erzeugt, wie die Wärmepumpe im Jahr verbraucht und somit so wenig wie möglich externe Energie bezieht. Dies würde sich dann im Ergebnis positiv auf den Jahres-Primärenergiebedarf auswirken.¹²²

Um dieses Verhältnis zu erreichen, besteht die Überlegung einer separaten Photovoltaik-Anlage im Gartenbereich des Objektes. Der Bedarf an Strom liegt mit der Sanierungsvariante bei 5309 kWh. Ausgehend von diesem Bedarf wurde der aktuelle Strompreis ermittelt. Dabei wurde der Preis für Ökostrom des Grundversorgers E.ON Energie Deutschland für Bad Belzig von 27,25 ct./kWh recherchiert.¹²³ Damit ergeben sich jährli-

¹²¹ Vgl. [HeFi2015]

¹²² Vgl. [StUI2010] S.167

¹²³ Vgl. [EON2015]

Anlage unter Berücksichtigung aller genannten Parameter innerhalb von sieben Jahren rentieren. Zudem könnte der eigene Strombedarf für das Gebäude gedeckt werden und somit der Jahres-Primärenergiebedarf annähernd auf 0 gebracht werden.

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Da sich durch die Dämmung der Wände und die Installation neuer Fenster das natürliche Lüftungsverhalten ändert, ist eine Wohnraumlüftung von großer Bedeutung. Das Gebäude liegt direkt an der Straße, sodass bei der freien Lüftung Abgase und andere Schadstoffe in den Wohnraum gelangen könnten. Durch die gut gedämmte Gebäudehülle können Feuchtigkeit und Schadstoffe von innen zudem auch nur noch durch Lüftung entweichen. Zum Erhalt einer guten Luftqualität ohne dabei Wärme frei zu setzen, besteht die Möglichkeit der Installation einer Lüftungsanlage. Da die Innenwände und Fußbodenaufbauten ohnehin erneuert werden müssen, bietet sich im Zuge der Sanierung die Installation einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung an. Die Decken müssten dann im Wohnbereich um ca. 15-20 cm abgehängt werden, um die Feinverteilung der Luft zu gewährleisten. Die Lüftungszentrale findet im Heizkeller Platz.¹²⁷

Die Wärmerückgewinnung in der Lüftungsanlage wird von der EnEV nicht gefordert. Jedoch ist zu erwähnen, dass im sanierten Altbau die Lüftungswärmeverluste halbiert werden können. Außerdem sorgt die Wärmerückgewinnung auch für Einsparung an CO₂ und Primärenergie.¹²⁸ Eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wurde bereits in den Werten des Energieverbrauchs im Vergleich der Heizsysteme berücksichtigt. Ohne eine solche Lüftungsanlage läge der Wert des Primärenergieverbrauches bei 34,40KWh/m²a und damit um etwa 11 % höher.

5.4 Energetisch relevante Baukosten

Ziel des Projektes ist es, innovative, umweltschonende und refinanzierbare Bauformen und Techniken einzusetzen, um langfristig Energien einzusparen. Die grundlegende Konzeptentwicklung ist eine Kombination aus der bauphysikalischen Optimierung der Gebäudehülle und aus Variantenuntersuchungen des entsprechenden Einsatzes der Gebäudetechnik. Dargestellt werden die Bruttobaukosten bezogen auf die zukünftige, energetische Gebäudenutzfläche A_N (592,60 m²) u.a. unter Berücksichtigung der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 – Kosten Im Hochbau. Die ermittelten Kosten beruhen auf einer Kostenschätzung und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sollen lediglich eine Übersicht über die Höhe der energetisch relevanten Baukosten geben. Für die hier dargestellten Berechnungen werden aktualisierte typische Kosten angesetzt.

¹²⁷ Vgl. [StUI2010] S.301

¹²⁸ Vgl. [Co2o2015]

Maßnahme	Kosten- gruppe	Einheit	Menge	Einheitspreis	Gesamtpreis
Innendämmung	345	Stück	440,40	95 €	41.838,00 €
Dachdämmung	364	m ²	201,42	130 €	26.184,60 €
Fenstererneuerung	334	Stück	36,00	1.250 €	45.000,00 €
Kellerdeckendämmung	353	m ²	170,25	20 €	3.405,00 €
Heizungsanlage	421	Stück	1,0	35.000 €	35.000,00 €
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	431	Stück/WE	3,0	4.800 €	14.400,00 €
Gesamt :					165.827,60 €

Tabelle 7: Energetisch relevante Baukosten¹²⁹

¹²⁹ Vgl. [Zidi2013], [PfMa2009] S.150ff, [HeFi2015]

6 Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten

6.1 Wirtschaftlichkeit

Angesichts erheblicher Kosten bei der Sanierung von Baudenkmalen ist die Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen ein wichtiger Aspekt, den es nicht zu vernachlässigen gilt. Die ganzheitliche Sanierung im Bestand ist aus mehreren Gründen attraktiv und sinnvoll.

Gebäude verschiedener Baustile sind es wert, bewahrt zu werden. Mit Umbau-, Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen steigert sich der Wert der Immobilie und die Betriebskosten können wesentlich vermindert werden. Das Gebäude kann in den meisten Fällen an die zeitgemäße Nutzung sowie an aktuelle Wärme-, Schall-, und Brandschutzanforderungen angepasst werden. Dabei stellt sich bei der Planung von Maßnahmen die Frage der Wirtschaftlichkeit.

Wirtschaftlichkeit bedeutet, dass die Investitionskosten in einem vernünftigen Verhältnis zur tatsächlich eingesparten Energie stehen. Demnach sollten sich die notwendigen Aufwendungen innerhalb der Restnutzungsdauer des Gebäudes durch die eintretenden Energiekosteneinsparungen amortisieren.¹³⁰ Die energetische Sanierung rechnet sich signifikant bei Gebäuden, die ohnehin instand gesetzt werden müssen. Das bedeutet, dass die Kosten der Maßnahmen über die eingesparten Energiekosten finanziert werden können. Voraussetzung dabei ist, dass die energetischen Maßnahmen mit sowieso anstehenden Modernisierungs- und Instandhaltungsarbeiten gekoppelt werden. Entscheidend ist also, welchen Nutzen eine Investition bezüglich der Einsparung von Primärenergie einbringt. Ziel sollte die Entwicklung eines stimmigen Gesamtkonzeptes sein.¹³¹ Die Wirtschaftlichkeit ist gemäß § 5 Abs. 1 EnEG zwingende Voraussetzung für die Umsetzung energiesparender Maßnahmen. Gezielte Förderprogramme im Bereich der energetischen Sanierung bilden den effizientesten Weg, die Wirtschaftlichkeit zu sichern.

Förderungen sind ein politisches Lenkungsmittel zur Erreichung von gesellschaftlich, volkswirtschaftlich oder ökologisch bedingten Zielen. Dabei sollte eine möglichst effiziente Verwendung der Mittel erreicht werden. Die Förderung hilft, die Mehrkosten energetischer Maßnahmen auszugleichen und so die Wirtschaftlichkeit der Investition zu steigern. Priva-

¹³⁰ Vgl. [StUI2010] S.27

¹³¹ Vgl. [StUI2010] S.14

te Gebäudeeigentümer lassen sich im Hinblick auf die Ausführung energieeffizienter Maßnahmen am besten durch Zuschüsse erreichen.¹³²

$$\text{Statische Amortisation in Jahren} = \frac{\text{energetische Kosten}}{\text{Einsparung}}$$

Ausgehend von an einem angenommenen, aktuellen Preis für eine Kilowattstunde Wärmeenergie in einer Höhe von 7 Cent, ergibt sich eine jährliche Einsparung von:

Außenwände:	34.721,14 kWh/a × 0,07 € = 2.430,48 €
Dach:	36.318,04 kWh/a × 0,07 € = 2.542,26 €
Kellerdecke:	6.487,55 kWh/a × 0,07 € = 454,13 €

Somit beträgt die Amortisationszeit unter Einsatz von Eigenkapital und ausgehend von den eingeplanten Kosten für die Außenwände etwa 17 Jahre, für die Kellerdecke 8 Jahre und für das Dach 10 Jahre. Berücksichtigt man zudem die Fördergelder und die Energiepreissteigerung, so reduzieren sich die Zeiträume erneut.

6.2 Förderung und Finanzierung

Die wenigsten Bau- und Modernisierungsmaßnahmen können komplett über Eigenkapital gedeckt werden. Deshalb ist die Bereitstellung von Fremdkapital notwendig, um das Investitionsvolumen einer energetischen Sanierung zu bewältigen. Bund, Länder, Kommunen und Energieversorger stellen jährlich Milliarden Euro an Fördergeldern zur Verfügung. Gefördert werden Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs eines bestehenden Hauses, z.B. durch den Ausbau der Heizungsanlage, Wohnraumlüftung oder die Optimierung der Gebäudehülle. Zu den förderfähigen Investitionskosten gehören außerdem alle Kosten, die für die Ausführung der energetischen Maßnahme notwendig sind, z.B. Materialkosten, Handwerkerkosten, Kosten für den Architekten bzw. Ingenieur sowie Kosten für Nebenarbeiten. Ziel der Förderinstitutionen ist es, Anreize für die Erreichung höherer energetischer Standards als ordnungspolitisch gefordert, zu setzen. Es können zinsgünstige Darlehen oder direkte, nicht zurückzahlende Tilgungs- und Investitionszuschüsse erhalten werden.¹³³ Darlehens- und Zuschussprogramme können in Ausnahmefällen auch kombiniert werden. Voraussetzung für die Gewährung von Förderungen ist die Begleitung des Vorhabens durch einen Sachverständigen Experten. Fördermittel müssen vor Beginn der Baumaßnahmen beantragt werden.

¹³² Vgl. [BeGl2008]

¹³³ Vgl. [BAKA2015] S.132

Förderprogramme untergliedern sich in drei Gruppen:

1. Programme, die eine Gebäudeanalyse unterstützen (Vor-Ort-Beratung)
2. Programme, die die Umsetzung der energetischen Sanierung des Gebäudes fördern (Dämmung der Gebäudehülle, Fenster- und Heizungserneuerung)
3. Programme, die die Nutzung erneuerbarer Energien unterstützen¹³⁴

Die wichtigsten bundesweit anerkannten Förderinstitutionen sind die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Finanziert werden die KfW-Programme zum energieeffizienten Bauen und Sanieren mit den Mitteln des "CO₂-Gebäudesanierungsprogramms" der Bundesregierung. Bis 2018 stellt der Bund jährlich 2 Mrd. Euro für die Förderung von energieeffizientem Bauen und Sanieren bereit. Die Fördermittel für das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm kommen aus dem Energie- und Klimafonds. Dieser finanziert sich durch die Erlöse aus der Versteigerung von Emissionszertifikaten.¹³⁵ Zudem fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit dem novellierten Marktanzreizprogramm (MAP) den Einbau von Solarthermieanlagen, Biomasseheizungen oder Wärmepumpen. Die KfW hat das Sanierungsprogramm "Energieeffizient Sanieren" ins Leben gerufen, welches für Hausbesitzer von Altbauten eine Beteiligung der Kosten ermöglicht. Die Darlehen können mit anderen KfW-Fördermitteln oder mit den Zuschüssen des BAFA für erneuerbare Heizungstechniken kombiniert werden.¹³⁶

Für Baudenkmale und Gebäude mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz wurde der Förderbaustein „KfW-Effizienzhaus Denkmal“ (EH 160) entwickelt. Der Kreditbetrag beläuft sich auf bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten bis zu einem Kredit höchstbetrag je Wohneinheit. Die Laufzeit beträgt 10 Jahre und je höher das energetische Niveau desto höher die Förderung.¹³⁷

¹³⁴ Vgl. [BeGl2008]

¹³⁵ Vgl. [3BuM2015]

¹³⁶ Vgl. [1Imm2015]

¹³⁷ Vgl. [BAKA2015] S.133



Abbildung 26: Finanzierung von Maßnahmen durch KfW¹³⁸

6.2.1 Steuerliche Geltendmachung

Darüber hinaus können Eigentümer ihre Energie-Investitionen steuerlich absetzen. Dies gilt für Selbstnutzer der Immobilie in Höhe von einem Prozent und bis zu einer Dauer von maximal zehn Jahren. Am 11. Dezember 2014 wurde im Bundes-Länder-Gipfel entschieden, dass die steuerliche Absetzbarkeit von Handwerkerkosten eingeschränkt wird, so dass nur noch Rechnungsbeträge oberhalb von 300 € in der Steuererklärung akzeptiert werden.¹³⁹

Bei Gebäuden, die zur Erzielung von Einkünften dienen, ist ebenfalls ausschlaggebend, in welchem Umfang sich die Aufwendungen steuermindernd auswirken. Dazu werden Aufwendungen für Baumaßnahmen in Anschaffungskosten des Grundstücks, den Anschaffungs- und Herstellungskosten des Gebäudes und dem Erhaltungsaufwand, unterschieden.¹⁴⁰ Anschaffungskosten und Herstellungskosten können nur der Abschreibung zugeführt und je nach Baujahr des Gebäudes mit 2 oder 2,5 % abgeschrieben werden. Bei Häusern, die vor 1925 errichtet wurden, gilt ein Satz von 2,5 Prozent für die Abschreibung (40 Jahre lang).¹⁴¹ Erhaltungsaufwendungen sind sofort abzugsfähige Werbungskosten

¹³⁸ Vgl. [ReFI2015]

¹³⁹ Vgl. [Welt2015]

¹⁴⁰ Vgl. [BAKA2015] S.147

¹⁴¹ Vgl. [2Imm2015]

oder können je nach Wahl des Steuerpflichtigen bei vermietetem Wohnraum auf 2 bis 5 Jahre verteilt werden.¹⁴²

Ein Überblick über die jeweiligen Kostenarten wird in der folgenden Tabelle dargestellt.

Aufwendung	Steuerliche Geltendmachung
Anschaffungskosten (§ 255 Abs. 1 HGB)	Erwerb der Immobilie, Herstellen des betriebsbereiten Zustands, Hebung des Standards → Abschreibung 2,5 % p. a.
Herstellungskosten (§ 255 Abs. 2 HGB)	Herstellung der Immobilie, Erweiterung, Hebung des Standards → Abschreibung 2,5 % p. a.
Erhaltungsaufwendungen (§ 9 EStG)	Instandhaltung und Instandsetzung → sofort abzugsfähige Werbungskosten oder Verteilung auf 2 bis 5 Jahre (§ 82b EStDV) bei Wohnraum ab Veranlagungszeitraum 2004
Anschaffungsnahe Aufwendungen (§ 6 Abs. 1 Nr. 1a EStG)	Aufwendungen, die in den ersten 3 Jahren nach der Anschaffung des Gebäudes ohne MwSt. 15 % der Anschaffungskosten des Gebäudes übersteigen → 2,5 % p. a.

Tabelle 8: Anschaffungs-/Herstellungskosten und Erhaltungsaufwendungen¹⁴³

Energetische Modernisierungsmaßnahmen entsprechen i.d.R. nach § 255 HGB Abs. 2 „[...] Aufwendungen, die durch den Verbrauch von Gütern und die Inanspruchnahme von Diensten für die Herstellung eines Vermögensgegenstandes, seine Erweiterung oder für eine über seinen ursprünglichen hinausgehende wesentlichen Verbesserung entstehen.“,

¹⁴² Vgl. [HaLe2015]

¹⁴³ Vgl. [2Imm2015]

und sind damit jährlich mit 2,5 % abschreibungsfähige Aufwendungen. Zinsen für Fremdkapital und förderfähige Kosten sind darin jedoch ausgeschlossen.¹⁴⁴

6.2.2 Förderungen in Brandenburg

In diesem Kapitel werden Fördermöglichkeiten für das Bundesland Brandenburg, insbesondere für das Projekt in Bad Belzig aufgezeigt. Auf Anfrage nach kommunalen Fördermöglichkeiten bei der Stadtverwaltung Bad Belzig wurde mitgeteilt, dass die Stadt bisher wegen zu geringer finanzieller Möglichkeiten private Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz nicht mit kommunalen Förderungen unterstützen kann. Für private Bauherren gibt es derzeit nur die Möglichkeit die KfW Förderprogramme zu nutzen.

In der nachfolgenden Tabelle werden Möglichkeiten von Darlehen und Zuschüssen erfasst.

Fördergeber	Förderung	Vorraussetzung
	<p>Zinsfreies Darlehen</p> <p>(erste 15 Jahre) in Höhe von 40.000 € Tilgung 3 % p.a. einmaliges Entgelt 2 % des Zuwendungsbetrages</p> <p>Zusatzförderung:</p> <p>10.000 € bei besonders energiesparenden Maßnahmen 10.000 € Baudenkmal</p> <p>Kombination mit KfW ✓</p>	<p>Eigenkapital mind. 15 % Einhaltung von Einkommensgrenzen Kosten mindestens 500 €/m² WF selbstgenutzter Wohnraum</p>
	<p>151/152 - Kredit</p> <p>bis 100.000 €/WE oder 50.000 € bei Einzelmaßnahmen 0,75 % effektiver Jahres-</p>	<p>Energetische Wohnraumsanierung zum KfW-Effizienzhaus-Standard, Einzelmaßnahmen (Wärme-</p>

¹⁴⁴ Vgl. [HaLe2015]

	<p>zins bis zu 27.500 € Tilgungs- zuschuss</p> <p>(Kombination mit 430)</p> <p>167 - Ergänzungskredit</p> <p>bis 50.000 €/WE 10 Jahre Kreditlaufzeit bei festem Zinssatz 1,51 effektiver Jahreszins</p> <p>Kombination mit BAFA ✓</p> <p>430 - Investitionszu- schuss</p> <p>bis 30.000 € Zuschuss/WE</p> <p>431 – Baubegleitung</p> <p>Übernahme 50 % der Kosten 4.000 € pro Vorhaben Kombination nur mit 151 oder 430 möglich</p>	<p>dämmung, Fenstererneue- rung, Optimierung Heizungsanlage, Lüftungsanlage) Zinsbindung 10 Jahre</p> <p>Einbau Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien</p> <p>(siehe 151 - Kredit)</p> <p>Baubegleitung durch qualifi- zierte Sachverständige</p>
	<p>Zuschüsse</p> <p>„Vor-Ort-Beratung“ 500 €</p> <p>BAFA Kesselaustausch- bonus von 500 €</p> <p>Pelletheizung: Zuschüsse zwischen 2.000 und 3.500 € Wärmepumpen: zw. 1.300 und 12.300 € Kraft-Wärme- Kopplung/BHKW: zw. 1.900 und 3.500 €</p>	<p>Einbau Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien</p> <p>Höhe des Zuschusses richtet sich nach Art und Größe der Anlage</p>

	<p>Zuschuss</p> <p>Mini-Kraft-Wärme-Kopplungsanlage</p> <p>1-15 KW - 300 Euro/Anlage (brutto)</p> <p>16-49 KW - 500 Euro/Anlage (brutto)</p>	<p>- Erdgaseinsatz</p>
---	---	------------------------

Tabelle 9: Übersicht Fördermöglichkeiten Bad Belzig¹⁴⁵

Im Vergleich der verschiedenen Fördermöglichkeiten ist festzustellen, dass die Förderprodukte der KfW – Kredit (151/152) in Verbindung mit dem Investitionszuschuss (430) eine sehr hohe finanzielle Unterstützung aufweisen. Um den Höchstfördersatz in Anspruch nehmen zu können, bedeutete es für das Objekt: die komplette Dämmung des Daches, die Wärmedämmung der Fassade, der Einbau von Wärmeschutzfenstern, die Installation eines modernen und intelligenten Lüftungssystems und die Erneuerung des Heizsystems auf Basis erneuerbarer Energien. Das heißt es wird eine Komplettisanierung zum Effizienzhaus-Standard angestrebt.

Für die Bewilligung der Förderung müssen energetische Anforderungen bei der Sanierung erfüllt werden. Diese sind durch einzuhaltende Mindestwerte für den Primärenergiebedarf Q_p sowie für den Transmissionswärmeverlust H_T' definiert. Die Mindestwerte für den Primärenergiebedarf Q_p sowie für den Transmissionswärmeverlust H_T' müssen nach den Anforderungen des Referenzgebäudes berechnet werden.

Folgende Übersicht zeigt die Anforderungen an den jeweiligen Effizienzhaus-Standard:

Maßnahme	KfW-Effizienzhaus Standard	Primärenergie-Verbrauch in % zum Referenzgebäude (EnEV'09)	Transmissions-Wärmeverlust in % zum Referenzgebäude (EnEV'09)
Altbau Sanierung	Denkmal	160 %	Keine festen Anforderungen
	Effizienzhaus 115	115 %	130 %
	Effizienzhaus 100	100 %	115 %
	Effizienzhaus 85	85 %	100 %
Altbau oder Neubau	Effizienzhaus 70	70 %	85 %
	Effizienzhaus 55	55 %	70 %
nur Neubau	Effizienzhaus 40	40 %	55 %

Tabelle 10: KfW-Effizienzhaus Typen¹⁴⁶

¹⁴⁵Vgl. [ILB2015], [1KfW2015], [BAFA2015], [SwBe2015]

Die Werte für ein vergleichbares Referenzgebäude zu dem realen Gebäude wurden aus der Geometrie und Gebäudenutzfläche sowie dem spezifischen Transmissionswärmeverlust bezogen auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche mithilfe des Programms Energieberater 18599 ermittelt. Es wurden folgende Werte ausgegeben:

Primärenergiebedarf $Q_p = 45,38 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Transmissionswärmeverlust $H_T = 0,368 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Um im Folgenden den möglichen KfW- Effizienzhaus-Standard zu ermitteln, ist ein Vergleich der Werte des Sanierungszieles und der ausgegebenen Werte des Referenzgebäudes vorzunehmen. An dieser Stelle ist festzuhalten, dass das Gebäude mit einem angestrebten Transmissionswärmeverlust von $0,34 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ und damit 92 % des Transmissionswärmeverlustes zu einem vergleichbaren EnEV-Neubau den Anforderungen des KfW-Effizienzhaus Standard 85 gerecht wird.

In der Gegenüberstellung des Primär-Verbrauches würde man mit 67,5 % der verbrauchten Primärenergie zum Referenzgebäude sogar die Anforderungen des Effizienzhauses 70 Standard erfüllen. Dennoch wurden von der KfW bewusst zwei wesentliche Kriterien für ein Effizienzhaus vorangestellt.

Der Transmissionswärmeverlust beurteilt die energetische Qualität der Gebäudehülle, wohingegen sich der Primärenergiebedarf auf die CO_2 -Emissionen des Energieträgers und die Verluste bei der Erzeugung der Endenergie bezieht. Mit einem regenerativen Heizsystem sind niedrigere Werte wesentlich schneller zu erreichen; daher spielt die Qualität eine ebenso bedeutsame Rolle zur Beurteilung des Effizienz Standards des gesamten Gebäudes wie die effiziente Haus- und Anlagentechnik.

Für den Kredit (151/152) beträgt die Höhe des Tilgungszuschusses für das ermittelte KfW-Effizienzhaus 17,5 % der Darlehenssumme bzw. 17.500 € pro Wohneinheit. Im Endeffekt bedeutet dies, dass insgesamt weniger an die Bank zurück gezahlt werden muss als die Gesamtsumme des ursprünglichen Kredits betrug.

Die KfW gewährt für das Effizienzhaus 85 eine Höhe des Investitionszuschusses (430) von 20 % der förderfähigen Kosten bzw. bis zu 20.000 € pro Wohneinheit. Das wäre ausgehend von 165.827,60 € der energetisch relevanten Baukosten ein Zuschuss in einer beträchtlichen Summe von 33.165,52 €. (siehe Anlage Teil 5)

¹⁴⁶ [2EHe2015]

6.3 Auswirkung des zukünftigen Gebäudestandards auf den Wert des Gebäudes

6.3.1 Bewertung der Immobilie als Effizienzhaus

Die Standards und Komponenten des energieeffizienten Bauens haben sich im Laufe der Jahre geändert. Mit der WSVO 1995 begann die Definition der Mindestanforderungen und mit der EnEV wurden diese ergänzt und weiterentwickelt. Mit moderner Haustechnik liegen sie meist energetisch günstiger als es die Anforderungen der EnEV beschreiben.

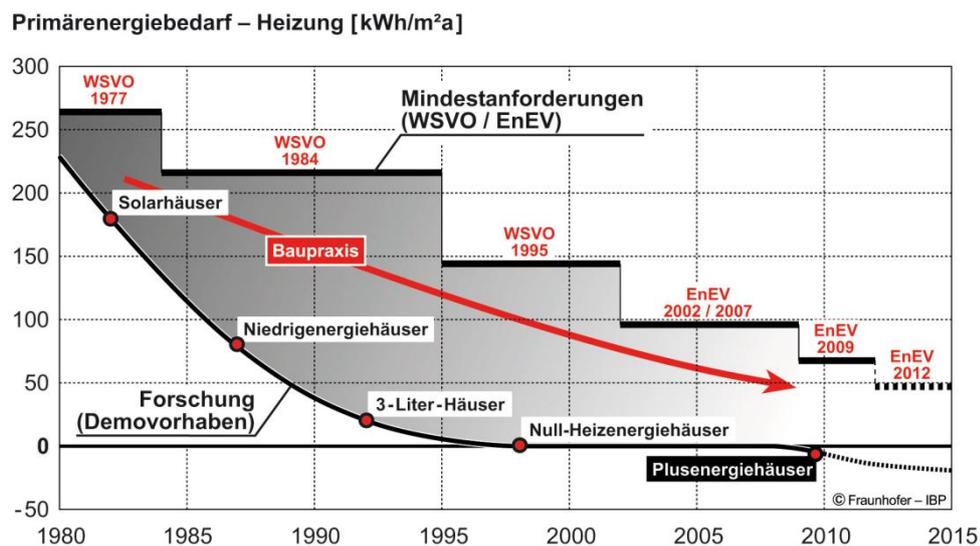


Abbildung 27: Entwicklung des energiesparenden Bauens¹⁴⁷

Für Niedrigenergiehäuser gibt es keine allgemeingültige Definition. Unter einem Niedrigenergiehaus wird ein Gebäude verstanden, welches einen niedrigeren Energieverbrauch für seinen Betrieb aufweist als nach heutigen Vorschriften zulässig wäre. Im Mittelpunkt steht dabei die Bewertung des Heizwärmebedarfs. Deswegen spielt hier eine gute Wärmedämmung, ein effizientes Heizsystem und ein intelligentes Lüftungssystem eine fokussierte Rolle. Es gibt verschiedene Gebäudekonzeptionen, die den Niedrigenergiehausstandard erfüllen.¹⁴⁸

Typen von Niedrigenergiehäusern sind KfW-Effizienzhäuser, 3-Liter Häuser oder eine verschärfte Form das Passivhaus.

¹⁴⁷ [2ibp2015]

¹⁴⁸ Vgl. [2PaR2014]

KfW- Effizienzhäuser zeichnen sich wie bereits erwähnt durch einen energetischen Gebäudestandard, der mithilfe von staatlichen Förderungen finanziert wird, aus, wobei die energetische Qualität anhand des Jahresprimärenergiebedarfs und des Transmissionswärmeverlustes gemessen wird. Je geringer der Energiebedarf, umso höher ist der Zuschuss.

Das 3-Liter-Haus bezeichnet ein Niedrigenergiehausstandard, der für die Beheizung einschließlich Hilfsenergie einen jährlichen Primärenergiebedarf von weniger als 34 kWh/(m²a) aufweist. Das entspricht rechnerisch dem Primärenergiebedarf von drei Litern Heizöl.

Als Passivhäuser bezeichnet man hingegen Häuser mit einem Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a) bezogen auf die beheizte Wohnfläche und einem Primärenergiebedarf von 20 bis 40 kWh/(m²a).¹⁴⁹ Für die Zukunft sind im Bereich Energiesparhäuser noch weitere Innovationen wie das Nullenergiehaus zu erwarten, welches so effizient gebaut und ausgestattet wird, dass es keine Energie von extern beziehen muss.

Der Niedrigenergiehaus-Standard nimmt in der heutigen Gesellschaft und am Markt eine bedeutende Rolle ein. Die Ressourcen fossiler Brennstoffe sind erschöpft und sie werden früher oder später versiegen. Langfristig müssen neue Energiequellen erschlossen und genutzt werden um auch in der Zukunft den Energiebedarf decken zu können. Zugleich muss der CO₂-Ausstoß weltweit drastisch gesenkt werden. Es geht bei der Zukunft im Wohnungsbau also auch um nachhaltige Energiekonzepte und um Umweltschutz. Architekten, Ingenieure und Energieexperten sind also gefordert, genau das durch bauliche Maßnahmen und effiziente und intelligente Systeme zu erreichen und das nicht nur im Neubau, sondern auch bei Altbausanierungen. So können Bestandsgebäude und vor allem Denkmäler erhalten werden. Davon profitierten die Eigentümer, die Bewohner und vor allem die Umwelt. „Die Vorteile des energieeffizienten Wohnens liegen auf der Hand: weniger Energieverbrauch, weniger Kosten, schonender Umgang mit den Ressourcen.“¹⁵⁰

6.3.2 Auswirkungen auf den Mietpreis und die Vermietbarkeit

Steigende Energiepreise stellen zunehmend ein finanzielles Problem für viele Mieter und Hauseigentümer dar. Neben der Energiekosteneinsparung ist eine Sanierung unter energetischen Gesichtspunkten weiterhin attraktiv und sinnvoll, besonders im Hinblick auf die Wertsteigerung der Immobilie, staatliche Förderungen, der Steigerung des Wohnkomforts

¹⁴⁹ Vgl. [HaPr2009] S.52f

¹⁵⁰ [Inet2015]

und dem Beitrag zum Klimaschutz. In Zeiten hoher Energiepreise sichern sich Eigentümer und Vermieter nicht nur die Aufmerksamkeit von Käufern und Mietern, sondern auch die Zukunftssicherheit ihres Vermögens. Die Höhe der Betriebskosten stellt ein entscheidendes Qualitätsmerkmal bei der Wohnungswahl dar. Mit einer energetischen Sanierung werden die Kapital-, Verwaltungs- und Betriebskosten nachhaltig optimiert. Dies stellt sich vor allem bei Gebäuden, die ohnehin renovierungsbedürftig sind, als enormer Gewinn dar, sodass maximal 30-50 Prozent der gesamten Instandhaltungskosten den energetisch bedingten Zusatzkosten zuzurechnen sind.¹⁵¹

Bei selbst genutztem Eigentum werden Kapitalkosten für die energetische Investition theoretisch direkt über die eingesparten Energiekosten refinanziert. Anders ist es bei Vermietern; diese können Investitionskosten bei bislang vermieteten Objekten in Form von Mieterhöhungen nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch (§ 559 BGB - Erhöhung der Jahresmiete um 11 % der umlagefähigen Kosten) realisieren. Ohnehin erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen dürfen allerdings nicht berücksichtigt werden. Auch staatliche Fördergelder wie Zuschüsse und Kreditzinsen müssen aus den Kosten heraus gerechnet werden (§ 559a - Anrechnung von Drittmitteln). Nur wenn die gesetzlich eingeräumten Mieterhöhungen bzw. die Anpassung des Mietniveaus bei Neuvermietung auch tatsächlich am Markt realisiert werden können, besteht für den Vermieter die Möglichkeit der angemessenen Refinanzierung¹⁵². Letztendlich will der Vermieter seine Immobilie den Anforderungen des Wohnungsmarktes anpassen und die langfristige Vermietbarkeit sichern. Insgesamt sollte das Verhältnis zur eingesparten Energie und der Miethöhe ausgeglichen sein, um eine dauerhafte Vermietung und die Attraktivität für den Mieter zu sichern. Für nicht preisgebundene Wohnungen, welche sich dadurch auszeichnen dass die Miete nicht durch Gesetz oder eine soziale Förderzusage festgelegt ist, werden die Mieten bei Abschluss des Mietvertrages grundsätzlich frei vereinbart. Dennoch darf die neue Miete gemäß § 5 des Wirtschaftsgesetzes nicht mehr als 20 Prozent über den ortsüblichen Mieten liegen.¹⁵³

In der Stadt Bad Belzig hat sich der Wohnungsmarkt erst in den letzten Jahren richtig entwickelt. Bad Belzig war bisher zu klein um einen Mietspiegel zu haben. Eine Fraktion des Stadtparlaments hat über die Erstellung eines Mietspiegels nachgedacht, jedoch noch nicht umgesetzt. Die Mieten beginnen bei 6,20 €/m² kalt und erreichen in seltenen Fällen auch bis zu 9,00 €/m² kalt. Die Mehrzahl der Wohnungen sind geförderte Wohnungen und somit den Förderbestimmungen unterlegen. Daran hat den Hauptanteil die stadteigene Wohnungsgesellschaft BEWOG. Dennoch sind auch hier Mieten in einer Höhe von über 6,00 €/m² zu verzeichnen.¹⁵⁴ Entscheidende Faktoren für die Höhe der Miete sind die

¹⁵¹ Vgl. [FOCU2015]

¹⁵² Vgl. [SäSm2011]

¹⁵³ Vgl. [3Imm2015]

¹⁵⁴ [ReJu2015]

Größe und die Ausstattung der Immobilie sowie ihre Lage. Eine wichtige Rolle spielen zudem günstige Nebenkosten und ein guter Wohnkomfort. Eine energetische Sanierung wird diesen Kriterien überaus gerecht. Durch die Reduzierung des Energiebedarfs und die Verbesserung des Wohnkomforts steigt auch der Marktwert des Gebäudes. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren ist zu erwarten, dass die Miete über dem ortsüblichen Mietpreis angesetzt wird. Da es in Bad Belzig jedoch noch keine festgelegte ortsübliche Vergleichsmiete gibt, kann man die Entwicklung des Mietpreises nicht genau prognostizieren. Wenn man aber beispielsweise die 6,20 €/m² als ortsübliche Vergleichsmiete ansetzen würde, so dürfte die neue Miete maximal 7,44 €/m² betragen.

Die Annahme des Höchstsatzes ist durchaus gerechtfertigt. Die Mieter genießen nach der energetischen Sanierung einen gehobenen Wohnkomfort und profitieren zusätzlich von niedrigen Betriebskosten. Bei Großwohnungen erfolgt üblicherweise ein Abschlag auf die monatliche Kaltmiete, um einen Ausgleich für das Verhältnis von der Wohnfläche zur Quadratmetermiete zu schaffen. Für die Wohneinheit im Obergeschoss beträgt der pauschale Umrechnungsfaktor 0,88 und für die Wohneinheit im Dachgeschoss 0,91 von den 7,44 €/m² Kaltmiete.¹⁵⁵ (siehe Anlage Teil 6)

Um die zu erwartenden Mieterträge zur Deckung der energetischen Baukosten zu veranschaulichen dient folgende Tabelle:

Gebäudebezeichnung	Mieteinheit	Wohnfläche in m ²	(€/m ²) Preis	Monatliche Nettokaltmiete	Jährlich Nettokaltmiete
Mehrfamilienwohnhaus	Wohnung EG	116	-	-	-
	Wohnung OG	145	6,55	949,75 €	11.397,00 €
	Wohnung DG	121	6,77	819,17 €	9.830,04 €
Summe:				1.768,92 €	21.227,04 €

Im Erdgeschoss werden keine Mieteinnahmen erzielt, da diese Wohneinheit vorraussichtlich vom Eigentümer selbst genutzt wird. Von der berechneten Summe des Jahresrohertrages der Mieteinnahmen sind vom Vermieter noch die Bewirtschaftungskosten (Verwaltungskosten, Instandhaltungskosten, Mietausfallwagnis) abzuziehen, um den Jahresreinertrag zu erhalten.

Für Mehrfamilienwohnhäuser mit einer Restnutzungsdauer größergleich 20 Jahre werden durchschnittlich pauschalisierte Bewirtschaftungskosten von 21 % angesetzt. Bei Wohnungen, die eine größere Wohnfläche als 110 m² messen, sowie bei Wohnungs- und Teileigentum sind es bereits 22 % des Jahresrohertrages. Von dem Jahresrohertrag bleibt also abzüglich der Bewirtschaftungskosten von 22 % ein Jahresreinertrag in einer Höhe von 16.557,09 €.

¹⁵⁵ Vgl. [GeDa2004]

Wenn man diesen Jahresreinertrag nun im Verhältnis zu den energetisch relevanten Baukosten (165.827,60 €) betrachtet, hätte der Vermieter diese unter Einsatz von Eigenkapital mittels der Mieteinnahmen in 10 Jahren gedeckt und unter Berücksichtigung der Zuschüsse für ein KfW-Effizienzhaus 85 (verbleibend 132.662,08 €) für die energetischen Maßnahmen bereits innerhalb von 8 Jahren.

7 Fazit

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Thematik der energetischen Gebäudesanierung in Deutschland zu analysieren und aufzuzeigen, welche Maßnahmen erforderlich sind, um einen energetischen Standard im Bestand zu erzielen und somit sowohl Energie als auch Kosten einzusparen. Auch im Rahmen des Energiekonzepts 2050 der Bundesregierung Deutschland genießt dieses Thema erhöhte Aufmerksamkeit. Aufgabenstellung der Bundesregierung ist, die Sanierungsrate voran zu treiben, um bis 2020 den Wärmebedarf des Gebäudebestandes um 20 Prozent zu senken. Bis 2050 sollen Häuser nahezu klimaneutral sein, sodass der eigene Bedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt wird.

Nachdem in der hiesigen Bachelorarbeit die Notwendigkeit einer strukturierten und gezielten Vorgehensweise im Analysierungs- und Planungsprozess von energetischen Sanierungsvorhaben aufgezeigt wurde, folgten Möglichkeiten, eine hohe Energieeffizienz im Bestandsbau zu erzielen. Dabei fand eine Differenzierung in bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle und in Maßnahmen der Anlagentechnik statt. Im Hinblick auf die steigenden Energiepreise von fossilen Brennstoffen, die zunehmende Knappheit dieser Ressourcen und vor allem aber mit dem Ziel des Umweltschutzes stand hierbei der Einsatz regenerativer Heizsysteme zur Wärmeengewinnung im Mittelpunkt.

Mit den erworbenen Kenntnissen schloss sich die Forschung von möglichen energetischen Maßnahmen an einem ausgewählten Beispiel an. Die Untersuchungen erfolgten mit Unterstützung des betreuenden Unternehmens, um eine quantitativ und qualitativ hochwertige Informationsgrundlage zu instruktiven Belangen des Objektes zu erhalten. Dabei wurde mit dem Ziel, das denkmalgeschützte Gebäude zu einem KfW-Effizienzhaus zu sanieren, die Dämmung der Gebäudehülle geplant, zudem ein Vergleich verschiedener regenerativer Heizsysteme vorgenommen und letztendlich die Entscheidung des Einsatzes einer Erdwärmepumpe getroffen. Auch der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wurde als eine lohnenswerte Maßnahme diagnostiziert. Alle in Betracht gezogenen Maßnahmen tragen einen wesentlichen Teil zur Verbesserung der energetischen Qualität des Gebäudes bei und sind aus wirtschaftlicher Sicht vertretbar.

Die energiesparenden Maßnahmen führen mit der Umsetzung zu einer enormen Einsparung des Energieverbrauchs im Vergleich zu dem unsanierten Zustand. Der Endenergieverbrauch könnte durch die Realisierung der Maßnahmen einen Verbrauchswert von 12,76 kWh/m²a erreichen. Im gleichen Maß reduzieren sich der Primärenergiebedarf und die CO₂-äquivalenten Emissionen. Während der Primärenergiebedarf mit der Variante des Einsatzes einer Erdwärmepumpe in Kombination mit der Dämmung der Gebäudehülle und dem Einsatz einer zentralen Lüftungsanlage einen Wert von 30,63 kWh/m²a erzie-

len kann, reduzieren sich zugleich die CO₂-Emissionen auf eine geringe Menge von 8 kg/m² im Jahr.

Insgesamt kann mit diesen Maßnahmen ein KfW-Effizienzhaus 85 erreicht werden. Damit werden ein wesentlich besserer Standard und somit auch ein höherer Förderbeitrag erreicht, als beispielsweise die Anforderungen eines KfW-Effizienzhaus Denkmal verlangen. Auch die Vorgaben der EnEV wurden erfüllt und teils sogar übertroffen. Auch wenn es sich um ein Denkmal handelt und demzufolge die energetischen Anforderungen niedriger liegen, bestand das Ziel der Planung der Maßnahmen darin, das höchste Maß an Energieeffizienz zu erreichen. Dazu wurden alle wirtschaftlich vertretbaren und bautechnisch realisierbaren Maßnahmen in Betracht gezogen.

Ergänzend ist an der Stelle zu berücksichtigen, dass die Bundesregierung, Länder und Kommunen bestrebt sind, die Energieeinsparmöglichkeiten im Gebäudebestand durch finanzielle Unterstützungen möglich zu machen. Das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm mit den daraus finanzierten KfW-Förderprogrammen arrangieren es für private und auch öffentliche Bauherren energetische Sanierungsvorhaben erschwinglicher zu machen und damit auch mehr Anreize für die Durchführung derartiger Maßnahmen zu schaffen. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass sich energetische Gebäudesanierungen langfristig nicht nur hinsichtlich der Minimierung der Umweltbelastung, sondern auch finanziell lohnen. Vor allem bei Gebäuden, welche ohnehin renovierungsbedürftig, sind können die dargestellten Maßnahmen sinnvoll implementiert werden.

Durch die steigenden Anforderungen der EnEV, dem gestärkten Bewusstsein über die Umsetzung klimapolitischer Ziele und den Förderprogrammen der Bundesregierung konnte in den Jahren 2006 bis Mai 2015 bisher eine positive Bilanz im Bereich energetischer Aktivitäten verzeichnet werden. Rund 3,9 Millionen Wohnungen wurden energetisch saniert oder auch neu gebaut. Zudem wurden an über 2.200 Gebäuden kommunaler oder sozialer Einrichtungen (z. B. Verwaltungsgebäude, Schulen, Kindertagesstätten etc.) energetische Sanierungen gefördert. Damit wurden insgesamt über 204 Milliarden Euro in die Energieeffizienz von Gebäuden investiert. Durch die geförderten Investitionen reduziert sich der CO₂-Ausstoß jährlich um mehr als 7,8 Millionen Tonnen und das über den 30-jährigen Nutzungszeitraum der Maßnahmen.¹⁵⁶ Zudem sparen die energieeffizienten Bauten jährlich 2080 GWh Endenergie ein. Das entspricht einem Anteil von 10,3 % zur Erreichung des nationalen Endenergieeinsparpotentials.¹⁵⁷ Dennoch ist eine offensivere Klimaschutz-Politik im Bereich der Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung sowie der Anreizprogramme nötig, um langfristige Klimaschutzziele, z.B. die Reduzierung der CO₂ -Emissionen um mindestens 80 % bis 2050, erreichen zu können. Hierfür muss

¹⁵⁶ Vgl. [4BuM2015]

¹⁵⁷ Vgl. [BAKA2015] S.134

der Anteil der erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch noch weiter ausgebaut und die Energieeffizienz der Gebäude gesteigert werden.

Von den Investitionen profitiert auch der Mittelstand hinsichtlich der Bauaufträge, die vor allem an örtliche Handwerksbetriebe gehen. Die hohen Förderanforderungen stärken neue, hochwertige Standards am Markt und unterstützen damit die Entwicklung und Markteinführung neuer Produkte, Technologien und Materialien im Bereich der Gebäudeenergieeffizienz. 347.000 Arbeitsplätze werden durch die KfW-Förderung gesichert oder neu geschaffen, davon sind 80 % dem Mittelstand zuzurechnen.¹⁵⁸

Trotz der genannten Vorteile gibt es diverse Vorbehalte. Gründe hierfür sind das mangelnde Vertrauen in ein lohnenswertes Endergebnis, die Komplexität, z.T. hohe Investitionskosten des Bauvorhabens und unzureichende Markttransparenz. Für viele Eigentümer steht zudem die Liquidität der finanziellen Mittel mehr im Vordergrund als die Rentabilität. Erwähnenswert ist zudem, dass durch lange Amortisationszeiträume für ältere Immobilieneigentümer eine energetische Sanierung nur wenig Anreize schafft, denn solche Zeiträume übersteigen oft die Lebenserwartung älterer Immobilieneigentümer.¹⁵⁹ Meiner Meinung nach ist es zudem für Hauseigentümer recht kompliziert, sich durch die Menge an Fördermöglichkeiten und Angebote einer energetischen Sanierung zurechtzufinden. Es gibt eine Vielzahl an Simulationsprogrammen, welche Chancen und Ergebnisse verschiedener Maßnahmen aufzeigen, sich jedoch im berechneten Endergebnis stark unterscheiden. An dem Punkt wird erneut deutlich, wie wichtig es ist, Experten und Sachverständige in das Vorhaben einzubinden.

Daher sollten alle Anstrengungen unternommen werden, um den Vorbehalten entgegenzuwirken. Es sollte das höchste Ziel sein, staatliche und privatwirtschaftliche Vorgaben aufeinander abzustimmen, die Komplexität zu reduzieren, Transparenz und Sicherheit zu schaffen und dem Bürger Informations- und Kommunikationsplattformen bereitzustellen. Es muss gelingen, das Bewusstsein der Bevölkerung zu wecken, um die weltweit stetig steigenden CO₂-Emissionen sowie den Energieverbrauch mit der einhergehenden Knappheit an fossilen Ressourcen einzugrenzen und die Umwelt zu entlasten; und das nicht nur durch technisch innovative Lösungen.

Der Ursprung umweltbewussten Denkens liegt bei dem eigenen Verhalten. Heizkosten lassen sich bereits durch intelligentes Heizen und Lüften einsparen. Die Absenkung der Raumtemperatur um ein Grad mindert die Energiekosten um rund sechs Prozent. Zudem kann es weitere Vorteile bringen, wenn alle Heizkörper ihre volle Leistung abgeben können und nicht durch Verkleidungen, Fenstervorhänge oder Wäsche zugehängt sind und

¹⁵⁸ Vgl. [BAKA2015] S.134

¹⁵⁹ Vgl. [OtWo2012]

deshalb ihre Wärmeabstrahlung gehindert wird.¹⁶⁰ Wenn man durch solch simple Informationen das umweltbewusste Denken der Menschen erreichen kann, so findet der nächste Schritt von baulichen Maßnahmen möglicherweise mehr Akzeptanz, als wenn der Hauseigentümer bislang mit der Thematik nicht in Berührung gekommen ist und sich plötzlich auf bauliche oder auch finanzielle Veränderungen einstellen muss. Denn ohne Vertrauen, Akzeptanz und Initiative können die ambitionierten Ziele der Bundesregierung nicht umgesetzt werden.

Die vorliegende Arbeit bezeugt, dass mit einer energetischen Sanierung und einem präzise abgestimmten Maßnahmenkonzept ein großes Potential zur Einsparung von Energie im Gebäudesektor besteht. Gute Erfolgsaussichten versprechen eine Vielzahl von bereits durchgeführten energetischen Sanierungen in ganz Deutschland. Dennoch reicht der Umfang der bislang durchgeführten Maßnahmen nicht aus um die anvisierten Zahlen zu erreichen. Um die erhöhte Aufmerksamkeit der Hauseigentümer zu der Thematik Energieeinsparung und Umweltschutz im Bestandsbau zu erreichen, gilt ein Appell an Bund, Länder und Kommunen eine energetische Sanierung noch attraktiver zu gestalten und die Idee hinter dem Konzept verstärkt in die Gesellschaft zu integrieren. Denn energetische Sanierungen sind im Hinblick auf den Klimaschutz und angesichts der steigenden Energiekosten wichtiger denn je.

¹⁶⁰ Vgl. [HaPr2009] S.15

Literaturverzeichnis

- [Anon2013] Anondi GmbH (2013): Heizungsvergleich Mehrfamilienhaus, Ulm, Stand Mai 2013,
<http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/heizungsvergleich/heizungsvergleich-mehrfamilienhauses>, Abgerufen am 12.10.2015
- [BAFA2015] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (2015): Förderungen, Frankfurt am Main, o.J., <http://www.bfee-online.de/bfee/foerderungen/index.html>, Abgerufen am 11.10.2015
- [BAKA2015] Bundesarbeiterkreis für Altbausanierung e.V.: Kompetenz Bauen im Bestand, Almanach 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co.KG, 2015
- [1Bau2015] Baunetz Wissen Nachhaltig bauen (2015): Das Referenzgebäudeverfahren, Berlin, o.J.,
http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Nachhaltig-Bauen-Berechnungsgrundlagen-fuer-Energiebilanzen_830569.html, Abgerufen am 15.10.2015
- [2Bau2015] Baunetz Wissen Gebäudetechnik (2015): Kraft-Wärme-Kopplung, Berlin, o.J.,
http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Gebaeudetechnik-Kraft-Waerme-Kopplung_2460293.html, Abgerufen am 01.10.2015
- [BDI2014] BDI Umwelt, Technik und Nachhaltigkeit Initiative: Energieeffiziente Gebäude, Eckpunktpapier „Gebäudeenergieeffizienz“, Erschienen am 06.10.2014, Bundesverband der deutschen Industrie e.V.

- [BeGI2008] Benjamin Maria Glombik (2008): Energieeffiziente Bestandsentwicklung, Aachen, Stand 2008, http://www.pt.rwth-aachen.de/dokumente/lehre_materialien/energieeffiziente%20bestandsentwicklung_neu.pdf, Abgerufen am 14.10.2015
- [BöJö2012] Böhning, Jörg: Altbaumodernisierung kompakt, 2. überarbeitete Auflage, Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co.KG, 2012
- [1BuM2015] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Energieeffizienzstrategie Gebäude, Berlin, o.J., <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende-im-Gebaeudebereich/energieeffizienz-strategie-gebaeude.html>, Abgerufen am 28.08.2015
- [2BuM2015] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Energieeffizienzstrategie Gebäude, Berlin, o.J., http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Standardartikel/waermegesetz_eewaermeg.html, Abgerufen am 30.08.2015
- [3BuM2015] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): KfW-Programme , Berlin, o.J., <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende-im-Gebaeudebereich/kfw-programme.html>, Abgerufen am 14.10.2015
- [4BuM2015] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): KfW-Programme , Berlin, o.J., <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende-im-Gebaeudebereich/kfw-programme.html>, Abgerufen am 02.11.2015
- [Bund2014] Bundesregierung (2014): Erläuterung zum Energieausweis, Berlin, <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2014/04/Bilder/2014-04-24->

- energieausweis.jpg%3F__blob%3Dposter%26v%3D2., Abgerufen am 12.10.2015
- [BuWä2015] Busch Ltd. Wärmedämmtechnik (2015): Kellerdeckendämmung, Beverungen, o.J., <http://www.xn--busch-dmmung-mcb.de/resources/Kellerdecken%2BSchema.gif>, Abgerufen am 06.09.2015
- [CIMA2015] Classmarkets GmbH (2015): Photovoltaik-Anlage planen, Berlin, o.J., <http://www.immobilo.de/ratgeber/solaranlagen/photovoltaik/gross-e-anlage>, Abgerufen am 09.11.2015
- [Co2o2015] Co2online gGmbH (2015): Lüftungsanlagen, Berlin, o.J., <http://www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/lueften-lueftungsanlagen-fenster/lueftungsanlage-das-sind-die-kosten/>, Abgerufen am 14.10.2015
- [dena2015] dena Deutsche Energie-Agentur (2015): Energieeffiziente Gebäude, Berlin, o.J., <http://www.dena.de/themen/energieeffiziente-gebaeude.html>, Abgerufen am 28.08.2015
- [DIW2015] DIW Instandhaltung GmbH (2015): Facility Management, Stuttgart, o.J., http://www.diw-facility.de/leistungen/facility_management.html, Abgerufen am 30.08.2015
- [DrUd2014] Drott, Udo: Restauratorische Befunderhebung, Straße der Einheit 47, Bad Belzig, November 2014
- [EnEV2009] Energieeinsparverordnung, 2.Auflage, München, Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co.KG, 2010

- [1EnF2015] Energie-Fachberater: Das schreibt die Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) bei einer Sanierung vor, Baden-Baden, o.J., <http://www.energie-fachberater.de/beratung-foerdermittel/gesetzliche-vorgaben/energieeinsparverordnung-enev>, Abgerufen am 17.09.2015
- [2EnF2015] Energie-Fachberater (2015): Kellerdeckendämmung, Baden-Baden, o.J., <http://www.energie-fachberater.de/daemmung/daemmung-keller/kellerdeckendaemmung/>, Abgerufen am 05.09.2015
- [EnGe2015] Energieeffizienz & Gebäuediagnose: Experte Altbau, 2-Tage-Fach-Seminar, Berlin, 26./27.06.2015, Seminarunterlagen
- [1EHe2015] Energieheld GmbH (2015): Kosten für die neue Heizung, Hannover, o.J., <http://www.energieheld.de/heizung/anschaffungskosten>, Abgerufen am 12.10.2015
- [2EHe2015] Energieheld GmbH (2015): KfW-Effizienzhaus, Hannover, o.J., <http://www.energieheld.de/energetische-sanierung/kfw-effizienzhaus>, Abgerufen am 12.10.2015
- [3EHe2015] Energieheld GmbH (2015): Kosten für die neue Heizung, Hannover, o.J., <http://www.energieheld.de/photovoltaik/kosten-pv-anlage>, Abgerufen am 08.11.2015
- [EnOB2015] EnOB (2015): Forschung für energieoptimiertes Bauen, Bonn, o.J., <http://www.enob.info/de/sanierung/>, Abgerufen am 28.08.2015
- [EnSp2015] Energiesparen-im-Haushalt vPRESS. GmbH (2015): Fenster-Sanierung, Köln, o.J., <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/nachtraegliche-waermedaemmung/waermeverlust-im->

- haus/fenster-sanierung.html, Abgerufen am 01.09.2015
- [EON2015] E.ON Energie Deutschland GmbH (2015): Direktstrom öko, Landshut, o.J.,
<https://www.eon.de/pk/de/strom/direktstrom/direktstrom-oeko.html>,
Abgerufen am 08.11.2015
- [ErWä2015] Das Verbraucherportal Erdwärmepumpe.de (2015): Erdwärmepumpen, Berlin, o.J.,
<http://www.erdwaermepumpe.de/images/header/wpfunktion.jpg>,
Abgerufen am 01.09.2015
- [FOCU2015] FOCUS Magazin Verlag GmbH (2015): Energieausweis, München, o.J.,,
http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/energiepass/energiepass_aid_27239.html, Angerufen am 23.10.2015
- [FrSa2010] Freistaat Sachsen (2010): Energetische Sanierung von Baudenkmalen, Stand Dezember 2010,
http://www.denkmalpflege.sachsen.de/download/Handlungsanleitung_Energetische_Sanierung.pdf, Abgerufen am 07.09.2015
- [GeDa2004] Gerginov David (2004): Auswirkung verschiedener Kriterien auf den Mietpreis, o.O., Stand 26.08.2004,
<http://www.gevestor.de/details/art-groesse-ausstattung-beschaffenheit-und-lage-wie-sich-diese-kriterien-auf-die-mieteauswirken-22596.html>, Abgerufen am 11.11.2015
- [GeVe2014] GeVestor Financial Publishing Group (2014): Der Energieausweis, Bonn, 11.06.2014, <http://www.gevestor.de/details/was-energieeinsparverordnung-2014-und-energieausweis-fuer-ihre-immobilie-bedeuten-714951.html>, Abgerufen am 22.10.2015
- [1ibp2015] Fraunhofer Institut für Bauphysik (2015): Innendämmung aus physikalischer Sicht, o.O.,

- http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Publicationen/Konferenzbeitraege/Deutsch/KB_5_tcm45-30960.pdf, Abgerufen am 27.10.2015
- [2ibp2015] Fraunhofer-Institut für Bauphysik (2015): Entwicklung des energiesparenden Bauens, Stuttgart, o.J.,
http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/images/Presse_und_Medien/Forschung_im_Fokus/Oktober-2012/Bild3_GROSS_tcm45-105556.jpg, Abgerufen am 12.10.2015
- [1idi2015] Idi-al Software Studentenversion: Gebäuediagnose S-S-P, Projektdaten, Berlin, 2015
- [2idi2013] Idi-al. Gebäuediagnose: Gebäudeeinschätzung Stufe A Plus, erstellt am 03.09.2013 von Ulrich Zink, Immobilientherapeut
- [ILB2015] Investitionsbank des Landes Brandenburg ILB (2015): Wohneigentum in Innerstädten, Potsdam, o.J.,
http://www.ilb.de/de/wohnungsbau/darlehen_2/wohneigentum_in_innenstaedten_modernisierung_instandsetzung_mit_energetischer_sanierung/index.html, Abgerufen am 11.10.2015
- [1Imm2015] Immowelt AG(2015): Erneuerbare Energien, Nürnberg, o.J.,
<http://www.bauen.de/ratgeber/ausbau-renovierung/heizungsklimaanlagen/heizungsmodernisierung/artikel/artikel/erneuerbare-energien-moderne-heizsysteme-fuer-alte-haeuser.html>, Abgerufen am 14.10.2015
- [2Imm2015] Immowelt AG (2015): Abschreibung, Nürnberg, Stand 01.09.2015,
<http://ratgeber.immowelt.de/anlage/steuern-sparen/artikel/artikel/abschreibung-immobilien-afa-nutzen.html>, Abgerufen am 11.10.2015

- [3Imm2015] Immowelt AG (2015): Modernisierungsumlage, Nürnberg, Stand 16.09.2014, <http://news.immowelt.de/tipps-fuer-vermieter/artikel/2449-modernisierungsumlage-wann-die-miete-nach-einer-energetischen-sanierung-erhoeht-werden-darf.html>, Abgerufen am 24.10.2015
- [Inet2015] Immonet GmbH (2015): Niedrigenergiehaus, Hamburg, o.J., <http://www.immonet.de/service/niedrigenergiehaeuser.html>, Abgerufen am 23.10.2015
- [Inte2014] Integra Planen und Gestalten GmbH (2014): Sanierungspläne, Berlin, Stand September 2014
- [IWU2015] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (2015): Kurzgutachten zur wirtschaftlichen Vertretbarkeit ausgewählter Maßnahmen nach EnEV 2014 vom 07.07.2015
- [HaLe2015] Haufe-Lexware GmbH & Co. KG (2015): Energetische Sanierung und Modernisierung, Freiburg, o.J., http://www.haufe.de/immobilien/verwalterpraxis/energetische-sanierung-und-modernisierung-steuerliche-fragen_idesk_PI9865_HI6710034.html, Abgerufen am 11.10.2015
- [HaPr2009] Haufe Praxisratgeber Krolkiewicz, Hopfensperger, Spöth: Energiekosten für Gebäude senken, München, Rudolf Haufe Verlag GmbH & Co. KG, 2009
- [HeFi2015] Heizungsfinder (2015): Heizungssysteme mit Zukunft: wirtschaftlich und regenerativ, Hamburg, o.J. <http://www.heizungsfinder.de/heizung/regenerative-systeme>, Abgerufen am 01.10.2015
- [HiRa2008] Hirschberg, Rainer: Energieeffiziente Gebäude, Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co.KG, 2008

- [HoRe2012] Hoffmann, Reinhard: Häuser richtig energieeffizient bauen, München, Franzis Verlag GmbH, 2012
- [1KfW2015] KfW (2015): Energieeffizient Sanieren, Frankfurt am Main, o.J., <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rderer/F%C3%B6rdererprodukte/F%C3%BCr-Bestandsimmobilien.html>, Abgerufen am 11.10.2015
- [2KfW2015] KfW Bankengruppe: Förderprodukte für Bestandsimmobilien, Frankfurt am Main, Stand 2015, <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/F%C3%B6rderprodukte-f%C3%BCr-Bestandsimmobilien.html>, Abgerufen am 05.11.2015
- [KrJö2009] Krimmling Jörn: Energieeffiziente Gebäude, 3. aktualisierte Auflage, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [LaBr2012] Brandenburgisches Land für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (2012): Denkmale in Brandenburg, Stand 08.10.2015, <http://ns.gis-bldam-brandenburg.de/hida4web/view?docId=obj09191467.xml;query=;brand=default;doc.style=gridview;blockId=d93301e2;startDoc=1>, Abgerufen am 03.11.2015
- [LöWe2015] Löhmann, Werner (2015): Die Gebäudeenergieberatung, o.J., http://www.loehmannschornsteinfeger.de/bilder_bw/org/werbung.jpg, Abgerufen am 10.10.2015
- [MaFr2014] Maßong, Friedhelm: EnEV 2012 kompakt, 3. Auflage, Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co.KG, 2014
- [1PaR2014] Paschotta, Rüdiger (2014): Energetische Sanierung von Gebäuden, Bad Dürkheim, o.J., <https://www.energie->

- lexikon.info/energetische_sanierung_von_gebaeuden.html, Abgerufen am 02.09.2015
- [2PaR2014] Paschotta, Rüdiger (2014): Energetische Sanierung von Gebäuden, Bad Dürkheim, o.J., <https://www.energielexikon.info/niedrigenergiehaus.html>, Abgerufen am 13.10.2015
- [PfMa2008] Pfeiffer, Martin, Institut für Bauforschung e.V.: Energetische Gebäudemodernisierung, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2008
- [PrKI2013] proKlima – der enercity-Fonds: Altbau modern sanieren, Hannover, Stand Februar 2013, https://www.proklima-hannover.de/downloads/proKlima/Broschueren_Informationen/01_Broschuere_Altbaumodernisierung.pdf, Abgerufen am 12.10.2015
- [ReFI2015] Reinhard Flötotto (2015): KfW: Energieeffizient saniert, Gütersloh, o.J., <http://www.weltderenergie.de/typo3temp/pics/c5a85f1b0b.jpg>, Abgerufen am 11.10.2015
- [ReJu2015] Reimann Jutta (2015): E-Mail Auskunft zu Mietspiegel, 08.10.2015, E-Mail: bauverwaltung@bad-belzig.de
- [rem2015] remmers schützt Werte im Bau (2015), iQ-Therm – die intelligenteste Innendämmung, o.O., o.J., <http://hessbrueggen.com/htech/downloads/796.pdf>, Abgerufen am 23.10.2015
- [RoFe2015] Royal Fenster OHG (2015), Neupotz, o.J., <http://www.royalfenster.com/resources/76.jpg>, Abgerufen am 30.08.2015
- [SäSm2011] Sächsisches Staatsministerium des Innern (2011): Energetische Sanierung von Baudenkmalen, Dresden, Stand 23.01.2011,

-
- http://www.denkmalpflege.sachsen.de/download/Handlungsanleitung_Energetische_Sanierung.pdf, Abgerufen am 23.10.2015
- [SaUw2012] Sallmann, Uwe: Holzschutztechnisches Gutachten Nr.12/12, Berlin, 07.12.2012
- [ScJa2013] Schaaf, Jan (2013): Immobilienlebenszyklus, Immobilien-Bestandsmanagement, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Vorlesungsunterlagen
- [ScWo2015] Schöner-wohnen, G+J Living & Food GmbH (2015): Fenster - wann lohnt sich die Sanierung? ,Hamburg, o.J., <http://www.schoener-wohnen.de/architektur/31219-rtkl-fenster-wann-lohnt-sich-die-sanierung>, Abgerufen am 01.09.2015
- [Spren2010] Sprengretter (2010): Bewirtschaftungskosten, Marktdaten und Praxishilfen, Blatt 94.Ergänzung, Berlin, Stand Juli 2010, (Hrsg.) Sprengretter
- [StDi2015] Stapelfeld, Dirk-Uwe (2015): Energieausweis, o.O., o.J., http://www.stapelfeldtschornsteinfeger.de/images/energieausweis_wg-1-.jpg, Abgerufen am 13.10.2015
- [StUI2010] Stempel, Ulrich E.: Häuser energetisch sanieren und dämmen, Poing, Franzis Verlag GmbH, 2010
- [StWü2010] Wüstenrot Stiftung: Energieeffiziente Architektur, Ludwigsburg, Karl Krämer Verlag Stuttgart+Zürich, 2010
- [SwBe2015] Stadtwerke Bad Belzig (2015): BHKW, Bad Belzig, Stand 01.01.2015, <http://www.swbelzig.de/erdgas/erdgashandelvertrieb/foerderung/>, Abgerufen am 11.10.2015

- [OtWo2012] Otto-Wolff-Institut für Wirtschaftsordnung (2012): Auswirkung staatlicher Eingriffe zur Förderung der Gebäudesanierung, Köln, Juli 2012, http://www.otto-wolff-institut.de/Publikationen/DiskussionPapers/OWIWO_DP_03_2012.pdf, Abgerufen am 02.11.2015
- [VeNw2009] Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen: Gebäude modernisieren – Energie sparen, 3. aktualisierte Auflage, Düsseldorf, 2009
- [VeNw2015] Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (2015): Der Energieausweis: Steckbrief für Wohngebäude, NRW, Stand 07.05.2015, <http://www.vz-nrw.de/Der-Energieausweis-Steckbrief-fuer-Wohngebaeude-1>, Abgerufen am 15.10.2015
- [Welt2015] WeltN24 GmbH (2015): Wärmedämmung & Co, Berlin, Stand 12.12.2014, <http://www.welt.de/finanzen/immobilien/article135283405/Die-vier-grossen-Irrtuemer-bei-der-Energiesanierung.html>, Abgerufen am 11.10.2015
- [WiWo2012] Wirtschafts-Woche, Toller, Andreas (2012): Kostenfalle Wärmedämmung, Düsseldorf, 10.12.2012, <http://www.wiwo.de/finanzen/immobilien/umstrittene-ersparnis-kostenfalle-waermedaemmung/7243848.html>, Abgerufen am 23.10.2015
- [ZiUI2015] Zink, Ulrich, Telefonat geführt von Nicole Richter, Chemnitz, 27.10.2015

Anlagen

Teil 1	A-I
Teil 2	A-III
Teil 3	A-VI
Teil 4	A-XIII
Teil 5	A-XV
Teil 6	A-XVI

Anlagen, Teil 1

Name: SSP-121110

Schwächen - Stärken - Profil ©

Schwächen Stärken

Wicht. -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5 Risiko Bemerkung

A Abdichten / Feuchtigkeit

A01	Dachdeckung	2				-2				1			1	Schiefer natur gedeckt + Bitumens
A02	Schornstein													Schornsteinköpfe
A03	Dachrinne/Fallrohr					-3								
A04	Fassade-Oberfläche/Verkleidung													
A05	Balkon/Terrasse													Nicht vorhanden!
A06	Fenster	3				-3							1	
A07	Türen	2				-3								
A08	Erdberührte Bauteile	3				-4							2	

B Fassade / Außenhaut : Hüllflächen

B01	Dach	2				-3				2				Schiefer/Bitumenschindel/Flachda
B02	Fassade / Putz / Oberflächen	3				-3				3			1	Stuck / Zierelemente
B03	Außenwandbekleidungen, Vordächer													
B04	Wärmedämmung					-5								
B05	Türen													
B06	Fenster					-4								
B07	Wintergarten / Erker					-5								Anbau - Torhaus
B08	Balkone/Terrassen													Nicht vorhanden!
B09	Energiebilanz (Primärenergiebedarf)													
B10	Denkmalschutz													

C Konstruktion / Mauerwerk / Decken

C01	Außenwände					-2								siehe auch Anbau: Riss!
C02	Dachstuhl	3				-2				2				Holzschutzgutachten beachten!
C03	Decken	1								2			2	Anbau komplett defekt
C04	Innenwände, leichte Trennwände												1	
C05	Innenwände, tragende Wände													
C06	Treppen	1								2			1	siehe Denkmalaufgaben
C07	Fußböden					-3				2				siehe Holzschutzgutachten
C08	Innentüren									2				
C09	Verkleidungen, Oberflächen an Wand+Decke					-4				2			2	siehe Gemälde
C10	Grundriss / Raumkonzept													
C11	Statik, Konstruktion, tragende Bauteile									2				Ausnahme Anbau
C12	Brandschutz													Keine Bewertung!
C13	Schallschutz													Keine Bewertung!
C14	Denkmalschutz									1				
C15	Schadstoffbelastung									2				siehe Holzschutzgutachten
C16	Barrierefreiheit					-4								

D Gebäudetechnik

D01	Heizung					-4								
D02	Sanitär					-5								
D03	Elektro					-5								
D04	Lüftung													Nicht vorhanden!
D05	Technische Gebäudeausstattung													Nicht vorhanden!
D06	Energiebilanz (Anlagenaufwandszahl)													siehe ges. Berechnung
D07	Brandschutz													Keine Bewertung!

Idi-al, S-S-P

E Außenanlagen												
E01	Gartenanlage/Bäume/Pflanzen			4								
E02	Einfriedung			3								
E03	Grundleitungen/Wasser/Abwasser			2								
F Grundstück und Erschließung												
F01	Städtebauliche Situation											
F02	Lage Grundstück					1						
F03	Umfeld zu Grundstück/Gebäude				1							
F04	Erschließung Straße					2						
F05	Erschließung Medien				1							
G Imaterielle Wertigkeit - Architektur												
G01	Architektur					1						
G02	Ausstrahlung / Ambiente					1						
G03	Raumklima / Behaglichkeit					1						
G04	Raumgröße / Raumhöhe					1						
G05	Dach (Form, Anordnung)					1						
G06	Fenster (Größe, Proportion, Aufteilung)					1						
G07	Türen (Zierelemente / Ornamente)					2						
G08	Wände (Zierelemente / Kunst, Stuck, Marmor)					2						
G09	Decken (Zierelemente/Kunst, Stuck, Holz)					2						
G10	Schadstoffe / Immission				2							Strassenkreuzung

❖ - Weitere Untersuchungen notwendig 1 - Risiko

Abbildung 28: SSP- Sanierungsobjekt Bad Belzig¹⁶¹**Risiko:**

- - kein Risiko
- 1 - Schadensrisiko gering: Einsicht in Konstruktion nur bedingt möglich, verstellt oder verbaut
- 2 - Schadensrisiko vorhanden: Einsicht in Konstruktion nicht möglich, verstellt oder verbaut
- 3 - Schadensrisiko erhöht: Einsicht in Konstruktion nicht möglich, verstellt oder verbaut, Anzeichen von Mängeln, die ein Schadensrisiko nach sich ziehen können
- 4 - Schadensrisiko hoch: Einsicht in Konstruktion nicht möglich, verstellt oder verbaut, durch erkennbare Anzeichen verdeckte Schäden sehr wahrscheinlich
- 5 - Schadensrisiko erheblich: durch Unzugänglichkeit und verbaute Konstruktionen und komplizierte Bauteile sehr hohes Schadensrisiko mit dem Merkmal 'Gefahr in Verzug'

Wichtung:

- - keine Wichtung
- 1 - Ausführung wünschenswert, jedoch nicht zeitnah notwendig
- 2 - Ausführung zeitnah wünschenswert
- 3 - Ausführung zeitnah empfohlen
- 4 - Ausführung zeitnah erforderlich
- 5 - Sofortiger Handlungsbedarf, Gefahr weiterer Schäden / Gefahr in Verzug

¹⁶¹ [Zidi2013]

Anlagen, Teil 2



Abbildung 29: Hofseitige Sicht des Sanierungsobjektes¹⁶²



Abbildung 30: Dachgeschoss Ist-Zustand¹⁶³

¹⁶² [Zidi2013]

¹⁶³ [Zidi2013]



Abbildung 31: Fenster EG Ist-Zustand¹⁶⁴



Abbildung 32: Straßenseitige Sicht Fassade und Fenster OG¹⁶⁵

¹⁶⁴ [2idi2013]

¹⁶⁵ [2idi2013]



Abbildung 33: Preußische Kappendecke¹⁶⁶



Abbildung 34: Veraltete Heizungsanlage¹⁶⁷

¹⁶⁶ [2idi2013]

¹⁶⁷ [2idi2013]

Anlagen, Teil 3



Abbildung 35: Lageplan¹⁶⁸

¹⁶⁸ [Inte2014]

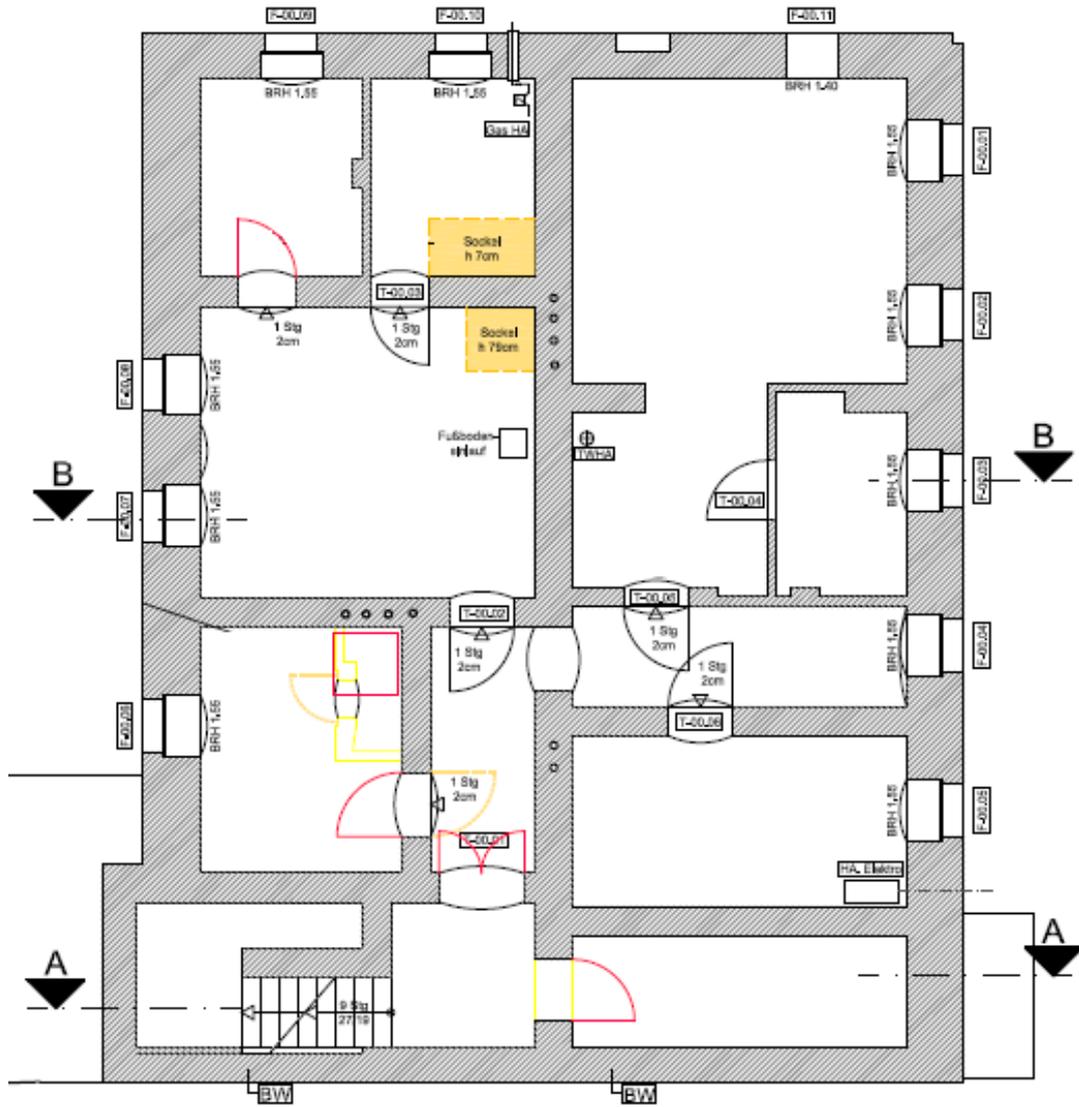


Abbildung 36: Grundriss Sanierung Kellergeschoss¹⁶⁹

¹⁶⁹ [Inte2014]

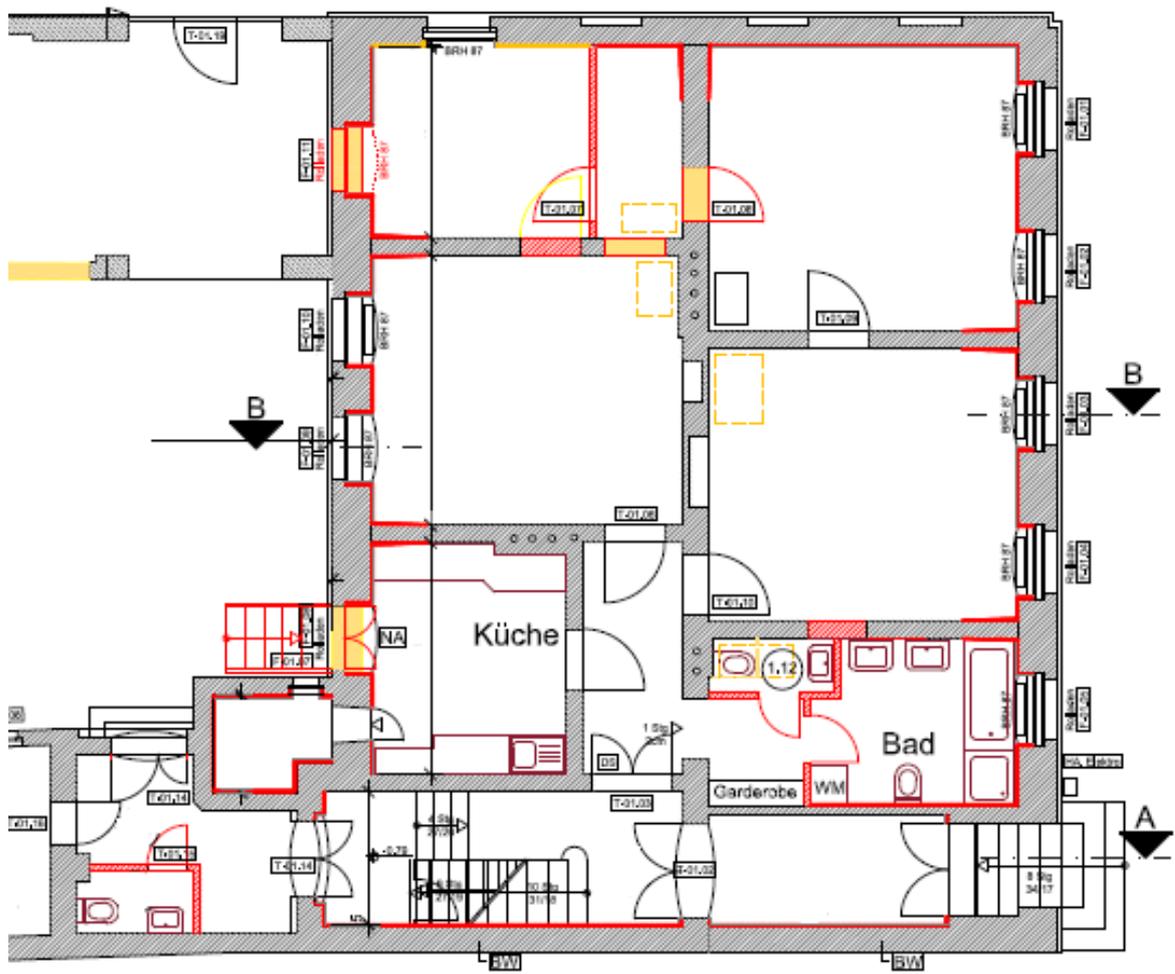


Abbildung 37: Grundriss Sanierung Erdgeschoss¹⁷⁰

¹⁷⁰ [Inte2014]

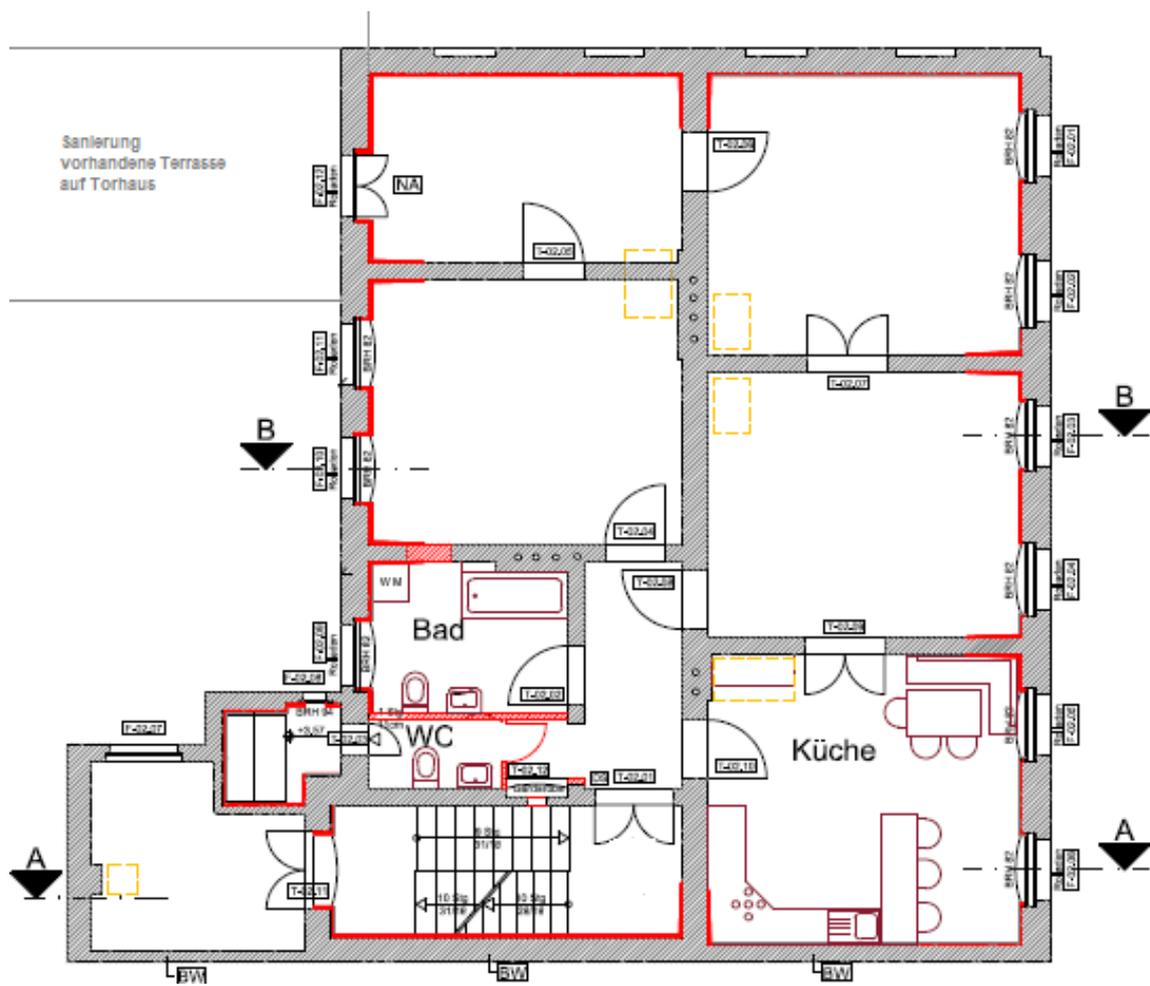


Abbildung 38: Grundriss Sanierung Obergeschoss¹⁷¹

¹⁷¹ [Inte2014]

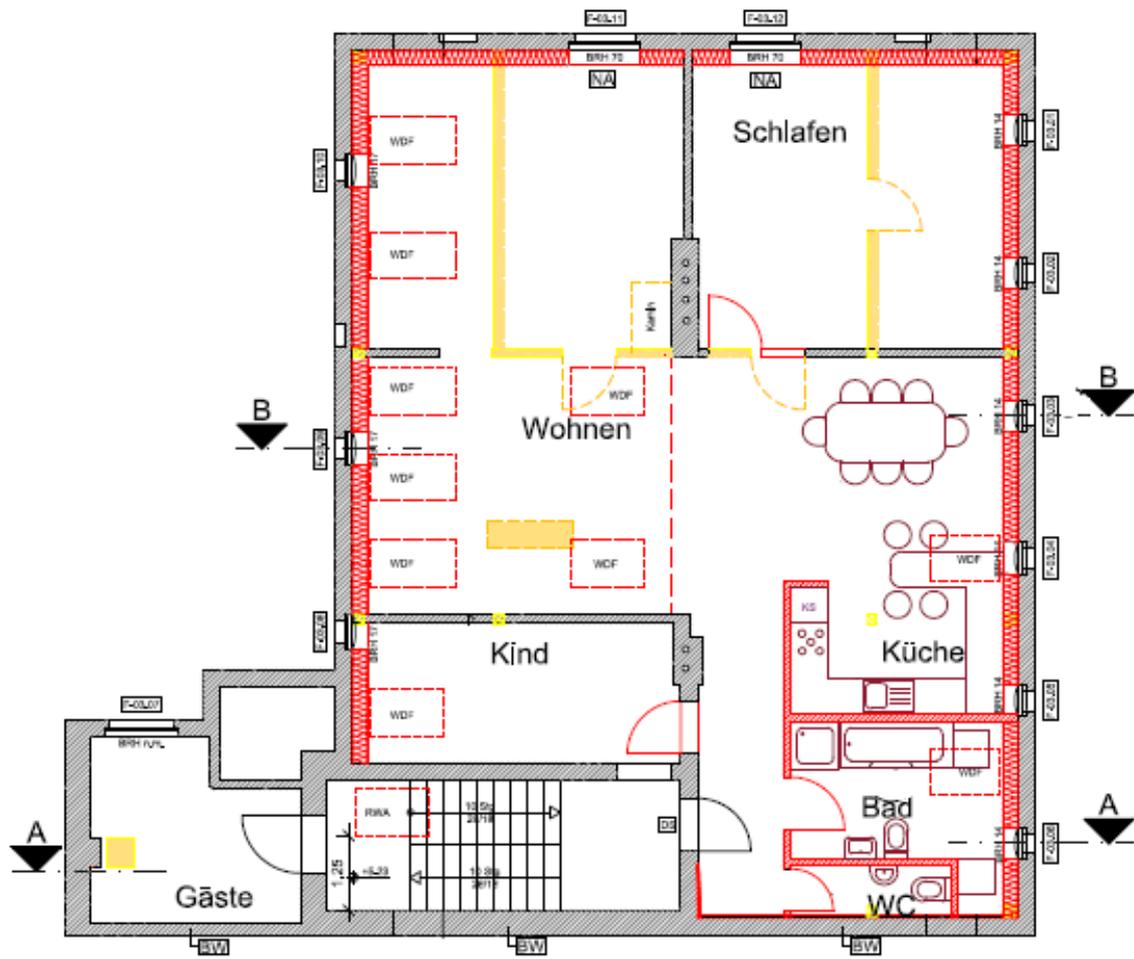


Abbildung 39: Grundriss Sanierung Dachgeschoss¹⁷²

¹⁷² [Inte2014]

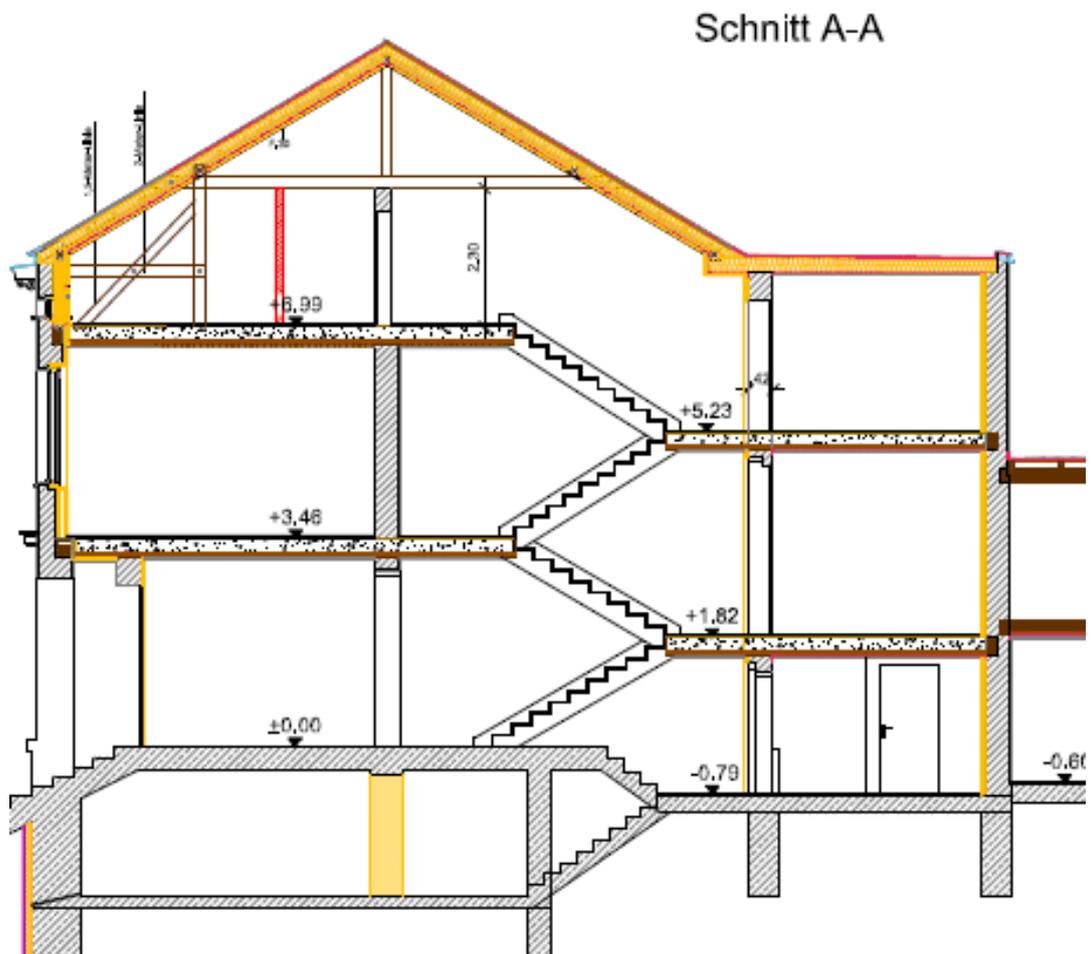


Abbildung 40: Schnitt A-A Sanierung¹⁷³

¹⁷³ [Inte2014]

Anlagen, Teil 4

Tabelle 3.1: Gradtagzahlfaktoren F_{gr} für Wohngebäude¹⁾

	mittlere Innentemperatur ²⁾		
	hoch = 23 °C	normal = 19 °C	niedrig = 15 °C
Deutschland (Referenzklima)	89	66	43
Arkona	104	77	50
Braunschweig	95	70	46
Cham	106	79	51
Chemnitz	106	79	51
Dresden	96	71	46
Erfurt	106	79	51
Essen	86	64	41
Frankfurt/M.	89	66	43
Freiburg	79	58	38
Freudenstadt	121	90	58
Garmisch-Partenkirchen	119	88	57
Geisenheim	86	64	41
Hamburg	96	71	46
Hannover	94	70	45
Harzgerode	117	87	56
Hof	124	92	60
Husum	101	75	49
Kassel	95	70	46
Kiel	97	72	47
Köln	85	63	41
Konstanz	96	71	46
Leipzig	95	70	46
Lüdenscheid	105	78	51
Mannheim	83	62	40

Ort/Region	mittlere Innentemperatur ³⁾		
	hoch = 23 °C	normal = 19 °C	niedrig = 15 °C
München	106	79	51
Münster	87	65	42
Norderney	90	67	43
Nürnberg	99	73	48
Oberstdorf	126	94	61
Passau	106	79	51
Potsdam	99	73	48
Saarbrücken	95	70	46
Schwerin	100	74	48
Stuttgart	97	72	47
Teterow	104	77	50
Trier	92	68	44
Warmemünde	99	73	47
Wittenberg	99	73	48
Würzburg	95	70	46

Tabelle 11: Gradtagzahlfaktoren für Wohngebäude¹⁷⁵

¹⁷⁵ [MaFr2014] S.189f

Tabelle 3.2: Temperaturkorrekturfaktoren f_{xi} für Bauteile

Zeile	Bauteil ^{1), 2)}	Faktor f_{xi}
1	Außenwand, Haustüre	1,0
2	Fenster, Fenstertüren	1,0
3	Dach/Decke gegen Außenluft als Systemgrenze (nach oben oder unten)	1,0
4	Oberste Geschossdecke gegen unbeheizten Dachraum als Systemgrenze	0,8
5	Abseitenwand gegen unbeheizten Dachraum als Systemgrenze	0,8
6	Unterer Gebäudeabschluss <ul style="list-style-type: none"> ● Kellerdecke/-wände gegen unbeheizte Kellerräume ● Fußboden auf Erdreich ● Begrenzungsflächen des beheizten Kellers gegen Erdreich 	0,6
7	Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (ausgenommen Zeilen 4 bis 6)	0,5

Tabelle 12: Temperaturkorrekturfaktoren für Bauteile¹⁷⁶

¹⁷⁶ [MaFr2014] S.191

Anlagen, Teil 5

Förderstufen	Jahresprimär- energiebedarf (QP)	Transmissions- wärmeverlust (HT´)	Tilgungs- zuschuss
KfW-Effizienzhaus 55	55 %	70 %	27,5 %
KfW-Effizienzhaus 70	70 %	85 %	22,5 %
KfW-Effizienzhaus 85	85 %	100 %	17,5 %
KfW-Effizienzhaus 100	100 %	115 %	15,0 %
KfW-Effizienzhaus 115	115 %	130 %	12,5 %
KfW-Effizienzhaus Denkmal	160 %	175 %	12,5 %
Einzelmaßnahmen	-	-	7,5 %

(Angaben in % des Referenzgebäudes nach EnEV)

Tabelle 13: KfW-Effizienzhaus-Einstufung und Tilgungszuschuss (151/152)¹⁷⁷

› KfW-Effizienzhaus 55:	› 30,0 % Zuschuss, max. 30.000 Euro*
› KfW-Effizienzhaus 70:	› 25,0 % Zuschuss, max. 25.000 Euro*
› KfW-Effizienzhaus 85:	› 20,0 % Zuschuss, max. 20.000 Euro*
› KfW-Effizienzhaus 100:	› 17,5 % Zuschuss, max. 17.500 Euro*
› KfW-Effizienzhaus 115/Denkmal:	› 15,0 % Zuschuss, max. 15.000 Euro*
› Einzelmaßnahmen:	› 10,0 % Zuschuss, max. 5.000 Euro*

Tabelle 14: KfW-Effizienzhaus Zuschuss (430)¹⁷⁸

¹⁷⁷ [2KfW2015]

¹⁷⁸ [2KfW2015]

Anlagen, Teil 6

Wohnfläche	Umrechnungsfaktor
30 m ²	1,17
40 m ²	1,11
50 m ²	1,07
60 m ²	1,04
70 m ²	1,01
75 m ²	1,00 (= 100%)
80 m ²	0,98
90 m ²	0,97
100 m ²	0,95
110 m ²	0,93
120 m ²	0,91
130 m ²	0,90
140 m ²	0,89
150 m ²	0,87

Tabelle 15: Umrechnungsfaktoren beim Verhältnis Wohnfläche/Mietpreis¹⁷⁹

Grundstücksart	Bewirtschaftungskosten	
	Restnutzungsdauer ³⁾ [Jahre]	
	≥ 80 ⁴⁾	≤ 20
Einfamilienwohnhausgrundstücke	17	27
Zweifamilienwohnhausgrundstücke	20	30
Mehrfamilienwohnhausgrundstücke/ Geschosswohnhausgrundstücke	21	32
Gemischt genutzte Grundstücke (gewerbl. Anteil 20 – 80 %) ⁵⁾	20	28
Geschäftsgrundstücke (gewerbl. Anteil > 80 %) ⁵⁾	19	26
	Restnutzungsdauer ⁶⁾ [Jahre]	
	≥ 50 ⁶⁾	≤ 20
Gewerbe-/Industriegrundstücke	17	23
Garagenhöfe/Lagergrundstücke	16	23
Verbrauchermarktgrundstücke	17	23
Bewertungsgrundlagen für sonstige gewerbliche Objekte: Vgl. Kapitel 3.41.		

Tabelle 16: Durchschnittlich pauschalisierte Bewirtschaftungskosten¹⁸⁰

¹⁷⁹ [GeDa2004]

¹⁸⁰ [Spren2010]

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Chemnitz, den 16.11.2015

Nicole Richter