
TECHNISCHE FACHARBEIT

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
eines bestehenden Wohngebäudes

Florian Holzer

Paul Kreckel

Christian Sturm

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Facharbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Datum: 07.04.2021

Holzer, Florian

Holzer

Kreckel, Paul

P. Kreckel

Sturm, Christian

Sturm

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	11
Aufgabenstellung.....	13
1 Bestandsaufnahme.....	14
1.1 Bedeutung der Datenaufnahme.....	14
1.2 Ablauf der Datenaufnahme.....	14
1.2.1 Zu Schritt 1.....	29
1.3 Gebäudehülle.....	30
1.3.1 Bestimmung der Thermischen Hülle.....	30
1.3.1.1 Beispiel Darstellung einer Thermischen Hülle in Form des Ein-Zonen-Modells.....	31
1.3.1.2 Unbeheizte Treppenhäuser.....	32
1.3.1.3 Diele und Flure.....	33
1.3.1.4 Kleine unbeheizte Räume.....	33
1.3.1.5 Unbeheizter Kellerraum mit installierten Heizkörper.....	33
1.3.1.6 Innenliegende Kelleraufgänge oder Dachbodenaufgänge.....	33
1.3.1.7 Generell.....	33
1.3.2 Detailliertes Aufmaß.....	34
1.3.2.1 Aufmaß der Thermischen Hüllfläche.....	34
1.3.2.2 Abweichung vom Außenmaß bei unteren Gebäudeabschlüssen.....	35
1.3.2.3 Messgeräte für das Aufmaß.....	35
1.3.2.4 Hinweise zur Maßgenauigkeit und Hilfestellungen.....	36
1.3.2.5 Hilfestellung bei den einzelnen Bauteilen.....	36
1.3.2.6 Tabellenübersicht Vereinfachte Datenaufnahme verschiedener Bauteile/ Maßnahmen.....	38
1.3.3 Bestimmung der Bauteilqualität: Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte).....	39
1.3.3.1 Möglichkeiten um den Aufbau von Bauteilen vor Ort zu bestimmen.....	40
1.3.3.2 U-Wertberechnung und Ermittlung allgemein.....	41
1.3.3.3 Außenwand.....	42
1.3.3.4 Fenster und Fenstertüren.....	47
1.3.3.5 Eingangstüren.....	49
1.3.3.6 Rollladenkästen.....	50
1.3.3.7 Bauteile gegen Erdreich und Keller.....	51
1.3.3.8 Oberste Geschossdecken.....	54
1.3.3.9 Steildach.....	57
1.3.3.10 Flachdach.....	59
1.3.4 Nettovolumen (belüftetes Volumen).....	60
1.3.5 Luftdichtheit der Gebäudehülle.....	60
1.3.5.1 Luftundichtigkeit erkennen.....	61
1.3.5.2 Luftundichtigkeit messen.....	61



1.3.6	Solare Wärmegewinne	62
1.3.7	Erfassung von Wärmebrücken	63
1.3.7.1	Wärmebrücke erkennen	64
1.3.7.2	Bewertung von Wärmebrücken	65
1.3.7.3	Thermografische Aufnahmen	66
	Wärmebildkamera Testo881-2 Set:	66
	Grundkenntnisse	68
	Produktkomponenten (Betriebsanleitung)	69
	Einstellung der Kamera	71
	Einstellung der Temperaturspreizung	75
	Einstellung der Feuchte-Messfunktion	77
	Bedienung der Kamera	80
	Wie soll es im Bericht aussehen?.....	82
	Heizkörpernische und unisolierte Heizkörperanschlussleitung	83
	Auskragung Terrasse	84
	Fenster und Rollladenkasten	85
1.4	Anlagentechnik	86
1.4.1	Wärmeerzeuger	86
1.4.1.1	Zentrale oder dezentrale Typen	86
1.4.1.2	Warmwasserbereitung Möglichkeiten	86
1.4.1.3	Benötigte Daten des Wärmeerzeugers	87
1.4.1.4	Kachel- und Kaminöfen.....	90
1.4.1.5	Solaranlage	91
1.4.2	Wärmespeicher.....	92
1.4.3	Wärmeverteilung.....	94
1.4.4	Pumpen.....	96
1.4.5	Hydraulischer Abgleich.....	97
1.4.6	Wärmeübergabe	97
1.4.7	Lüftung.....	98
1.5	Abschluss der Bestandsaufnahme und Bilanzierung des Gebäudes	99
2	Sanierungsvarianten.....	100
2.1	Gesetzliche Grundlagen.....	100
2.1.1	Pflichten bei Erneuerung und Modernisierung.....	100
2.1.2	Anforderungen bei einer freiwilligen Modernisierung.....	101
2.2	Sanierung der thermischen Gebäudehülle.....	103
2.2.1	Optimierung der thermischen Gebäudehülle.....	103
2.2.2	Wärmedämmung	104
2.2.2.1	Allgemein	104
2.2.2.2	Gesetzliche Anforderungen an den Dämmstoff.....	105
2.2.2.3	Dämmstoffmaterialien	105
2.2.2.4	Wärmedämmsysteme für Wände.....	107
2.2.2.5	Wärmedämmsysteme für Dächer.....	113



Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.2.2.6	Wärmedämmung für Geschossdecken.....	117
2.2.2.7	Wärmedämmung des Kellerfußbodens.....	118
2.2.3	Sanierung Fenster und Außentüren	119
2.2.4	Wärmebrücken	120
2.2.5	Sonstige Maßnahmen	123
2.2.6	Luftdichtheit.....	127
2.2.7	Kostenkalkulation für Sanierung der Thermischen Hülle	128
2.3	Sanierung der Anlagentechnik.....	130
2.3.1	Beurteilung Bestandsanlage	131
2.3.1.1	Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen.....	131
2.3.1.2	Abschätzung der Effizienz der Anlage	131
2.3.1.3	Abschätzung der Restnutzungsdauer der Komponenten.....	132
2.3.2	Optimierung der Anlagentechnik	133
2.3.2.1	Heizungsregelung optimieren.....	133
2.3.2.2	Regelung der Zirkulationspumpen für Warmwasser	133
2.3.2.3	Heizungsumwälzpumpen.....	134
2.3.2.4	Hydraulischer Abgleich	134
2.3.2.5	Thermostatventile	135
2.3.2.6	Dämmen von Rohrleitungen und Speichern	136
2.3.2.7	Zusammenfassung der Optimierungsmaßnahmen.....	136
2.3.3	Austausch Wärmeerzeuger.....	137
2.3.3.1	Anlagentechnik Zentral oder Dezentral	137
2.3.3.2	Auswahl des Energieträgers.....	138
2.3.4	Arten von Wärmeerzeuger	139
2.3.4.1	Niedertemperaturkessel	139
2.3.4.2	Brennwertkessel.....	140
2.3.4.3	Holzpelletskessel	141
2.3.4.4	Wärmepumpe.....	141
2.3.4.5	Blockheizkraftwerk (BHKW).....	143
2.3.5	Weitere Anlagenkomponenten	144
2.3.5.1	Speichersysteme	144
2.3.5.2	Pufferspeicher	144
2.3.5.3	Warmwasserspeicher	144
2.3.5.4	Bivalenter Warmwasserspeicher.....	145
2.3.5.5	Kombispeicher.....	145
2.3.5.6	Solarspeicher	145
2.3.5.7	Thermische Solaranlage.....	146
2.3.5.8	Mechanische Lüftungsanlagen	147
2.3.5.9	Kontrollierte Wohnraumlüftung	147
2.3.5.10	Abluftanlage	149
2.3.6	Kostenkalkulation Anlagentechnik	150
2.4	Sanierungsvarianten erstellen	151
2.4.1	KfW Effizienzhaus-Standard.....	151



2.4.2	Beispielvarianten.....	153
2.4.2.1	Low-Budget-Variante.....	154
2.4.2.2	Mid-Budget-Variante.....	155
2.4.2.3	High-Budget-Variante	156
2.4.3	Variantenvergleich	157
3	Förderungen und Wirtschaftlichkeit.....	158
3.1	Förderungen.....	158
3.1.1	Fördermöglichkeiten durch BAFA.....	159
3.1.2	Fördermöglichkeiten der KfW	160
3.1.3	Zuschussprogramme:	162
3.1.3.1	Konditionen Förderprogramm 430:.....	162
3.1.3.2	Konditionen Förderprogramm 431:.....	162
3.1.3.3	Gültig ab dem 1.7.2021	163
	Konditionen Förderprogramm 461	163
	Konditionen Förderprogramm Baubegleitung:	165
3.1.4	Kreditprogramme	166
3.1.4.1	Konditionen Förderprogramm 151/152:.....	166
3.1.4.2	Konditionen Förderprogramm 167:.....	167
3.1.4.3	Gültig ab 01.07.21	167
	Konditionen Förderprogramm 161/162:.....	167
3.1.5	Finanzamt/Steuerbonus	168
3.1.6	Kombination der Einzelnen Förderprogramme.....	168
3.1.7	Beispiel für die Zusammensetzung der Fördersummen	169
3.1.7.1	BAFA:	169
3.1.7.2	KfW:.....	169
	KfW 430:.....	169
	KfW 431:.....	170
	KfW 151/152:.....	170
3.1.7.3	Gültig ab dem 1.7.2021	170
	KfW Baubegleiter:.....	170
	KfW 461:.....	171
	KfW 161/162:.....	171
3.2	Wirtschaftlichkeit	172
3.2.1	Kapitalwertmethode	172
3.2.2	Annuitätsmethode	173
3.2.3	Beispiele.....	174
3.2.3.1	Erklärung Wirtschaftlichkeitsberechnung Hottgenroth	174
4	Glossar.....	177
4.1	Gebäudehülle	177
4.1.1	Allgemein.....	177
4.1.1.1	Gebäudeenergiegesetz (GEG).....	177



Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

4.1.1.2	Gebäudenutzfläche AN	177
4.1.1.3	Gebäudevolumen Ve	177
4.1.1.4	Interne Wärmegewinne Qt	177
4.1.1.5	Lüftungswärmeverluste Qv	178
4.1.1.6	Nutzenergie.....	178
4.1.1.7	Solare Wärmegewinne QS	178
4.1.1.8	Transmissionswärmeverluste QT	178
4.1.1.9	Thermische Hülle.....	178
4.1.2	Außenwände.....	178
4.1.2.1	Einschalige Außenwand.....	178
4.1.2.2	Mehrschalige Wände/Zweischalenmauerwerk.....	178
4.1.2.3	Vormauerschale mit Hinterlüftung.....	179
4.1.2.4	Verblendmauerwerk/Sichtmauerwerk.....	179
4.1.2.5	Klinker (Vormauerklinker, Verklinkerung).....	179
4.1.2.6	Vormauerschale („Kerndämmung“) ohne Hinterlüftung.....	179
4.1.2.7	Wärmedämmverbundsystem.....	179
4.1.2.8	Armierungsputz.....	180
4.1.2.9	Wärmedämmputz.....	180
4.1.2.10	Perimeterdämmung.....	180
4.1.3	Fenster.....	180
4.1.3.1	Doppelverglasung.....	180
4.1.3.2	Isolierverglasung.....	180
4.1.3.3	Wärmeschutzverglasung.....	180
4.1.3.4	Verbundfenster.....	181
4.1.3.5	3-Scheiben-Isolierverglasung.....	181
4.1.4	Decken.....	181
4.1.4.1	Holzbalkendecke.....	181
4.1.4.2	Heizestrich/Fußbodenheizung.....	181
4.1.4.3	Stahlbetondecke.....	182
4.1.4.4	Kappengewölbe.....	182
4.1.5	Schrägdächer.....	182
4.1.5.1	Dach.....	182
4.1.5.2	Dachstuhl.....	183
4.1.5.3	Sparrendach/Kehlbalkendach.....	183
4.1.5.4	Pfettendach.....	183
4.1.5.5	Drempel.....	183
4.1.5.6	Dachgauben.....	184
4.1.6	Bauphysik.....	184
4.1.6.1	Dampfdiffusionswiderstand sd-Wert oder μ -Wert.....	184
4.1.6.2	Dampfsperre.....	184
4.1.6.3	Taupunkt.....	184
4.1.6.4	Hinterlüftung.....	184
4.1.6.5	Rohdichte.....	185
4.1.6.6	Thermoanemometer.....	185

4.1.6.7	Wärmebrücke.....	185
4.1.6.8	Wärmedurchlasswiderstand.....	185
4.1.6.9	Transmissionswärmeverlust.....	185
4.1.6.10	Lüftungswärmebedarf.....	185
4.1.6.11	U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient).....	186
4.2	Anlagentechnik.....	186
4.2.1	Allgemein.....	186
4.2.1.1	Primärenergie und Primärenergiefaktor.....	186
4.2.1.2	Aufwandszahl und Nutzungsgrad.....	186
4.2.1.3	Primärenergieaufwandszahl.....	186
4.2.1.4	Jahresarbeitszahl.....	187
4.2.1.5	Leistungszahl.....	187
4.2.1.6	Jahresnutzungsgrad.....	187
4.2.1.7	Kesselwirkungsgrad.....	187
4.2.2	Heizung.....	187
4.2.2.1	Wärmeerzeuger.....	187
4.2.2.2	Heizkessel.....	188
4.2.2.3	Regelung.....	188
4.2.2.4	Zentralheizungen.....	188
4.2.2.5	Einzelheizungen/Einzelöfen.....	188
4.2.2.6	Einrohr-/Zweirohrsysteme.....	188
4.2.2.7	Umwälzpumpe.....	189
4.2.2.8	Konstanttemperaturkessel.....	189
4.2.2.9	Niedertemperaturkessel.....	189
4.2.2.10	Brennwertkessel.....	189
4.2.2.11	Brennwert/Heizwert.....	190
4.2.2.12	Rohrwärmedämmung.....	190
4.2.3	Trinkwasser.....	190
4.2.3.1	Durchlauferhitzer.....	190
4.2.3.2	Zentraler Speicher.....	190
4.2.3.3	Zirkulationsleitung.....	191
4.2.3.4	Dezentrale Speicher.....	191
4.3	Wirtschaftlichkeit.....	191
4.3.1	Amortisation.....	191
4.3.2	Liquidationserlös:.....	191
4.3.3	Kalkulationszinsfuß:.....	191
4.3.4	Barwert:.....	192
4.3.5	Investitionsrechnung:.....	192
4.3.6	Annuität:.....	192
5	Quellen und verwendetes Infomaterial.....	193



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 - Darstellung Thermische Hülle Grundriss (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	31
Abb. 2 - Darstellung Thermische Hülle Schnitt (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	32
Abb. 3 - Aufmaß Schnitt (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	35
Abb. 4 - Aufmaß Grundriss (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	35
Abb. 5 - Aufmaß Vorsprünge (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	37
Abb. 6 - Wärmeschutznachweis Außenwand (Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim).....	42
Abb. 7 - Diagramm U-Wert Vollziegel (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	44
Abb. 8 - Diagramm U-Wert Kalksandstein (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	44
Abb. 9 - Diagramm U-Wert Porenbetonstein (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	45
Abb. 10 - Diagramm U-Wert Naturbims (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	45
Abb. 11 - U-Wertberechnung nachträglich gedämmter Bauteile (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	46
Abb. 12 - U-Werte Fenstertypen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	48
Abb. 13 - U-Werte Fenster nach Baualtersklassen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	49
Abb. 14 - Rollladenkasten mit und ohne Dämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	50
Abb. 15 - Wärmeschutznachweis Kellerdecke (Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim).....	52
Abb. 16 - U-Werte gegen Erdreich nach Baualtersklasse (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	53
Abb. 17 - Wärmeschutznachweis Oberste Geschossdecke (Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim).....	55
Abb. 18 - U-Werte Oberste Geschossdecke nach Baualtersklasse (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	56
Abb. 19 - Mögliche Lage von Dämmschichten an der Abseitenwand (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	57
Abb. 20 - U-Werte Steildach nach Baualtersklasse (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	58
Abb. 21 - Schichtaufbau Kaldach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	59
Abb. 22 - Schichtaufbau Warmdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	59
Abb. 23 - Schichtaufbau Umkehrdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	59
Abb. 24 - Kennzeichnung typischer Wärmebrücken (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	63
Abb. 25 - Koffer im geöffneten Zustand (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	66
Abb. 26 - Akkuladegerät mit 2 Akku's (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	67
Abb. 27 - Funkfeuchtefühler (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	67
Abb. 28 - Objektiv (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	67
Abb. 29 - Produktkomponenten (Testo 881 Bedienungsanleitung).....	69
Abb. 30 - Kamera anschalten (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	72
Abb. 31 - Emissionsgrad auswählen (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	72
Abb. 32 - Emissionsgrad einstellen (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	73
Abb. 33 - Reflektierende Temperatur einstellen (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	73
Abb. 34 - Skala (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	75
Abb. 35 - Skala einstellen (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	75
Abb. 36 - Scharf stellen (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	76
Abb. 37 - Feuchtemessfunktion (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	77
Abb. 38 - Feuchteauswahl (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	78
Abb. 39 - Ansicht Feuchtemessung (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	78
Abb. 40 - Fokussieren der Aufnahme (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	80
Abb. 41 - SD-Kartenslot (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	80
Abb. 42 - Akku entfernen (Foto: Paul Kreckel, 2021).....	81

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts

Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Abb. 43 - Bilder kontrollieren (Foto: Paul Kreckel, 2021)	81
Abb. 44 - Thermografie Heizkörpernische (Foto: Thomas Reuter, 2021)	83
Abb. 45 - Realbild Heizkörpernische (Foto: Thomas Reuter, 2021).....	83
Abb. 46 - Thermografie Auskragung Terrasse (Foto: Thomas Reuter, 2021)	84
Abb. 47 - Realbild Auskragung Terrasse (Foto: Thomas Reuter, 2021).....	84
Abb. 48 - Thermografie Fenster und Rollladenkasten (Foto: Thomas Reuter, 2021).....	85
Abb. 49 - Realbild Fenster und Rollladenkasten (Foto: Thomas Reuter, 2021)	85
Abb. 50 - Typenschild eines Ölkessels (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	87
Abb. 51 - Schornsteinfegerprotokoll (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	88
Abb. 52 - Typenschild Warmwasserbereiter (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	93
Abb. 53 - Rohrdicke und Dämmstärke messen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	95
Abb. 54 - Wärmedämmverbundsystem (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	108
Abb. 55 - Hinterlüftete Vorhangsfassade (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	109
Abb. 56 - Innendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	110
Abb. 57 - Kerndämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	111
Abb. 58 - Perimeterdämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	112
Abb. 59 - Aufsparrendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	113
Abb. 60 - Zwischensparrendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	114
Abb. 61 - Untersparrendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	115
Abb. 62 - Sanierung Warmdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	116
Abb. 63 - Sanierung Kaldach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	116
Abb. 64 - Sanierung Oberste Geschossdecke (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	117
Abb. 65 - Sanierung Kellergeschossdecke (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	118
Abb. 66- Sanierung Kellerfußboden (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	118
Abb. 67 - Sanierung Wärmebrücke Außenwand und Dach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	120
Abb. 68 - Sanierung Wärmebrücke Traufe (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	121
Abb. 69 - Sanierung Wärmebrücke Flachdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	121
Abb. 70 - Sanierung Wärmebrücke Dachbodenluke (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	122
Abb. 71 - Sanierung Wärmebrücken Fenster und Türen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	122
Abb. 72 - Sanierung Wärmebrücken Innenwände (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	123
Abb. 73 - Sanierung Wärmebrücken Herausragende Betondecken (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	123
Abb. 74 - Heizungsanlage Hydraulisch abgeglichen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	134
Abb. 75 - Heizungsanlage Hydraulisch nicht abgeglichen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	134
Abb. 76 - Aufbau Thermostatventil (www.meine-heizung.de, 2019).....	135
Abb. 77 - Niedertemperaturkessel (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	139
Abb. 78 - Brennwertheizkessel (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	140
Abb. 79 - Brennwertnutzung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	140
Abb. 80 - Wärmepumpenprinzip (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	142
Abb. 81 - Aufbau BHKW (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	143
Abb. 82 - Einbindung Solaranlage (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	146
Abb. 83 - Kontrollierte Wohnraumlüftung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	148
Abb. 84 - Dezentrale Wohnraumlüftung (www.recknagel-online.de, 2018)	148
Abb. 85 - Abluftanlage (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	149
Abb. 86 - Förderung Energetische Sanierung (https://www.energie-fachberater.de, 2021)	158

Abb. 87 - Förderübersicht BEG (https://www.danfoss.com/de , 2021)	159
Abb. 88 - Begriffserklärung Wirtschaftlichkeitsberechnung (Software Hottgenroth)	174
Abb. 89 - Wirtschaftlichkeitsberechnung Einsparung (Software Hottgenroth)	175
Abb. 90 - Wirtschaftlichkeitsberechnung Amortisation (Software Hottgenroth).....	176
Abb. 91 - Dächer (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	182
Abb. 92 - Erklärung Begriffe Dach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)	183



Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 - Checkliste Schritt 1 (Christian Sturm).....	15
Tab. 2 - Checkliste Schritt 2 (Christian Sturm).....	16
Tab. 3 - Checkliste Schritt 3 - Teil1 (Christian Sturm).....	17
Tab. 4 - Checkliste Schritt 3 - Teil2 (Christian Sturm).....	18
Tab. 5 - Checkliste Schritt 4 - Teil1 (Christian Sturm).....	19
Tab. 6 - Checkliste Schritt 4 - Teil2 (Christian Sturm).....	20
Tab. 7 - Checkliste Schritt 4 – Teil3 (Christian Sturm).....	21
Tab. 8 - Checkliste Schritt 5 - Teil1 (Christian Sturm).....	22
Tab. 9 - Checkliste Schritt 5 - Teil2 (Christian Sturm).....	23
Tab. 10 - Checkliste Schritt 5 - Teil3 (Christian Sturm).....	24
Tab. 11 - Checkliste Schritt 5 - Teil4 (Christian Sturm).....	25
Tab. 12 - Checkliste Schritt 5 - Teil5 (Christian Sturm).....	26
Tab. 13 - Checkliste Schritt 5 - Teil6 (Christian Sturm).....	27
Tab. 14 - Checkliste Schritt 6 (Christian Sturm).....	28
Tab. 15 - Tabelle Vereinfachte Datenaufnahme (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	38
Tab. 16 - U-Werte Außenwände nach Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	43
Tab. 17 - U-Werte Bauteile gegen Erdreich Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	53
Tab. 18 - U-Werte Oberste Geschossdecken Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	56
Tab. 19 - U-Werte Steildach nach Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	58
Tab. 20 - Gesamtenergiedurchlassgrad Richtwerte (DIN 4108).....	62
Tab. 21 - Wärmebrückenzuschlag (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	65
Tab. 22 - Checkliste Kofferinhalt (Paul Kreckel, 2021).....	66
Tab. 23 - Emissionsgrade (Gerät Testo 881).....	71
Tab. 24 – Bewertung der Oberflächenfeuchte (Testo 881 Bedienungsanleitung).....	77
Tab. 25 - Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden (GEG).....	99
Tab. 26 - Mindestanforderung U-Werte (GEG).....	102
Tab. 27 - Mindestanforderungen und Dämmstoffdicken (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	105
Tab. 28 - Dämmstoffeigenschaften (DENA-Leitfaden, Dezember 2015).....	107
Tab. 29 - Sanierungskosten Thermische Hülle (Achim Hill, 2021).....	129
Tab. 30 - Grenzwerte Abgasverluste (www.kesselheld.de, 2021).....	131
Tab. 31 - Nutzungsdauer Anlagenkomponenten (VDI 2067).....	132
Tab. 32 - Zusammenfassung Optimierungsmaßnahmen (Florian Holzer).....	136
Tab. 33 - Anhaltswerte Kostenaufstellung Anlagentechnik (Florian Holzer).....	150
Tab. 34 - KfW Effizienzhaus-Standards (www.kfw.de, 2021).....	152
Tab. 35 – U-Werte Mindestanforderungen nach KfW (www.kfw.de, 2021).....	161
Tab. 36 - Konditionen Förderprogramm 430 (www.kfw.de, 2021).....	162
Tab. 37 - KfW Förderprogramm 461 (www.kfw.de, 2021).....	164
Tab. 38 - Konditionen Baubegleitung (www.kfw.de, 2021).....	165
Tab. 39 - KfW Förderprogramme 151/152 (www.kfw.de, 2021).....	166
Tab. 40 - KfW Sollzins Förderprogramm 151/152 (www.kfw.de, 2021).....	166
Tab. 41 - KfW Sollzins Förderprogramm 167 (www.kfw.de, 2021).....	167
Tab. 42 - KfW Laufzeiten Förderprogramm 161/162 (www.kfw.de, 2021).....	167



Tab. 43 - Kombination BAFA/KFW Aktuell (Paul Kreckel, 2021)	168
Tab. 44 - Kombination BAFA/KFW ab dem 1.7.2021 (Paul Kreckel, 2021).....	168



Aufgabenstellung

Ziel ist es alle benötigten Daten in Bezug auf das Modul Energieberater in eine strukturierte Herangehensweise in einem Leitfaden zu implementieren um nachfolgenden Schülern/ Energieberater ein komplettes Nachschlagewerk für zukünftige Energieberatungsprojekte zu ermöglichen.

Folgend aufgelistete Punkte werden in der Dokumentation festgehalten:

- Teil 1: Bestandsaufnahme
 - Auflistung aller benötigten Informationen und Vorgehensweise zur Bestandsaufnahme
 - Beschreibung einer Vorortaufnahme und Aufmaß
 - Herangehensweise zur Festlegung einer Thermischen Hülle
 - Beschreibung zur U-Wert Ermittlung der Außenwänden, Fenster Türen, Dach und Bodenplatte bzw. Geschossdecken, sowie Aufführung von U-Werten vorgenannter Bauteile in Tabellen nach Erfahrungs- Typologie Werten
 - Aufzeigen und Beschreibung möglicher Wärmebrücken
 - Beschreibung zur Nutzung der Wärmebildkamera
 - Beschreibung der Aufnahme der bestehenden Anlagentechnik
- Teil 2: Sanierungsvarianten
 - Erläuterung gesetzlicher Grundlagen und Anforderungen einer energetischen Sanierung
 - Beschreibung zu Sanierungsmaßnahmen der Thermischen Hülle
 - Erklärung einzelner Dämmsysteme und deren Anwendungsgebiete
 - Auflistung möglicher Sanierungsmaßnahmen
 - Beschreibung zu Sanierungsmaßnahmen der Anlagentechnik
 - Erläuterung einzelner Heizsysteme und deren Komponenten
 - Auflistung möglicher Sanierungsmaßnahmen
 - Erstellung möglicher Sanierungsvarianten
 - Darstellung eines Variantenvergleichs
- Teil 3: Förderung und Wirtschaftlichkeit
 - Erklärung der Förderungen im Allgemeinen
 - Auflistung der Fördermöglichkeiten durch BAFA
 - Auflistung der Fördermöglichkeiten durch KFW
 - Erläuterung der Kombinationen aus BAFA/KFW
 - Beschreibung anhand von Beispielen
 - Erklärung der Wirtschaftlichkeit mittels Software (Hottgenroth)

1 Bestandsaufnahme

1.1 Bedeutung der Datenaufnahme

Um den Energiebedarfskennwert eines Gebäudes zu ermitteln bildet die Aufnahme der Gebäudedaten eine wichtige Grundlage. Während die klimatischen und nutzungsspezifischen Randbedingungen Standardwerte sind, bildet die Datenaufnahme den spezifischen Zustand des jeweiligen Gebäudes. Über die Datenaufnahme charakterisiert der Aussteller das Gebäude in seinem Istzustand und schafft so die Datengrundlage für das berechnete Ergebnis des Istzustandes, sowie auch die Grundlage für effiziente Sanierungsvarianten. Die Bestandsaufnahme umfasst die thermische Gebäudehülle, die aus den Außenflächen vom beheizten zum unbeheizten Außenraum besteht (Außenwände, Fenster, Türen, Rollladenkästen, Dachflächen und Bodenplatten), die Komponenten der Anlagentechnik und allgemeine Angaben.

Das GEG lässt Ausstellern von Energieausweisen für Bestandsaufnahme die freie Entscheidung, nicht vorhandene Daten exakt zu erfassen oder alternativ durch eine vereinfachte Datenaufnahme zu ermitteln. Ist eine Initialberatung als erster Einstieg in die energetische Modernisierung erwünscht kann hier erstmal mit der vereinfachten Datenaufnahme gearbeitet werden. Eine detaillierte Erfassung wäre hingegen sinnvoll wenn eine konkrete Modernisierung durchgeführt werden soll. Nachfolgend werden Vorschläge aufgezeigt, wie bei den verschiedenen Bauteilen eine exakte oder vereinfachte Datenaufnahme ermittelt werden kann.

1.2 Ablauf der Datenaufnahme

Für einen reibungslosen Ablauf der Bestandsaufnahme ist eine gute Vorbereitung erforderlich. Eine erfolgreiche Datenaufnahme startet bereits vor der Vorort Begehung des Gebäudes. Hierzu gehört das Vorbereiten von Unterlagen, die die Datenaufnahme vereinfachen, sowie Unterlagen zur Bestandsbewertung. Der Ablauf wird in folgenden Schritten in einer Art Checkliste beschrieben.

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme	
Schritt 1 Anforderung von Plänen und Gebäudeunterlagen *	
Dies umfasst:	Vorhanden?
• Grundrisse aller Stockwerke:	<input type="checkbox"/>
• Schnitte min. M: 1:100:	<input type="checkbox"/>
• Ansichten min. M: 1:100:	<input type="checkbox"/>
• Lageplan:	<input type="checkbox"/>
• Unterlagen zur:	
▪ Anlagentechnik:	<input type="checkbox"/>
▪ Schaltschemen:	<input type="checkbox"/>
▪ Schornsteinfegerprotokoll:	<input type="checkbox"/>
• Wärmeschutznachweis:	<input type="checkbox"/>
• Energieverbrauchsdaten:	
▪ Heizung:	<input type="checkbox"/>
▪ Strom:	<input type="checkbox"/>
▪ Warmwasser:	<input type="checkbox"/>
• Daten über Nutzung:	
▪ Personen:	Anzahl:
▪ Zeit:	Von: <input type="text"/> Bis: <input type="text"/>
▪ Geräte:	
• Bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen:	Wenn Ja: Welche ?:

Tab. 1 - Checkliste Schritt 1 (Christian Sturm)

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme				
Schritt 2 Grunddaten ermitteln				
Grunddaten zum Gebäude:				
<ul style="list-style-type: none"> • Lage des Gebäudes (Umrisse und Ausrichtung einzeichnen oder Google Maps Bild einfügen) : 				
<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudekategorie: <ul style="list-style-type: none"> ▪ EFH ▪ MFH ▪ Doppelhaus ▪ Reihemittelhaus ▪ Reihendhaus 		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
• Wohnungen:	Anzahl:			
• Vollgeschosse (ohne Dach und Keller) :	Anzahl:			
• Geschosshöhen in m:	KG:	EG:	OG:	DG:
<ul style="list-style-type: none"> • Beheizte Räume aufführen: (Raum Bezeichnung) 				
• Thermische Hülle in Plan einzeichnen:	<input type="checkbox"/>			
• Besonderheiten des Gebäudes:	Wenn Ja: Welche ?:			

Tab. 2 - Checkliste Schritt 2 (Christian Sturm)



Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme											
Schritt 3 Gebäuderundgang außen – Gebäudehülle Teil 1											
Datenaufnahme von Fassade bzw. Außenwände, Fenstern, Rollladenkästen und Dach sowie Begutachtung der Bauteile auf mögliche Bauschäden											
<ul style="list-style-type: none"> • Außenwand/ Fassade: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Besteht die Fassade aus Sichtmauerwerk? : ▪ Hat die Fassade einen Außenputz / Anstrich?: ▪ Handelt es sich um eine vorgehängte Fassade?: ▪ Verbaute Materialien: Dämmung vorhanden? Wenn Ja ? Material: Dämmstärke: Jahr des Einbaus: Güte: 	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja: <input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>		
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
<ul style="list-style-type: none"> • Fenster: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauart der Fenster überall gleich?: ▪ Sind nachträglich eingebaute Fenster vorhanden? : ▪ Wurden die Planunterlagen dementsprechend geändert? : ▪ Zustand Fensterrahmen: 	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja: <input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gut: <input type="checkbox"/></td> <td>Schlecht: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Gut: <input type="checkbox"/>	Schlecht: <input type="checkbox"/>		
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Gut: <input type="checkbox"/>	Schlecht: <input type="checkbox"/>										
<ul style="list-style-type: none"> • Rollladenkästen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lage: Vor der Fassade: Um Sturzbereich des Fensters : ▪ Sind die Kästen gedämmt? : Wenn Nein, ist eine Dämmung möglich? : ▪ Zustand: 	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja: <input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gut: <input type="checkbox"/></td> <td>Schlecht: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Gut: <input type="checkbox"/>	Schlecht: <input type="checkbox"/>
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Gut: <input type="checkbox"/>	Schlecht: <input type="checkbox"/>										

Tab. 3 - Checkliste Schritt 3 - Teill (Christian Sturm)

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme											
Schritt 3 Gebäuderundgang außen – Gebäudehülle Teil 2											
Datenaufnahme von Fassade bzw. Außenwände, Fenstern, Rollladenkästen und Dach sowie Begutachtung der Bauteile auf mögliche Bauschäden											
<ul style="list-style-type: none"> • Dach: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schrägdach ▪ Flachdach: Material/Ausführung: ▪ Gauben: Wenn Ja : Material/Ausführung/Anzahl: ▪ Zustand Dacheindeckung: ▪ Solaranlage vorhanden: 	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja: <input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gut: <input type="checkbox"/></td> <td>Schlecht: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Gut: <input type="checkbox"/>	Schlecht: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
Gut: <input type="checkbox"/>	Schlecht: <input type="checkbox"/>										
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung der Gebäudemaßen und Abgleich mit vorhandenen Plänen (Stichproben Außenwandmessungen Leibungstiefe etc.) 	<input type="checkbox"/>										
<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung der Lage des Gebäudes in Bezug auf die Windabschirmung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Abschirmung: (offenes Gelände) ▪ Mittlere Abschirmung (Bäume): ▪ Starke Abschirmung: (Bebauung um das Gebäude) 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>										
<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung von Besonderheiten des Gebäudes die für Modernisierungsempfehlungen wichtig sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dachüberstand: ▪ Feuchtigkeit im Mauerwerk: 	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja: <input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>								
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>										
<ul style="list-style-type: none"> • Bauliche Vorgaben für den Einsatz erneuerbarer Energien prüfen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dachneigung: ▪ Himmelsrichtungen Dach: ▪ Lagerplätze für z.B. Pellets: 											

Tab. 4 - Checkliste Schritt 3 - Teil2 (Christian Sturm)



Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme				
Schritt 4 Gebäuderundgang innen – Gebäudehülle Teil 1				
Datenaufnahme aller Bauteilqualitäten in Dachgeschoss, Wohneinheiten, Kellergeschoss sowie Begutachtung der Bauteile auf mögliche Bauschäden				
<ul style="list-style-type: none"> Wohneinheit: 				
<ul style="list-style-type: none"> Außenwand: 				
<ul style="list-style-type: none"> Sind Heizungsrisen vorhanden: 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Gedämmt? : 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Material/ Ausführung/Stärke: 				
<ul style="list-style-type: none"> Wände zu unbeheizten Räumen: 				
<ul style="list-style-type: none"> Sind Wände zu unbeheizten Räume vorhanden? : 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Gedämmt? : 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Fenster: 				
<ul style="list-style-type: none"> Fenstertyp: 				
<ul style="list-style-type: none"> Material, Ausführung der Fenster: 				
<ul style="list-style-type: none"> Verglasungsart: 				
<ul style="list-style-type: none"> Einfach: 				<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Doppelt: 				<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> ISO: 				<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> WSV: 				<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> SSV: 				<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Kastenfenster: 				<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> nachträgliche Fenster eingebaut (Fensterart, Verglasung, Jahr) : 				
<ul style="list-style-type: none"> Undichtigkeiten an Fenster?: 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:	<input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Erneuerung notwendig/geplant?: 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:	<input type="checkbox"/>

Tab. 5 - Checkliste Schritt 4 - Teil I (Christian Sturm)

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme			
Schritt 4 Gebäuderundgang innen – Gebäudehülle Teil 2			
Datenaufnahme aller Bauteilqualitäten in Dachgeschoss, Wohneinheiten, Kellergeschoss sowie Begutachtung der Bauteile auf mögliche Bauschäden			
<ul style="list-style-type: none"> • Dachgeschoss: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vollständig oder teilweise beheizt? : Material / Ausführung: Nachträgliche Dämmung?: Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Wand gegen unbeheizten Dachraum? Material / Ausführung: Nachträgliche Dämmung?: Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Gauben: Maße: Material/Ausführung: Nachträgliche Dämmung?: Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Oberste Geschossdecke: Material / Ausführung: Nachträgliche Dämmung?: Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: Innenausbau Dach vorgesehen? : 	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>
	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ja:	<input type="checkbox"/>	Nein:
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tab. 6 - Checkliste Schritt 4 - Teil2 (Christian Sturm)

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme			
Schritt 4 Gebäuderundgang innen – Gebäudehülle Teil 3			
Datenaufnahme aller Bauteilqualitäten in Dachgeschoss, Wohneinheiten, Kellergeschoss sowie Begutachtung der Bauteile auf mögliche Bauschäden			
<ul style="list-style-type: none"> • Kellergeschoss: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vollständig oder teilweise beheizt? : ▪ Fußboden gegen Erdreich? : <li style="padding-left: 40px;">Material / Ausführung: <li style="padding-left: 40px;">Nachträgliche Dämmung?: <li style="padding-left: 40px;">Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Kelleraußenwand: <li style="padding-left: 40px;">Material / Ausführung: <li style="padding-left: 40px;">Nachträgliche Dämmung?: <li style="padding-left: 40px;">Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Wand zu Erdreich?: <li style="padding-left: 40px;">Material/Ausführung: <li style="padding-left: 40px;">Nachträgliche Dämmung?: <li style="padding-left: 40px;">Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Wand gegen unbeheizten Keller?: <li style="padding-left: 40px;">Material / Ausführung: <li style="padding-left: 40px;">Nachträgliche Dämmung?: <li style="padding-left: 40px;">Material/Dämmstärke/Jahr des Einbaus: ▪ Lichte Raumhöhe des Kellers: ▪ Verteilleitungen der Heizung Verlauf unter Kellerdecke?: <li style="padding-left: 40px;">Verdeckt? : 	<p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p> <p>Ja: <input type="checkbox"/></p>	<p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p> <p>Nein: <input type="checkbox"/></p>	<p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>

Tab. 7 - Checkliste Schritt 4 – Teil3 (Christian Sturm)



Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme	
Schritt 5 Datenaufnahme Anlagentechnik Teil 2	
Begutachtung von Wärmeerzeuger, Warmwassererzeuger, Warmwasserspeicher (Typenschilder), Verteilnetzen, Pumpen, Wärmeübergabe und deren Regelung sowie Techniken zum Einsatz erneuerbarer Energien	
<ul style="list-style-type: none"> • Heizungsanlage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauart, Kessel: <ul style="list-style-type: none"> Fernwärme: <input type="checkbox"/> Konstanttemperaturkessel: <input type="checkbox"/> Niedertemperaturkessel: <input type="checkbox"/> Brennwertkessel: <input type="checkbox"/> ▪ Typbezeichnung/Hersteller: ▪ Anzahl: ▪ Baujahr: ▪ Energieträger: ▪ Standort: <ul style="list-style-type: none"> Innerhalb der Thermischen Hülle: <input type="checkbox"/> Außerhalb der Thermischen Hülle: <input type="checkbox"/> ▪ Betriebsweise: <ul style="list-style-type: none"> Raumheizung: <input type="checkbox"/> Warmwasser: <input type="checkbox"/> Beides: <input type="checkbox"/> ▪ Nennwärmeleistung in kW: ▪ Vorlauf/Rücklauftemperatur: ▪ Erneuerung erforderlich/geplant?: <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/> </div> 	

Tab. 9 - Checkliste Schritt 5 - Teil2 (Christian Sturm)



Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme									
Schritt 5 Datenaufnahme Anlagentechnik Teil 3									
Begutachtung von Wärmeerzeuger, Warmwassererzeuger, Warmwasserspeicher (Typenschilder), Verteilnetzen, Pumpen, Wärmeübergabe und deren Regelung sowie Techniken zum Einsatz erneuerbarer Energien									
<ul style="list-style-type: none"> • Regelung Kessel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachtabenkung /-abschaltung aktiv: ▪ Kesseltemperatur gleitend(geregelt)? : ▪ Kesseltemperatur konstant? ▪ Maximale Kesseltemperatur (Winter) in °C: ▪ Minimale Kesseltemperatur (Übergangszeit) in°C: ▪ Mischer: <ul style="list-style-type: none"> Motorisch: <input type="checkbox"/> Von Hand geregelt: <input type="checkbox"/> 	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja: <input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>								
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>								
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>								
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>								
<ul style="list-style-type: none"> • Speicher: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauart; Fabrikat: ▪ Anzahl: ▪ Baujahr: ▪ Innerhalb der Thermischen Hülle: <input type="checkbox"/> ▪ Außerhalb der Thermischen Hülle: <input type="checkbox"/> ▪ Raumheizung und Warmwasser: <input type="checkbox"/> ▪ Nur Warmwasser: <input type="checkbox"/> ▪ Erwärmung durch Zentralen Wärmeerzeuger: <input type="checkbox"/> Elektroheizstab: <input type="checkbox"/> Solaranlage: <input type="checkbox"/> ▪ Speichernenninhalt in Liter: ▪ Speicher gedämmt: <input type="checkbox"/> 	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td>Ja: <input type="checkbox"/></td> <td>Nein: <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								
Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>								

Tab. 10 - Checkliste Schritt 5 - Teil3 (Christian Sturm)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
 Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme	
Schritt 5 Datenaufnahme Anlagentechnik Teil 4	
Begutachtung von Wärmeerzeuger, Warmwassererzeuger, Warmwasserspeicher (Typenschilder), Verteilnetzen, Pumpen, Wärmeübergabe und deren Regelung sowie Techniken zum Einsatz erneuerbarer Energien	
<ul style="list-style-type: none"> • Verteilung Raumwärme: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauart: Pumpen Warmwasser System: <input type="checkbox"/> Zwei-Rohr-Verteilung: <input type="checkbox"/> Ein-Rohr-Verteilung: <input type="checkbox"/> ▪ Regelung der Netztemperatur über die Kesselregelung?: ▪ Rohrleitungen: Anordnung Außenwände: <input type="checkbox"/> Anordnung Innenwände: <input type="checkbox"/> Länge: Dämmstandard der Rohrleitungen: 	<p>Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/></p>
<ul style="list-style-type: none"> • Verteilung Warmwasser: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bauart: ▪ Mit Zirkulation? : ▪ Durchgängiger 24h/d Betrieb: ▪ Bedarfsabhängiger Betrieb: ▪ Durchschnittliche Warmwassertemperatur in °C: ▪ Rohrleitungen: Länge: Dämmstandard der Rohrleitungen: 	<p>Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/></p>

Tab. 11 - Checkliste Schritt 5 - Teil4 (Christian Sturm)



Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme																																																																												
Schritt 5 Datenaufnahme Anlagentechnik Teil 6																																																																												
Begutachtung von Wärmeerzeuger, Warmwassererzeuger, Warmwasserspeicher (Typenschilder), Verteilnetzen, Pumpen, Wärmeübergabe und deren Regelung sowie Techniken zum Einsatz erneuerbarer Energien																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> • Lüftungsanlage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abluftanlage: ▪ Zu- und Abluftanlage (dezentral): ▪ Zu- und Abluftanlage (zentral): ▪ Welche Räume sind belüftet? : ▪ Wärmetauscher: ▪ Wärmerückgewinnungsgrad in %: ▪ Anlagenluftwechsel in 1/h: ▪ Auslegungsvolumenstrom in m³/h: ▪ Durchgängiger Betrieb 24h/d: ▪ Zeitgesteuerter Betrieb h/d: ▪ Bedarfsabhängiger Betrieb (Taster): ▪ Regelung: <ul style="list-style-type: none"> Einzelraumregelung: Zentrale Vorregelung: ▪ Ventilator: <ul style="list-style-type: none"> Leistungsaufnahme in W: ▪ Verteilung (Anordnung der Luftauslässe: <ul style="list-style-type: none"> Innenwand: Außenwand: ▪ Nachträgliche Zulufterwärmung: <ul style="list-style-type: none"> Wenn Ja mit Heizwärmeerzeuger: Elektrisches Heizregister 	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ja:</td> <td style="width: 10%;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 10%;">Nein:</td> <td style="width: 10%;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kreuzstrom</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Gegenstrom</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ja:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Nein:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Nein:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gleichstrom:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Wechselstrom:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Innenwand:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Außenwand:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ja:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Nein:</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Ja:	<input type="checkbox"/>		Nein:	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>			Kreuzstrom	<input checked="" type="checkbox"/>		Gegenstrom	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>			Ja:	<input checked="" type="checkbox"/>		Nein:	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja:	<input checked="" type="checkbox"/>		Nein:	<input checked="" type="checkbox"/>	Gleichstrom:	<input checked="" type="checkbox"/>		Wechselstrom:	<input checked="" type="checkbox"/>	Innenwand:	<input checked="" type="checkbox"/>		Außenwand:	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja:	<input checked="" type="checkbox"/>		Nein:	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>		
Ja:	<input type="checkbox"/>		Nein:	<input type="checkbox"/>																																																																								
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
Kreuzstrom	<input checked="" type="checkbox"/>		Gegenstrom	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
Ja:	<input checked="" type="checkbox"/>		Nein:	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
Ja:	<input checked="" type="checkbox"/>		Nein:	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
Gleichstrom:	<input checked="" type="checkbox"/>		Wechselstrom:	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
Innenwand:	<input checked="" type="checkbox"/>		Außenwand:	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
Ja:	<input checked="" type="checkbox"/>		Nein:	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																								
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										
		<input checked="" type="checkbox"/>																																																																										

Tab. 13 - Checkliste Schritt 5 - Teil6 (Christian Sturm)

Checkliste Ablauf Bestandsaufnahme	
Schritt 6 Identifizierung möglicher Modernisierungsmaßnahmen	
Mögliche Fragen und Hilfestellungen:	
<ul style="list-style-type: none"> • Stehen sowieso Maßnahmen an? : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wenn ja: Welche? : 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Sind Bauschäden vorhanden? : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wenn ja: Welche? : 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Sind bereits Sanierungsmaßnahmen geplant: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wenn ja: Welche? : ▪ Budget für Sanierungen: 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Sind Nutzungsänderungen geplant: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wenn ja: Welche?: 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Wäre ein Fernwärmeanschluss möglich? : (Leitungen in der Straße vorhanden) 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Wäre ein Gasanschluss möglich? : (Leitungen in der Straße vorhanden) 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Gibt es Lagermöglichkeiten für Pellets? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wenn ja: Wo?: 	Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> • Wäre eine Solaranlage möglich? : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Räumlichkeiten: <ul style="list-style-type: none"> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/> ▪ Nachträgliche Leitungsverlegung: <ul style="list-style-type: none"> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/> ▪ Anschluss Heizung? <ul style="list-style-type: none"> Ja: <input type="checkbox"/> Nein: <input type="checkbox"/> 	
<ul style="list-style-type: none"> • Welche sonstigen Wünsche hat der Eigentümer? : 	

Tab. 14 - Checkliste Schritt 6 (Christian Sturm)



1.2.1 Zu Schritt 1

*Auch wenn die Pläne nicht dem aktuellen Stand entsprechen, sollten diese angefordert werden und mit dem Kunden abgeklärt werden, welche baulichen Änderungen durchgeführt wurden. Sind Änderungen nur zum Teil am Gebäude vorgenommen worden, kann so der Rest der Bauteile trotzdem anhand der Pläne ermittelt werden. Sind keine Pläne vorhanden, so muss ein Aufmaß erfolgen. Unter Punkt 1.3.2 ist der Ablauf eines solchen Aufmaß beschrieben.

1.3 Gebäudehülle

Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs sind die in der Heizzeit entstehenden Wärmeverluste, aber auch die Wärmegewinne eines Gebäudes zu ermitteln. In den folgenden Punkten wird nochmal genauer beschrieben welche Daten in Bezug auf die Gebäudehülle hier eine wichtige Rolle spielen und wie diese bestimmt werden.

1.3.1 Bestimmung der Thermischen Hülle

Bevor die Flächen und Bauteilqualitäten eines Gebäudes ermittelt werden können, muss eine thermische Hülle des Gebäudes definiert werden. Diese grenzt den beheizten Bereich vom unbeheizten bzw. vom Außenbereich ab. Die Festlegung der thermischen Hüllfläche hat einen besonders hohen Einfluss auf den berechneten Primärenergiebedarf. Deshalb sollte die Entscheidung, ob Bereiche außerhalb oder innerhalb der thermischen Hülle liegen, mit größter Sorgfalt getroffen werden.

Laut GEG kann für die Berechnung von Wohngebäuden ein sogenanntes Ein-Zonen-Modell gebildet werden, das alle beheizten Räume einschließt. Wie bereits im Namen beschrieben soll so die Thermische Hülle in einer Zone dargestellt werden. Deshalb kann es vorkommen, dass sich unter Umständen zusätzlich auch unbeheizte Räume in der Thermischen Hülle befinden.

Um die Thermischen Hülle darzustellen sollte diese bei der Begehung in den Plänen oder bei einem Aufmaß im Grundriss bzw. in den Schnitten gekennzeichnet werden. Hierzu eignet sich am besten ein roter Marker. Zudem kann hier auch schon eingetragen werden ob es sich bei der Grenze der Thermischen Hülle um eine Außenwand handelt oder einer innenliegenden Wand die an einen unbeheizten Bereich grenzt. Ebenso sollte auch die oberste bzw. unterste Systemgrenze gekennzeichnet werden z.B. oberste Geschossdecke oder Erdgeschossdecke zum unbeheizten Keller.

Für die Festlegung des Ein-Zonen-Modells müssen zunächst die beheizten Räume des Gebäudes identifiziert werden. Hierzu sollte wenn keine Pläne vorhanden sind, alle Etagen des Gebäudes begehrt werden und eine grobe Skizze der Räume erstellt werden. Für die Berechnung spielt es letztendlich keine Rolle auf welche unterschiedlichen Temperaturen die Räume beheizt werden. Nach DIN 4108-6 wird für alle Räume innerhalb der Thermischen Hülle eine Temperatur von 19°C oder nach DIN 18599 eine Temperatur von 20°C zugrunde gelegt. Beide DIN sind im GEG als Grundlage zur Berechnung hinterlegt.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.1.1 Beispiel Darstellung einer Thermischen Hülle in Form des Ein-Zonen-Modells

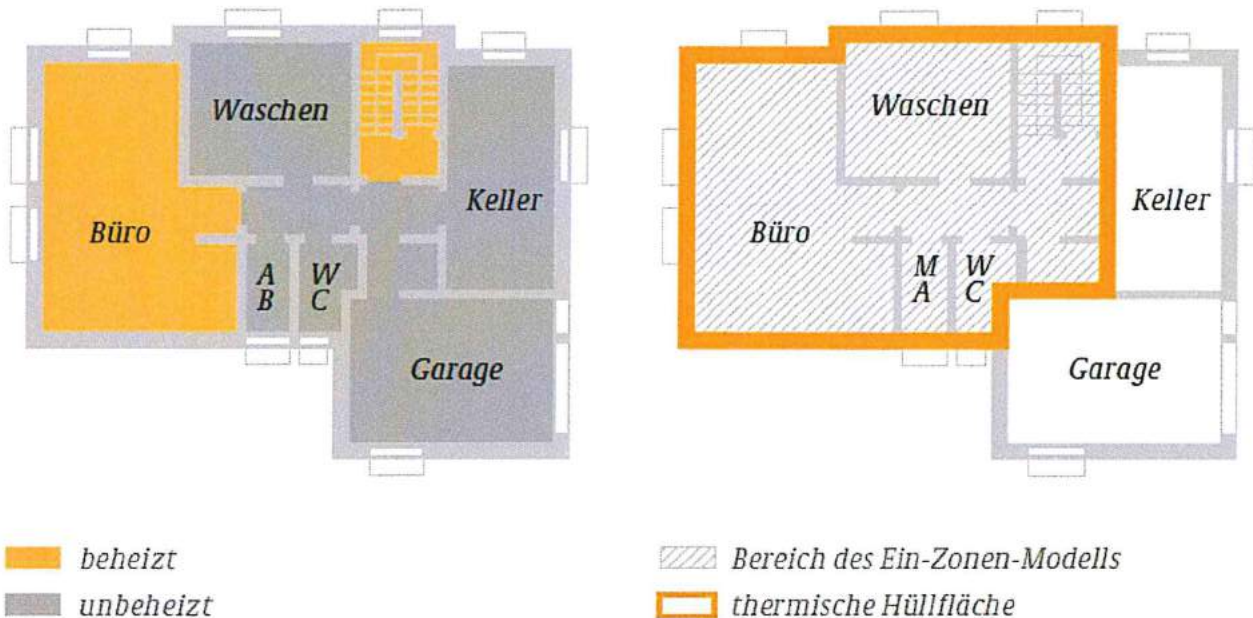


Abb. 1 - Darstellung Thermische Hülle Grundriss (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In diesem Grundriss wurde im Untergeschoss eines Gebäudes das Büro sowie der Aufgang zum Erdgeschoss als beheizte Bereiche definiert. Um hier ein Ein-Zonen-Modell zu erreichen wurden auch hier die Räume Waschen, WC und Abstellkammer in die Thermische Hülle mit einbezogen auch wenn diese unbeheizt sind. Diese Räume sind dann laut DIN 4108-2 als niedrig beheizte Räume definiert, die somit in die Thermische Hülle miteinbezogen werden können. Nach der DIN 4108 sind somit keine Räume die innerhalb der Thermischen Hülle liegen wirklich unbeheizt, sondern werden durch umliegende beheizte Räume z.B. in einem offenen Raumverbund mitbeheizt.

Die Bereiche zum Keller und Garage stellen nach der rechten Abbildung hiermit die Grenze der Thermischen Hülle dar. Hier könnte zum Beispiel zur späteren Sanierung die Wand zum Keller und zur Garage von innen gedämmt werden.

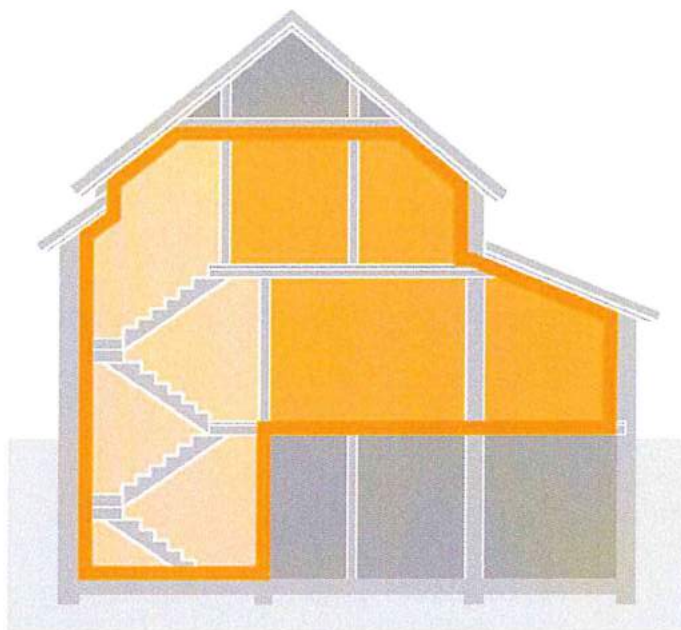
Im Folgenden werden verschiedene Bereiche aufgeführt um eine Hilfestellung zur Zuordnung der Thermischen Hülle zu geben.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.1.2 Unbeheizte Treppenhäuser

Unbeheizte Treppenhäuser sollten zur Vereinfachung der Thermischen Hülle zugeordnet werden. Die Treppenhäuser verlaufen meist im Außenwandbereich, die somit eine Dämmgrenze darstellen. Hier sollte das komplette Treppenhaus von oben bis unten in die Thermische Hülle mit aufgenommen werden.

Beispiel Schnitt:



- beheizter Bereich
- Treppenhaus
- unbeheizter Bereich
- thermische Hüllfläche

Abb. 2 - Darstellung Thermische Hülle Schnitt (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.1.3 Diele und Flure

Diele und Fluren befinden sich meist im Raumverbund zu beheizten Räumen und haben meist nicht dicht schließende Türen oder sogar offene Durchgänge. Sie sollten daher der Thermischen Hülle zugeordnet werden.

1.3.1.4 Kleine unbeheizte Räume

Um ein möglichst einfaches Gebäudemodell abzubilden, dürfen kleine Räume wie Abstellkammern, Speisekammer usw. der Thermischen Hülle zugeordnet werden, wenn sich dadurch der Heizenergiebedarf des Gebäudes nicht mehr als 5% ändert.

1.3.1.5 Unbeheizter Kellerraum mit installierten Heizkörper

Besitzt ein Kellerraum installierte Heizkörper, auch wenn dieser im Normalfall nicht beheizt wird, sollte dieser der Thermischen Hülle zugeordnet werden, da er auf eine vorgegebene Soll-Temperatur beheizt werden könnte.

1.3.1.6 Innenliegende Kelleraufgänge oder Dachbodenaufgänge

Bei unbeheizten Keller oder Dachboden ist zu unterscheiden ob der Ab- bzw. Aufgang geschlossen oder offen ist. Ist der Ab bzw. Aufgang mit dichtschießenden Türen geschlossen und wird nicht mit beheizt, zählen diese nicht zur Thermischen Hülle. Sind diese Ab- bzw. Aufgänge offen sind diese der Thermischen Hülle zuzuordnen. Dennoch gilt auch hier der Grundsatz der vereinfachten Datenaufnahme. So dürfen auch geschlossene unbeheizte Aufgänge zur Vereinfachung der Datenaufnahme übermessen werden.

1.3.1.7 Generell

Bei Gebäuden ohne Wärmedämmschichten sollte der beheizte Bereich so festgelegt werden, dass nach einer Wärmedämm-Maßnahmen unschöne Absätze durch Auftragung der Dämmung entstehen. Diese Überlegung vereinfacht meist den Umgang mit Treppenhäuser oder unbeheizten Räumen.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.2 Detailliertes Aufmaß

Da in der Regel im Gebäudebestand die Bausubstanz nicht oder unzureichend durch Pläne erfasst ist, sollte ein konkretes Aufmaß der thermischen Hüllfläche erfolgen. Sind alte Pläne vorhanden, könne diese hier zu Hilfestellung verwendet werden. Jedoch sollte jedes Maß hierbei überprüft werden und mit dem Eigentümer abgeklärt werden welche baulichen Veränderungen seit dem Stand der Pläne stattgefunden haben.

Im Folgenden wird beschrieben wie ein Aufmaß der Thermischen Hülle mit einfachsten Mittel erfolgen kann.

1.3.2.1 Aufmaß der Thermischen Hüllfläche

Ist ein Ein-Zonen-Modell der Thermischen Hüllfläche festgelegt worden, können nun die Bauteile der Thermischen Hülle aufgemessen werden.

Zur Bestimmung des Heizenergiebedarfs des Gebäudes werden die Außenmaße aller Bauteile der wärmeübertragenden Hüllfläche benötigt. Hierzu gehören alle wärmetechnisch relevanten Elemente des Bauteils. Hier kann in zwei Schritten vorgegangen werden.

Schritt 1:

Das Außenmaß wird geometrisch definiert. Dies bedeutet, dass das Aufmaß bis zur Außenkante des wärmeübertragenden Bauteils ermittelt wird, also Außenwände werden einschließlich eventueller Außendämmung und Putz aufgenommen.

Schritt 2:

Das Außenmaß kann aber auch im Zusammenhang mit der U-Wert-Ermittlung definiert werden. In diesem Fall würde das Aufmaß bis zur Außenkante der für die U-Wert-Ermittlung relevanten Schicht z.B. der Dämmung ermittelt. Alle Elemente die wärmetechnisch nicht wirksam sind werden auch beim Aufmaß nicht berücksichtigt. So endet die Außenwand bei einer vorgehängten Fassade auf der äußeren Dämmschicht. Für das Aufmaß werden die Luftschicht und die Vorhangfassade nicht berücksichtigt.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.2.2 Abweichung vom Außenmaß bei unteren Gebäudeabschlüssen

In der DIN EN ISO 13370 werden die Grenzen bei erdreichberührten Bauteilen und Bauteilen zu unbeheizten Räumen definiert. Hier endet das Aufmaß von unteren Gebäudeabschlüssen bereits auf der Rohdecke.

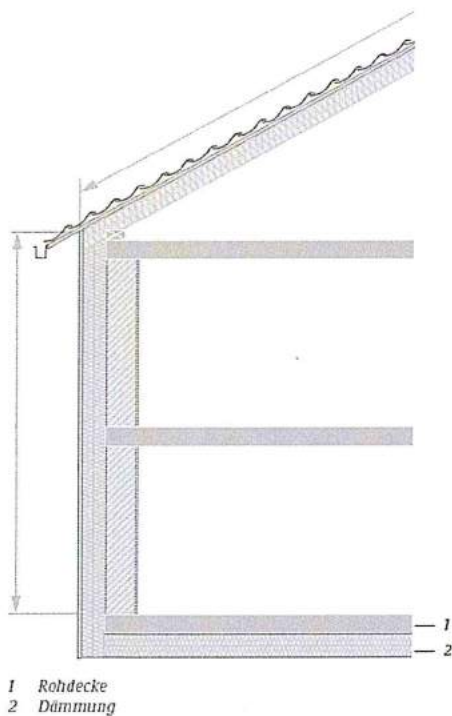


Abb. 3 - Aufmaß Schnitt (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

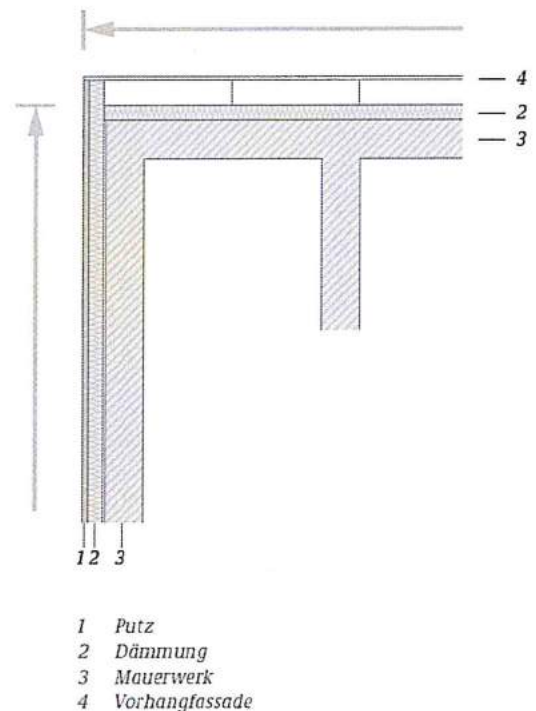


Abb. 4 - Aufmaß Grundriss (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.2.3 Messgeräte für das Aufmaß

Als Mindestausstattung zum Aufmaß des Gebäudes werden benötigt:

- Zollstock
- Bandmaß
- Ggf. Kamera mit Funktion zum Fotoaufmaß

Der Einsatz eines Handlasers zur Entfernungsmessung wäre hilfreich und zeitsparend, aber ist sehr kostenintensiv und lohnt sich nur bei häufiger Nutzung. Dieser Handlaser kann mit entsprechender Software seine Daten direkt an ein CAD Programm übermitteln und die erfassten Ansichten weiterverarbeiten, was ein Aufmaß erheblich vereinfacht.

1.3.2.4 Hinweise zur Maßgenauigkeit und Hilfestellungen

In der Regel macht es Sinn, jede Fassadeseite einmal abzufotografieren und das Bild entsprechend der Ausrichtung Nord, Süd, Ost, West, bzw. NW, NO usw. zu kennzeichnen. Zusätzlich sollte anhand des Bildes dann auch die Thermische Hülle markiert werden. Bei unbeheizten Kellern endet diese oft auf der Höhe der Haustürschwelle. Die erfassten Maße können dann auch auf den Fotos entsprechend eingetragen werden. Eine Maßtoleranz von 3 % sollte beim Aufmaß nicht überschritten werden.

1.3.2.5 Hilfestellung bei den einzelnen Bauteilen

Fenster und Außentüren: Bei den Fenstern ist es prinzipiell erstmal egal auf welcher Höhe (Brüstungshöhe) diese liegen, somit ist ein genaues Maß bei der Brüstungshöhe erstmal nicht erforderlich. Allerdings muss jedes Fenster was innerhalb der Thermischen Hülle liegt aufgemessen werden. Die Fensterfläche kann so später von der Außenfassade abgezogen werden. Zudem werden die Fenstermaße benötigt um den Wärmeverlust der Fenster selbst festzustellen.

Fensterflächen und Außentüren werden aus den lichten Maueröffnungsmaßen ermittelt; d.h. es gilt das Maueröffnungsmaß, bei dem das Fenster bzw. Tür angeschlagen wird. Bei bestehenden Gebäude sind die Fensterrahmen häufig eingeputzt oder verkleidet. Hier kann die Einbaufuge durch einen Zuschlag von 5 cm zum gemessenen Wert des inneren lichten Fenstermaßes berücksichtigt werden, wenn die Daten nicht genau in einem Plan verzeichnet sind.

Rolladenkästen: Die Fläche eventueller Rolladenkästen muss gesondert erfasst werden. Diese besitzen einen anderen U-Wert wie die Fenster und bilden oftmals eine Wärmebrücke.

Verschiedene Bauteilkonstruktionen: Sind verschiedene Konstruktionen zum Beispiel Wände in verschiedener Ausführung (Erdgeschoss aus Naturstein und andere Geschosse mit verputzter Vollziegelwand) müssen diese Konstruktionen separat aufgemessen werden, da diese einen unterschiedlichen U-Wert besitzen.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Fassadenvorsprünge, Loggien, Erker: Vor und Rücksprünge in den Fassaden sollten mit ihren verschiedenen Bauteilen und deren Orientierungen aufgemessen und dokumentiert werden. Vor- und Rücksprünge bis zu 50 cm dürfen bei der vereinfachten Datenaufnahme übermessen werden.

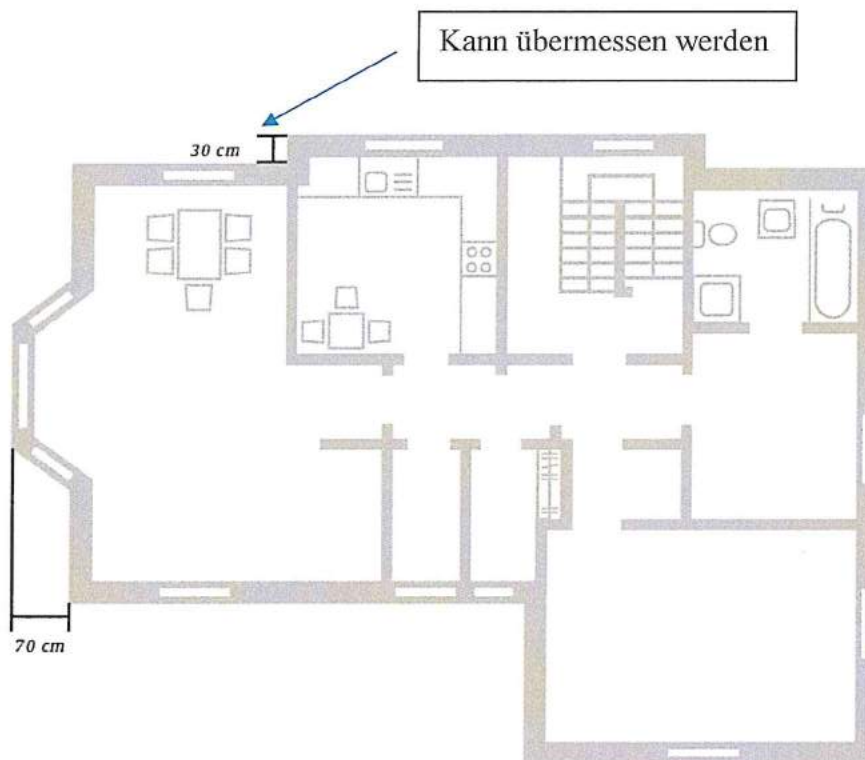


Abb. 5 - Aufmaß Vorsprünge (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Steildach und Dachgauben: Dachgauben müssen exakt und unter Berücksichtigung der Abmaße der einzelnen Bauteile aufgemessen werden. Die Neigung von z.B. Dachflächen darf bei der vereinfachten Datenaufnahme mathematisch auf 0°, 30°, 45°, 60° gerundet werden.

Innenwände und -türen: Innenwände und Türen müssen nur aufgemessen werden, wenn diese die Grenze der Thermischen Hülle darstellen, z.B. Innenwand zur unbeheizten Garage oder bei innenliegenden Kellerabgängen –vorausgesetzt der Keller ist unbeheizt. Im Rahmen der vereinfachten Datenaufnahme ist das Übermessen des Kellerabgangs zulässig.

Heizkörpernischen: Auch Heizkörpernischen werden bei der Energiebilanz berücksichtigt und sind daher separat aufzumessen. Die Heizkörpernischen stellen aufgrund ihrer geringeren Mauerstärke oftmals eine Wärmebrücke da.

1.3.2.6 Tabellenübersicht Vereinfachte Datenaufnahme verschiedener Bauteile/ Maßnahmen

Maßnahme/Bauteile	Zulässige Vereinfachung
Rollladenkästen	Können mit 10% der Fensterfläche angesetzt werden
Opake Vor-und Rücksprünge in der Fassade bis 0,5 m	Dürfen übermessen werden
Treppenabgänge, Leitungsschächte die aus dem beheizten Gebäudevolumen nach <u>unten</u> in einen unbeheizten Bereich führen	Dürfen übermessen werden
Treppenabgänge, Leitungsschächte die ohne thermischen Abschluss aus dem beheizten Gebäudevolumen nach <u>oben</u> in einen unbeheizten Bereich führen	Für Treppenaufgänge bis 25 m ² Grundfläche und Schächte bis 12 m ² Grundfläche darf eine Ersatzfläche in der Ebene der obersten Geschossdecke liegend angenommen werden, die die gleiche Fläche besitzt wie der Treppenraum bzw. der jeweilige Schacht, für die jedoch in Abhängigkeit von der Baualtersklasse des Gebäudes der folgende Ersatz-U-Werte anzusetzen ist: Treppenaufgänge: bis 1918 6,80 W/m ² · K bis 1919–1957 5,70 W/m ² · K bis 1958–1978 3,60 W/m ² · K ab 1979 1,30 W/m ² · K Schächte bis 5 m ² Grundfläche bis 1978 13,00 W/m ² · K ab 1979 8,00 W/m ² · K Schächte über 5 m ² Grundfläche bis 1978 10,00 W/m ² · K ab 1979 6,00 W/m ² · K
Flächen Heizkörpernischen	Die Fläche der Heizkörpernischen dürfen mit der Hälfte der Fläche des darüber liegenden Fensters angesetzt werden
Lüftungsschächte	Dürfen übermessen werden
Sonstige Opake Bauteile der Hüllfläche mit weniger als 1 m² Fläche	Dürfen übermessen werden
Orientierung	Die Ausrichtung einer senkrechten oder geneigten Fläche darf so angesetzt werden, als wäre sie nach der nächst gelegenen der vier Haupt und vier ersten Nebenhimmelsrichtungen (also im 45° Raster: Nord, Nordost, Ost, Südost, usw.) ausgerichtet.
Neigung	Die Neigung von Flächen darf mathematisch auf 0°, 30°, 45°, 60° oder 90° gerundet werden.

Tab. 15 - Tabelle Vereinfachte Datenaufnahme (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.3 Bestimmung der Bauteilqualität: Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)

Der U-Wert ist das übliche Maß für die Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen in $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$. Mit dem U-Wert wird der Wärmestrom angegeben, der sich bei 1 Kelvin Temperaturdifferenz pro m^2 ausdrückt. Je kleiner der U-Wert ist, desto besser ist die wärmedämmende Wirkung des Bauteils.

Die Summe der Produkte aus den Bauteilflächen der thermischen Hülle und ihren U-Werten bestimmen maßgeblich den Heizwärmebedarfs eines Gebäudes. Während die Bauteilflächen mit einem konkreten Aufmaß oder in bereits bestehenden Plänen genau bestimmt werden können, ist die Ermittlung der U-Werte der Außenbauteile erheblich schwieriger. Bei opaken Bauteilen wie Dächern und Wänden ist visuell kaum Hinweise auf ihre wärmedämmende Wirkung bzw. des Schichtaufbaus zu erkennen. Eine visuell genauere Bestimmung kann jedoch bei Fenster und Türen erfolgen.

Ist der Bauantrag mit der Baubeschreibung noch vorhanden ist dies eine große Hilfe. Hier können Baumaterialien und eventuell vorhandene zusätzliche Schichten aus Wärmedämmstoffen und in bestehenden Plänen auch die Wandstärken rausgelesen werden. Leider ist es in der Praxis möglich, dass die tatsächliche Ausführung von der Baubeschreibung abweicht oder nachträglich Änderungen vorgenommen wurden. Dies ist dann vor Ort zu überprüfen.

1.3.3.1 Möglichkeiten um den Aufbau von Bauteilen vor Ort zu bestimmen

- Das Aufmessen der Bauteildicken vor Ort kann zum Beispiel an Fenster bzw. Türleibungen oder an der Decke des unbeheizten Kellers im Treppenauge erfolgen
- Durch Fragen an den Eigentümer über frei zugängliche Stellen im Haus können Bauteilquerschnitte erkannt werden z.B.:
 - vom Spitzboden aus die Wärmedämmung der Dachschräge erkennen und deren Dicke bestimmen)
 - vom unausgebauten Dachboden kann häufig der obere unverputzte Wandabschluss eingesehen werden, um festzustellen, welche Steine verbaut sind
- Fragen an den Eigentümer über nachträgliche wärmedämmende Maßnahmen an Bauteilen (z.B. Innendämmung der Außenwände)
- Fragen über die Bauteilaufbauten die bei Renovierungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten festgestellt werden konnten (z.B. Farbe des Bohrstaubs, um daraus das Material der Außenwand zu schließen)
 - Bohrstaub weiß bis grau und sehr fein: Betonwand
 - Bohrstaub rot: Ziegelsteinwand
 - Bohrstaub gelblich: Lochziegelsteine aus Ton
 - Bohrstaub weiß und sandig: Kalksandstein
 - Bohrstaub weiß und schmierig: Porenbetonstein



Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.3.2 U-Wertberechnung und Ermittlung allgemein

Ist der Schichtaufbau z.B. der Wand bekannt und die jeweiligen Dicken der Bauteile können die U-Werte mittels Software oder Formel einfach berechnet werden. Hier spielt es jedoch eine Rolle ob z.B. eine Wand gegen Außenluft grenzt oder zum Beispiel gegen unbeheizt. Ebenso verhält sich das bei der Bodenplatte. Hier ist es wichtig zu wissen ob diese an Erdreich oder gegen einen unbeheizten Keller grenzt, da sich dadurch die U-Werte ändern. Mittels einer Software ist dies einfach zu berechnen. Dort kann man in der Regel auswählen ob ein Bauteil gegen Außenluft oder unbeheizt grenzt und die Software hinterlegt dafür die entsprechenden Werte. Eine Software hierzu wäre zum Beispiel Hottgenroth. Aber auch im Internet befinden sich viele Gratis Programme. Hier kann man dann die entsprechend verbauten Materialien auswählen und das Programm errechnet den U-Wert. Ist allerdings der Schichtaufbau durch Fragen und vor Ort nicht zu ermitteln, sollte sich wie schon erwähnt die Bauanträge angeschaut werden. 1977 trat die erste Wärmeschutzverordnung in Kraft. Hier mussten bestimmte U-Werte eingehalten werden, sonst wurde der Bau des Gebäudes erst gar nicht genehmigt. Deshalb sollte bei Gebäuden nach 1977 bestimmte Wärmeschutznachweise vorhanden sein. Die Wärmeschutzverordnung wurde in den darauffolgenden Jahren immer wieder erneuert. Bei Gebäude die vor 1977 errichtet wurden, gibt es so genannte U-Werte nach Baualtersklasse. Diese U-Werte wurden aus Altbaudatenblätter zusammengetragen und in der DIN 4108 implementiert. Ebenso lassen sich U-Werte verschiedener Konstruktionen in der Software Hottgenroth finden. Diese dürfen ebenfalls genutzt werden, da die Software auf die DIN 4108 zugreift. Neben der Berechnungsmethode gibt es noch eine Methode diese zu bestimmen. Hier wird der U-Wert gemessen. Dazu geht man wie folgt vor.

U-Wert Bestimmung durch Messung

Mit einem Außenfühler kann die Außentemperatur bei geschlossenem Fenster bestimmt werden. Der Fühler wird draußen positioniert und überträgt die Messwerte an das Messgerät im Inneren. Mit dem U-Wert-Fühler können die beiden anderen benötigten Temperaturen mit nur einem Fühler ermittelt werden. Zur Messung der Oberflächentemperatur werden die Adern des U-Wert-Fühlers mit der Knetmasse an der Innenwand befestigt. Die Lufttemperatur wird über einen Sensor am Fühlerstecker ermittelt. Sobald die drei benötigten Temperaturen an das Messgerät übertragen wurden, berechnet das Gerät den U-Wert und zeigt diesen direkt im Display an.

Nachfolgend werden nochmal alle Bauteile der Thermischen Hülle aufgelistet und erklärt welche U-Wert Ermittlung möglich ist.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
 Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.3.3 Außenwand

Laut Bauantrag bzw. Wärmeschutzverordnung Nachweisbeispiel:

Bauteil: AUSSENWAND 30CM DICK
1. Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes 1/Λ:

1	2	3	4 = (2 · 3)	5	6 = (3 : 5)
Baustoffschichten von innen nach außen	Rohdichte	Dicke d	Flächengewicht	Wärmeleitfähigkeit λ	d/λ
	kg/m ³	m	kg/m ²	W/m·K [$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}}$]	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]
INNENPUTZ	1600	0,015	24	0,70	0,02
MAUERWERK *)	700	0,30	210	0,21	1,43
AUSSENPUTZ	1800	0,03	54	0,87	0,03
			288		1,48

*) BISOTHERM ODER GLEICHWERTIG IN LEICHTMÖRTEL

erf. Wärmedurchlaßwiderstand nach Tab. 2 - Erg. Best. zu DIN 4108 -	$\frac{1}{\Lambda} = 0,47 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]
vorh. Wärmedurchlaßwiderstand des Bauteils (aller Schichten)	$\frac{1}{\Lambda} = 1,48 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]

2. Wärmeübergangswiderstände nach DIN 4108

Bauteile	1/α _i		1/α _a	
	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$
Außenwände, Dach	0,13	0,14	0,04	0,05
Hinterlüftete Fassaden Dachschrägen	0,13	0,14	0,08*)	0,05
Decke zum nicht ausgebauten Dachgeschoß Kehlbalkendecken, Abseitenwände	0,13	0,14	0,13	0,14
Kellerdecken Decke über unbeheizten Räumen	0,17	0,20	0,17	0,20
Offene Durchfahrten auskragende Geschoßdecken	0,17	0,20	0,04	0,05
Böden, an Erdreich grenzend	0,17	0,20	0	0
Wände, an Erdreich grenzend	0,13	0,14	0	0

3. Berechnung des k-Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient)

1/α _i	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]	0,13
1/Λ	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]	1,48
1/α _a	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]	0,04
1/k	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ [$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$]	1,65

$k = \frac{1}{1/k} = \frac{1}{1,65} = 0,61 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ [$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}$]

Abb. 6 - Wärmeschutznachweis Außenwand (Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim)

Im vorherigen Beispieldokument ist nochmals aufgezeigt wie der entsprechende Nachweis der Wärmeschutzverordnung dokumentiert wurde. Hier sind die verwendeten Baumaterialien sowie die zu Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten nötigen Daten aufgeführt und der U-Wert der Außenwand hier $0,61 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ errechnet.

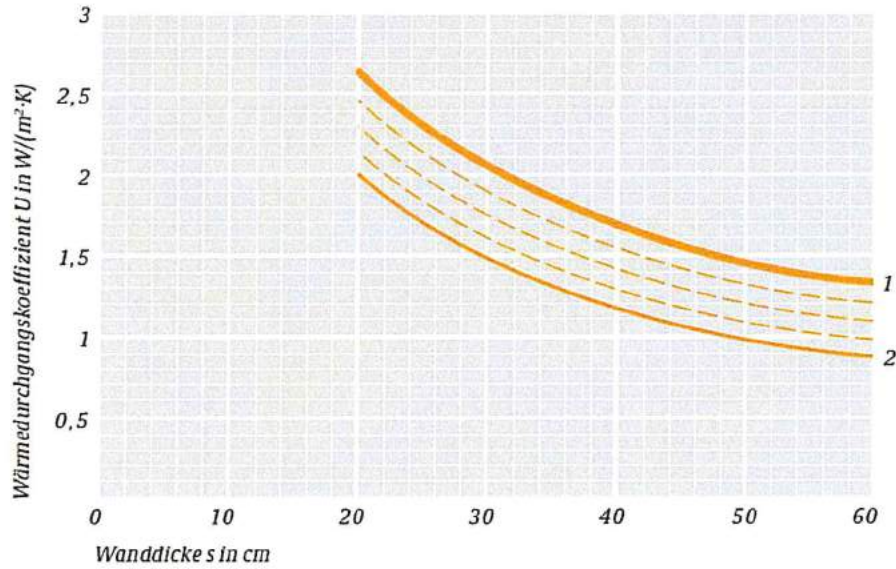
Existieren diese Nachweise nicht mehr und können die Baumaterialien nicht ermittelt werden kann für die Außenwände auch der Maximal-U-Wert angenommen werden der nach damaliger Wärmeschutzverordnung notwendig war, vorausgesetzt das Gebäude wurde dann auch min. nach dem Jahr 1977 errichtet.

U-Werte für Außenwände nach der Wärmeschutzverordnung	
Wärmeschutzverordnung von	Maximalwert des Wärmedurchgangskoeffizienten [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]
1977	0,90
1984	0,60
1994	0,50

Tab. 16 - U-Werte Außenwände nach Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Ist ein Gebäude vor 1977 errichtet worden, sind solche Nachweise oftmals nicht vorhanden und die Maximalwerte können nicht verwendet werden. Hier kann wieder nur das Material durch Vorortermittlung ermittelt werden. Ist das Material bekannt gibt es zahlreiche Diagramme um den U-Wert einer Außenwand zu ermitteln oder wie vorher beschrieben mittels Software.

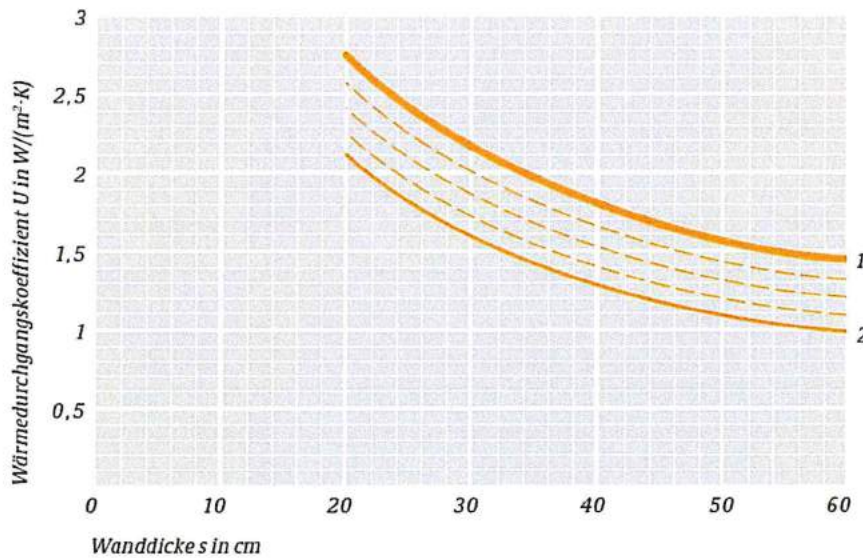
Diagramm zu Ermittlung der U-Werte von Vollziegel, Hochlochziegel



- 1 $2.000 \text{ kg/m}^3, 0,96 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
2 $1.400 \text{ kg/m}^3, 0,58 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Abb. 7 - Diagramm U-Wert Vollziegel (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Diagramm zu Ermittlung der U-Werte von Kalksandstein



- 1 $2.000 \text{ kg/m}^3, 1,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
2 $1.400 \text{ kg/m}^3, 0,70 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Abb. 8 - Diagramm U-Wert Kalksandstein (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Diagramm zu Ermittlung der U-Werte von Porenbeton-Blockstein

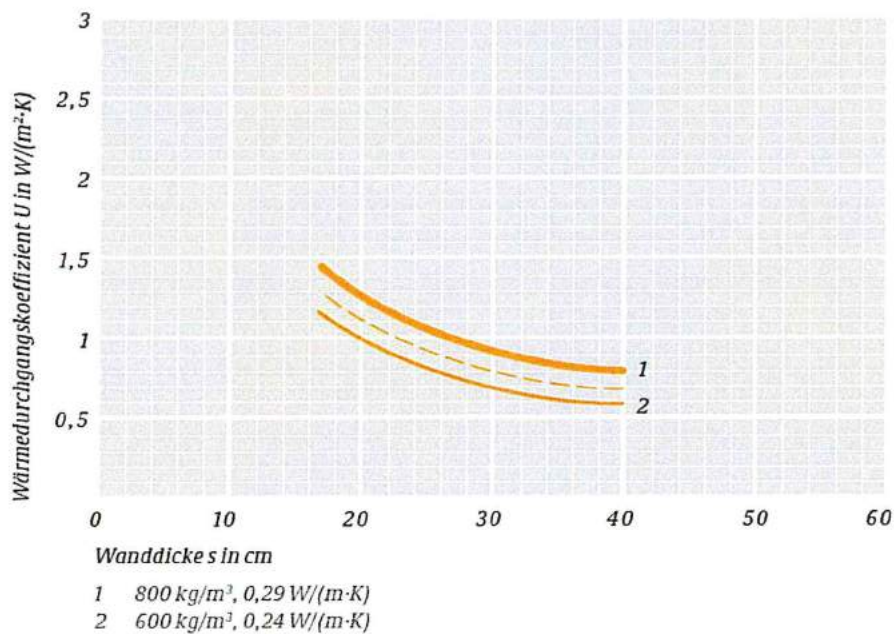


Abb. 9 - Diagramm U-Wert Porenbetonstein (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Diagramm zu Ermittlung der U-Werte von Vollblöcken aus Naturbims

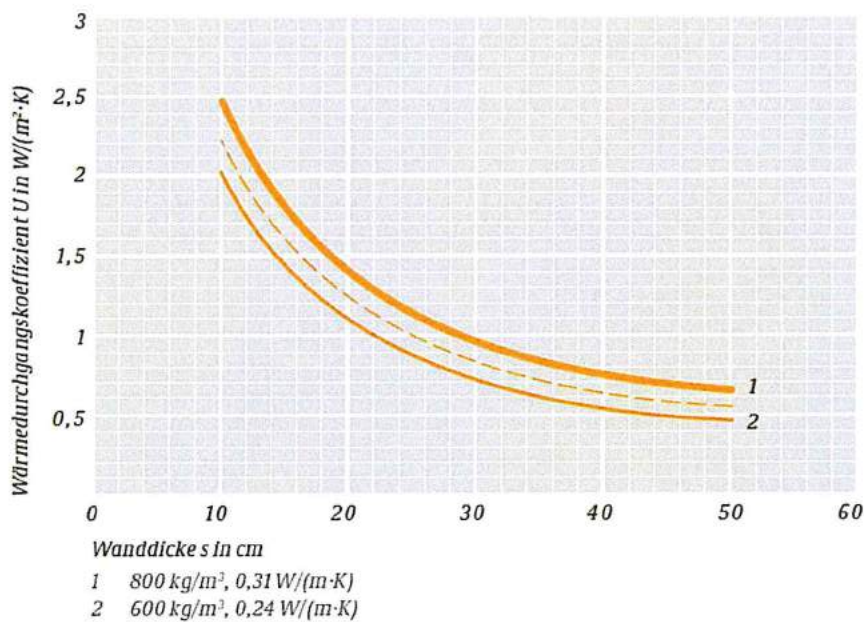


Abb. 10 - Diagramm U-Wert Naturbims (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Hinzuziehen von Literatur und Software

In vielen Handbüchern, Tabellenbüchern Broschüren gibt es diverse Tabellen wo die R-Werte bzw. U-Werte vieler Materialien aufgelistet sind. Auch in der Software Hottgenroth gibt es eine große Datenbank an Außenwandaufbauten die damals zu gewissen Zeiten verbaut wurden z.B. U-Werten von Fachwerkhäuser usw. Diese Werte dürfen verwendet werden, wenn sonst keine Daten über das Gebäude zu Verfügung stehen.

Nachgedämmte Außenwände

Wurden nachträglich Wärmeschutzmaßnahmen durchgeführt, so ist der U-Wert im Urzustand durch einen der Dämmstärke entsprechenden Wert zu ersetzen. Dabei ist die Dicke der verwendeten Dämmschichten und ihre Wärmeleitfähigkeit zu ermitteln und umzurechnen:

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + \frac{d_{D1}}{\lambda_1} + \frac{d_{D2}}{\lambda_2} \dots + \frac{d_{Di}}{\lambda_i}} \quad \text{in [W/(m}^2\text{·K)]}$$

mit:

U_D pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient
 für das nachträglich gedämmte Bauteil in W/(m²·K)

Abb. 11 - U-Wertberechnung nachträglich gedämmter Bauteile (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

- U_0 = U-Wert im Urzustand
- d_{D1} = Dicke der ersten zusätzlichen Schicht
- λ_1 = R- Wert der ersten zusätzlichen Schicht

Diese Formel kann auch bei allen anderen nachgedämmten Bauteilen angewandt werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.3.4 Fenster und Fenstertüren

Bei U-Werten von Fenster und bzw. Fenstertüren handelt es sich um feste U-Werte die vom Hersteller angegeben werden. Sind Datenblätter von den eingebauten Türen und Fenster vorhanden könne die U-Werte dort nachgelesen werden. Bei manchen Herstellern ist es möglich das diese im inneren des Rahmens oftmals ein Typenschild aufgeklebt haben, wo evtl. U-Werte abzulesen sind, oder mindestens den Hersteller und Typ des Fensters. Im Internet kann dadurch evtl. Daten zu dem Fenster gefunden werden.

Können die U-Werte so nicht ermittelt werden können Fenster aber auch durch visuelle Begutachtung vor Ort ausreichend beschrieben werden, um dann mit Erfahrungswerten aus Tabellen zu arbeiten.

- **Fenster bis in die 1970er Jahre: Einfachfenster mit Einfachverglasung**
Bis in die 1970er Jahre wurden häufig Einfachverglasungen hergestellt, sodass im Baubestand heute manchmal noch solche Fenster anzutreffen sind.
- **Kasten- und Verbundfenster**
Durch das Hintereinandersetzen von zwei Rahmen mit 1- Scheiben Verglasung wurde beim Kasten- und beim Verbundfenster der- und Schallschutz verbessert. Insbesondere im innerstädtischen Bereich wurden bei Wohngebäuden aus der Zeit vor 1970 zur Verbesserung des Schallschutzes Altfenster gegen Kasten- oder Verbundfenster ausgetauscht.
- **Fenster ab 1958: Isolierverglasung**
Ab 1958 wurden in der Regel Isolierverglasungen in Holz- oder Kunststoffrahmen eingesetzt.
- **Fenster ab 1995: Wärmeschutzverglasung**
Ab etwa 1995 wurde die 2 Scheiben-Wärmeschutzverglasung im Neubau sowie Erneuerung alter Fenster zum Standard. Um eine Wärmeschutzverglasung zu erkennen, kann ein Feuerzeug an das das der Fensterinnenseite gehalten werden. Färbt sich die Flamme blau, handelt es sich um eine Wärmeschutzverglasung. U-Wert von Fenster mit Wärmeschutzverglasung siehe Tabelle nach Baualterklasse.
- **Fassaden mit Glasbausteinen**
In den letzten Jahrzehnten wurden auch immer wieder Glasbausteine zur Gestaltung der Fassade eingesetzt. Glasbausteine weisen einen hohen U-Wert von etwa $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf.



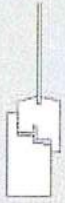
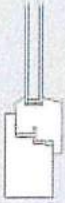
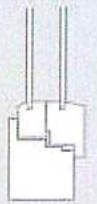
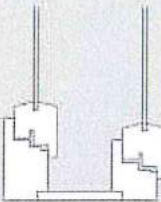
Prinzipskizze	Rahmenmaterial			
	Holz/Kunststoff		Aluminium (thermisch nicht getrennt)	
Einfachfenster mit Einfachverglasung 	Rahmenanteil in %	U_w in $W/(m^2 \cdot K)$ bei $U_g = 5,7 W/(m^2 \cdot K)$ $U_f = 1,8 W/(m^2 \cdot K)$	Rahmenanteil in %	U_w in $W/(m^2 \cdot K)$ bei $U_g = 5,7 W/(m^2 \cdot K)$ $U_f = 5,7 W/(m^2 \cdot K)$
	10	5,3	10	5,7
	20	4,9	20	5,7
	30	4,5	30	5,7
	40	4,1	40	5,7
Einfachfenster mit Isolierverglasung 	Rahmenanteil in %	U_w in $W/(m^2 \cdot K)$ bei $U_g = 3,2 W/(m^2 \cdot K)$ $U_f = 1,8 W/(m^2 \cdot K)$	Rahmenanteil in %	U_w in $W/(m^2 \cdot K)$ bei $U_g = 3,2 W/(m^2 \cdot K)$ $U_f = 5,7 W/(m^2 \cdot K)$
	10	3,1	10	3,5
	20	2,9	20	3,7
	30	2,8	30	4,0
	40	2,6	40	4,2
Verbundfenster mit 2 Einfachverglasungen 	Rahmenanteil in %	U_w in $W/(m^2 \cdot K)$ bei $U_g = 2,8 W/(m^2 \cdot K)$ $U_f = 1,0 W/(m^2 \cdot K)$		
	10	2,6		
	20	2,4		
	30	2,3		
	40	2,1		
Kastenfenster mit 2 Einfachverglasungen 	Rahmenanteil in %	U_w in $W/(m^2 \cdot K)$ bei $U_g = 2,8 W/(m^2 \cdot K)$ $U_f = 0,8 W/(m^2 \cdot K)$		
	10	2,6		
	20	2,4		
	30	2,2		
	40	2,0		

Abb. 12 - U-Werte Fenstertypen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Wärmedurchgangskoeffizienten U_w für das Fenster, U_g für die Verglasung und U_f für den Rahmen bei Fenstern und Fenstertüren zur Einschätzung der vorhandenen Bausubstanz

U-Werte Fenster nach Baualtersklasse

Bauteil	Konstruktion	Eigenschaft	Baualtersklasse ⁴			
			bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
Pauschalwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten U in W/(m ² ·K) sowie Verglasungstyp nach DIN V 18599-2, Tab 7						
Fenster, Fenstertüren	Holzfenster, einfach verglast	U _w	5,0			
		Glas	einfach			
		U _g	5,8			
	Holzfenster, zwei Scheiben ⁵	U _w	2,7	2,7	2,7	1,6
		Glas	zweifach	zweifach	zweifach	MSIV 2
		U _g	2,9	2,9	2,9	1,4
	Kunststofffenster, Isolierverglasung	U _w	3,0	3,0	3,0	1,9
		Glas	zweifach	zweifach	zweifach	MSIV 2
		U _g	2,9	2,9	2,9	1,4
	Aluminium oder Stahlfenster, Isolierverglasung	U _w	4,3	4,3	3,2	1,9
		Glas	zweifach	zweifach	zweifach	MSIV 2
		U _g	2,9	2,9	2,9	1,4

Abb. 13 - U-Werte Fenster nach Baualtersklassen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.3.5 Eingangstüren

Bei neu eingesetzten Haustüren ist eventuell beim Eigentümer noch ein Datenblatt vorhanden wo der U-Wert der eingebauten Tür abzulesen ist, möglicherweise sind auch Daten zu Eingangstüren älteren Baujahrs vorhanden.

In allen anderen Fällen darf pauschal mit einem U-Wert von 3,5 W/m²·K für Hauseingangs-, Nebeneingangs- und Kellertüren sowie innen liegende Türen zu unbeheizten Räumen gerechnet werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.3.6 Rollladenkästen

In älteren Gebäuden sind Rollladenkästen oftmals nicht gedämmt, dennoch wird oft beim Wechsel eines defekten Rollladengurts eine nachträgliche Wärmedämmung ausgeführt. Über Art und Qualität einer möglichen nachträglichen Wärmedämmung kann der Eigentümer Auskunft geben. Rollladenkästen im Bestand weisen häufig erhebliche Undichtigkeiten auf, die zu erhöhten Lüftungswärmeverluste führen können.

Wenn ein Rollladenkasten nach 1995 erstmalig eingebaut wurde oder ein älterer Rollladenkasten auf seiner gesamten inneren Fläche zum beheizten Raum mit einem mindestens 2cm wärmedämmenden Material verkleidet wurde, darf mit einem U-Wert von $1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ gerechnet werden. In allen anderen Fällen ist der Wärmedurchgangskoeffizient mit $3,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ anzunehmen.

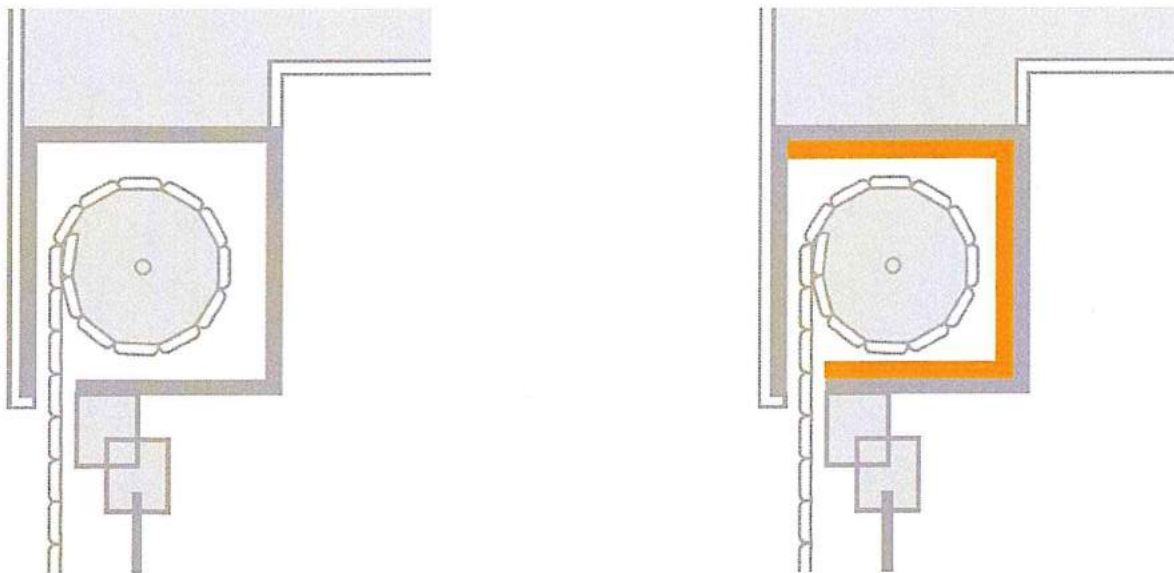


Abb. 14 - Rollladenkasten mit und ohne Dämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Rollladenkasten ohne Dämmung

Rollladenkasten mit Dämmung

1.3.3.7 Bauteile gegen Erdreich und Keller

Die Bodenplatte bildet den unteren Abschluss einer thermischen Hülle wenn kein Keller vorhanden ist oder das Kellergeschoss beheizt bzw. bewohnbar ist. Ist ein Keller unbeheizt bildet die Kellerdecke den unteren Abschluss der Thermischen Hülle und ist somit für die Berechnung des Heizenergiebedarf relevant.

Wie bereits bei der U-Wertermittlung von Außenwänden ist es bei der Kellergeschosdecke bzw. der Bodenplatte gegen Erdreich bei Gebäuden die nach 1977 gebaut wurden, hilfreich die gesetzlichen Anforderungen (Maximalwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten) nach der jeweils gelten Wärmeschutzverordnung zu kennen. Auch hier können beim Eigentümer noch Nachweise vorhanden sein. Sind diese nicht mehr vorhanden und kann der genau Schichtaufbau nicht ermittelt werden dürfen die Maximalwerte der Wärmeschutzverordnung genutzt werden.

Wände und Böden gegen Erdreich bestehen aus statischen Gründen aus massiven Materialien hoher Rohdichte. Ist keine zusätzliche Dämmschicht vorhanden liegt der U-Wert in Abhängigkeit von der Bauteildicke zwischen 2,0 – 4,0 W/m²·K. Erst durch eine zusätzliche Wärmedämmung oder Trittschalldämmung werden kleiner Wärmedurchgangskoeffizienten erreicht.

Wenn Kellerräume als Wohnräume genutzt werden, sind zusätzliche Dämmschichten die Regel, da es ohne ausreichende Wärmedämmung zu Kondensat auf der Bauteiloberfläche kommen würde, was wiederum eine Nutzung als Wohnraum ausschließt.

Kellerdecken werden entweder als massives Bauteil (Stahlsteindecke, Betonsteindecke, Kappengewölbe) oder als Holzbalkendecke ausgeführt. Sind keine U-Werte bekannt können diese aus Tabelle (U-Werte Bauteile gegen Erdreich nach Baualtersklasse) entnommen werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
 Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Laut Bauantrag bzw. Wärmeschutzverordnung Nachweisbeispiel:

Bauteil: KELLERDECKE
 1. Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes $1/\Lambda$:

1	2	3	4 = (2 · 3)	5	6 = (3 · 5)
Baustoffschichten von innen nach außen	Rohdichte kg/m ³	Dicke d m	Flächengewicht kg/m ²	Wärmeleitfähigkeit λ W/m·K [kcal/m·h·K]	d/ λ m ² ·K/W [m ² ·h·K/kcal]
DECKENPUTZ	1800	0,015	27	0,87	0,02
STAHLBETON	2400	0,16	384	2,04	0,08
DÄMMLATTE *)	/	0,04	/	0,04	1,00
ESTRICH	2000	0,04	80	1,40	0,03
			391		1,13

*) WÄRMELEITFÄHIGKEITSGRUPPE 040 NACH DIN 78 165

erf. Wärmedurchlaßwiderstand nach Tab. 1
~~erf.~~ - Erg. Best. zu DIN 4108 - $\frac{1}{\Lambda} = 0,86 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$

vorh. Wärmedurchlaßwiderstand des Bauteils (aller Schichten) $\frac{1}{\Lambda} = 1,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$

2. Wärmeübergangswiderstände nach DIN 4108

Bauteile	$1/\alpha_i$		$1/\alpha_a$	
	m ² ·K/W	m ² ·h·K/kcal	m ² ·K/W	m ² ·h·K/kcal
Außenwände, Dach	0,13	0,14	0,04	0,05
Hinterlüftete Fassaden Dachschrägen	0,13	0,14	0,08*)	0,05
Decke zum nicht ausgebauten Dachgeschoß Kehlbalkendecken, Abseitenwände	0,13	0,14	0,13	0,14
Kellerdecken Decke über unbeheizten Räumen	0,17	0,20	0,17	0,20
Offene Durchfahrten auskragende Geschoßdecken	0,17	0,20	0,04	0,05
Böden, an Erdreich grenzend	0,17	0,20	0	0
Wände, an Erdreich grenzend	0,13	0,14	0	0

3. Berechnung des k-Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient)

$1/\alpha_i$	m ² ·K/W [m ² ·h·K/kcal]	0,17
$1/\Lambda$	m ² ·K/W [m ² ·h·K/kcal]	1,13
$1/\alpha_a$	m ² ·K/W [m ² ·h·K/kcal]	0,17
$1/k$	m ² ·K/W [m ² ·h·K/kcal]	1,47

$k = \frac{1}{1/k} = \frac{1}{1,47} = 0,68 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}} \right]$

$k_{G \text{ max}} = 0,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

*) Normvorlage DIN 4108, Teil 4. Bis zur Einführung gilt der Wert 0,04 m²·K/W

Abb. 15 - Wärmeschutznachweis Kellerdecke (Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim)

U-Werte für Bauteile gegen Erdreich oder Keller nach der Wärmeschutzverordnung	
Wärmeschutzverordnung von	Maximalwert des Wärmedurchgangskoeffizienten [$W/m^2 \cdot K$]
1977	0,80*
1977	0,90**
1984	0,55
1994	0,35

Tab. 17 - U-Werte Bauteile gegen Erdreich Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

* Nur Kellerdecken zu unbeheizten Keller

** Wände und Decken < 500m² zu Erdreich

U-Werte Bauteile gegen Erdreich nach Baualtersklasse

Bauteil	Konstruktion	Baualtersklasse ¹							
		bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
		Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in $W/(m^2 \cdot K)$							
Bauteile gegen Erdreich oder zu unbeheizten (Keller-)Räumen	Kellerdecke Stahlbeton massiv	1,6	1,6	2,3	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6
	Kellerdecke als Holzbalkendecke	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
	Kellerdecke als Ziegel- oder Hohlsteinkonstruktion	1,2	1,2	1,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6
	Boden gegen Erdreich, Stahlbeton massiv	1,6	1,6	2,3	1,2	1,2	0,8	0,6	0,6
	Boden gegen Erdreich als Ziegel- oder Hohlsteinkonstruktion	1,2	1,2	1,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6
	Boden gegen Erdreich/Hohlraum als Holzkonstruktion	1,8	1,8	1,0	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4

Abb. 16 - U-Werte gegen Erdreich nach Baualtersklasse (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.3.8 Oberste Geschossdecken

Ist ein Dachgeschoss (Dachstuhl) nicht ausgebaut worden, bildet die oberste Geschossdecke den oberen Abschluss der thermischen Hülle.

Da für Wartungsarbeiten an Dachstuhl und Dacheindeckung ein Zugang (z.B. Bodenluke) vorhanden sein muss, lässt sich der prinzipielle Aufbau von obersten Geschossdecken an dieser Stelle gut erkennen. Wird der Dachboden nicht als Lagerraum o.ä. benutzt, haben massive Geschossdecken in der Regel keine Trittschalldämmung. Falls eine Wärmedämmung bei der Erstellung des Gebäudes oder zu einem späteren Zeitpunkt verbaut wurde, liegt diese in der Regel entweder frei oder ist lose mit Spanplatten (OSB Platten) abgedeckt. Die Dämmschichtdicke lässt sich dann genau ausmessen.

Bei Holzbalkendecken kann davon ausgegangen werden, dass keine Dämmung zwischen den Balken liegt, es sei denn sie sind in den letzten Jahren erneuert worden.

Bei Gebäude nach 1977 kann hier wieder der Aufbau im Wärmeschutznachweis nachgelesen werden. Ist der Nachweis nicht vorhanden kann auch hier wieder mit den Maximalwerten der damals geltenden Wärmeschutzverordnung gerechnet werden.

Bei Gebäude vor 1977 können U-Werte aus der Tabelle (U-Werte für oberste Geschossdecken nach Baualtersklasse) entnommen werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
 Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Laut Bauantrag bzw. Wärmeschutzverordnung Nachweisbeispiel:

Bauteil: DACHFLÄCHE + KEHLBALKENDECKE - VARIANTE -
1. Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes 1/Λ:

1	2	3	4 = (2 · 3)	5	6 = (3:5)
Baustoffschichten von innen nach außen	Roh- dichte	Dicke d	Flächen- gewicht	Wärmeleit- fähigkeit λ	d/λ
	kg m ³	m	kg m ²	W m · K $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K}} \right]$	m ² · K $\left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$
1) PUTZ	1600	0,015	—	0,70	0,02
2) MEHRSCHICHT-LEICHTBAU- PLATTEN DIN 1104 *)	—	0,015	—	0,04	0,38
3) DÄMMLATTE	—	0,08	—	0,04	2,00
x) GESAMTDICKE = 0,025 m					2,40

erf. Wärmedurchlaßwiderstand nach Tab. 2 - Erg. Best. zu DIN 4108 - $\frac{1}{\Lambda} = 1,70 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$

vorh. Wärmedurchlaßwiderstand des Bauteils (aller Schichten) $\frac{1}{\Lambda} = 2,40 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$

2. Wärmeübergangswiderstände nach DIN 4108

Bauteile	1/α _i		1/α _e	
	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}$
Außenwände, Dach	0,13	0,14	0,04	0,05
Hinterlüftete Fassaden Dachschrägen	0,13	0,14	0,08*)	0,05
Decke zum nicht ausgebauten Dachgeschoß Kehlbalkendecken, Abseitenwände	0,13	0,14	0,13	0,14
Kellerdecken Decke über unbeheizten Räumen	0,17	0,20	0,17	0,20
Offene Durchfahrten auskragende Geschoßdecken	0,17	0,20	0,04	0,05
Böden, an Erreich grenzend	0,17	0,20	0	0
Wände, an Erreich grenzend	0,13	0,14	0	0

3. Berechnung des k-Wertes (Wärmedurchgangskoeffizient)

1/α _i	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$	0,13
1/Λ	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$	2,40
1/α _e	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$	0,08
1/k	$\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}} \right]$	2,61

$k = \frac{1}{\frac{1}{k}} = \frac{1}{2,61} = 0,38 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}} \right]$

$k_{D \max} = 0,45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

*) Normvorlage DIN 4108, Teil 4. Bis zur Einführung gilt der Wert 0,04 m² · K/W

Abb. 17 - Wärmeschutznachweis Oberste Geschossdecke (Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim)

U-Werte für oberste Geschossdecken nach der Wärmeschutzverordnung	
Wärmeschutzverordnung von	Maximalwert des Wärmedurchgangskoeffizienten [$W/m^2 \cdot K$]
1977	0,45
1984	0,30
1994	0,22

Tab. 18 - U-Werte Oberste Geschossdecken Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

U-Werte für oberste Geschossdecken nach Baualtersklasse

Bautell	Konstruktion	Baualtersklasse ¹							
		bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
		Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in $W/(m^2 \cdot K)$							
oberste Geschossdecke (auch Geschossdeck nach unten gegen Außenluft, z. B. über Durchfahrten)	massive Decke	2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,6	0,3	0,3
	Holzbalkendecke	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3

Abb. 18 - U-Werte Oberste Geschossdecke nach Baualtersklasse (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.3.9 Steildach

Sind Dachräume ausgebaut, bildet das Dach die oberste Grenze der Thermischen Hülle.

Der Dachraum von Wohngebäuden wird oft nachträglich zu Wohnzwecken ausgebaut und mit der zentralen Heizungsanlage beheizt. Der Ausbau erfolgt oft in Eigenleistung und kann somit an verschiedenen Stellen unterschiedlich ausgeführt sein. Die Ausführungsqualität einer nachträglichen Wärmedämmung ist daher oft unzureichend, sodass z.B.

- Die Wärmedämmung der Dachschräge mit Außenluft unterspült wird,
- Die Wärmedämmung unvollständig ist oder
- Materialien ohne bauaufsichtliche Zulassung verwendet wurden, die durch Witterungseinflüsse inzwischen zusammengesackt sind und nahezu keine wärmedämmende Wirkung mehr aufweisen.

Mögliche Lage von Dämmschichten an der Abseitenwand

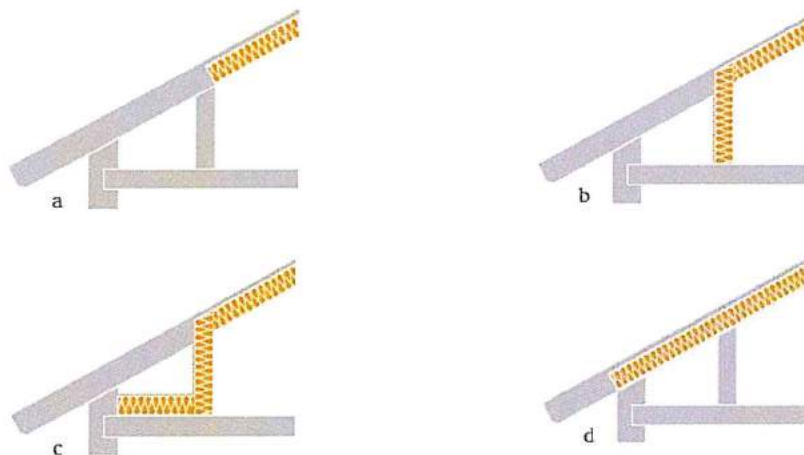


Abb. 19 - Mögliche Lage von Dämmschichten an der Abseitenwand (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Wurde das Gebäude einschließlich des ausgebauten Dachgeschosses nach 1977 erstellt, können auch hier wieder maximal zulässigen U-Werte gemäß bei der Erstellung gültigen Wärmeschutzverordnung angesetzt werden, wenn der Schichtaufbau nicht genau zu ermitteln ist oder keine Wärmeschutznachweise vorhanden sind.

Ist das Gebäude vor 1977 errichtet worden und die Ausführungsqualität nicht feststellbar können die U-Werte der Tabelle (U-Werte für ein Steildach nach Baualtersklasse) verwendet werden. Hier ist darauf zu achten wann der Ausbau des Dachgeschosses stattgefunden hat.

U-Werte für ein Steildach nach der Wärmeschutzverordnung	
Wärmeschutzverordnung von	Maximalwert des Wärmedurchgangskoeffizienten [$W/m^2 \cdot K$]
1977	0,45
1984	0,30
1994	0,22

Tab. 19 - U-Werte Steildach nach Wärmeschutzverordnung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

U-Werte für ein Steildach nach Baualtersklasse

Bauteil	Konstruktion	Baualtersklasse ¹							
		bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1957	1958 bis 1968	1969 bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
		Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in $W/(m^2 \cdot K)$							
Dach (auch Wände zwischen beheiztem und unbeheiztem Dachgeschoss)	massive Konstruktion	2,1	2,1	2,1	1,3	1,3	0,6	0,4	0,3
	Holzkonstruktion	2,6	1,4	1,4	1,4	0,8	0,7	0,5	0,3

Abb. 20 - U-Werte Steildach nach Baualtersklasse (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

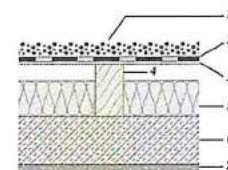
1.3.3.10 Flachdach

Die Dachhaut von Flachdächern älterer Gebäude wurde aufgrund von Schäden oder Abnutzung in den letzten Jahrzehnten meistens schon einmal erneuert; dabei wurde oft auch nachträglich eine zusätzliche Wärmedämmung eingebaut. Meistens sollten bei erneuerten Flachdächern noch Unterlagen vorhanden sein, so dass der Schichtaufbau und U-Wert hier nachzulesen ist. Ist nur die Dicke der Wärmedämmung bekannt, kann diese auf den Ursprungs-U-Wert draufgerechnet werden. Flachdächer haben meistens 3 Arten des Aufbaus.

Man unterscheidet:

- Kaltdach:

Ein Kaltdach ist ein zweischaliges belüftetes Flachdach. Über der tragenden Deckenkonstruktion und der Wärmedämmung befindet sich zunächst ein Zwischenraum, durch den die Luft zirkulieren kann. Dann erst erfolgt die Abdichtungsschicht, die in der Regel mit einer Kiesschüttung beschwert ist. Durch die zirkulierende Luft kann Kondensationsfeuchtigkeit abtrocknen. Das Kaltdach ist gegenüber dem Warmdach jedoch aufwendiger in der Erstellung.

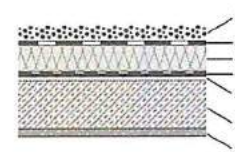


- 1 Kiesschüttung
- 2 Dachabdichtung
- 3 Schotung
- 4 Sparren
- 5 Wärmedämmung
- 6 Geschosdecke
- 7 Innenputz

Abb. 21 - Schichtaufbau Kaltdach
(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

- Warmdach:

Den größten Anteil an Flachdachkonstruktionen haben Warmdächer. Beim Warmdach handelt es sich um ein einschaliges unbelüftetes Flachdach, bei dem die Deckenkonstruktion in sich ein Verbundelement bildet. Die Anforderungen an die bauphysikalischen Eigenschaften der einzelnen Schichten sind gegenüber dem Kaltdach deutlich höher.

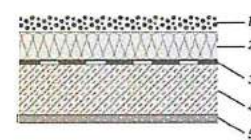


- 1 Kiesschüttung
- 2 Dachabdichtung
- 3 Wärmedämmung
- 4 Dampfsperre
- 5 Ausgleichsschicht
- 6 Geschosdecke
- 7 Innenputz

Abb. 22 - Schichtaufbau Warmdach
(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

- Umkehrdach:

Beim Umkehrdach befindet sich die Dämmung (abgedeckt z.B. durch eine Kiesschüttung) oberhalb der Abdichtung und schützt sie so besser vor UV-Strahlung und Wittereinflüssen. Eine Dampfsperre ist nicht mehr notwendig. An die Wärmedämmung werden erhöhte Anforderungen gestellt. Sie muss verrottungsfest, form-, wasser- und frostbeständig sowie trittfest ausgebildet sein. Um Wärmebrücken zu vermeiden, muss sie maßgenau verlegt sein.



- 1 Oberflächenschutz
- 2 Wärmedämmung
- 3 Dachabdichtung
- 4 Geschosdecke
- 5 Innenputz

Abb. 23 - Schichtaufbau Umkehrdach
(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.4 Nettovolumen (belüftetes Volumen)

Das belüftete Volumen mit Nettoinnenmaßen ist maßgeblich für die Lüftungswärmeverluste des Gebäudes. Es kann vereinfacht aus dem umbauten Raum oder genauer mit der Nettogrundfläche und einer mittleren lichten Raumhöhe ermittelt werden.

1.3.5 Luftdichtheit der Gebäudehülle

Ein erheblicher Teil der Wärmeverluste eines Gebäudes entsteht dadurch, dass warme Raumluft kontrolliert durch Fenster und Türen sowie unkontrolliert durch Undichtigkeiten in der thermischen Hüllfläche entweicht. Für behagliche Wohnräume während der Heizzeit war die Ausführung einer luftdichten Gebäudehülle deshalb schon immer gewünscht. Doch von der heute geforderten Luftdichtheit ist der Gebäudebestand in der Regel weit entfernt. Auch wenn visuell ein Außenbauteil als „dicht“ erkannt wird, bedeutet dies nicht dass es ausreichend luftdicht ist.

Es lassen sich folgende häufig vorkommende Mängel an der Gebäudehülle bei einer Begehung vor Ort überprüfen oder von den Gebäudenutzern erfragen:

- Kellertüren ohne umlaufende Dichtung
- Fenster mit defekter oder fehlender Lippendichtung bzw. verzogene oder falsch justierte Fenster, die ein Durchzug innerhalb der Etage verursachen
- Luftauslässe zur zwangsweisen Abführung von belasteter Raumluft in Küchen (Dunstabzugshaube) und innenliegenden WCs sowie Bädern
- nicht ausgebaute, in der Regel undichte Dachgeschosse mit Luftverbund zum übrigen Gebäude
- Anschlüsse von Dachflächen mit Aufsparrendämmung, wenn diese Flächen im Bereich von Ortgang, Traufe und First nicht dauerhaft luftdicht ausgeführt wurden
- Innenputz von Außenwandflächen, wenn dieser nicht bis an die Rohdecken aufgebracht wurde und somit unverputztes, nicht luftdichtes Mauerwerk verbleibt z.B. bei abgehängten Decken
- Rollladengurte von Rollladenkästen
- Elektro-Leerdosen, die in nicht luftdichter Ausführung in Trockenbaukonstruktionen oder nicht umlaufend mit Mörtel in das Mauerwerk eingebaut wurden
- Vorwandinstallationen an Außenwänden für WCS und Bädern, da in der Regel die Außenwand an der Innenseite nicht verputzt wurde und in Verbindung mit den nicht luftdichten Tastern für WC Spülung und den Leitungsdurchführungen der Vorwandinstallation zu Luftzügen führt

1.3.5.1 Luftundichtigkeit erkennen

Für das Auffinden undichter Stellen gibt es verschiedene Verfahren. Ein einfaches und gut nutzbares Verfahren stellt den Einsatz der eigenen Hand zum Aufspüren von Luftströmung dar. Die oft vorhandene Lufttemperaturdifferenz im Winter von außen zu innen erhöht die Sensibilität der Haut. Dieses Verfahren hat den Vorteil, sehr schnell zu sein und keine teuren Messgeräte zu benötigen. Jedoch fehlt hier eine objektive Dokumentation der Messung. Oftmals kann auch nicht eingeschätzt werden, wo genau die Luftströmung verläuft z.B. ob bei einem Fenster die Luft zwischen Fenster und Rahmen (Dichtung) oder durch einen Spalt zwischen Rahmen und Mauerwerk strömt.

1.3.5.2 Luftundichtigkeit messen

Aus den genannten Gründen gibt es andere Verfahren zum Aufspüren von Luftundichtigkeiten. Mit einem Anemometer können Strömungsgeschwindigkeiten gemessen werden. Der Sensor befindet sich oft an einer Teleskopstange, der auch zum Aufspüren von Undichtigkeiten an der Decke oder an Laibungsbereichen von Fenster geeignet ist. Zur Dokumentation kann die vorhandene Leckagestelle mit der am Gerät angezeigten Strömungsgeschwindigkeit fotografiert werden.

Bei Neubauten wird die Messung der Luftdurchlässigkeit des Gebäudes nach den heute üblichen Verfahren der Gebäudedichtheitsmessung mit einem Blower-Door-Test durchgeführt, mit dem dann auf den Fugenluftwechsel geschlossen werden kann. Dieses Verfahren ist jedoch sehr teuer und aufwendig und meist bei Bestandsgebäuden nicht durchführbar.

Daher sollte bei Bestandsgebäude folgende Luftwechsel zur Berechnung angegeben werden:

- Bei freier Lüftung (Fensterlüftung) ohne Dichtigkeitsnachweis (Blower Door Test) wird eine Luftwechselrate von $0,7 \text{ h}^{-1}$ angesetzt,
- Bei offensichtlichen Undichtigkeiten ist $1,0 \text{ h}^{-1}$ der Berechnung zugrunde zu legen.

Da Bestandsgebäude in der Regel größere Undichtigkeiten aufweisen, sollte im Normalfall immer mit $1,0 \text{ h}^{-1}$ gerechnet werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.3.6 Solare Wärmegewinne

Neben dem Aufführen von Wärmeverluste spielt bei der Aufnahme des Istzustandes auch Wärmegewinne in Form von Sonneneinträge eine Rolle.

Für die Fenster bzw. die transparenten Bauteile ist dazu der Gesamtenergiedurchlassgrad bei senkrechter Strahlung (g) zu bestimmen. Dieser gibt an welcher prozentuale Anteil an Energie durch z.B. Sonneneinstrahlung nach innen gelangen kann und dort zur Erwärmung beiträgt. Ein Wert von 1,0 entspricht hier 100%. Der Gesamtenergiedurchlassgrad eines Fensters(Verglasung) kann aus Herstellerunterlagen ermittelt werden. Sind diese nicht vorhanden oder liegen vom Hersteller keine Werte vor, können nach DIN 4108-4 Richtwerte verwendet werden.

Gesamtenergiedurchlassgrad Richtwerte nach DIN 4108-4	
Verglasung	Gesamtenergiedurchlassgrad (g)
Einfachglas	0,87
Zweifachglas, mit Luftfüllung, ohne Beschichtung	0,78
Dreifachglas, mit Luftfüllung, ohne Beschichtung	0,7
Wärmedämmglas zweifach, mit Argonfüllung, eine Beschichtung	0,6-0,72
Wärmedämmglas dreifach, mit Argonfüllung, zwei Beschichtungen	0,5-0,6
Spezielles Sonnenschutzglas	0,27-0,48

Tab. 20 - Gesamtenergiedurchlassgrad Richtwerte (DIN 4108)

Bei der Bilanzierung nach DIN V 4108-6 können auch für die opaken Bauteile (wie Außenwände, Dach) Sonneneinträge in den beheizten Bereich bestimmt werden. Maßgeblich ist der Strahlungsabsorptionsgrad der Oberflächen. Hier gilt 0,5 als Standardwert. Für dunkle Flächen wie zum Beispiel Dach kann ein Wert von 0,8 gewählt werden.



1.3.7 Erfassung von Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Schwachstellen in einer Baukonstruktion mit deutlich größerem Wärmeverlust im Vergleich zu den angrenzenden Bereichen. Problematisch ist der erhöhte Wärmefluss, weil die Temperatur auf der Innenseite der Außenwand absinkt und dadurch Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbildung auftreten können.

Ein bestehendes Gebäude weist in der Regel diverse Wärmebrücken auf, deren Wirkung auf die Energiebilanz berücksichtigt werden muss.

Aufgrund der physikalischen Ursache unterscheidet man:

- Geometrisch bedingte Wärmebrücken, wie Außenwanddecken, Dachgauben, Abseiten, Ortgang und Bodenkanten
- Materialbedingte Wärmebrücken, wie eine zum Balkon durchgehende Deckenplatte, ein Betonsturz oder eine Stütze in Mauerwerkskonstruktionen und Rollladenkästen
- Temperaturbedingte Wärmebrücken, wie sie z.B. durch die erhöhte innere Wandtemperatur hinter Heizkörpern entstehen (Heizkörpernischen)
- Wärmebrücken über Undichtheiten und durch unsachgemäße Ausführung z.B. Hinterspülung einer Wärmedämmung mit kalter Außenluft durch Leckagen

Schemazeichnung eines Gebäudes mit Kennzeichnung von typischen Wärmebrücken

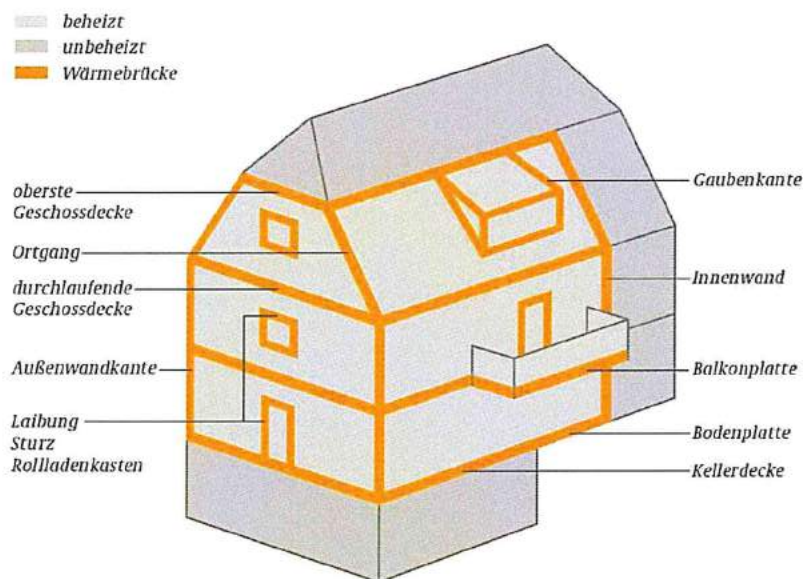


Abb. 24 - Kennzeichnung typischer Wärmebrücken (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.3.7.1 Wärmebrücke erkennen

Wenn nicht bereits ein Feuchteschaden bzw. Schimmelpilzbefall vorliegt, der auf einen höheren Wärmeabfluss hindeutet, sind viele Wärmebrücken bei der Begehung des Gebäudes nicht erkennbar. Ohne offensichtliche Bauschäden können Wärmebrücken zum Beispiel durch Thermografischen Aufnahmen sichtbar gemacht werden.

Dennoch gibt es Möglichkeiten um Wärmebrücken ohne Thermografie Aufnahmen zu erkennen:

- **Thermisch nicht entkoppelte Balkone:**
Oftmals ist nicht zu erkennen ob Balkonplatten aus Beton thermisch entkoppelt sind. Thermisch entkoppelt bedeutet, dass die Bodenplatten des Balkons keine Wärmeübertragung von innen nach außen zulässt. Dies ist optisch zum Beispiel zu erkennen wenn nach Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems an der Fassade bei gleichzeitigem Verputzen der Balkonplatte der Putz abblättert. Zudem kommt es an den Wandanschlussbereichen durch die Temperaturunterschiede zu Rissen, was darauf hinweist das eine Wärmebrücke vorliegt.
- **Sichtbare Fensterstürze:**
Bei einer Backsteinfassade mit einem sichtbaren Fenstersturz aus Beton tritt durch den Sturz aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit des Betons ein erhöhter Wärmeabfluss auf.
- **Feuchtigkeit bzw. Schimmelpilzbildung bei innenliegenden Laibungsecken:**
Innenliegende Laibungsecken sollten gerade in Küchen oder Bädern überprüft werden. Da in diesen Räumen nutzungsbedingt eine höhere Luftfeuchtigkeit vorherrscht als in anderen Wohnräumen, ist die Gefahr von Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbildung sehr groß.
- **Innendämmung nur an Außenwänden:** Bei nachträglich gedämmten Außenwänden können Wärmebrücken im Bereich der einbindenden Innenwände und Decken entstehen, wenn an diesen nicht ebenfalls zusätzliche Wärmedämm- Maßnahmen z.B. in Form von Dämmkeilen durchgeführt wurden
- **Rolladenkästen:** Rolladenkästen sind im älteren Baubestand meistens nicht gedämmt und stellen damit bei Einbau in der Außenwandebene in der Regel eine Wärmebrücke dar. Vor Ort sollte der Kasten geöffnet werden um zu überprüfen, ob eine Dämmung vorhanden ist

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

- Heizkörpernischen:
Durch den verringerten Wandquerschnitt von Außenwänden durch Heizkörpernischen entstehen Wärmebrücken. Durch Abklopfen der Wand kann überprüft werden, ob die Nische bereits nachträglich gedämmt wurde.

1.3.7.2 Bewertung von Wärmebrücken

Die Bewertung von Wärmebrücken kann über eine detaillierte Berechnung des Bauteils nach DIN 4108-6 oder DIN V 18599 Teil 2 mittels Software erfolgen, oder für die gesamte Thermische Hülle kann ein Wärmebrückenzuschlag (Pauschalwerte) angesetzt werden:

Im Regelfall	U_{WB} 0,10 W/(m ² ·K) für die gesamte thermische Hüllfläche
Wenn mehr als 50 % der Außenwand mit einer innen liegenden Dämmschicht versehen ist	U_{WB} 0,15 W/(m ² ·K)
Bei Neubauten	U_{WB} 0,05 W/(m ² ·K)

Tab. 21 - Wärmebrückenzuschlag (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)



1.3.7.3 Thermografische Aufnahmen

Wärmebildkamera Testo881-2 Set:



Abb. 25 - Koffer im geöffneten Zustand (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Checkliste Kofferinhalt Testo-Set 881		
Wärmebildkamera	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Akku-Ladestation	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Akku's 2 x	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Feuchtigkeitsmesser	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Anschlusskabel Ladestation mit Adaptern	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
SD-Karte	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
2tes Objektiv	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>
Hochtemperaturfilter	Ja: <input type="checkbox"/>	Nein: <input type="checkbox"/>

Tab. 22 - Checkliste Kofferinhalt (Paul Kreckel, 2021)

Wichtig! Beim Herausnehmen der Kamera Handschlaufe anlegen!



Abb. 26 - Akkuladegerät mit 2 Akku's (Foto: Paul Kreckel, 2021)



Abb. 27 - Funkfeuchtefühler
(Foto: Paul Kreckel, 2021)



Abb. 28 - Objektiv (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Grundkenntnisse

Nachfolgend aufgelistet ein paar Grundkenntnisse die beachtet werden sollte, um brauchbare Thermografieaufnahmen zu erreichen.

Was ist Thermografie?

Thermografie ist ein bildgebendes Verfahren, das die für das menschliche Auge unsichtbare Wärmestrahlung (Infrarot) sichtbar macht.

Vorteile

- bildgebend
- zerstörungsfrei
- berührungslos
- Echtzeit über Entfernung hinweg

Nachteile

- Hohes Fehlerpotenzial möglich
- Messung nur von Oberflächentemperaturen
- Erhebliche Störungen durch Sonne, Regen, Wind, Schnee, Nebel

Bedingungen für die Infrarot-Messung

- Stabile Witterung (Kein Niederschlag, starker Wind, Nebel)
- Keine direkte Sonnenstrahlung (vor und während der Messung)
- Stabile Bedingungen min. 24h besser 48h
- Keine Störquellen in Messumgebung
- Delta T von min. 15K (Temperaturdifferenz drinnen/draußen)

Die Wichtigen Drei

- Der richtige Bildausschnitt
- Fokussierung auf den messtechnisch relevanten Bereich
- Temperaturbereich richtig eingestellt

Produktkomponenten (Betriebsanleitung)

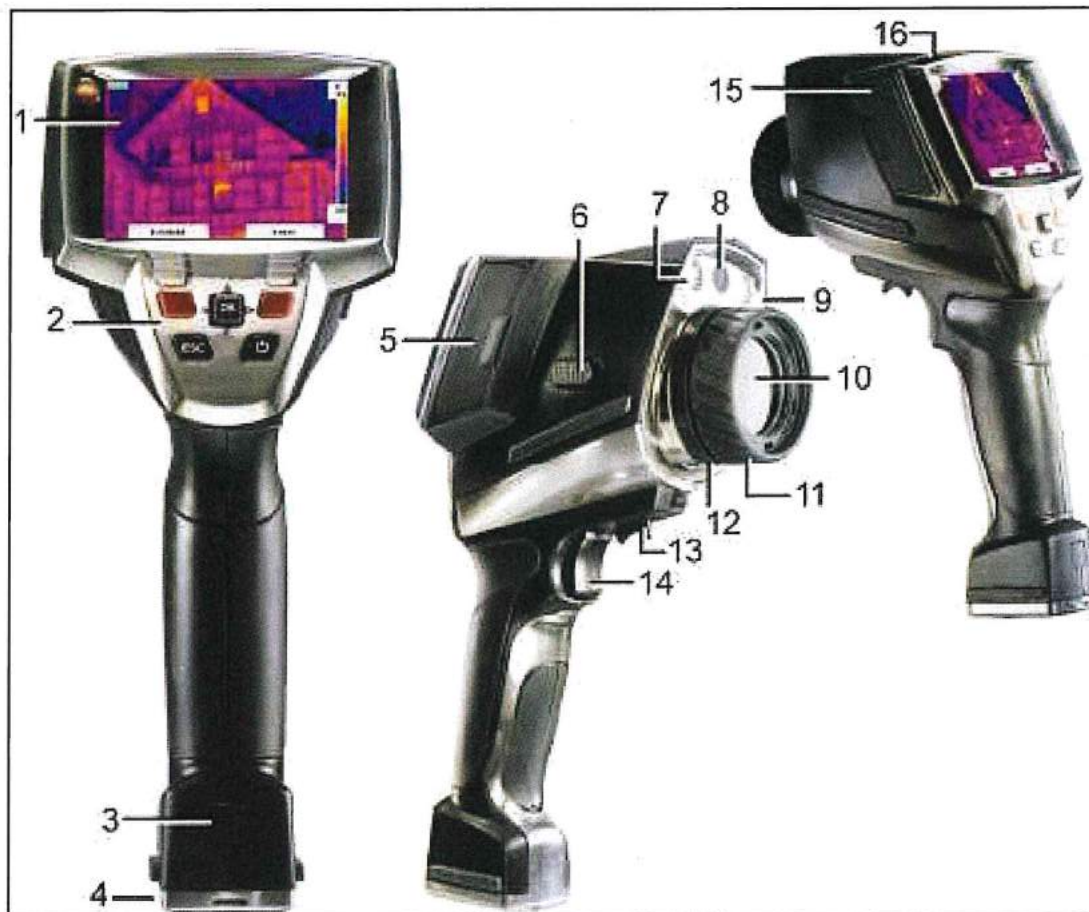


Abb. 29 - Produktkomponenten (Testo 881 Bedienungsanleitung)

- 1 Display
- 2 Bedientasten
- 3 Entriegelungstaste Geräte-Akku
- 4 Metrisches Gewinde: Zur Befestigung des mitgelieferten Stativ Adapters.
- 5 Schnittstellen-Terminal rechts: Funkmodul-Schacht.
- 6 [Motorfokus-Schalter]: zum Ein-/Ausschalten des Motorfokus (nur testo 881-2).
- 7 2 LEDs: zur Ausleuchtung für das visuelle Bild (nur testo 881- 2).

- 8 Objektiv Digital-Kamera: zur Aufnahme visueller Bilder
- 9 Laser: zur Anpeilung des Messfeldes.
- 10 Objektiv Infrarot-Kamera: zur Aufnahme der Thermografie-Bilder. Objektiv wechselbar (nur testo 881-2).
- 11 Drehring Manuelle Fokussierung: zur manuellen Scharfstellung. testo 881-2: Drehring nur bei ausgeschaltetem Motorfokus betätigen, um eine Beschädigung der Motormechanik zu verhindern.
- 12 Objektiv-Fixiering
- 13 [Motorfokus-Regler]: zur motorisierten Scharfstellung (nur testo 881-2).
- 14 [Trigger]: zum Aufnehmen (Einfrieren/Speichern) von Bildern.
- 15 Schnittstellen-Terminal links: Speicherkarten-Schacht, Headset Buchse, USB-Schnittstelle, Netzbuchse, zum Anschluss des mitgelieferten Netzteils, Pufferbatterie-Schacht.
- 16 Status-LED: aus (kein Netzteil angeschlossen), blinkt (Netzteil angeschlossen und Akku wird geladen), leuchtet (Netzteil angeschlossen und Akku-Ladevorgang beendet).

Einstellung der Kamera

Einstellung des Emissionsgrades:

Der Emissionsgrad beschreibt die Fähigkeit eines Körpers, elektromagnetische Strahlung auszusenden, welche materialspezifisch ist und für ein korrektes Messergebnis angepasst werden muss.

Hier gilt die Empfehlung den Emissionsgrad auf 0,95 einzustellen. Mit dieser Einstellung sollte es mit der passenden Reflektierenden Temperatur wenige Probleme geben.

Emissionsgrade verschiedener Werkstoffe (hinterlegt in Kamera)	
Werkstoff	Emissionsgrad
Aluminium	0,04
Beton	0,93
Holz	0,94
Eisen	0,24
Kupfer	0,03
Kunststoff	0,94
Ziegelsteine	0,93
Fliesen	0,93

Tab. 23 - Emissionsgrade (Gerät Testo 881)

Reflektierte Temperatur: Klarer Himmel: -20 Grad Celsius

Bewölkter Himmel: -10 Grad Celsius

Innenraum: 19-20 Grad Celsius

Kamera anschalten und auf OK drücken um das Menü zu öffnen

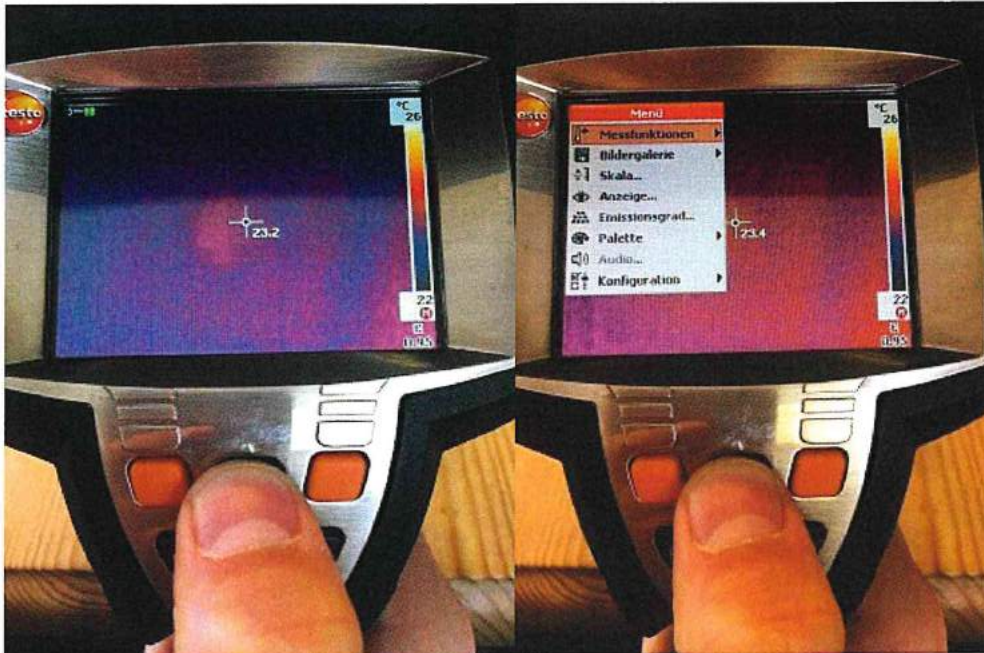


Abb. 30 - Kamera anschalten (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Emissionsgrad auswählen und mit OK bestätigen



Abb. 31 - Emissionsgrad auswählen
(Foto: Paul Kreckel, 2021)

Auswahl: Benutzerdefiniert und Werte einstellen (Emissionsgrad 0,95)



Abb. 32 - Emissionsgrad einstellen (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Reflektierende Temperatur einstellen: Klarer Himmel: -20 °C
Reflektierender Himmel: -10 °C

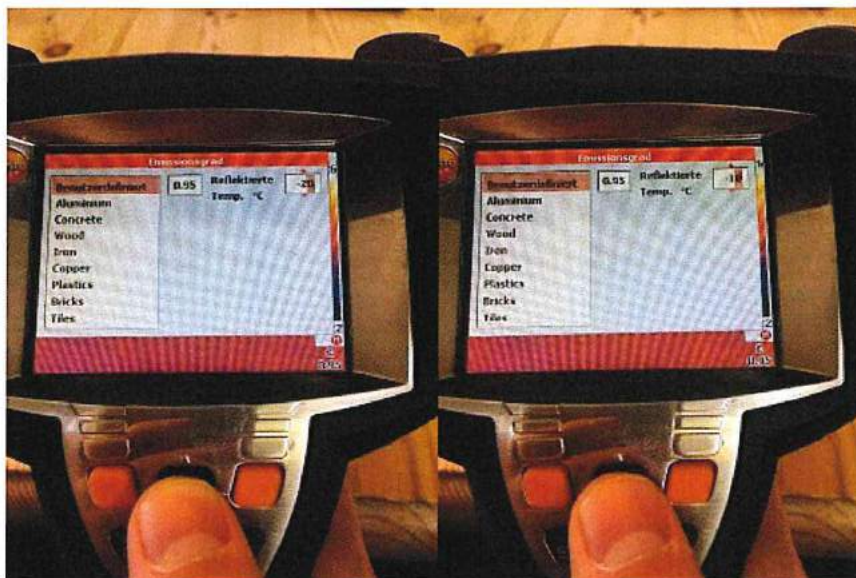


Abb. 33 - Reflektierende Temperatur einstellen (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Reflektierte Temperatur (Bedienungsanleitung):

Mit Hilfe dieses Korrekturfaktors wird die Reflexion aufgrund niedrigen Emissionsgrades herausgerechnet und so die Genauigkeit der Temperaturmessung von Infrarotgeräten verbessert. In den meisten Fällen entspricht die reflektierte Temperatur der Umgebungsluft-Temperatur. Nur wenn stark strahlende Objekte mit viel höherer Temperatur (wie z. B. Öfen oder Maschinen) in der Nähe des Messobjekts sind, sollte die Strahlungstemperatur dieser Hitzequellen (z. B. mittels GlobeThermometer) ermittelt und verwendet werden. Die reflektierte Temperatur hat nur geringe Auswirkungen auf Objekte mit hohen Emissionsgraden.

Schriftliche Anleitung aus der Bedienungsanleitung:

1. [OK] | Emissionsgrad... | [OK]. - Der Dialog Emissionsgrad wird geöffnet.
2. Joystick nach oben / unten bewegen, um gewünschtes Material anzuwählen. - Das angewählte Material wird orange hinterlegt (). Der dazugehörige Emissionsgrad wird rechts neben dem Material angezeigt.
3. Joystick nach rechts bewegen, um zur Einstellung des Emissionsgrades (nur verfügbar bei Auswahl von Benutzerdefiniert) bzw. zu Reflektierte Temp. zu wechseln. - Die angewählte Option wird orange umrandet ().
4. Auswahl mit [OK] bestätigen. - Die angewählte Ziffer wird orange hinterlegt ().
5. Joystick nach oben / unten bewegen, um gewünschten Wert einzustellen. Joystick nach rechts / links bewegen, um zwischen den Ziffern zu wechseln.
6. Eingabe mit [OK] bestätigen.
7. Einstellungen mit Übernehmen bestätigen. - Die Änderungen werden übernommen. - Der eingestellte Emissionsgrad () wird in der Messansicht rechts unten im Display angezeigt.

Einstellung der Temperaturspreizung

Die Temperaturspreizung ist wichtig um später beim fertigen Bild klare Farben zu erkennen und somit das Aufzeichnet was man mit dem Bild aufzeigen will.

Skala... auswählen und mit OK bestätigen



Abb. 34 - Skala (Foto: Paul Kreckel, 2021)

In diesem Einstellbereich können dann die Temperaturen nach oben oder unten korrigiert werden um einen vernünftigen Farbverlauf zu erreichen.



Abb. 35 - Skala einstellen
(Foto: Paul Kreckel, 2021)

Wenn der Bereich richtig getroffen wurde und die Kamera scharf gestellt wurde können dann Aufnahmen in optimaler Qualität aufgenommen werden.

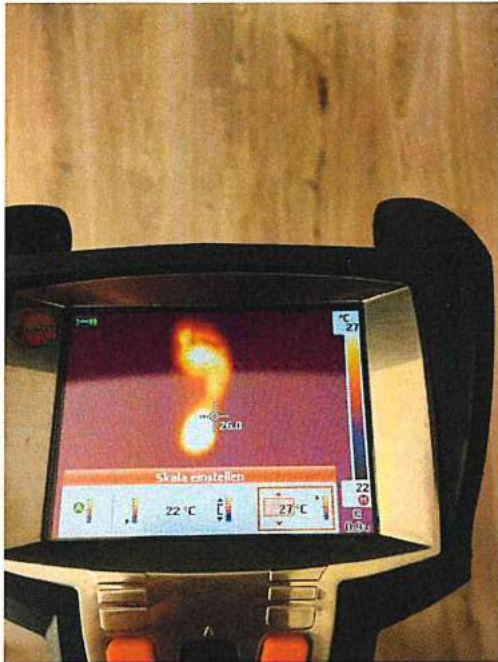


Abb. 36 - Scharfstellen (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Auf dem oberen Bild können so sogar Fußabdrücke auf einem Fußboden sichtbar gemacht werden.

Schriftliche Anleitung aus der Bedienungsanleitung:

1. [OK] | Skala... | [OK]. - Der Dialog Skala einstellen wird geöffnet.
2. Joystick nach links / rechts bewegen, um gewünschte Option anzuwählen: Auto-Skalierung (), Min.-Wert (), Temperaturbereich () oder Max.-Wert () - Die angewählte Option wird orange umrandet ().
3. Bei Auswahl von Min.-Wert, Temperaturbereich oder Max.- Wert: Joystick nach oben / unten bewegen, um den / die Wert(e) einzustellen. - Änderungen werden sofort übernommen, so dass die Auswirkungen auf die Anzeige des IR-Bilds direkt überprüft werden können.
4. Dialog mit [OK] oder [Esc] schließen. - Die Änderungen werden gespeichert.

Einstellung der Feuchte-Messfunktion

Diese Einstellung kann genutzt werden um Schimmelprobleme anhand der Luftfeuchtigkeit und der Oberflächen-Feuchtigkeit aufzuzeigen.

Die rF wird mit dem Feuchtigkeitsmesser ermittelt.

Farbe	Oberflächentemperatur	Bewertung
Grün	0...64%rF	unkritisch
Gelb-orange	65-80%rF	eventuell kritisch
rot	Größer als 80%rF	kritisch

Tab. 24 – Bewertung der Oberflächenfeuchte (Testo 881 Bedienungsanleitung)

Menü aufrufen und Messfunktionen mit OK bestätigen



Abb. 37 - Feuchtemessfunktion (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Im Untermenü Feuchte auswählen und mit OK bestätigen



Abb. 38 - Feuchteauswahl (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Ansicht der Feuchtemessung



Abb. 39 - Ansicht Feuchtemessung (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Schriftliche Anleitung aus der Bedienungsanleitung

1. [OK] | Messfunktionen | [OK] | Feuchte | [OK]. - Falls ein Funk-Feuchtefühler angemeldet ist: Es sind keine weiteren Angaben erforderlich. - Falls kein Funk-Feuchtefühler angemeldet ist: Der Dialog Feuchte wird geöffnet. Die Werte für Umgebungstemperatur und Luftfeuchte können eingegeben werden.
2. Joystick nach oben/unten bewegen, um die gewünschte Option zu wählen. - Die angewählte Option wird orange umrandet.
3. Auswahl mit [OK] bestätigen. - Die angewählte Ziffer wird orange hinterlegt.
4. Joystick nach oben/unten bewegen, um den gewünschten Wert einzustellen. Joystick nach rechts/links bewegen, um zwischen den Ziffern zu wechseln.
5. Eingabe mit [OK] bestätigen.
6. Einstellungen mit Übernehmen bestätigen.

Bedienung der Kamera

Zum Fokussieren der Aufnahme am Objektiv entweder nach rechts oder links drehen



Abb. 40 - Fokussieren der Aufnahme (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Zum Entnehmen der SD-Karte



Abb. 41 - SD-Kartenslot (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Um Akku zu entfernen markierten Knopf betätigen



Abb. 42 - Akku entfernen (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Tipp: Um keine Probleme mit der Akkulaufzeit beim thermografieren zu bekommen sollten beide Akku's aufgeladen sein. So kann man sich Zeit lassen um Scharfe Bilder zu erhalten.

Bilder im Gerät anschauen um auf die schnelle zu kontrollieren ob der Bildausschnitt passt. Auswahl in Menü mit OK bestätigen.

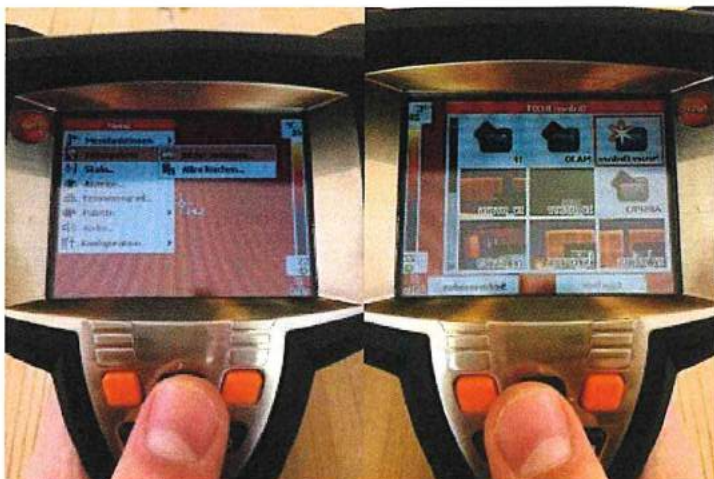


Abb. 43 - Bilder kontrollieren (Foto: Paul Kreckel, 2021)

Tipp: Zu jedem guten Wärmebild gehört ein Foto mit dem gleichen Bildausschnitt. Hier sollte dann mit einer Kamera oder einem Smartphone anständige Fotos gemacht werden, da die Auflösung der normalen Kamera im Gerät nicht zur ersten Wahl gehören sollte. Hier zu beachten ist jedoch, dass das Bild aus demselben Winkel und derselben Entfernung fotografiert wird.

Wie soll es im Bericht aussehen?

Am 05.12.2020 wurden mehrere Thermografieaufnahmen vom Gebäudeinneren und Gebäudeäußeren erstellt. Nachfolgend sind die wesentlichen Schwachstellen am Gebäude festgehalten.

Zur Interpretation der thermischen Aufnahmen sind folgende Daten wichtig:

Datum: 05.12.2020

Uhrzeit: Ab 9:00 Uhr

Witterung: Klarer Himmel

Außentemperatur: 5°C

Innentemperatur ca.: 20- 21 °C

Temperaturdifferenz: 15-16 °C

Luftfeuchtigkeit Innen: 45 % rF

Luftfeuchtigkeit Außen 87 % rF

Gebäudeaufheizzeit: 48 Stunden

Emissionsgrad: 0,95

Wärmebildkamera Typ „Testo 875“

Heizkörpernische und unisolierte Heizkörperanschlussleitung

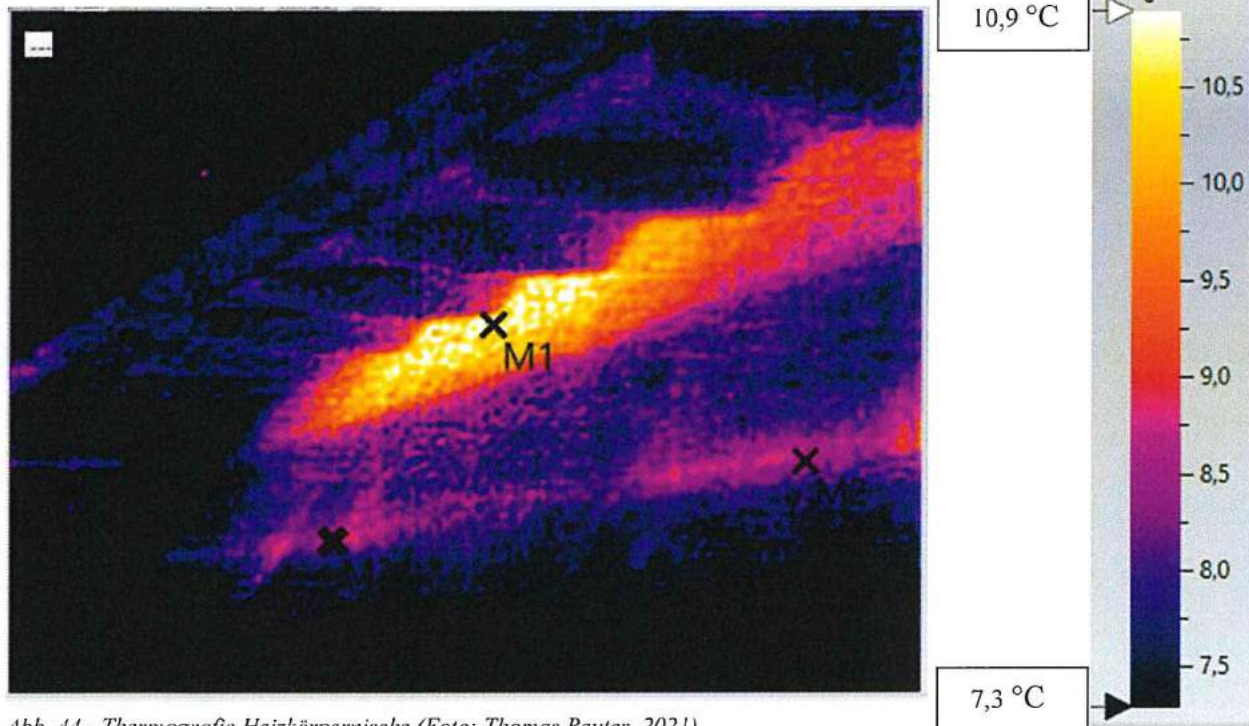


Abb. 44 - Thermografie Heizkörpernische (Foto: Thomas Reuter, 2021)



Abb. 45 - Realbild Heizkörpernische (Foto: Thomas Reuter, 2021)

M1: Erhebliche Wärmeabgabe des Heizkörpers durch die Außenwand 11 °C

M2: Die Heizkörperanschlussleitung ist in einer Rohrsockelabdeckleiste ungedämmt verlegt worden 8,6 °C

M3: Die Heizkörperanschlussleitung ist in einer Rohrsockelabdeckleiste ungedämmt verlegt worden 8,6 °C

Auskragung Terrasse

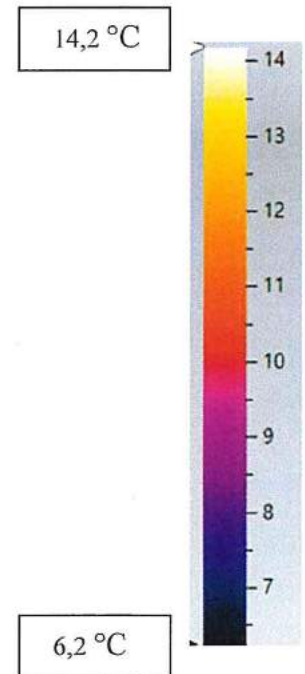
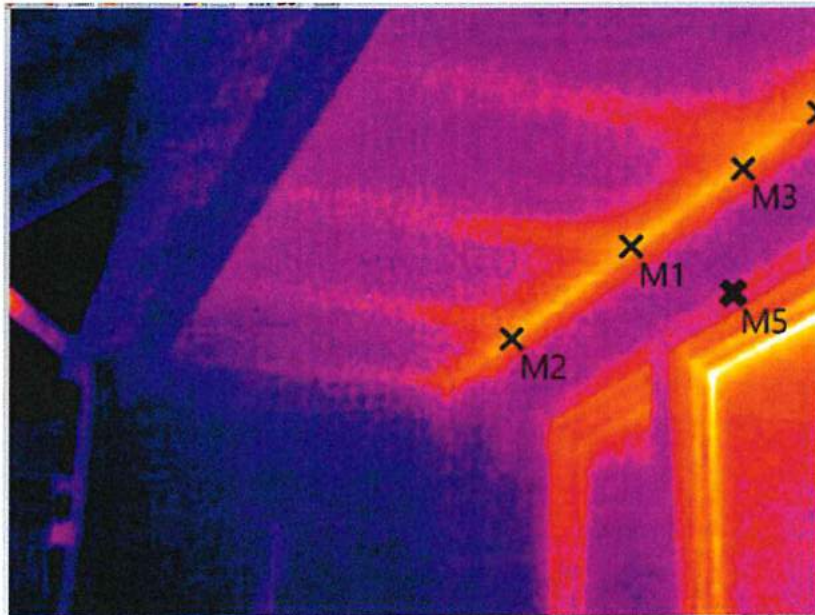


Abb. 46 - Thermografie Auskragung Terrasse (Foto: Thomas Reuter, 2021)



Abb. 47 - Realbild Auskragung Terrasse (Foto: Thomas Reuter, 2021)

M1-M4: Durchgehender Wärmestrom aus dem Gebäude. Es ist davon auszugehen, dass so wie es früher üblich war, die Bodenplatte ungedämmt bzw. Durchgängig nach vorne zogen wurde.

Temperaturbereich zwischen 12,1 °C - 12,7 °C

M5: Rollladenkasten 10 °C

Fenster und Rollladenkasten

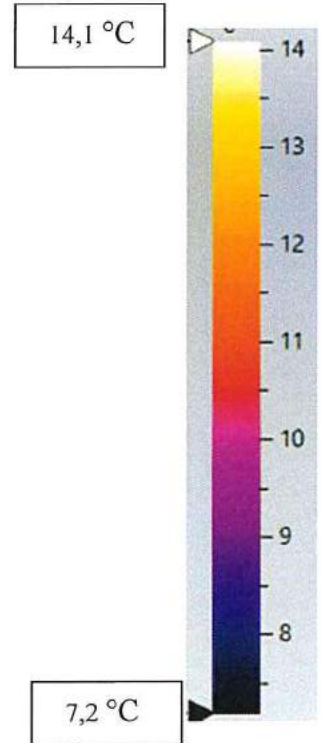
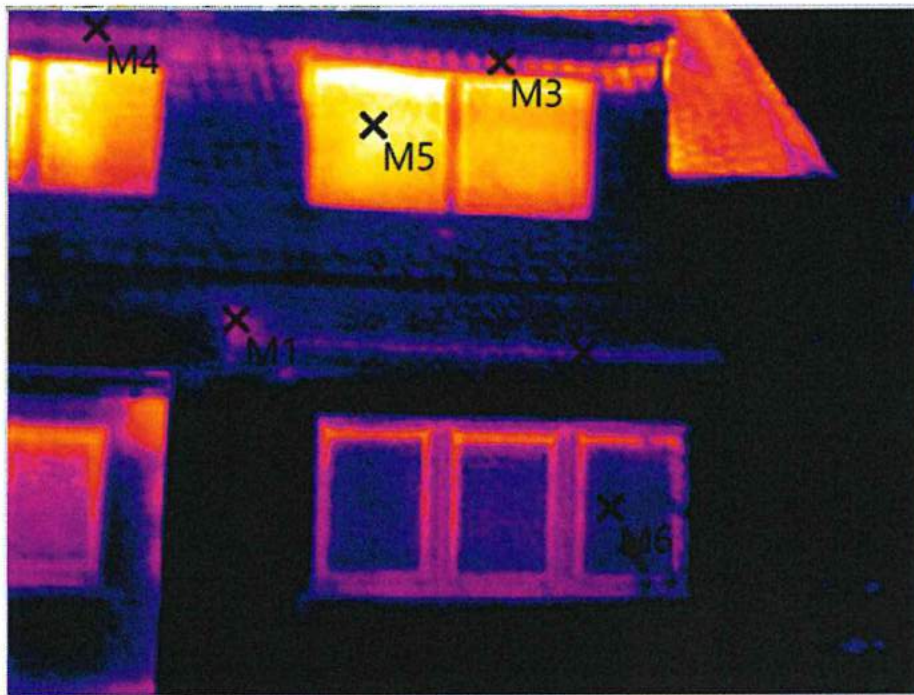


Abb. 48 - Thermografie Fenster und Rollladenkasten (Foto: Thomas Reuter, 2021)



- M1: Heizungsrohr von unten kommend, verteilt sich nach Links und Rechts zu den Heizkörpern 9,7 °C
- M2: Heizungsrohr 8,7 °C
- M3, M4 alte Rollladenkasten 9,6 °C
- M5: alte Fenster 13,7 °C
- M6: neue Fenster 8,0 °C

Abb. 49 - Realbild Fenster und Rollladenkasten (Foto: Thomas Reuter, 2021)

1.4 Anlagentechnik

Aus den vorher genannten Gebäude-Nutzungsdaten wird der Heizwärmebedarf eines Gebäudes ermittelt. Diesen Bedarf muss das Heizsystem decken. Die dafür verwendete Anlagentechnik muss daher aufgenommen werden, um die dabei verwendete Energie und auftretenden Verluste zu dokumentieren um spätere Verbesserungsvorschläge unterbreiten zu können.

1.4.1 Wärmeerzeuger

Der Wärmeerzeuger dient der Gewinnung von Wärme durch Umwandlung eines Energieträgers (Erdgas, Heizöl, Strom, Holz, Kohle usw.). Bei der Wärmeerzeugung geht in der Regel ein Teil der Wärmemenge über die Oberfläche des Wärmeerzeugers verloren (Bereitschaftsverluste). Bei Verlusten durch den Schornstein spricht man von Abgasverlusten. Um diese Verluste bestimmen zu können, sind bei der Datenaufnahme verschiedene Informationen notwendig.

1.4.1.1 Zentrale oder dezentrale Typen

- Zentrale Wärmeerzeuger befinden sich meist im Keller im unbeheizten Bereich, in neueren Gebäude auch in einem Hauswirtschaftsraum im beheizten Bereich
- Dezentrale Wärmeerzeuger wie Elektro- Nachtspeicheröfen, elektrische Fußbodenheizungen oder Einzelfeuerstätten (Öl, Gas, Holz, Kohle) befinden sich innerhalb der beheizten Räume.

1.4.1.2 Warmwasserbereitung Möglichkeiten

- Ein eigener Wärmeerzeuger erwärmt nur das Trinkwasser
 - Elektro-Durchlauferhitzer
 - Elektro-Speicherwassererwärmer
 - Gas-Speicherwassererwärmer
- Das Trinkwasser wird zusammen mit dem Heizungswasser von einem gemeinsamen Wärmeerzeuger bereitet (indirekt beheizter Speicher), in diesem Fall müssen die technischen Daten des Heizungswärmeerzeugers und des Warmwasserspeichers aufgenommen werden

1.4.1.3 Benötigte Daten des Wärmeerzeugers

Bei Wärmeerzeuger sind folgende Daten aufzunehmen:

- **Aufstellungsort:**

Der Aufstellort ist relevant für die Größe der Verluste des Wärmeerzeugers: Hierbei muss festgestellt werden:

- Steht der Wärmeerzeuger innerhalb der thermischen Hülle, so sind die Wärmeverluste in der Heizzeit zum großen Teil als Heizwärmebeitrag nutzbar.
- Steht der Wärmeerzeuger außerhalb der thermischen Hülle, meist im unbeheizten Keller, sind die Wärmeverluste erheblich größer. Die Verluste sind zudem nicht nutzbar.

- **Baujahr:**

Das Baujahr findet sich auf dem Typenschild des Wärmeerzeugers oder in den Bestandsunterlagen. Auch im Schornsteinfegerprotokoll wird es angegeben. Das Baujahr bildet den Stand der Technik des Wärmeerzeugers ab. Hier ist es daher wichtig herauszufinden, ob der Brenner in den letzten Jahren bereits modernisiert wurde und sich damit günstigere Werte ergeben.

- **Leistung:** Die Leistung des Wärmeerzeugers kann ebenfalls vom Typenschild oder dem Schornsteinfegerprotokoll entnommen werden. Liegen keine genauen Daten vor, wird anhand der DIN V 4701-10 oder DIN V 18599 eine Leistung anhand der Daten des zu versorgenden Gebäudes geschätzt. Die Software Hottgenroth hat zum Beispiel diese Funktion.

Beispiel Typenschild eines Ölkessels

Heizkessel DIN 4702	
Typ	ZKB 40
Leistung Öl-Gas	kcal/h 40000
Leistung Koks	kcal/h 30000
Öldurchsatz	kg/h 4,5
Betriebsdruck Kessel	atü 3
Max. Vorlauftemperatur	°C 95
Herstellnummer	340314070
Baujahr	1971
Boiler Leistung	Ltr./h 660
Boilerinhalt	Ltr. 105
Betriebsdruck Boiler mit 45°C bei 80°C Kessel- und 10°C Kaltwassertem- peratur	atü 6
Batterieleistung	Ltr./h

Abb. 50 - Typenschild eines Ölkessels (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Beispiel Schornsteinfegerprotokoll

<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Anlage IV zu §§14,15	
Anschrift des Bezirksschornsteinfegemeisters		Tag der Messung	
Anschrift des Betreibers		<input type="checkbox"/> Messung gemäß §14 Abs. 1 <input type="checkbox"/> für den Betreiber <input type="checkbox"/> wiederkehrende Messung gemäß §15 <input type="checkbox"/> für die Behörde <input type="checkbox"/> Wiederholungsmessung gemäß §14 Abs. 4 <input type="checkbox"/> für den Bez.-Schornsteinfegem. <input type="checkbox"/> Messung auf Anordnung <input type="checkbox"/>	
Aufstellungsort der Anlage (nur ausfüllen, wenn nicht mit der Anschrift des Betreibers übereinstimmt)		Gebäudeteil	
Bescheinigung über das Ergebnis der Messung an einer Feuerungsanlage für flüssige oder gasförmige Brennstoffe gemäß §§14,15 der Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen – 1.BImSchV)			
Wärmeaustauscher			
Hersteller		Typ/ Baujahr	Nennwertleistung in kW
Brenner			
Hersteller		Typ/ Baujahr	
ohne Gebläse <input type="checkbox"/> mit Gebläse <input type="checkbox"/>		Verdampfungsbrenner <input type="checkbox"/>	
Leistungsbereich in kg/h (Ölbrenner) <input type="checkbox"/> in kW (Gasbrenner) <input type="checkbox"/>		von <input type="checkbox"/> bis <input type="checkbox"/> Leistung bei Messung (nur bei modulierenden oder mehrstufigen Brennern) <input type="checkbox"/>	
Brennstoff			
Heizöl EL <input type="checkbox"/> Erdgas <input type="checkbox"/> Flüssiggas, Flüssiggas-Luft-Gemische <input type="checkbox"/>		Stadtgas <input type="checkbox"/> Sonst. Brennstoff gem. §3 <input type="checkbox"/>	
Art der Anlage			
Heizung <input type="checkbox"/> Heizung mit Brauchwasser <input type="checkbox"/> Brauchwasseranlage <input type="checkbox"/>		Luft-erhitzer <input type="checkbox"/> Feuerstätte anderer Art <input type="checkbox"/>	
Meßergebnis			
Rußzahl <input type="checkbox"/> 2. <input type="checkbox"/> Mittelwert <input type="checkbox"/>		Wärmeträgertemperatur in °C <input type="checkbox"/>	
Olderivate ja <input type="checkbox"/> 2. <input type="checkbox"/>		Verbrennungslufttemperatur in °C <input type="checkbox"/>	
Abgasverlust in % (ohne Toleranz) <input type="checkbox"/>		Abgastemperatur in °C <input type="checkbox"/>	
Sauerstoff <input type="checkbox"/> Kohlendioxyd <input type="checkbox"/>		Volumen-gehalt in % <input type="checkbox"/>	
Druckdifferenz in hPa <input type="checkbox"/>		Das Meßergebnis entspricht der Verordnung <input type="checkbox"/>	
Das Meßergebnis entspricht nicht der Verordnung <input type="checkbox"/>		Bemerkungen:	
wet: <input type="checkbox"/>		Abgasverlust über <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		Rußzahl über <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		Olderivate im Abgas <input type="checkbox"/>	
Ergibt eine Messung, daß die Anlage den Anforderungen der Verordnung nicht entspricht, so ist der Betreiber verpflichtet, die notwendigen Verbesserungsmaßnahmen an der Anlage zu treffen. Die Messung ist innerhalb von sechs Wochen zu wiederholen. Geben Sie mir bitte Nachricht, sobald die Wiederholungsmessung erfolgen kann.			
Datum		Unterschrift	

- 1 Anlass der Messung (erste, jährliche, Wiederholungsmessung)
- 2 Technische Daten Wärmetauscher
- 3 Technische Daten Brenner (Hersteller, Baujahr, Typ, Leistungsbereich)
- 4 Eingesetzter Brennstoff
- 5 Nutzung der Anlage
- 6 Aus Messwerten errechneter Abgasverlust
- 7 gemessene Größen zur Bestimmung des Abgasverlustes
- 8 Ergebnis-Beurteilung

Abb. 51 - Schornsteinfegerprotokoll (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

- **Brennstoff:**
Für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs ist die Art des Brennstoffs wichtig. Informationen hierrüber erhält man durch den Gebäudeeigentümer oder den Bestandsunterlagen der Heizung.
- **Kesseltyp und Kesseltemperaturen:**
In den meisten Fällen sind in älteren Bestandsgebäude Konstanttemperaturkessel, Niedertemperaturkessel oder Brennwertkessel verbaut. Die Kesseltemperatur ist je nach Typ unterschiedlich. Bei Konstanttemperaturkessel z.B. ist die Kesseltemperatur konstant, während sie bei Brennwert- und Niedertemperaturkessel je nach Wärmebedarf variieren kann. Daher sollte der Kesseltyp und die Temperaturen des Kessels bei der Bilanzierung erfasst werden. Der Kesseltyp ist aus den Herstellerunterlagen zu entnehmen. Die Kesseltemperaturen sind am Kessel selbst abzulesen.
- **Vor- und Rücklauftemperaturen:**
Die Vorlauf- und Rücklauftemperatur lassen sich im Regelfall an den verbauten Temperaturfühlern in der Nähe des Heizkessels ablesen. Wenn die Auslegung nicht bekannt ist, sollte bei normalen Heizkreisen ohne Fußbodenheizung von einer Auslegungstemperatur von 70/55 °C, bei Fußbodenheizungen von 35/28 °C ausgegangen werden.
- **Abgas – und Bereitschaftsverluste:** Für die Verluste des Wärmeerzeugers sind die Abgas- und Oberflächenverluste relevant.
Der Abgasverlust ist dabei der Anteil Wärmeenergie, der das Gebäude ungenutzt über den Schornstein verlässt. Die Abgasverluste werden im Schornsteinfegerprotokoll in % angegeben.
Die Bereitschaftsverluste geben den Wärmeaufwand an, der erforderlich ist um den Heizkessel bei Stillstand auf einer bestimmten Temperatur zu halten. Sie werden in Prozent der Feuerungsleistung eines Kessels angegeben. Die Bereitschaftsverluste sind in der Regel nur in Herstellerunterlagen zu finden und nicht auf dem Typenschild dokumentiert. Sie können aber auch der DIN V4701-10 oder der DIN 18599-5 entnommen werden.
- **Elektrische Leistungsaufnahme:**
Die elektrische Leistungsaufnahme ist in Bestandsunterlagen, seltener auch auf dem Typenschild verzeichnet oder kann der DIN V4701-10 oder der DIN 18599-5 entnommen werden.

1.4.1.4 Kachel- und Kaminöfen

Bei Kachel- und Kaminöfen stellt sich oft die Frage, ob diese bei der Bilanzierung zu berücksichtigen sind. Nachfolgend sind einige Hilfestellungen für die Bewertung und Handhabung bei der Bilanzierung aufgeführt:

- Wenn mit dem Grundlasterzeuger (z.B. einer Gaszentralheizung) das gesamte Gebäude ganzjährig beheizt werden kann, ist die Benutzung des Kachel oder Kaminofens dem Nutzer überlassen und der Ofen wird nicht zur Berechnung des Primärenergiebedarfs mit einbezogen
- Wenn Kachel oder Kaminöfen Grundlasterzeuger sind, werden sie wie alle anderen Wärmeerzeuger energetisch bewertet.
- Ist der Grundlasterzeuger nicht für die ganzjährige Beheizung des gesamten Gebäudes ausgelegt und der Kamin bzw. Kachelofen wird zur Beheizung benötigt, kann er mit in die Berechnung einfließen, wenn er nur den Aufstellraum beheizt.

1.4.1.5 Solaranlage

Ist in dem Gebäude bereits eine Solaranlage vorhanden, die ein Teil der benötigten Energie übernimmt, ist diese mitaufzunehmen. Dabei sind folgende Daten relevant:

- Einsatzbereich:
 - Nur Warmwasser
 - Warmwasser und Heizungsunterstützung
- Kollektorfläche:
Wenn keine Daten vorliegen, sollte diese vor Ort aufgenommen werden
- Kollektororientierung und Kollektorneigung:
Die Ausrichtung (Süden, Südwest, Südost, Neigungsgrad) der Kollektoren kann den Hausplänen entnommen werden. Dem Grundriss bzw. Lageplan lässt sich die Himmelsrichtung und dem Schnitt die Dachneigung entnehmen
- Kollektortyp:
 - Flachkollektor
 - Röhrenkollektor
- Zuleitungslänge und Dämmstandard der Leitungen:
Leitungslänge kann aus Plänen entnommen werden oder sollte aufgemessen werden
- Speichergröße:
Auf Typenschild oder Herstellerunterlagen abzulesen
- Solarpumpe:
Die Solaranlage benötigt zur Umwälzung der Solarflüssigkeit eine Umwälzpumpe. Diese wird durch elektrischen Strom angetrieben und muss bei der Berechnung des Endenergiebedarfs berücksichtigt werden. Die elektrische Leistung der Solarpumpe ist auf dem Typenschild angegeben.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.4.2 Wärmespeicher

Wärmespeicher dienen dazu, die durch den Wärmeerzeuger bereitgestellte Wärme zwischenzuspeichern, bis sie benötigt wird.

Bei Warmwasserspeicher sind folgende Daten aufzunehmen:

- **Speichertyp:**
Beim Speichertyp ist es wichtig ob es sich hier um einen direkt beheizten Speicher wie (z.B. Elektrospeicher, Gas-Speicherwassererwärmer) oder einem indirekten Speicher handelt. Indirekte Speicher werden durch einen externen Wärmeerzeuger (Heizkessel) und einem Wärmetauscher beladen und sind deshalb meistens in der Nähe des Heizkessels zu finden. Der Speichertyp kann aus dem Typenschild oder aus Herstellerunterlagen entnommen werden.
- **Baujahr:**
In der Regel ist das Baujahr auch auf dem Typenschild zu finden oder kann aus den Herstellerunterlagen entnommen werden.
- **Volumen:**
Das Volumen hat Einfluss auf die Taktzeiten des Heizkessels, welche wiederum Einfluss auf den Wirkungsgrad des Kessels haben. Daher sollte dies bei der Bestandsaufnahme mit aufgenommen werden. Dieses befindet sich meist am Typenschild oder kann aus den Herstellerunterlagen entnommen werden.
- **Aufstellort:** Der Aufstellort ist ähnlich wie beim Heizkessel ausschlaggebend für die Verluste. Daher muss dokumentiert werden ob der Speicher sich innerhalb oder außerhalb der thermischen Hülle befindet.
- **Wärmedämmstandard und Bereitschaftsverluste:**
Die Dämmstärke spielt eine entscheidende Rolle bei der Ermittlung der Bereitschaftsverluste des Warmwasserspeichers. In einigen Fällen sind die Bereitschaftsverluste auf dem Typenschild angegeben. Die Dämmstärke kann am besten an frei zugänglichen Rohranschlüssen des Speichers gemessen werden.

Beispiel Typenschild eines Warmwasserbereiters

Speicher-Wassererwärmer nach DIN 4753		
Korrosionsbeständig em. Thermoglasur ®X		
Ser.-Nr.	05067162-00-1145-00116	
Mod.	SM-500	
	Warmwasser	Heizwasser
Inhalt	490 L	*13,2/7,5 L
Zul. Temperatur	95°C	110°C
Zul. Betr. Überdruck	10 bar	25 bar
Dauerleistung	56 / 31,2 kW	
NL nach DIN	110°C	
DIN-Reg.-Nr.	0236/2000-13MC/E	
CH		
Wärmeverluste	3,7 kWh/24h	
SVGW/SSIGE-Nr.	0006-4272	
	Warmwasser	Heizwasser
Zul. Betr. Überdruck	6 bar	21 bar
Prüfdruck	13 bar	32 bar

Abb. 52 - Typenschild Warmwasserbereiter (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.4.3 Wärmeverteilung

Auch über das Leitungsnetz geht Wärme verloren. Darum ist es wichtig zu wissen, wie die Heizungs- und Warmwasserverteilung erfolgt. Wie viel Wärme über das Leitungsnetz verloren geht, ist von der Lage der Leitungen, den Leitungslängen und ihrer Dämmung abhängig.

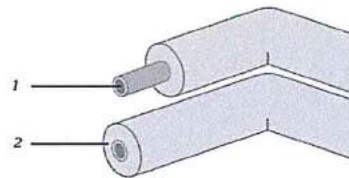
Bei der Wärmeverteilung sind folgende Daten aufzunehmen:

- Lage der Rohrleitungen:
Wie viel Wärme über das Leitungsnetz verloren geht, ist von der Lage der Leitungen abhängig. So können sich die Leitungen außerhalb oder innerhalb der Thermischen Hülle befinden. Die innerhalb der thermischen Hülle auftretenden Wärmeverluste sind während der Heizperiode als Heizwärmebeitrag nutzbar. Dies kann anhand der Pläne oder vor Ort aufgenommen werden.
- Länge der einzelnen Rohrabschnitte:
Verteilnetze werden eingeteilt in:
 - Verteilleitung (waagrecht)
 - Steigstränge/Strangleitungen/Verteilstränge
 - Anbindeleitungen (bis zur Wärmeübergabe, Trinkwarmwassernetzen auch Stichleitungen genannt)

Die genaueste Möglichkeit zum Aufmaß der Leitungslängen dieser drei Abschnitte eines Verteilnetzes ist das Aufmaß vor Ort bzw. aus Plänen. Ist die nicht möglich, wird anhand von Näherungsgleichung geschätzt. Dabei verwendet die DIN V4701-10 die Gebäudenutzfläche A_N als Grundlage für Schätzungen. Die Software Hottgenroth hat diese Funktion hinterlegt. Wird diese Schätzung allerdings genutzt muss geklärt werden ob es z.B. eine Trinkwasserzirkulation gibt. Hier wird dann bei Verteilung und Steigsträngen die doppelte Leitungslänge angenommen. Ebenfalls muss geklärt werden ob die Steigstränge an den Außenwänden liegen. Dadurch verlängern sich die Verteilleitungen. In der Software Hottgenroth können hier diese Optionen angewählt werden und die Software berechnet die Leitungslänge automatisch.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

- Rohrdurchmesser:
Der Durchmesser der Rohre kann anhand von Plänen oder durch eine Vorortaufnahme ermittelt werden.
- Wärmeleitfähigkeit der Dämmung und Dämmstärke:
Der Wärmedurchgangskoeffizient wird aus der Wärmeleitfähigkeit und den geometrischen Abmessungen der Dämmung ermittelt. Die Dämmstoffdicke kann z.B. an Übergängen zu Pumpen oder Anschlüssen gemessen werden. Wärmedämmstoffkennwerte (Material, Wärmeleitwert) können möglicherweise über Aufdrucke, Rechnungsbelege oder Bestandsunterlagen erfasst werden. Ebenfalls sollte vor Ort aufgenommen werden ob tatsächlich alle Leitungsabschnitte außerhalb der Thermischen Hülle gedämmt sind. Ist dies nicht der Fall so muss die ungedämmte Leitungslänge außerhalb der Thermischen Hüllen separat erfasst werden.



- 1 Rohrdicke messen
- 2 Dämmstärke messen

Abb. 53 - Rohrdicke und Dämmstärke messen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

1.4.4 Pumpen

Neben den Verlusten der Verteilungen kommt der Energiebedarf für die Pumpen hinzu. Hier müssen die Daten aller Pumpen erfasst werden, Heizungspumpen sowie Zirkulationspumpen. Zirkulationspumpen erkennt man an der zusätzlichen meist dünneren Zirkulationsleitung. Zudem müssen Zirkulationspumpen beim Einbau in Warmwasseranlagen mit einer Zeitschaltung ausgestattet werden. Für die Pumpen sind folgende Daten aufzunehmen:

- Elektrische Leistungsaufnahme:
Die Leistungsaufnahme ist vom Typenschild abzulesen. Sie ist wichtig um den Stromverbrauch der Pumpe zu bestimmen.
- Nennleistung:
Die Nennleistung der Pumpe kann vom Typenschild oder aus den Herstellerunterlagen abgelesen werden.
- Regelbarkeit:
Eine entscheidende Rolle spielt die Regelbarkeit der Pumpe. Eine Regelpumpe lässt sich stufenlos in ihrer Druckdifferenz einstellen. Ungeregelte Pumpen sind einstufig oder mehrstufig und sind am manuellen Stufenschalter erkennbar. Für regelbare Pumpen sieht die DIN 4701 bzw. DIN V 18599 einen Korrekturfaktor auf die Nennleistung vor, da diese Pumpen im Jahresgang ihre Leistungsaufnahme verändern. Bei der Software Hottgenroth wird bei Auswahl der Regelung bei regelbaren Pumpen automatisch der Korrekturfaktor hinterlegt.
- Funktion der Pumpe:
Zirkulationspumpe oder Heizungpumpe
- Laufzeit (bei Zirkulationspumpe):
Die Laufzeit der Zirkulationspumpe kann an der Zeitschaltuhr abgelesen werden.

1.4.5 Hydraulischer Abgleich

Ob eine Anlage hydraulisch abgeglichen ist, ist aus den Planunterlagen abzulesen. Sind diese nicht vorhanden, ist generell davon auszugehen dass kein Hydraulischer Abgleich stattgefunden hat. Dies kann jedoch auch mit der Hand überprüft werden. Durch Fühlen kann herausgefunden werden, ob die Heizkörper bei voll geöffnetem Ventil gleichmäßig warm werden (von unten nach oben). Sind Heizkörper nur bis zur Hälfte oder sogar nur im oberen Drittel warm, ist die Heizungsanlage nicht hydraulisch abgeglichen. Ebenfalls sollte auf voreinstellbare Thermostatventile geachtet werden. Dazu muss der Thermostatkopf entfernt werden. Sofern eine darunter liegende Einstelldrossel an verschiedenen Heizkörpern unterschiedlich eingestellt ist, ist vermutlich ein hydraulischer Abgleich durchgeführt worden.

1.4.6 Wärmeübergabe

Für die Ermittlung der Wärmeübergabeverluste nach DIN V 4701-10 bzw. DIN V 4701-12 sowie DIN V 18599-5 ist es wichtig zu wissen, über welche Art von Heizflächen die Wärme an den Raum abgegeben wird und mit welchen Regeleinrichtungen diese geregelt werden. Bei Wärmeübergabesystemen unterscheidet man zwischen freien und integrierten Heizflächen. Sind „klassische“ Heizkörper vorhanden, spricht man von freien Heizflächen. Heizflächen in Fußböden, Decken und Wänden sind integrierte Heizflächen.

Bei der Wärmeübergabe sind zusätzlich folgende Daten aufzunehmen:

- Anordnung der Heizflächen:
Hier ist zu klären ob die Heizflächen im Außen- oder Innenwandbereich angeordnet sind. Klassische Heizkörper sind normalerweise unterhalb der Fenster im Außenwandbereich angeordnet. In seltenen Fällen ist hier jedoch kein Platz, dann kann der Heizkörper sich aber auch in der Nähe im Innenwandbereich befinden. Wandheizflächen befinden sich jedoch meist im Innenbereich.
- Thermostatventile:
Das GEG schreibt eine raumweise Regelung der Raumtemperaturen für alle Warmwasserheizungsanlagen vor. Dies gilt sowohl für Neubau als auch als Nachrüstverpflichtung im Gebäudebestand. Im Bestand findet man dennoch teilweise noch manuell zu bedienende Heizkörper-Regulierventile ohne Thermostat, die die Wärmeabgabe nicht selbständig regeln.
Heute übliche Thermostatventile sind selbsttätige Raumtemperaturegler. Ebenso können aber auch elektronische Regler verbaut sein. Bei der Aufnahme sollte daher der Typ der Temperaturregelung bzw. die Thermostatventile vor Ort erfasst werden oder aus den Bestandsunterlagen herausgelesen werden.

1.4.7 Lüftung

In einigen Fällen existiert im Gebäudebestand bereits neben der Fensterlüftung eine mechanische Lüftungsanlage. Hier sind folgende Daten aufzunehmen.

- Art der Lüftung:
 - Abluftanlage
 - Zu- und Abluftanlage
- Luftwechsel:

In der Regel gibt es Unterlagen wo die Auslegung der Lüftungsanlage aufgeführt ist. Hier kann der Luftwechsel rausgelesen werden. Der Minimalwert nach Norm ist 0,4 Luftwechsel je Stunde.
- Ventilatorenleistung (elektrische Leistungsaufnahme):

Die Ventilatorleistung bzw. die elektrische Leistungsaufnahme können wieder aus Herstellerunterlagen oder vom Typenschild der Lüftungsanlage abgelesen werden
- Wärmerückgewinnungsgrad:

Der Wärmerückgewinnungsgrad spielt bei der Bilanzierung eine wichtige Rolle. Umso höher der Wärmerückgewinnungsgrad desto weniger Lüftungswärmeverluste. Der Wärmerückgewinnungsgrad kann aus den Bestandsunterlagen abgelesen werden.
- Einbau eines Heizregisters für die Nacherwärmung:

Bei Zu- und Abluftanlagen kann eine Erwärmung der Zuluft mithilfe eines Heizregisters erfolgen. Die Nennwärmeleistung des Heizregisters kann dem Typenschild entnommen werden. Das Heizregister lässt sich raum- oder wohnungsweise über Einzelregler oder zentral vorregeln. Die Art der Regelung hat Einfluss auf die Wärmeverluste der Wärmeübergabe an den Raum und sollte daher aus den Bestandsunterlagen abgelesen werden. Handelt es sich bei dem Heizregister um ein elektrisches Heizregister, ist hier wieder die Leistungsaufnahme aus Herstellerunterlagen aufzunehmen.
- Anordnung der Luftleitungen:

Bei den Luftleitungen muss geklärt werden ob diese innerhalb der Thermischen Hülle oder außerhalb verlaufen. Dies kann aus Plänen herausgelesen werden, oder vor Ort aufgenommen werden.
- Anordnung der Luftauslässe:

Hier muss geklärt werden ob diese im Außenwandbereich oder Innenwandbereich erfolgen: Dies kann vor Ort aufgenommen werden, oder aus Plänen abgelesen werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

1.5 Abschluss der Bestandsaufnahme und Bilanzierung des Gebäudes

Im Laufe der Erklärung wurde häufig die Software Hottgenroth erwähnt. Diese kann nach Aufnahme der benötigten Daten helfen um das Gebäude zu bilanzieren. Alle im Leitfaden angegebenen Daten können hier nun eingegeben werden. Manche Schritte sind durch die Software auch erheblich vereinfacht. Gerade in Bezug auf die U-Wert Ermittlung, kann die Software einige Hilfestellungen liefern. Hier finden sich zum Beispiel viele Konstruktionen oder U-Werte verschiedener Bauteile, die verwendet werden können wenn keine genaue U-Wert Ermittlung vor Ort möglich ist. Ebenso können mögliche Schwachstellen mit der Software anhand von Grafiken leicht erkannt werden und im weiteren Verlauf mit Anlegen von verschiedener Varianten verbessert werden. Die Software berechnet nach Eingabe des Istzustandes den benötigten Endenergiebedarf und teilt dem Gebäude eine Energieeffizienzklasse zu. Diese Klasse ist in Energieausweisen anzugeben. Im weiteren Kapitel wird jetzt genauer auf die Sanierungsvarianten eingegangen.

Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden nach dem GEG	
Energieeffizienzklasse	Endenergie [Kilowattstunden pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche und Jahr]
A+	≤ 30
A	≤ 50
B	≤ 75
C	≤ 100
D	≤ 130
E	≤ 160
F	≤ 200
G	≤ 250
H	> 250

Tab. 25 - Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden (GEG)



2 Sanierungsvarianten

Der energetische Istzustand des Gebäudes sowie die Qualität der einzelnen Bauteile und der Anlagentechnik liefern Ansätze für energetische Sanierungsmaßnahmen. Aufgabe der Energieberater ist es, aus den Erkenntnissen einer Ist-Aufnahme eines Gebäudes einen für die Eigentümer sinnvollen und individuellen, und auf das Gebäude zugeschnittenen Sanierungsplan zu erstellen. Kernaufgabe ist dabei die Zuordnung einzelner Sanierungsmaßnahmen zu ausgearbeiteten Sanierungsvarianten. Bevor man diese Varianten erstellt, ist es jedoch wichtig, dass man sich im Vorfeld mit mehreren Themenfeldern befasst. Diese Themenfelder liefern wichtiges Fachwissen darüber, wie die Umsetzung einer energetischen Sanierung realisiert werden kann. Auf diese Themen wird in den folgenden Abschnitten eingegangen. Anschließend wird detailliert auf einzelnen Sanierungsvarianten hingewiesen.

2.1 Gesetzliche Grundlagen

2.1.1 Pflichten bei Erneuerung und Modernisierung

Für Bestandsgebäude bestehen einige Austausch- und Nachrüstpflichten, die man als Eigentümer grundsätzlich zu einem bestimmten Termin erfüllen muss. Daneben gibt es so genannte „bedingte Anforderungen“, die man nur beachten muss, wenn man das Gebäude ohnehin modernisiert.

Austausch- und Nachrüstverpflichtungen

Für alle Mehrfamilienhäuser gelten bestimmte Austausch- und Nachrüstverpflichtungen, unabhängig von einer geplanten Sanierung. Ein- und Zweifamilien-Häuser sind davon ausgenommen, wenn man als Eigentümer bereits seit Februar 2002 selbst im Gebäude wohnt. Wenn man ein Ein-oder Zweifamilien-Haus kaufen möchte, muss man diese Pflichten innerhalb von 2 Jahren erfüllen.

- Bestimmte Heizkessel müssen ausgetauscht werden. Dies betrifft Öl- und Gas-Heizkessel, die älter als 30 Jahre sind und eine übliche Größe haben (4-400 kW). Die Austauschpflicht gilt jedoch nicht für Brennwert- und Niedertemperatur-Kessel. Falls man nicht weiß welchen Kesseltyp man besitzt, kann einem das der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger mitteilen. Er muss regelmäßig eine sogenannte „Feuerstättenschau“ vor Ort durchführen.
- Neue Heizungs- und Warmwasserrohre in unbeheizten Räumen müssen gedämmt werden.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts

Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

- Oberste Geschossdecken zu unbeheizten Dachräumen mussten bereits bis Ende 2015 nachträglich gedämmt werden, wenn sie keinen so genannten Mindestwärmeschutz aufweisen. Bei Holzbalkendecken genügt es, die Hohlräume mit Dämmstoff zu füllen. Die Dämmpflicht gilt für alle zugänglichen obersten Geschossdecken, unabhängig davon, ob sie begehbar sind oder nicht – also zum Beispiel auch für Spitzböden und für nicht ausgebaute Aufenthalts- oder Trockenräume. Alternativ dazu kann auch das darüber liegende Dach mindestens entsprechend gedämmt sein. Diese Pflicht zum Dämmen gilt jedoch nicht, wenn sie als Besitzer eines Ein- oder Zweifamilienhauses bereits seit Februar 2002, dem Zeitpunkt an welchem die EnEV (heute GEG) gültig wurde, selbst im Gebäude wohnen.

2.1.2 Anforderungen bei einer freiwilligen Modernisierung

Wenn man Bauteile verändern oder modernisieren möchte, gibt das GEG Mindeststandards vor, die man durch die bauliche Veränderung erreichen muss. Das trifft beispielsweise zu, wenn der Putz einer Fassade erneuert wird oder man die Fenster austauschen möchte. Soll das Haus nur neu gestrichen werden, greift das GEG jedoch nicht. Trotzdem ist es auch dann sinnvoll, die Malerarbeiten mit einer Dämmung der Fassade zu verknüpfen. Denn ein Gerüst wird ohnehin aufgestellt.

Bei der Erneuerung von Bestandsbauten gibt es 2 Möglichkeiten, die GEG-Anforderungen zu erfüllen.

- Erfolgen nur einzelne Sanierungsmaßnahmen (zum Beispiel wird die Fassade gedämmt) oder werden lediglich Bauteile erneuert (etwa Fenster ausgetauscht), gibt das GEG bestimmte Anforderungswerte an den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Bauteils vor.
- Bei umfassenden Modernisierungen wird, vergleichbar mit einem Neubau, eine energetische Gesamtbilanzierung durchgeführt. Hier wird unter anderem die Primärenergie des Gebäudes berechnet.

Wenn die betroffene Fläche höchstens 10 Prozent der gesamten gleichartigen Außenbauteilfläche des Gebäudes umfasst, fällt die Modernisierung nicht unter das GEG. In diesem Fall gilt der bauliche Mindestwärmeschutz, der durch die Baunormen vorgegeben ist.

Wenn das GEG greift, dürfen die U-Werte der tatsächlich sanierten oder erneuerten Flächen der Außenbauteile die angegebenen Höchstwerte der Verordnung nicht überschritten werden.

In der folgenden Tabelle werden die geforderten U-Werte nach dem GEG aufgelistet.

Bauteile	geforderter U-Wert $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$
Außenwand	0,24
Fenster Achtung: U-Wert des gesamten Fensters (U _w)	1,30
Dachflächenfenster	1,40
Verglasung für Sonderverglasung z.B. Schallschutzverglasung gelten andere Werte	1,10
Dachschrägen, Steildächer	0,24
Oberste Geschossdecke	0,24
Flachdächer	0,20
Wände und Decken gegen unbeheizten Keller, Bodenplatte	0,30
Decken gegen unbeheizten Keller, Bodenplatte wenn der Aufbau bzw. die Sanierung des Fußbodens auf der beheizten Seite erfolgt	0,50
Decken, die nach unten an Außenluft grenzen	0,24

Tab. 26 - Mindestanforderung U-Werte (GEG)

2.2 Sanierung der thermischen Gebäudehülle

Wie bereits erwähnt, umfasst die Gebäudehülle alle Bauteile eines Gebäudes, die dieses nach außen abschließen, wie zum Beispiel Wände, Fenster, Dachflächen und Böden. Für eine nachhaltige Bauweise ist vor allem die thermische Gebäudehülle von Bedeutung. Sie umfasst alle Bauteile, die beheizte Räume von Außenluft, vom Erdreich und von unbeheizten Räumen trennen.

Die Modernisierung der thermischen Gebäudehülle senkt nicht nur den Energiebedarf, sondern hat auch Einfluss auf das Erscheinungsbild des Gebäudes. Das Einsparpotenzial im Bereich der Gebäudehülle ist bei jedem Gebäude unterschiedlich. Die genauen Einsparungen sind abhängig von der Größe der Bauteilflächen, der beheizten Flächen und welche Optimierungsmaßnahmen realisiert werden können.

2.2.1 Optimierung der thermischen Gebäudehülle

Das Verhältnis der thermischen Hüllfläche zum eingeschlossenen Gebäudevolumen hat Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudes. Je kleiner die Umfassungsfläche im Verhältnis zum beheizten Volumen ist, desto geringer ist auch der Wärmeverlust pro m² Nutzfläche über die Gebäudehülle.

Oft sind in alten Gebäuden Bereiche beheizt, die nicht benutzt werden bzw. wo das Beheizen nicht notwendig ist. Dies kann zum Beispiel ein beheiztes Kellergeschoss oder eine beheizte Garage sein. Sollte dies nach vorheriger Absprache mit dem Eigentümer der Fall sein, kann hier die thermische Gebäudehülle optimiert und angepasst werden. Hierbei ist allerdings drauf zu achten, dass die Optimierung so gestaltet wird, dass die Thermische Hülle immer noch ein Ein-Zonen-Modell darstellt und dass die Grenzen der Thermischen Hülle bei Sanierungen einfach verbessert werden können. So sollen z.B. Absätze beim Dämmen in der Außenfassade vermieden werden.

2.2.2 Wärmedämmung

2.2.2.1 Allgemein

Wärmedämmstoffe sind Materialien mit geringer Wärmeleitfähigkeit und reduzieren Wärme- oder Kälteverluste.

Die Energieeinsparverordnung gibt für die Sanierung von Bauteilen bestimmte Mindest-Wärmedurchgangskoeffizienten vor. Aufgrund stetig steigender Energiepreise kann es jedoch sinnvoll sein, einen höheren Dämmstandard bei einer Sanierung zu wählen. Welche Dämmdicken für das einzelne Gebäude optimal sind, muss im Einzelfall genau betrachtet werden.

Dämmstoffe übernehmen je nach Einbausituation und Material verschiedenste Aufgaben.

- Reduktion der Transmissionswärmeverluste im Winter
- Überhitzungsschutz im Sommer
- Brandschutz
- Trittschalldämmung
- Schutz der Konstruktion vor Kondensationsfeuchte oder Frost
- Erhöhung der Behaglichkeit

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.2.2.2 Gesetzliche Anforderungen an den Dämmstoff

Die gesetzlichen Mindestanforderungen und die Empfehlungen für Dämmdicken beruhen auf der Grundlage derzeitiger Energiepreise und Erfahrungen. Sie werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Bauteil	Gesetzliche Mindestanforderungen an die Bestandssanierung	
	U-Wert [W/(m ² ·K)]	Dämmstärken
Außenwand (Dämmung außen)	0,24	12- 16 cm
Außenwand (Kerndämmung)	Mind. Wärmeleitfähigkeit von 0,045 W/(m ² ·K) ist einzuhalten	Hohlraum muss vollständig ausgefüllt sein
Steildach	0,24	12- 18 cm
Flachdach	0,20	16- 20 cm
Oberste Geschossdecke	0,24	12- 18 cm
Wände und Decken gegen unbeheizten Keller, Bodenplatte	0,30	10- 14 cm
Decken gegen unbeheizten Keller, Bodenplatte	0,50	4- 5 cm
Decken, die nach unten an Außenluft grenzen	0,24	14- 18 cm

Tab. 27 - Mindestanforderungen und Dämmstoffdicken (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.2.2.3 Dämmstoffmaterialien

Dämmstoffe gibt es aus vielen verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften. Neben dem Grad der Entflammbarkeit (der sogenannten Baustoffklasse) ist der Lambda-Wert zur Einordnung der Wärmeleitfähigkeit ein wichtiges Kriterium.

Zahlreiche Faktoren wie der energetische Zustand des Hauses, die Untergrundbeschaffenheit der Außenwände, das Mikroklima in der Region, das Sanierungsbudget sowie individuelle Wünsche des Hausbesitzers gehen in die Entscheidung des richtigen Dämmstoffes ein. Die Entscheidung des richtigen Dämmstoffes muss für jedes Objekt einzeln betrachtet und entschieden werden.

In der nachfolgenden Tabelle werden einige Materialien mit ihren Eigenschaften aufgelistet:

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m ² ·K)]	Wasserdampf- diffusionswiderstand μ [-]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Baustoffklasse Din 4102 (Brennbarkeitsklassen)	Primärenergieinhalt [kWh/m ³]
Organisch- aus natürlichen Rohstoffen					
Baumwolle	0,040	1-2	20	B1-B2	10-90
Flachs	0,040	1-2	16-40	B2	50-400
Getreidegranulat	0,047	3	100-120	B2	100-120
Hanfaser	0,045	1-2	25	B2	50
Holzfaser	0,040-0,055	1-10	150-350	B2	165-620
Kokosfaser	0,040-0,050	1	80-120	B2	95-400
expandierter Kork	0,040-0,050	1,5-3	55-500	B2	180-400
Leichtlehm	0,080-0,470	3-19	300-12000	A2-B1	k.A.
Schafwolle	0,04	1-2,5	20-25	B2	75-400
Schilfrohr	0,044-0,060	2	190-220	B1-B2	160
Secgras	0,045	1-2	70-80	B2	k.A.
Zellulose	0,040-0,045	1-2	70-100	B1-B2	55-70
Organisch-aus synthetischen Rohstoffen					
Polystyrol- Hartschaum (EPS)	0,030-0,040	20-100	15-30	B1-B2	151-900
Polystyrol- Extruderschaum (XPS)	0,030-0,040	80-250	20-60	B1-B2	360-810
Polyurethan- Hartschaum (PUR)	0,020-0,035	30-100	15-80	B1-B2	834-1400
Anorganisch- aus natürlichen Rohstoffen					
Blähglimmer	0,070-0,160	10	k.A.	A1	k.A.
Blähton	0,040	1,1	300	A1	425
Perlite	0,050-0,060	3-4	10-200	A1	210-235

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
 Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m ² ·K)]	Wasserdampf- diffusionswiderstand μ [-]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Baustoffklasse Din 4102 (Brennbarkeitsklassen)	Primärenergieinhalt [kwh/m ³]
Anorganisch- aus synthetischen Rohstoffen					
Glaswolle	0,035-0,050	1-2	15-250	A1-B2	60-700
Steinwolle	0,035-0,050	1-2	15-160	A1-B2	200-800
Calciumsilikat- Platte	0,050-0,065	3-20	200-260	A1-A2	3600
Mineralschaum- Platte	0,045	5	115	A2	250
Schaumglas	0,040-0,060	dicht	105-165	A1-A2	320-2500
Vakuumisolation spaneel (VIP)	0,004-0,008	dicht	162-192	A1	k.A.

Tab. 28 - Dämmstoffeigenschaften (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.2.2.4 Wärmedämmsysteme für Wände

Es gibt eine Vielzahl von Systemen. Jedes dieser Systeme weist seine spezifischen Eigenschaften auf und ist prinzipiell dazu geeignet, ein Haus wirksam zu dämmen.

Für welches System man sich entscheidet, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Nicht zuletzt vom Ist-Zustand eines Gebäudes sowie dem zur Verfügung stehenden Budget für die Sanierung. Hier ist es auch wichtig, dass die Tragfähigkeit des vorhandenen Daches geprüft wird. Ebenso wichtig, um die Konstruktion auf mögliche Mängel zu prüfen, ist der rechnerische Nachweis (zum Beispiel Glaser-Verfahren). Hier können mögliche Feuchteschäden frühzeitig erkannt werden. Für die Wahl des richtigen Systems gibt es keine Empfehlung. Sie ist für jedes Objekt einzeln zu bestimmen. Nachfolgenden werden verschiedene Systeme erläutert.

Wärmedämmverbundsystem (WDVS).

Grundsätzlich sind alle Außenwanduntergründe geeignet. Dämmplatten werden an die Gebäudeaußenwand geklebt, gedübelt oder mit Schienen mechanisch befestigt. Sie werden mit einem Putz überzogen, der durch Gewebe armiert ist. Darüber wird der abschließende Oberputz aufgebracht.

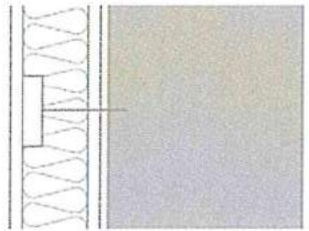


Abb. 54 - Wärmedämmverbundsystem (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden Situationen vorteilhaft:

- Erscheinungsbild des Gebäudes muss nicht erhalten werden
- Gesamtes Gebäude soll gedämmt werden
- Gebäudeabmessungen können vergrößert werden
- Geringere Kosten in Bezug auf andere Systeme

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Hinterlüftete Vorhangfassade

Die wärmedämmende, hinterlüftete Vorhangfassade besteht aus einer Dämmschicht, die mechanisch an die Außenwand angebracht und durch eine winddichte und wasserabweisende Schicht geschützt wird. Davor befindet sich eine Hinterlüftungsebene, die außen durch eine vor direkter Bewitterung schützenden Ebene begrenzt ist. Aufgrund ihrer Eigenschaft, Kondenswasser abzuführen und bei einem diffusionsoffenen Aufbau eine Austrocknung zu ermöglichen, kann die Vorhangfassade im Sanierungsbereich auch bei durchfeuchtetem Mauerwerk eingesetzt werden. Sie nimmt im Vergleich zum Wärmedämmverbundsystem mehr Platz in Anspruch. Entsprechend ist im Vorfeld der vorhandene Platz an Anschlusspunkten wie Dach und Fenster zu überprüfen.

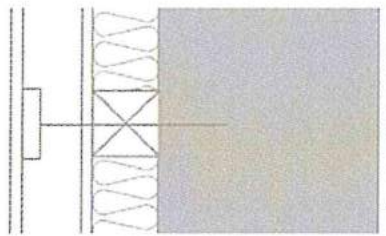


Abb. 55 - Hinterlüftete Vorhangfassade (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden Situationen vorteilhaft:

- Neugestaltung der Oberfläche (Viele Materialien möglich)
- Kann bei durchfeuchtetem Mauerwerk eingesetzt werden (Abführung von Kondenswasser)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Innendämmung

Eine Innendämmung ist nur bei Bauvorhaben empfehlenswert, bei denen eine Dämmung von außen nicht oder nur mit hohem Aufwand realisierbar ist (zum Beispiel bei erhaltenswerten Fassaden, Denkmälern etc.). Wird eine Außenwand auf der Innenseite gedämmt, wird zwischen Innendämmung und Außenwand oftmals im Winter der Taupunkt unterschritten. Hier ist die Gefahr besonders groß, dass Tauwasser ausfällt und Feuchteschäden entstehen. Deswegen ist darauf zu achten, dass auch eine lückenlose Dampfbremse eingebaut wird. Diese muss insbesondere an den Anschlusspunkten von Decken und Innenwänden sorgfältig geplant und ausgeführt werden. Ein rechnerischer Nachweis in Bezug auf Tauwasserbildung ist hier unumgänglich.

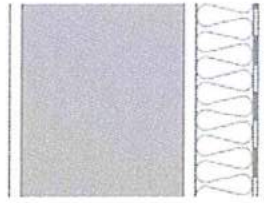


Abb. 56 - Innendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden weiteren Situationen vorteilhaft:

- bei Wohnungsrenovierung oder Mieterwechsel, wenn nicht von außen gedämmt werden kann
- wenn nur einzelne Wohnungen in einem Mehrfamilienhaus saniert werden können (Eigentümergeinschaften)
- wenn das Erscheinungsbild des Gebäudes nicht verändert werden soll (denkmalgeschützten Fassaden)

Kerndämmung

Zweischaliges Mauerwerk kann nachträglich mit einer Kerndämmung besonders kostengünstig energetisch verbessert werden. Über Bohrungen oder ausgenommene Klinker wird ein loser wasserabweisender Schüttdämmstoff in die Luftschicht eingebracht und zu einer fugenlosen, homogenen Schicht verdichtet. Wichtig ist eine Prüfung der Luftschicht im Vorfeld, um Zahl und Zustand der vorhandenen Maueranker zu untersuchen um sicherzustellen, dass Mörtelreste oder Bauschutt keine Wärmebrückeneffekte erzeugen und den Zwischenraum blockieren.

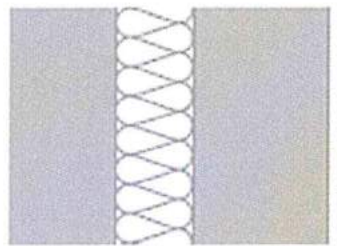


Abb. 57 - Kerndämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden Situationen vorteilhaft:

- zweischalige Außenwand mit intakter Luftschicht vorliegend
- Erscheinungsbild der Außenwand soll unverändert bleiben
- intakte Vorhangschale vorhanden

Kellerwände

Werden Kellerräume beheizt, ist zur Minderung von Energieverlusten und zur Steigerung der Behaglichkeit das nachträgliche Dämmen der erdberührenden Bauteile empfehlenswert. Die Wände können entweder auf der Innenseite oder von außen gedämmt werden. Sollen die Außenwände gedämmt werden, muss überprüft werden, ob die Kellerwände trocken sind. Sollten die Wände durchnässt sein, muss zuerst die Ursache gefunden und beseitigt werden. Die Dämmung, welche zum Beispiel nach Freilegung der Erdschicht auf die Kellerwände aufgebracht wird, bezeichnet man als Perimeterdämmung. Auf die Wände wird hier vorher eine wasserundurchlässige Schicht (Bitumenbahnen) verklebt.

Eine Drainschicht vor der Dämmung und das Einlegen einer Drainageleitung im Fundamentbereich sorgen für eine bessere Wasserabführung.

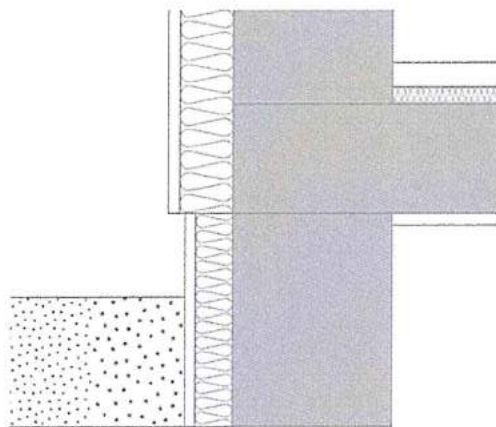


Abb. 58 - Perimeterdämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Eine Perimeterdämmung ist vorteilhaft wenn:

- Wände ohnehin trockengelegt werden sollen
- Wärmebrücken am Sockel vermieden werden sollen
- Keller beheizt und bewohnt wird

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.2.2.5 Wärmedämmsysteme für Dächer

Durch die Dämmung des Daches soll der U-Wert des Daches gesenkt werden. Die Dachdämmung ist ein Teil der Wärmedämmung von Gebäuden und eignet sich ebenso, wie viele weitere Maßnahmen dazu, den Energieverbrauch eines Gebäudes zu senken.

Auch hier gibt es mehrere Möglichkeiten der Realisierung. Hier kommt es wieder stark auf den Ist-Zustand des Gebäudes, des Budgets oder den persönlichen Wünschen des Kunden an. Ebenfalls gibt es hier keine allgemeine Empfehlung und die Entscheidung muss für jedes Objekt einzeln getroffen werden.

Einzelne Möglichkeiten werden nachfolgend aufgeführt.

Aufsparrendämmung

Eine Modernisierung mit einer Aufsparrendämmung ist zu empfehlen, wenn die Dachdeckung ohnehin erneuert wird. Die alte Dachkonstruktion wird nach Entfernung der Dachdeckung mit einer dampfbremsenden und winddichten Schicht versehen, auf der die neue Dämmebene verlegt werden kann. Bei ungeraden Sparren muss unter der Dämmung eventuell erst eine ebene Fläche geschaffen werden. Über der Dämmung werden eine Unterspannbahn, die Dachunterkonstruktion und die Dachdeckung montiert. Um die Konstruktion dauerhaft bauphysikalisch sicher zu halten, muss eine Beschädigung der dampfbremsenden Schicht durch Nägel etc. auf jeden Fall vermieden werden.

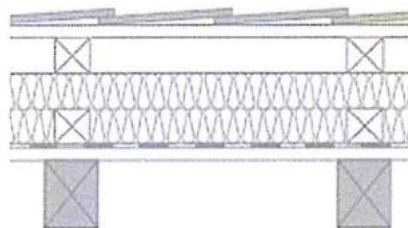


Abb. 59 - Aufsparrendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden Situationen vorteilhaft:

- Ziegeln müssen erneuert werden oder das Dach ist undicht
- Dach ist bereits abgedeckt
- Sparren sollen sichtbar bleiben

Zwischensparrendämmung

Ist eine Neueindeckung des Gebäudes nicht geplant, kann eine nachträgliche Dachdämmung nur von innen zwischen den Sparren erfolgen. In diesem Fall sollte sichergestellt sein, dass eine intakte Unterspannbahn zur Vermeidung von Feuchtigkeitseingang und als winddichte Ebene von außen vorhanden ist.

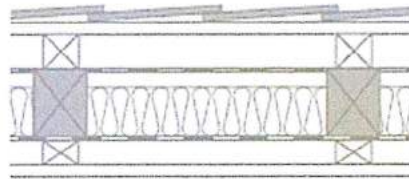


Abb. 60 - Zwischensparrendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden Situationen vorteilhaft:

- Dachgeschoss nicht ausgebaut
- Dach nicht neu eingedeckt werden soll
- Kostengünstig saniert werden soll

Untersparrendämmung

Eine nachträgliche Dämmung unter der Sparrenebene ist angesichts heutiger Dämmstoffanforderungen meist nur zusätzlich zu einer Zwischensparrendämmung sinnvoll. Der Dämmstoff wird mit einer Unterkonstruktion raumseitig befestigt. Im Bestand sind Dachsparren häufig wegen Durchbiegungen uneben. Vor dem Durchführen der Maßnahme muss in diesen Fällen zunächst eine ebene Fläche hergestellt werden.

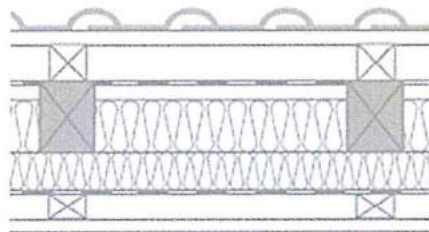


Abb. 61 - Untersparrendämmung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

In folgenden Situationen vorteilhaft:

- Kombination mit Zwischensparrendämmung
- Dach Ungleichmäßige Abstände in der Holzkonstruktion (Fachwerk)
- Dach soll bei vorhandener Zwischensparrendämmung verstärkt werden

Flachdach

- Warmdach

Die Abdichtung liegt direkt auf der Dämmebene. Im Sanierungsfall ist diese zu entfernen, dann die stärkere, neue Dämmung einzubringen oder, falls schadensfrei, die vorhandene zu verstärken und abzudichten. Bei intakter Dachabdichtung können Dämmplatten auf die Dichtungsebene gelegt werden. Bei dieser Umkehrdachkonstruktion wird die Abdichtung vor mechanischer Beschädigung geschützt.

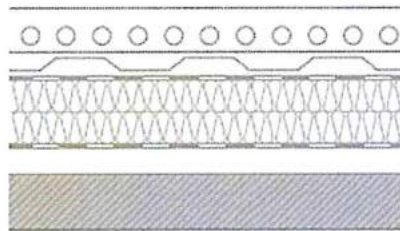


Abb. 62 - Sanierung Warmdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

- Kaltdach

Eine Hinterlüftung erfolgt zwischen wetterschützender Schicht und Dämmebene. Dieser Luftraum kann mit einem Dämmstoff ausgeblasen werden, wenn im Vorfeld überprüft wurde, dass die Luftschicht ausreichend dimensioniert ist und die Konstruktion bauphysikalisch auch als Warmdach funktioniert.

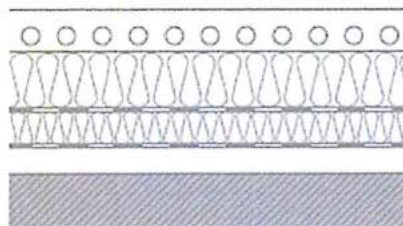


Abb. 63 - Sanierung Kaltdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.2.2.6 Wärmedämmung für Geschossdecken

Wenn der Dachraum oder das Kellergeschoss nicht als Wohnraum genutzt wird, beziehungsweise unbeheizt ist (außerhalb der thermischen Gebäudehülle), ist eine Dämmung der obersten Geschossdecke oder der Kellergeschossdecke kostengünstig durchzuführen. Die Machbarkeit ist aufgrund verschiedener baulicher Faktoren, wie zum Beispiel der vorhandenen Deckenhöhe im Kellergeschoss, im Einzelfall zu überprüfen.

Folgend werden zwei Beispielsysteme aufgezeigt.

Oberste Geschossdecke

Bei massiven Decken kann die Dämmung direkt auf den vorhandenen Beton oder Estrich gelegt werden. Als Dämmung können zum Beispiel druckfeste, begehbare Platten verlegt werden. Ist die Decke uneben oder gibt es viele Durchdringungen durch Schornsteine, Trennwände, ist es sinnvoll, eine Schüttung zu verbauen.

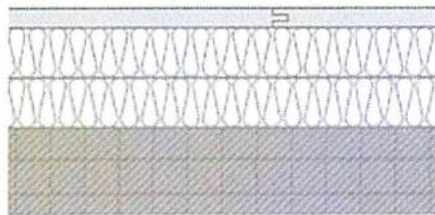


Abb. 64 - Sanierung Oberste Geschossdecke (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Kellergeschossdecke

An ebenen Kellerdecken können Dämmplatten angeklebt oder angedübelt werden. Für Leitungen, die unter der Decke verlegt sind, müssen die Platten an den entsprechenden Stellen ausgespart werden.

Unebene Decken oder Gewölbe können mit einer Vorsatzdeckenschale versehen und mit Schüttdämmungen ausgeblasen werden.

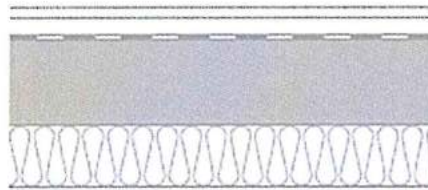


Abb. 65 - Sanierung Kellergeschossdecke (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.2.2.7 Wärmedämmung des Kellerfußbodens

Sollen Kellerräume oder nicht unterkellerte Erdgeschossräume als Wohn- oder Aufenthaltsräume genutzt werden, empfiehlt sich als nachträgliche wärmeschutztechnische Verbesserung eine oberseitige Dämmung der Bodenplatte beziehungsweise des Fußbodens. Hierfür müssen die vorhandenen Bodenbeläge und Auffüllungen entfernt werden. Auf der Massivplatte wird dann eine neue feuchtesperrende Folie verlegt oder die bestehende ausgebessert. Danach folgen druckfesten Dämmplatten. Auf die Dämmung folgt eine abdichtende Folie, welche als Untergrund für den Estrich dient. Wenn der Keller bereits ausgebaut ist, ist die Maßnahme meistens nur schwer umsetzbar, da Türöffnungen oder Treppen oft sehr aufwendig angepasst werden müssen.

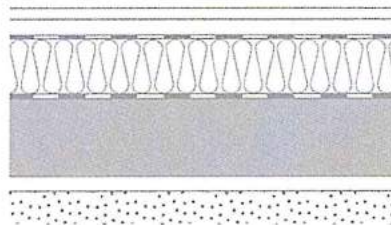


Abb. 66- Sanierung Kellerfußboden (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Diese Maßnahme ist vorteilhaft wenn:

- Keller beheizt und bewohnt wird
- Kellerwände ohnehin gedämmt werden sollen

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.2.3 Sanierung Fenster und Außentüren

Schlechter Wärmedämmstandard von Verglasungen, geringe Rahmendämmwirkung und Undichtheit der Anschlussfugen tragen zu Wärmeverlusten und Luftzug bei, welche zu einem unbehaglichen Raumklima beisteuern und zu einem erhöhten Heizenergiebedarf des Gebäudes sorgen. Mittlerweile gibt es sehr gut gedämmte Fensterrahmen mit Wärmeschutzverglasungen, die einen ausreichenden Komfort sicherstellen und zur Energieeinsparung beitragen können.

Werden nur die Fenster ausgetauscht, ohne dass die Außenwand gedämmt wird, besteht eine erhöhte Gefahr des Tauwasserausfalls und der Schimmelbildung, zum Beispiel an der raumseitigen Laibungsfläche der Außenwand. Zum einen werden durch die neuen Fenster die unkontrollierten Lüftungsverluste beseitigt, zum anderen ist die ungedämmte Außenwand nach Austausch der Fenster häufig das schlechtere Bauteil und damit das kältere Bauteil, an dem sich die Feuchtigkeit vermehrt niederschlägt. Ob ein Tauwasserausfall nach Tausch der Fenster vorliegt oder nicht, muss daher im Einzelfall genau rechnerisch überprüft werden. Es empfiehlt sich aber, mit dem Fensteraustausch auch die Außenwand zu dämmen. Ein ausreichender Luftwechsel ist immer sicherzustellen.

Ein Fenster oder Türentausch ist meistens vorteilhaft, wenn die Fenster sowieso im schlechten Zustand (Einfachverglasung, Zugscheinungen) oder die Außenwand ohnehin gedämmt werden soll, sodass der Rahmen direkt mit überdämmt werden kann.

Es gibt eine Vielzahl von geeigneten Fenstern und Außentüren, die sich für eine Sanierung anbieten. In der Regel werden hier 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen verbaut. Hier ist drauf zu achten, dass die Bauteile mindestens den gesetzlichen Mindestanforderungen (Gebäudeenergiegesetz) entsprechen. Die Wahl des Materials der Rahmen ist im Einzelfall zu bestimmen. Sie ist abhängig von mehreren Faktoren wie zum Beispiel dem Erscheinungsbild des Gebäudes oder den spezielle Wünsche des Kunden.

In einigen Fällen kann es sinnvoll sein, das Fenster als Element zu erhalten. Dann kann der Rahmen und das Glas aufgearbeitet werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Fenster so in der Außenwand eingebaut ist, dass es ohne größere Zerstörungen der Fassade nicht ausgebaut werden kann. Auch aus Gründen des Denkmalschutzes kann der Erhalt der alten Fenster gefordert sein. Weiterhin können alte Dichtungen ausgetauscht oder weitere Dichtungen nachträglich im Rahmen verklebt werden. In Einzelfällen ist es auch möglich, wenn die Glashalteleiste zerstörungsfrei abnehmbar ist, das alte Glas durch ein neues Glas, welches bessere Wärmeschutzeigenschaften aufweist, zu tauschen.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.2.4 Wärmebrücken

Das Erkennen und Vermeiden von Wärmebrücken erfordert besondere Aufmerksamkeit. Die detaillierte Beschreibung der Wärmebrücken und was man unter einer Wärmebrücke versteht und wie diese zuerkennen und dokumentieren sind, wurde bereits in der Bestandsaufnahme Kapitel 1.3.7 ausführlich beschrieben.

Typische Wärmebrücken und deren Reduzierung werden folgend aufgelistet.

Außenwand und Dach.

Die Anschlusspunkte vom Dach zur Außenwand benötigen eine detaillierte Planung, um Wärmebrücken zu vermeiden oder gering zu halten. Am Ortsgang liegt der obere Abschluss der Giebelwände mit der Oberkante der Sparren im Normalfall auf gleicher Höhe. Eine durchgehende Dämmung ist nur mit baulichen Eingriffen zu erreichen. Behelfsweise kann man die Innenseite der Giebelwand mitdämmen. Auch eine Aufsparrendämmung kann Abhilfe schaffen.



Abb. 67 - Sanierung Wärmebrücke Außenwand und Dach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Traufe

An der Traufe ist auf den Anschluss von Dach und Wand zu achten. Dieser sollte mit einer durchgängig verlegten Wärmedämmung realisiert sein. Häufig können an dieser Stelle nur geringe Dämmstoffstärken eingebaut werden. Unter Umständen muss der Dachüberstand mithilfe von Einschüben an den Sparren verlängert werden, wenn die Außenwand gedämmt wird und das Dach nicht weit genug auskragt.

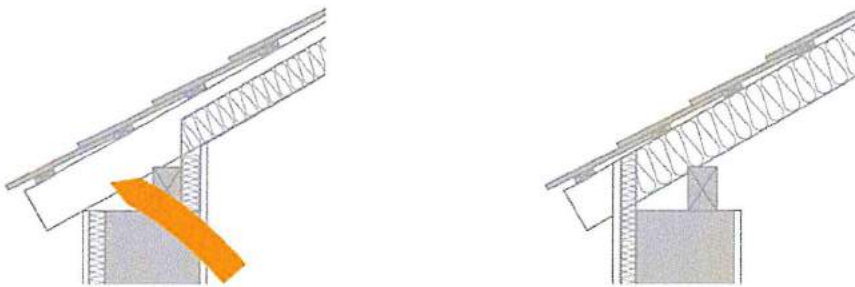


Abb. 68 - Sanierung Wärmebrücke Traufe (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Flachdach

Die Attika ist häufig eine Schwachstelle in der Gebäudehülle. Ist keine umlaufende Dämmschicht vorhanden, sollte man die Attika nachträglich allseitig dämmen.

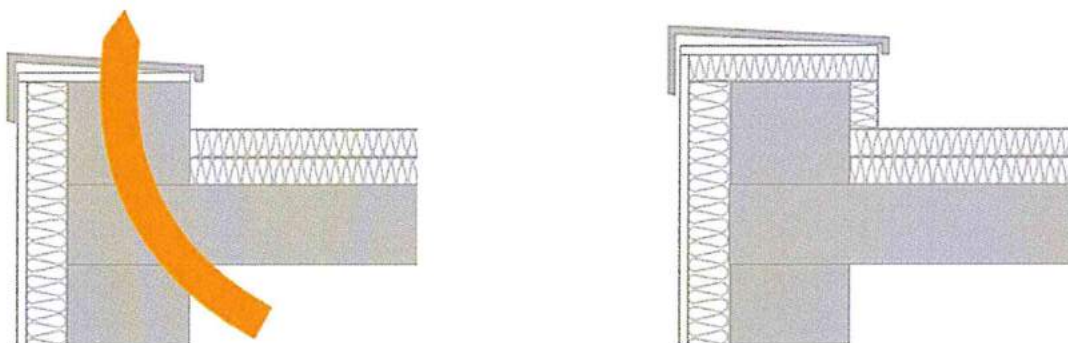


Abb. 69 - Sanierung Wärmebrücke Flachdach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Dachbodenluken

Dachbodenluken bestehen häufig aus einfachen Bauplatten ohne besondere Dämmwirkung. Wenn der Dachboden unbeheizt ist, sollten sie nachträglich gedämmt werden. Sie dürfen besonders dann nicht vergessen werden, wenn die oberste Geschossdecke gedämmt wird.

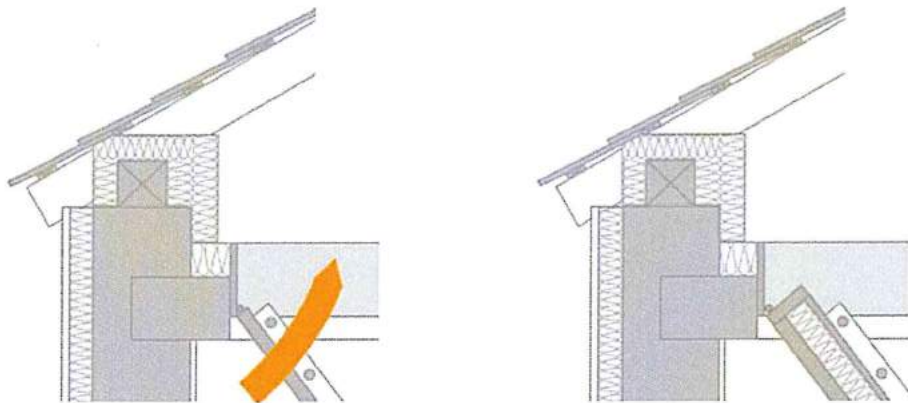
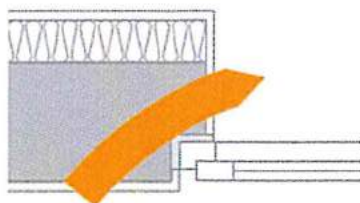


Abb. 70 - Sanierung Wärmebrücke Dachbodenluke (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Fenster und Türen

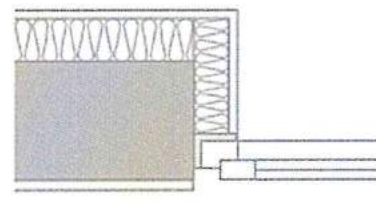
Eine klassische Wärmebrücke stellen Fensterleibung und -brüstung dar. Sollen die Fenster/Türen nicht erneuert werden oder müssen neue Fenster/Türen wieder in der alten Position eingebaut werden, sollten die gedämmt werden. Für die Überdämmung der Rahmen müssen die Leibungen unter Umständen aufgeklopft oder es muss gegebenenfalls ein vorhandener Maueranschlag komplett entfernt werden. Da nur sehr wenig Platz zum Dämmen zur Verfügung steht, sollte ein hochwertiger Dämmstoff eingesetzt werden.

außen



innen

außen



innen

Abb. 71 - Sanierung Wärmebrücken Fenster und Türen (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Innenwände

Innenwände in unbeheizten Kellern, deren Geschossdecken nachträglich gedämmt werden, stellen eine Wärmebrücke dar. Hier kann beidseitig ein Dämmstoffstreifen von ca. 50 cm eingesetzt werden. Im Rahmen von Umbaumaßnahmen kann eine Entkopplung oder Entfernung von nichttragenden Innenwänden sinnvoll sein, um eine durchgehende Dämmung der Geschossdecke zu ermöglichen.

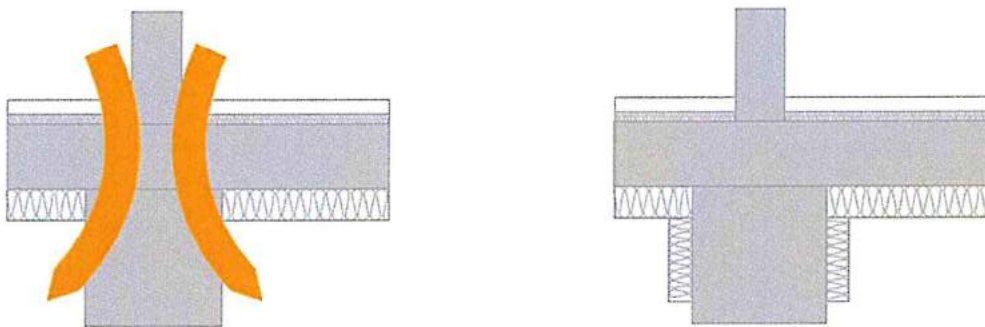


Abb. 72 - Sanierung Wärmebrücken Innenwände (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.2.5 Sonstige Maßnahmen

Herausragende Betondecken

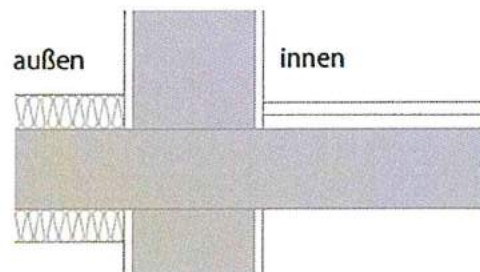


Abb. 73 - Sanierung Wärmebrücken Herausragende Betondecken (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Balkone oder Vordächer die herausragen, stellen große Wärmebrücken dar. In Folge von Sanierungen an der Fassade sollten diese mit einbezogen werden. Um die Wärmebrücken an diesen Stellen zu reduzieren oder zu beseitigen, gibt es drei Möglichkeiten:

- **Abnehmen der Balkonplatte**

Sollte es aus statischer Sicht unbedenklich sein, kann die Balkonplatte abgenommen werden. Anschließend kann hier nachträglich Außendämmung angebracht werden. Sollte ein Balkon bestehen bleiben, kann hier nach vorheriger Prüfung der Statik eine neue Balkonplatte auf Stützen vor das Gebäude oder an Konsolen und Abhängungen am Gebäude befestigt werden. Im letzteren Fall muss eine druckfeste Dämmung verbaut werden.

- **Dämmen mit Verzögerungsstreifen**

Um eine Wärmebrückenreduzierung zu erreichen, kann man auch die ausragende Platte auf der Unter- und Oberseite (sofern ein neuer Bodenbelag eingebaut wird) ca. 50 cm weit mit einem Verzögerungsdämmstreifen versehen.

- **Dämmen der Balkonplatte**

Hier wird der herausstehende Balkon von allen Seiten gedämmt. Dies wird aber oft zum Problem, da es beim Dämmen der Oberseite des Balkons oft zu Problemen mit dem Höhenunterschied der Terrassentüren kommt. Sollten jedoch Türen ebenfalls ausgetauscht werden, kann die Höhe der Türschwelle angepasst werden.

Rolladenkästen

Rolladenkästen stellen ebenfalls oft eine Schwachstelle da, da diese in der Regel unzulänglich oder nicht gedämmt sind. Hinzukommt, dass die Gurtöffnung oft zu Undichtigkeiten führt. Generell ist bei einer Sanierung der Fassade die Frage zu stellen, ob in der Wand integrierte Rollläden weiterhin gewünscht sind oder ob man auf sie verzichten kann. Es besteht die Möglichkeit, außen auf die Fassade Rolladenkästen oder Schiebeläden zu montieren. Drei Möglichkeiten werden nachfolgend aufgeführt.

- **Entfernen der Rollläden**

Wenn die Fenster ohnehin ausgetauscht werden, ist es zu empfehlen, die alten Rolladenkästen zu entfernen und einen Sturz einzubauen. Als Option kann auch die Fensteröffnung vergrößert werden. Sollen nicht die kompletten Kästen ausgebaut werden, können sie auch nach Entfernen der Rollläden nach außen verschlossen, mit spezieller Dämmung gefüllt und nach innen luftdicht abgedichtet werden.

- **Erhalten der Rollläden**

Wenn man die Rollläden erhalten will, kann geprüft werden, ob die Kästen innen mit zusätzlichen Dämmplatten ausgekleidet werden können. Mit speziellen Bändern oder Gummis können die Fugen und der Gurtauslass abgedichtet werden. Die Umstellung auf eine elektrische Variante stellt hier ebenfalls eine gute Lösung dar. Hierfür ist keine Durchdringung erforderlich.

- **Rolladenkasten von außen aufsetzen**

Wenn man auf die Rollläden ebenfalls nicht verzichten möchte, können Rolladenkästen oder Schiebeläden auf der Außenwand angebracht werden.

Heizkörpernischen

Eine erhebliche wärmetechnische Schwachstelle bei ungedämmten Außenwänden stellen Heizkörpernischen da. In der Regel weisen diese von ihrer Wandstärke einen wesentlich dünneren Querschnitt in Bezug auf den Querschnitt der sonstigen Außenwand auf. Hier kann man mit folgenden Maßnahmen Abhilfe schaffen.

- **Dämmung der Außenwand von außen**

Wenn die Außenwand ausreichend gedämmt ist und ein ausreichender Wärmeschutz gegeben ist, werden die Wärmeverluste an den Wandbereichen hinter den Heizkörpern meist so stark reduziert, dass keine weiteren Maßnahmen mehr von innen erforderlich sind.

- **Dämmung der Heizkörpernischen von innen**

Kann die Wand nicht von außen gedämmt werden, ist eine Dämmung der Heizkörpernischen von innen möglich. Voraussetzung hierfür ist, dass genügend Platz zur Verfügung steht. Die Dämmplatten werden hier hinter die Heizkörper an die Außenwand gedübelt oder geklebt. Diese Maßnahme kann man mit einer Innendämmung kombinieren und eignen sich vor allem dann, wenn die Heizkörper ohnehin getauscht werden sollen.

- **Reflektion der Wärmestrahlung**

Als kurzfristige und sehr kostengünstige Lösung kann eine Aluminiumfolie hinter die Heizkörper angebracht werden, um die Wärmestrahlung in den Raum zu reflektieren. Für eine fachgerechte Sanierung wird diese Maßnahme aber nicht empfohlen. Sie dient lediglich kurzfristig als geeignete Abhilfe.

2.2.6 Luftdichtheit

Die Rolle der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle wurde bereits in der Bestandsaufnahme in Kapitel 1.3.5 bereits ausführlich beschrieben. Nachfolgend wird erklärt was bei der Sanierung in Bezug auf die Luftdichtigkeit zu beachten ist.

Durch das Einbauen neuer Türen, Fenster, oder durch dämmen der Außenwand, des Daches, Keller- und Obergeschossdecke kann zwar viel Energie und Geld eingespart werden aber dies kann auch zu Schäden führen. Durch diese Maßnahmen kann die Feuchtigkeit nur schwer oder nicht mehr aus dem Gebäude entweichen. Die Folge können feuchte Wände mit Schimmelbildung sein. Dies beschädigt die Bausubstanz und erhöht das Risiko auf gesundheitliche Schäden. Deswegen muss bei sanierten Gebäuden laut DIN 1946-6 ein Lüftungskonzept erstellt werden, um den Luftwechsel zu gewährleisten. Das erstellte Lüftungskonzept gibt Aufschluss darüber, ob eine mechanische Lüftung im Nachhinein notwendig ist.

Wann ist ein Lüftungskonzept notwendig?

- Bei Austausch von 1/3 der Fensterflächen
- Bei Dämmung von 1/3 der Außenfassade / Daches / Ober- und Untergeschossdecke

Um Haftungsrisiken zu vermeiden, sollte bei der Teilmodernisierung derjenige, der die wesentliche lüftungstechnische Änderung zu verantworten hat, schriftlich auf die Forderung der Norm DIN 1946-6 zur Erstellung eines Lüftungskonzepts hinweisen.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.2.7 Kostenkalkulation für Sanierung der Thermischen Hülle

Dieser Abschnitt soll als Hilfestellung dienen, Sanierungskosten für die zuvor beschriebenen Sanierungsmaßnahmen an der thermischen Hülle besser einschätzen zu können. Im Allgemeinen kann man sagen, dass sich die Kosten immer aus zwei wesentlichen Punkten zusammensetzen. Zum einen die Kosten die ohnehin in Zukunft fällig wären und zum anderen die darin enthaltenen Kosten für die Energieeinsparung. Unter den Kosten die ohnehin bald fällig wären, versteht man zum Beispiel das Erneuern einer ungedämmten Außenfassade, da diese in Folge des Alters stark in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Sämtliche Sanierungsmaßnahmen an der Außenfassade, die über die gesetzlichen Bestimmungen hinausgehen und weiter zur Energieeinsparung dienen, fallen unter die Kosten der Energieeinsparung.

Hier gibt es wie bei vielen anderen Punkten bei einer energetischen Sanierung keine festen Werte. Die Zusammensetzung der Kosten muss für jedes Objekt einzeln betrachtet werden. Die geschätzten Kosten in einem Energieberatungsbericht sind lediglich Ersteinschätzungen. Diese können bei der tatsächlichen Umsetzung jedoch abweichen. Grundsätzlich sollte man sich immer folgende Fragen stellen:

- In welchem Zustand ist das Haus (Ist-Zustand)
- Welche Materialien sind verbaut? (zum Beispiel Asbest)
- Was möchte man mit der energetischen Sanierung erreichen?
- Welche Anforderungen wünscht sich der Kunde?
- Welches Budget steht zur Verfügung?

In der folgenden Tabelle werden Kosten für die Kalkulation an der thermischen Hülle aufgelistet. Diese können jedoch stark abweichen und dienen lediglich als Anhaltswerte und müssen daher im Einzelfall angepasst werden.

Maßnahmenkosten Energetische Sanierung Preise inkl. Lohnkosten, Nebenkosten					
Bauteil	Maßnahme	Dicke [cm]	Qualität/λ	-Ø-Preis €/m ²	Anmerkung
Außenwand gegen Luft	WDVS mit Dämmung EPS	12	WLZ 035	112	Inkl. Gerüst, etc. Achtung: Kosten /m ² hängen stark vom Gegebenheiten vor Ort ab, wie z.B. Anzahl/Größe der Fenster, Untergrund, Dachüberstände
	WDVS mit Dämmung EPS	14	WLZ 035	117	
	WDVS mit Dämmung EPS	16	WLZ 035	124	
	WDVS mit Dämmung EPS	12	WLZ 040	97	
	WDVS mit Dämmung EPS	14	WLZ 040	105	
	WDVS mit Dämmung EPS	16	WLZ 040	112	
	WDVS mit Mineralwolle	12	WLZ 035	136	
	WDVS mit Mineralwolle	14	WLZ 035	140	
	WDVS mit Mineralwolle	16	WLZ 035	144	
	WDVS mit Holzfaserplatten	10	WLZ 045	145	
	Mineralrolle, Bekleidung mit Brettern	11	WLZ 034	151	
Außenwand gegen Erdreich	Dämmung mit XPS Schaumglas-Platten	12 8 bis 12	WLZ 037 0,04-0,05	134 280-450	Inkl. Grabungsarbeiten
Fenster	Austausch gg. Kunststofffenster		U _w = 1,3	490	Preis ohne Kabelverlegung
	Austausch gg. Kunststofffenster		U _w =1,1	520	
	Austausch gg. Kunststofffenster		U _w =0,9	580	
	Austausch gg. Holzfenster		U _w =1,3	620	
	Austausch gg. Holzfenster		U _w =1,1	650	
	Austausch gg. Holzfenster		U _w =0,9	690	
	Verglasungstausch		U _g =0,7	ca. ¼	
	Rollladenkästen Vorbau, Band		1m x 0,3m	380	
	Rollladenkästen Vorbau, geschäumte Lamellen, elektr. Antrieb, Schalter		1m x 0,3m	490	
	Rollladenkästen Einputz, Band		1m x 0,3 m	330	
Rollladenkästen Einputz, geschäumte Lamellen, elektr. Antrieb, Schalter		1m x 0,3m	450	Preis ohne Kabelverlegung	
Haustüren	Austausch pro Tür	Standard	einfach	1900	Du < 2,0
	Austausch pro Tür		mittel	2500	Du < 1,5
	Austausch pro Tür		gehoben	3300	Du < 1,2
	Austausch pro Tür		PH-Standard	3600	Du < 0,8
Ob. Geschosdecke begehbar	Dämmwolle mit Konstruktion	20	WLZ 035	35	k.A.
	Dämmung EPS, 50% Abdeckung Platten	20	WLZ 035	32	
Ob. Geschosdecke nicht begehbar	Dämmwolle	20	WLZ 035	23	
	Dämmplatten PUR	20	WLZ 035	29	
	Zellulose	20	WLZ 035	27	
Dach	Aufsprarrendämmung	20	WLZ 040	168	Mit Gerüst. Neueindeckung mit Ziegeln ,etc
	Dämmwollepl.	18	WLZ 035	145	
	Aufsprarrendämmung Hartschaum Kombi-Zwischensparren 5 +20		0,03-0,045	180	

Tab. 29 - Sanierungskosten Thermische Hülle (Achim Hill, 2021)

2.3 Sanierung der Anlagentechnik

Wenn ein Gebäude saniert wird, stellt sich neben den Maßnahmen an der thermischen Hülle auch immer die Frage, ob die Anlagentechnik ebenso verbessert werden soll.

Denn neben den Anforderungen des GEG an die Gebäudehülle (Begrenzung des maximalen Transmissionswärmeverlustes) stellt das GEG auch Anforderungen an den Gesamt-Primärenergiebedarf. Der Primärenergiekennwert berücksichtigt sowohl den Heizwärme- und Warmwasserenergiebedarf als auch den Energiebedarf der Anlagentechnik sowie den verwendeten Energieträger.

Die Anlagentechnik besteht aus einzelnen Komponenten, wie dem Wärmeerzeuger, evtl. einem Speicher, Pumpen, Verteilleitungen, Heizkörper oder Heizflächen und Regelungen, welche für sich einzeln modernisiert werden können.

Häufig werden in Bestandsgebäuden einzelne Anlagenkomponenten im Laufe der Jahre erneuert und sind energetisch gesehen in einem guten Zustand, während andere Komponenten veralteter Technik entsprechen. Deswegen ist es wichtig, die Bestandsanlage näher zu untersuchen um feststellen zu können, ob es sich lohnt Komponenten oder sogar die komplette Anlage zu tauschen.

Soll der Wärmeerzeuger erneuert werden, ist es unter Umständen ratsam, auch andere Komponenten der Anlage zu modernisieren, da die einzelnen Elemente im System aufeinander abgestimmt sind. Vor der Modernisierung der Anlagentechnik ist es wichtig, sich im Vorfeld über einige wesentliche Randbedingungen auseinander zu setzen, da diese die Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Technik maßgeblich bestimmen. In den folgenden Kapiteln wird darauf eingegangen, wie man die Bestandsanlage beurteilt, verbessert oder gegen ein neues System austauscht.

2.3.1 Beurteilung Bestandsanlage

2.3.1.1 Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen

Hinsichtlich der Sanierung sind gesetzliche Maßnahmen vorgeschrieben, die vorrangig umgesetzt werden müssen. Das GEG macht Vorgaben zur Sanierung der Anlagentechnik und der Gebäudehülle. Auf dieses Thema wurde in zuvor behandelten Kapiteln eingegangen (siehe Kapitel „Gesetzliche Grundlagen 2.1“). Des Weiteren werden Grenzwerte für die Abgasverluste von Heizkesseln im Bundesimmissionsschutzgesetz (1. BImSCHV – Verordnung über kleine und mittlere Feueranlagen) angegeben. Bei Nichteinhaltung der Werte sollte immer der gesamte Kessel ausgetauscht werden und nicht nur der Brenner. Aber auch wenn die Werte nur knapp eingehalten werden, ist es ratsam, die Heizungsanlage zu erneuern. Diese Daten werden vom Schornsteinfeger ermittelt (siehe Kapitel „Bestandsaufnahme Wärmeerzeuger 1.4.1.3“)

Nennwärmeleistung in Kilowatt	Grenzwerte für die Abgasverluste
4-25 kW	11%
25-50 kW	10%
>50 kW	9%

Tab. 30 - Grenzwerte Abgasverluste (www.kesselheld.de, 2021)

2.3.1.2 Abschätzung der Effizienz der Anlage

Man braucht keine detaillierte Rechnung durchzuführen um eine Erstabschätzung der Anlage durchführen zu können. Man kann an einzelnen Gegebenheiten abschätzen ob der Kessel sich noch um Stand der Technik befindet.

Bei Abgastemperaturen über 200 °C (ausgewiesen auf dem Schornsteinfegerprotokoll) kann man davon ausgehen, dass der Kessel nicht effizient arbeitet.

Auch überhöhte Bereitschaftsverluste sind feststellbar. Zum einen gibt die Temperatur des Aufstellraums einen Hinweis, zum anderen sollte die Oberfläche des Kessels nur lauwarm sein.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

2.3.1.3 Abschätzung der Restnutzungsdauer der Komponenten

Wenn der Kessel laut Gesetz nicht ausgetauscht werden muss, ist ein Tausch trotzdem in einigen Fällen ratsam. Hierbei spielt die Restnutzungsdauer der Anlage eine Rolle. In der VDI 2067 ist die Nutzungsdauer für unterschiedliche Anlagenkomponenten hinterlegt, die für eine Abschätzung der Lebensdauer herangezogen werden kann. Diese Zahlen können jedoch in der Praxis abweichen, da sie abhängig von der Wartung, Pflege, Größe oder der Auslastung sind. Der Bereich der Anlagentechnik wird begleitet durch einen ständigen technischen Fortschritt. Aus dem Grund sind Anlagen die älter als 15 Jahre sind meistens nicht mehr um Stand der Technik.

In manchen Fällen lohnt sich daher, die Heizung und deren Komponenten auch schon dann auszutauschen, wenn sie noch funktionstüchtig sind. Insbesondere, wenn größere Reparaturen anliegen, ist es in der Regel sinnvoll, eine Kompletterneuerung durchzuführen. Folgend werden Nutzungsdauern aus der VDI 2067 aufgelistet.

Nutzungsdauern von Heizungsanlagenkomponenten nach VDI 2067	
Konstanttemperaturkessel	20 Jahre
Brennwertkessel	20 Jahre
Elektro-Wärmepumpe	20 Jahre
Ölbrenner	12 Jahre
Pumpen	10 Jahre
Rohrleitungen	30 Jahre
Stahl-Radiator	35 Jahre
Fußbodenheizung	30 Jahre
Schornstein	50 Jahre
Solarkollektoren	20 Jahre

Tab. 31 - Nutzungsdauer Anlagenkomponenten (VDI 2067)

2.3.2 Optimierung der Anlagentechnik

Nachdem die Bestandsanlage beurteilt wurde und festgelegt wurde, dass der bestehende Wärmeerzeuger nicht getauscht werden soll, gibt es trotzdem in den meisten Fällen die Möglichkeiten zur energetischen Optimierung der Anlage ohne hohe Investitionskosten.

Auf mögliche Optimierungen wird folgend eingegangen.

2.3.2.1 Heizungsregelung optimieren

Die Heizungsregelung regelt viele verschiedene Faktoren der Heizung. Ohne sie könnte die Anlage nicht effizient arbeiten. Sollte diese Regelung nicht richtig eingestellt sein, bieten sich hier wichtige Punkte der Optimierung:

- **Nachtabsenkung oder -abschaltung**

Sollte diese Einstellung nicht gewählt sein, wird empfohlen diese zu aktivieren. Hier wird die Vorlauftemperatur der Kessels über Nacht oder bei längerer Abwesenheit gedrosselt beziehungsweise bis zur Frostsicherung abgesenkt, da zu diesen Zeitpunkten weniger Energie bereitgestellt werden muss. Die Einstellungen müssen auf das Nutzerverhalten angepasst sein.

- **Anpassung der Vorlauftemperatur an die Außentemperatur**

Hier sollte geregelt werden, dass die Vorlauftemperatur der Heizung an die Witterungsverhältnisse angepasst wird. An kalten Tagen wird die Vorlauftemperatur erhöht, während sie an wärmeren Tagen reduziert wird. Die maximale Vorlauftemperatur sollte möglichst gering gewählt werden.

2.3.2.2 Regelung der Zirkulationspumpen für Warmwasser

Zirkulationspumpen sollten nachträglich mit einer Zeitschaltuhr oder einem Fernschalter ausgerüstet werden, wenn sie nicht ganz abgestellt werden können. Über eine Zeitschaltuhr kann die Pumpenlaufzeit auf die Stunden am Tag reduziert werden, an denen in der Regel warmes Wasser gezapft wird. Alternativ kann auch ein Schalter installiert werden, der die Pumpe bei Bedarf startet.

2.3.2.3 Heizungsumwälzpumpen

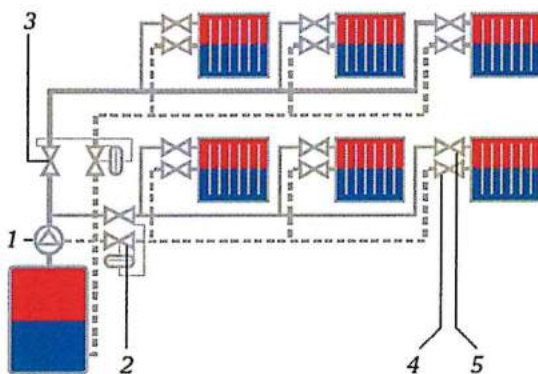
Heizungspumpen laufen auf das Jahr gerechnet sehr viele Stunden. Sollte hier eine ineffiziente, nicht leistungsgeregelte Pumpe verbaut sein, lässt sich hier durch den Tausch einer neuen leistungsgeregelten hocheffizienten Pumpe viel Energie einsparen.

2.3.2.4 Hydraulischer Abgleich

Das Heizungswasser fließt nach dem Prinzip des geringsten Widerstands durch das Heizsystem. Bei nicht einregulierten Anlagen führt dieser Weg durch die der Umwälzpumpe nächstgelegenen Heizkörper. Weiter entfernte Heizkörper werden nicht ausreichend versorgt und die zugehörigen Räume werden möglicherweise nicht richtig warm. Die weiteren Folgen eines unausgeglichenes Systems sind ein höherer Energieverbrauch, Strömungsgeräusche oder sogar überhitzte Räume in Bezug auf die nicht ausreichende Regelbarkeit.

Wird das System hydraulisch abgeglichen, in dem Widerstände an die jeweiligen Heizkörper oder Heizflächen geschaltet werden, lässt sich ein unnötiger Energieverbrauch oder sonstige negative Folgen vermeiden.

In den meisten Fällen sind Bestandsanlagen nicht hydraulisch abgeglichen. Voraussetzung für den hydraulischen Abgleich sind voreinstellbare Thermostatventile.



- 1 Pumpe
- 2 Regulierventil mit Membranregler
- 3 Vorlaufventil
- 4 Rücklaufverschraubung
- 5 Thermostatventil

Abb. 74 - Heizungsanlage Hydraulisch abgeglichen
(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

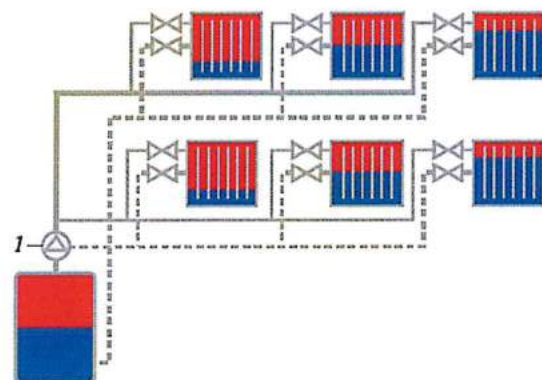


Abb. 75 - Heizungsanlage Hydraulisch nicht abgeglichen
(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.2.5 Thermostatventile

Heizkörperthermostatventile sind selbsttätige Temperaturregler, die keinen elektrischen Anschluss oder sonstige Fremdenergie benötigen. Ihre Aufgabe ist es, die Raumtemperatur individuell zu regeln und somit einen großen Beitrag zur Energieeinsparung zu leisten. Die maximale Ventilöffnung kann voreingestellt werden. Am Thermostatventilkopf stellt der Nutzer eine bestimmte Temperatur ein, die über Stufen definiert ist. Diese wird automatisch durch die Regelung des Ventils eingehalten. Die Regelgenauigkeit von Thermostatventilen wird als sogenannter Regelbereich angegeben. Das sind typisch 1 oder 2 K. Das Ventil reagiert auf Raumtemperaturerhöhungen von 1 oder 2 K mit einem vollständigen Schließen. Die gewünschte Regelgenauigkeit ist die Vorgabe für eine Heizungsplanung. Das Thermostatventil darf nicht verkleidet oder verdeckt sein. Unter bestimmten Umständen lässt sich ein Fernfühler montieren.

Sollten keine Thermostatventile im Gebäude installiert sein, müssen diese laut GEG nachgerüstet werden.

(www.meine-heizung.de,

2019)

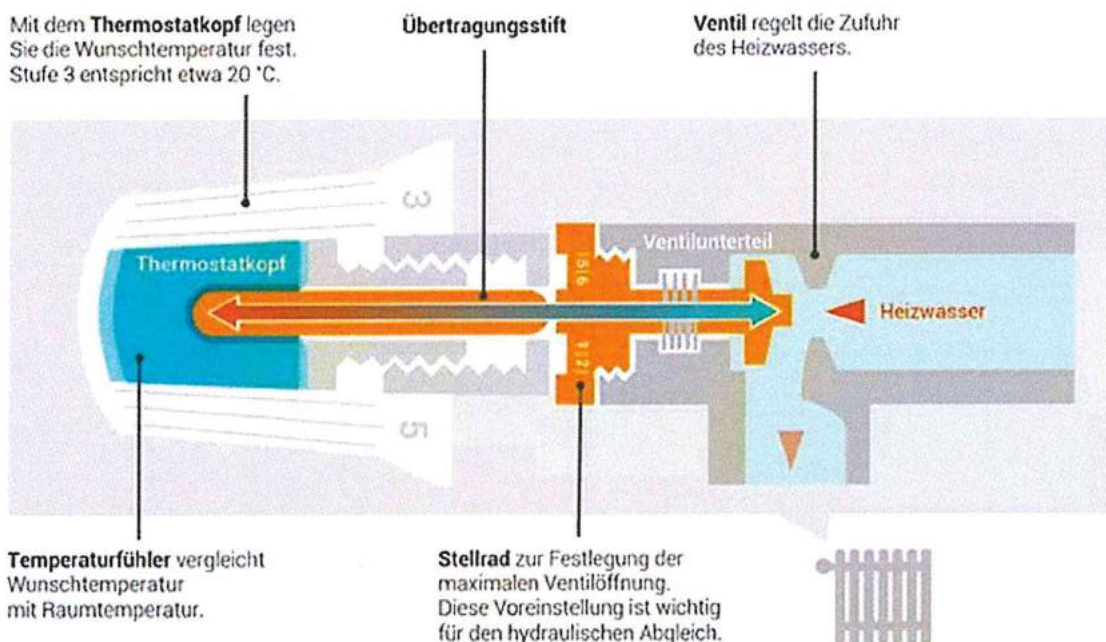


Abb. 76 - Aufbau Thermostatventil (www.meine-heizung.de, 2019)

2.3.2.6 Dämmen von Rohrleitungen und Speichern

Sollten bei der Bestandsaufnahme ungedämmte Rohrleitungen oder Speicher bei der Heizungsanlage zum Vorschein gekommen sein, sollten diese wenn möglich nachträglich gedämmt werden, da diese wesentlich höhere Temperaturen gegenüber den Umgebungsräumen führen und dementsprechend hohe Verluste aufweisen können. Vor allem dann, wenn Zirkulationsleitungen vorhanden sind sollten diese Leitungen gedämmt werden. Dabei ist auf eine sorgfältige und lückenlose Dämmung zu achten, insbesondere an Armaturen, Pumpen und Anschlüssen.

2.3.2.7 Zusammenfassung der Optimierungsmaßnahmen

In der nachfolgenden Tabelle werden die erläuterten Optimierungsmaßnahmen wieder zusammengefasst:

Anlagenkomponente	Sanierungsmaßnahme
Wärmeerzeuger/ Kessel	-Regelung der Betriebstemperaturen -Nachtabenkung aktivieren
Speicher	-Dämmung des Speichers
Verteilung/ Leitungsnetz	-Dämmung der Rohrleitungen -Hydraulischer Abgleich
Pumpen	-Regeleinstellungen -Austausch der Pumpen -Hydraulischer Abgleich
Heizkörper	-Austausch der Ventile

Tab. 32 - Zusammenfassung Optimierungsmaßnahmen (Florian Holzer)

2.3.3 Austausch Wärmeerzeuger

In diesem Kapitel wird auf den Austausch eines Wärmeerzeugers eingegangen, wenn in der Beurteilung der Bestandanlage festgestellt wurde, dass diese, aus zuvor genannten Gründen ausgetauscht werden soll.

Wenn die komplette Bestandanlage getauscht wird, ergibt sich die Möglichkeit, neue technische Anlagenkomponenten hinzuzufügen und die technische Ausstattung des Objektes zu verändern und anzupassen. Hier stellt sich dann auch oft die Frage des passenden Energieträgers, falls dieser neu gewählt werden kann. Ebenso ist es sinnvoll immer auch die Möglichkeit der Integration von regenerativen Energien zu berücksichtigen.

In keinem Fall sollte ohne vorherige genaue Betrachtung oder Berechnung die neue Anlage ausgelegt werden. Für die korrekte Dimensionierung der Heizungsanlage muss eine Berechnung nach DIN EN 12831 durchgeführt werden.

Man sieht schon hier, dass die Auswahl des richtigen Systems von mehreren Faktoren und Randbedingungen abhängt. Auf einige Punkte wird nachfolgend eingegangen.

2.3.3.1 Anlagentechnik Zentral oder Dezentral

Ob eine neue Anlage zentral oder dezentral eingebaut werden soll, hängt von der bestehenden Anlage ab. Unter anderem auch in welchem Maße in die Gebäudesubstanz eingegriffen werden kann bei der Sanierung.

In den meisten Fällen sind zentrale Heizungsanlagen mit integrierter Warmwasserbereitung dezentralen Systemen vorzuziehen, da hier der Nutzungsgrad höher ist und eine thermische Solaranlage besser integrierbar ist.

Wenn ein dezentrales System im Bestand vorhanden ist, ist es meist nur mit sehr großem Aufwand umsetzbar ein zentrales System zu realisieren. Das lohnt sich meist nur, wenn das Gebäude im großen Umfang saniert werden soll. Sollte das nicht der Fall sein, empfiehlt sich eine kombinierte dezentrale Heizung mit Warmwasserbereitung.

2.3.3.2 Auswahl des Energieträgers

Die Auswahl des richtigen Energieträgers ist eine wichtige Entscheidung und ist in vielen Fällen möglich. Nur in wenigen Fällen ist ein Objekt an einen Energieträger gebunden. Diese Wahl beeinflusst auch maßgeblich die Wahl der Anlagentechnik und deswegen sollte sie nur im Zusammenhang getroffen werden.

Folgenden Faktoren sind bei der Auswahl zu berücksichtigen:

- **Verfügbarkeit**

Hier ist zu prüfen, ob der gewünschte Energieträger lokal überhaupt verfügbar ist. Im Gegensatz zu Heizöl, Holz oder Holzpellets, welche in der Regel überall verfügbar sind, sind leitungsgebundene Energieträger (Erdgas, Fernwärme) nur dort verfügbar, wo auch deren Leitungen verlegt sind.

- **Platzbedarf**

Die Lagerstätten eines Energieträgers haben bei den einzelnen Anlagensystemen einen unterschiedlichen Platzbedarf. Da die Dimensionierung des Lagerraums abhängig ist vom Wärmebedarf des Gebäudes, muss hier entschieden werden, ob der verfügbare Platz für den gewünschten Energieträger ausreichend ist.

- **Energiepreissteigerung**

Eine Vorhersage über eine Preissteigerung für einen bestimmten Energieträger ist schwierig zu treffen. Es empfiehlt sich zur Prognose, Werte aus der Vergangenheit hinzuzuziehen. Entscheidend für die Kostenentwicklung ist zudem, ob ein Energieträger endlich ist (fossile Brennstoffe), ob politische Entwicklungen Einfluss haben können oder ob es zum Beispiel eine Förderung zum Ausbau bestimmter Energieträger gibt.

- **Handhabung**

Man unterscheidet hier zwischen leitungsgebundenen oder leitungsungebundenen Energieträger. Leitungsgebundene Energieträger können ohne Aufwand geliefert werden, wobei leitungsungebundene Energieträger bei der Lieferung in der Regel einen erhöhten Aufwand erfordern.

- **Umweltbelastung**

Dieser wichtige Punkt gewinnt immer mehr an Bedeutung und hier gibt es erhebliche Unterschiede in Bezug auf die Umweltbelastung. Hier muss der Primärenergieeinsatz in die Beurteilung eine Rolle spielen. Vor allem die CO_2 -Emissionen können bei den Energieträgern sehr unterschiedlich sein.

2.3.4 Arten von Wärmeerzeuger

Es gibt eine Vielzahl von Wärmeerzeugern die zu Auswahl stehen. Welches System das passende ist muss im Einzelfall betrachtet werden. Nachfolgend werden die gängigsten Systeme aufgelistet.

2.3.4.1 Niedertemperaturkessel

Niedertemperaturkessel sind Kessel, die ihre Temperaturen an die Außentemperatur anpassen können. Niedertemperaturkessel werden mit Vorlauftemperaturen zwischen 45 °C (milde Außentemperaturen) und 75 °C (kalte Außentemperaturen) betrieben. Sie erreichen Wirkungsgrade von 90 bis 95 Prozent, wohingegen die alter Standardheizkessel bei ca. 80 Prozent liegen. Da moderne Brennwertkessel mit noch geringeren Temperaturen auskommen und wesentlich effizienter sind, sollten Niedertemperaturkessel zur Verbrennung von fossilen Energieträgern heute nur noch da eingesetzt werden, wo hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden. Dies kann der Fall sein, wenn der Wärmebedarf des Gebäudes nicht durch Dämmmaßnahmen verringert werden kann, die Heizkörper für geringe Vorlauftemperaturen zu klein sind und nicht ausgetauscht werden können.

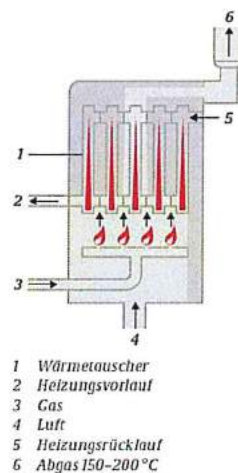


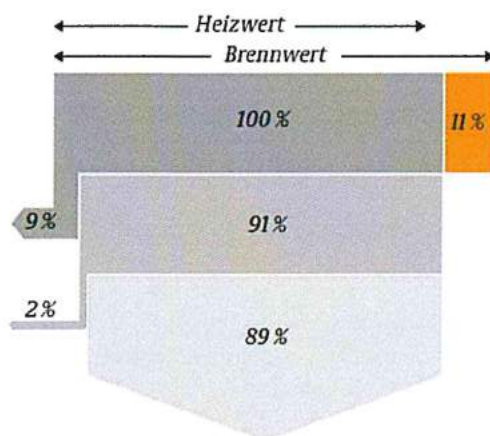
Abb. 77 - Niedertemperaturkessel
(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.4.2 Brennwertkessel

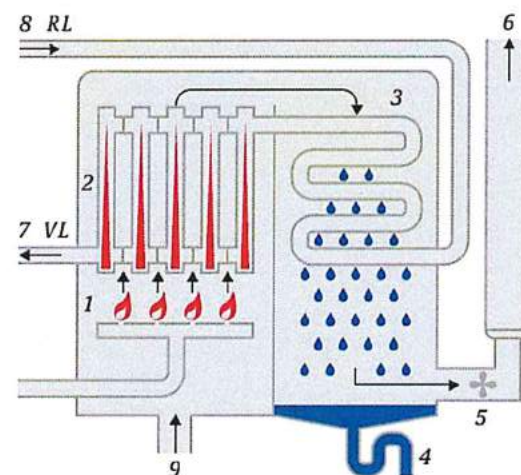
Brennwertkessel nutzen im Vergleich zu den herkömmlichen Kesseln die Energie des Brennwertnutzens. Hier wird aus den Abgasen in einem nachgeschalteten Wärmetauscher durch Kondensation die Energiemenge zusätzlich genutzt, die sonst über den Schornstein verloren gehen würde. Die Abgastemperaturen bei diesem System liegen in der Regel bei 50 bis 60 °C.

Brennwertkessel weisen einen Wirkungsgrad von bis zu 105 Prozent auf. Der Wirkungsgrad kann hier über 100 Prozent liegen, da er auf den unteren Heizwert bezogen wird.

Der untere Heizwert beinhaltet nur den bei vollständiger Verbrennung des Energieträgers bezifferten Energiegehalt, und zwar ohne die zusätzliche Energiemenge, die im sogenannten oberen Heizwert enthalten ist und die durch Kondensation nutzbar gemacht wird. Im Schornstein anfallendes Kondensat muss darüber hinaus abgeführt werden.



- 9 % Abgasverluste
- 2 % Abstrahlungs- und Betriebsbereitschaftsverluste
- Wärmeenergie im Abgas, die bei konventionellen Kesseln nicht nutzbar gemacht werden kann



- 1 Brenner
- 2 1. Wärmetauscher
- 3 2. Wärmetauscher
- 4 Kondensatablauf
- 5 Abgasgebläse
- 6 Abgasleitung
- 7 Heizungsvorlauf
- 8 Heizungsrücklauf
- 9 Kesselzuluft

Abb. 79 - Brennwertnutzung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015) Abb. 78 - Brennwertkessel (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.4.3 Holzpelletskessel

Eine Pelletheizung ist eine Heizung, in deren Heizkessel Holzpellets vergast werden. Dabei wird Wärmeenergie abgegeben. Es werden Wirkungsgrade von 95 Prozent erzielt. Holz hat den Vorteil, ein nachwachsender Rohstoff zu sein, der im Laufe seines Lebens das CO₂ aufnimmt, das bei der Verbrennung wieder freigesetzt wird. Holz ist deshalb als Brennstoff CO₂-neutral.

Pellets sind kleine zylinderförmige Presslinge, die aus naturbelassenen Holzresten gepresst werden.

Die Lagerstätte der Pellets muss trocken sein, damit diese keine Feuchtigkeit aufnehmen können. Lagerräume können vorgefertigte Sacksilos oder spezielle extra angefertigte Konstruktionen sein. Die meisten Kessel arbeiten vollautomatisch und werden von Förderschnecken oder Saugeinrichtungen eigenständig mit den Pellets befüllen. Das Lager sollte so groß ausgeführt sein, dass nur einmal im Jahr eine Pelletslieferung erforderlich ist, da jede Anlieferung Zusatzkosten und CO₂-Belastung verursacht. Einzelöfen die von Hand befüllt werden müssen, sind ebenso auf dem Markt erhältlich.

2.3.4.4 Wärmepumpe

Wärmepumpen sind in mehreren Ausführungen erhältlich. Die für Wohngebäude eingesetzte Wärmepumpe ist meist eine Kompressionswärmepumpe. Eine Wärmepumpe nutzt die in der Umwelt gespeicherte thermische Energie, um Gebäude zu erwärmen. Anders als bei herkömmlichen Heizungen funktioniert das jedoch nicht durch eine Verbrennung, sondern über einen komplizierten technischen Prozess (umgekehrter Kreisprozess). Vereinfacht kann man sagen, dass eine Wärmepumpe ähnlich wie ein Kühlschrank arbeitet nur eben in der umgekehrten Reihenfolge. Sie nimmt Wärme auf geringem Temperaturniveau auf und gibt diese auf hohem Temperaturniveau wieder ab. Der Einsatz von Wärmepumpen ist nur dann effizient möglich, wenn die Temperaturspreizung zwischen Wärmequelle und Heizsystem möglichst gering ist.

Folgende Randbedingungen sollten bei einer Wärmepumpe erfüllt sein:

- **Das Gebäude sollte gut gedämmt sein**
Nur wenn das Gebäude gut gedämmt ist, können die Temperaturen der Heizkreise niedrig eingestellt werden. Ansonsten wären die Wärmeverluste hier zu hoch.
- **Temperaturniveau der Wärmequelle**
Ein ausreichend hohes Temperaturniveau der Wärmequellen muss gegeben sein. Die Wahl des Systems hat auch direkten Einfluss auf das Temperaturniveau der Wärmequelle (Luft, Erdreich, Grundwasser). Diese Randbedingungen müssen im Vorfeld genau betrachtet werden.
- **Betrieb über Flächenheizung**
Die Wärmepumpe sollte über Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizungen) betrieben werden. Durch eine größere Fläche werden geringere Vorlauftemperaturen ermöglicht.

Alle drei Anforderungen sind bei Bestandsgebäuden oft schwer einzuhalten, sodass bei einer Sanierung genau geprüft werden muss, ob der effiziente Einsatz einer Wärmepumpe tatsächlich möglich ist.

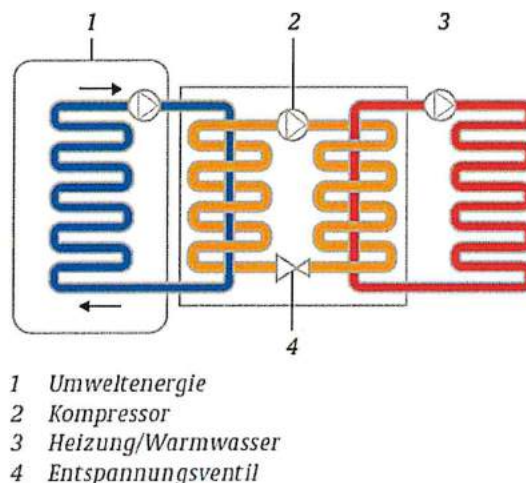
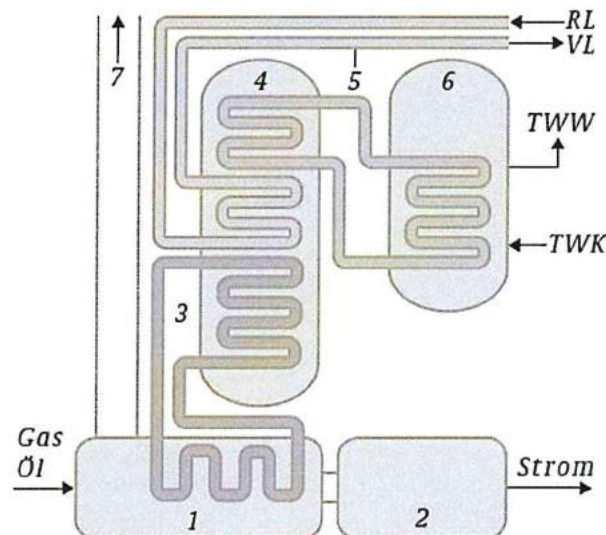


Abb. 80 - Wärmepumpenprinzip (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.4.5 Blockheizkraftwerk (BHKW)

Ein Blockheizkraftwerk oder BHKW erzeugt Strom und Wärme gleichzeitig. Es besteht vereinfacht aus einem Motor sowie einem Generator und kann mit Erdgas, Flüssiggas, als Gas-Blockheizkraftwerk oder mit Heizöl als Öl-Blockheizkraftwerk betrieben werden. Über diesen Generator wird Wechselstrom erzeugt. Die Abwärme des Motors wird gleichzeitig zum Heizen verwendet. Somit wird neben der elektrischen Energie auch die entstehende Wärme genutzt. Hier spricht man dann von der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung.

Im Wohngebäudebereich werden in der Regel Mini-BHKWs eingesetzt, die eine elektrische Leistung zwischen 5 und 30 kW haben und in einem Fertigmodul geliefert und montiert werden. Da dieses System sehr hohe Investitionskosten aufweist, ist hier im Einzelfall zu prüfen, ob sich der Einsatz lohnt.



- 1 Verbrennungsmotor/Gasturbine
- 2 Generator
- 3 Motor-Kühlkreislauf
- 4 Heizungs- und Trinkwasserwärmetauscher/
Pufferspeicher
- 5 Heizungskreislauf (VL/RL)
- 6 Trinkwasserspeicher
- 7 Abgasabführung

Abb. 81 - Aufbau BHKW (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.5 Weitere Anlagenkomponenten

Neben den Wärmeerzeugern an sich, spielen auch weitere Anlagenkomponenten eine wichtige Rolle, welche in das Gesamtsystem integriert werden können.

Die wichtigsten werden folgend aufgelistet.

2.3.5.1 Speichersysteme

Sowohl für die Trinkwasserbereitung als auch für den Heizkreislauf werden heute verstärkt Speichersysteme in Form von Warmwasserspeicher eingesetzt. Sollte eine thermische Solaranlage geplant sein, ist ein Speichersystem notwendig. Ein Speichersystem lohnt sich aber auch ohne eine thermische Solaranlage. Mit Hilfe eines Speichersystems können die Taktzeiten der Heizung reduziert werden, so dass die Heizung gleichmäßiger ausgelastet ist. Ein kontinuierlicher Betrieb verringert die Schadstoffemissionen und wirkt sich günstig auf den Wirkungsgrad der Heizung aus.

Da es sehr viele unterschiedliche Systeme auf dem Markt gibt, kann hier nicht auf jedes System eingegangen werden. Im folgenden Abschnitt werden nur die gängigsten Systeme aufgeführt.

2.3.5.2 Pufferspeicher

Pufferspeicher dienen zur Speicherung überschüssiger Energien von Wärmeerzeugern, wie Heizungen oder Wärmepumpen. Durch diese Speicherung ist es möglich, Wärmeenergie zu nutzen, ohne zeitgleich einen Wärmeerzeuger zu betreiben. Das senkt Betriebskosten und erhöht zugleich den Wirkungsgrad.

2.3.5.3 Warmwasserspeicher

Warmwasserspeicher sorgen bei autarker Warmwasserversorgung für eine oder mehrere Entnahmestellen für warmes Wasser. Sie besitzen einen mit Strom oder Gas beheizten Speicher. Besteht eine Koppelung zur zentralen Warmwasserversorgung an einen Wärmeerzeuger, so kommen indirekt beheizte Wasserspeicher zum Einsatz.

2.3.5.4 Bivalenter Warmwasserspeicher

Der bivalente Wasserspeicher wird meist bei der Nutzung einer Solaranlage eingesetzt und besitzt zwei Wärmetauscher. Der sich im unteren Teil befindende Wärmetauscher bekommt seine Energie von der Solaranlage, der obere vom konventionellen Heizsystem.

Reicht durch Witterungsbedingungen oder andere Umstände die Energie der Solaranlage nicht aus, um das Wasser entsprechend zu erwärmen, so kann die Erwärmung mithilfe des Heizkessels erfolgen.

2.3.5.5 Kombispeicher

Ein Kombispeicher besteht aus zwei Teilen: einem Pufferspeicher, der die überschüssige Energie von Wärmeerzeugnissen abspeichert und einem Warmwasserspeicher, der im oberen Bereich des Pufferspeichers integriert ist. In manchen Fällen kann anstelle des Warmwasserspeichers eine Heizspirale eingebaut sein. Hier wird das Wasser beim Durchlaufen erhitzt und bereitgestellt.

2.3.5.6 Solarspeicher

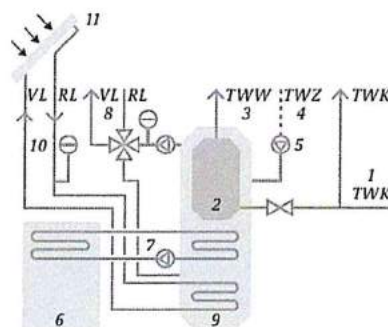
Solarspeicher sind dazu da die Energie der Sonne abzuspeichern, um die Warmwasserbereitung oder Heizung des Hauses auch dann zu garantieren, wenn die Sonne nicht scheint. Unterstützt die Solaranlage nur die Heizung eines Hauses/Wohnung, so benutzt man einen Pufferspeicher, um die Wärme zu speichern. Soll mit der Sonnenenergie das Trinkwasser erwärmt werden, wird meistens ein bivalenter Warmwasserspeicher verwendet, der zusätzlich mit einem zweiten Wärmeerzeuger verbunden werden kann. Bei einer Nutzung beider Optionen bietet sich ein Solar-Kombispeicher an.

2.3.5.7 Thermische Solaranlage

Eine thermische Solaranlage gehört mittlerweile zum Standardbild auf den Dächern. Sie dient zur Warmwasser- und Heizungsunterstützung. Über sogenannte Flach- oder Röhrenkollektoren wird das Licht der Sonne in Wärmeenergie umgewandelt und mittels einer Pumpe durch das Kreislaufsystem zu einem Wärmespeicher transportiert.

Der Vorteil einer Thermischen Solaranlage ist, dass sie meist leicht in ein bestehendes System integriert werden kann. Die Montage der Kollektoren kann auf dem Schräg- oder Flachdach erfolgen aber ebenso auch an der Fassade. Der optimale Aufstellwinkel liegt in unseren Breiten zwischen 45 und 60°, je nach Himmelsrichtung, Größe und Verwendung der Anlage. Die optimale Himmelsrichtung ist Süden. Aus diesem Grund, bestimmt die Ausrichtung der Anlage zum Sonnenverlauf maßgeblich deren Wirkungsgrad.

Die Dimensionierung der Anlage hat direkten Einfluss auf die solare Deckungsrate. Bei Anlagen zur Warmwasserbereitung kann eine Solaranlage ca. 60% Jahresanteil beisteuern, bei Anlagen mit Heizungsunterstützung ca. 20%. Je geringer der Heizwärmebedarf des Gebäudes ist, umso größere Deckungsraten sind möglich. Diese Einsparung muss mit den Investitionskosten ins Verhältnis gesetzt werden. Die Größe der Kollektorflächen der Solaranlage ist abhängig von der verfügbaren Aufstellfläche und der Personenanzahl, welche diese Anlage nutzen.



- 1 Trinkwasser (kalt) (TWK), Zusp eisung
- 2 Trinkwasserspeicher (warm)
- 3 Trinkwasser (warm) (TWW)
- 4 Trinkwasserzirkulation (TWZ)
- 5 Zirkulationspumpe
- 6 Heizkessel
- 7 Speicherladepumpe
- 8 Heizungskreislauf
- 9 Heizungspufferspeicher
- 10 Solarkreislauf
- 11 Kollektorfläche

Abb. 82 - Einbindung Solaranlage (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.5.8 Mechanische Lüftungsanlagen

Reicht die natürliche Lüftung (Kapitel „Luftdichtheit 2.2.6“) für den notwendigen Luftwechsel nicht aus, kommt eine mechanische bzw. maschinelle Lüftung zum Einsatz. Sie sorgt mit gezielter Luftführung unabhängig von äußeren Einflüssen für den geforderten Luftwechsel im Raum, Wohnung oder im Gebäude. Wegen der zunehmend luftdichten Bauweise kommt die mechanische Lüftung immer öfter zum Einsatz. Es gibt verschiedenste Möglichkeiten eine mechanische Lüftung zu realisieren. Die relevantesten für den Bereich Einfamilienhaus werden in den folgenden Abschnitten aufgelistet.

2.3.5.9 Kontrollierte Wohnraumlüftung

Bei der kontrollierten Wohnraumlüftung wird allgemein zwischen zentralen und dezentralen Systemen unterschieden. Je nach Einsatzgebiet haben beide Systeme ihre jeweiligen Vorzüge. Beide Systeme sind in der Lage, Wärme zurückzugewinnen und den Lüftungswärmebedarf dadurch deutlich zu senken. Eine grundsätzliche Unterscheidung beider Lüftungssysteme liegt im jeweiligen Aufbau. Welches Lüftungssystem letztlich zu welchem Gebäude optimal passt, muss im Einzelfall beurteilt werden.

- **Zentrale Wohnungslüftung**

Bei der zentralen Wohnungslüftung versorgt ein einziges Gerät die einzelnen Räume mit Frischluft. Dazu wird ein zentrales Lüftungsgerät an die Wand oder an die Decke installiert. Über ein angeschlossenes Luftverteilsystem, das in der Regel im Fußboden- oder Deckenaufbau verlegt ist, gelangt auf der einen Seite die Zuluft in die Zulufräume (Wohn-, Kinder- oder Schlafzimmer). Auf der anderen Seite wird die Abluft aus den Ablufträumen (Küche, Bad oder WC) abgesaugt. Zentrale Systeme kommen daher überwiegend im Neubau zum Einsatz, da hier ein höherer Planungsaufwand erforderlich ist. Aber auch der Einsatz in einem Bestandsbau ist möglich, jedoch oft nur mit sehr hohem Aufwand. So kann die Anlage im Zuge einer Modernisierung zum Beispiel in einer abgehängten Decke untergebracht werden. Die zentrale Lüftungsanlage hat den großen Vorteil einer einfachen und kostengünstigen Wartung.

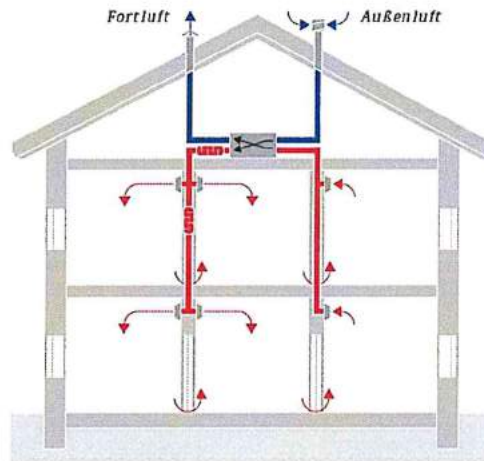


Abb. 83 - Kontrollierte Wohnraumlüftung (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

- **Dezentrale Wohnungslüftung**

Im Gegensatz zum zentralen Lüftungssystem lässt sich die dezentrale Wohnungslüftung gezielt in einzelnen Räumen verbauen. Sie lässt sich mit geringem Aufwand auch nachträglich installieren und eignet sich dadurch vor allem für Bestandsbauten. Die dezentrale Lüftung kann aber auch in einem Neubau installiert werden. Diese Option ist für Mehrfamilienhäuser, bei denen nur einzelne Räume belüftet werden sollen oder in Einliegerwohnungen besonders interessant.

Nachteil dieser Variante sind unter anderem die erhöhte Geräusentwicklung, der größere Wärmeverlust, der höherer Stromverbrauch und der Mehraufwand bei der Wartung und Reinigung.

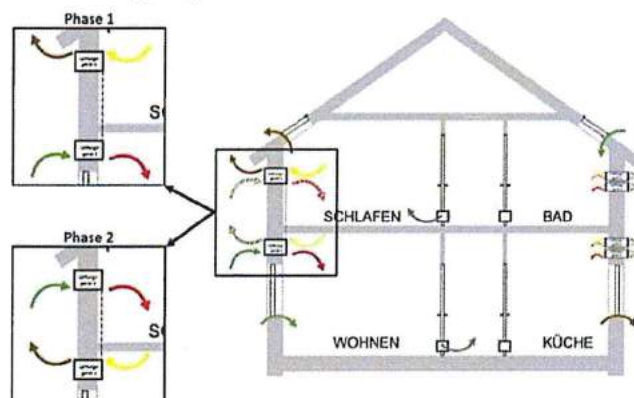


Abb. 84 - Dezentrale Wohnraumlüftung (www.recknagel-online.de, 2018)

2.3.5.10 Abluftanlage

Ein einfacher und kostengünstiger Weg bei einer Bestandssanierung eine kontrollierte Lüftung ohne Wärmerückgewinnung zu realisieren ist eine Abluftanlage. Ein wesentlicher Nachteil bei diesem System ist, dass keine Wärmerückgewinnung integriert ist, da die Wärme aus den Räumen nicht genutzt wird und lediglich abgeführt wird. Diese Anlagen dienen in erster Linie dazu, einen ausreichenden Luftwechsel sicherzustellen. Bei einer Abluftanlage wird Luft aus den geruchsbelasteten Räumen wie Bad und Küche abgesaugt und mithilfe eines Ventilators meist über das Dach abtransportiert. Frische Außenluft gelangt über Nachstromöffnungen in Wohn- und Schlafzimmer des Gebäudes. Die Nachstromöffnungen werden entweder in der Außenwand, im Fensterrahmen oder im Rollladenkasten eingebaut. Beim Einbau ist zu beachten, dass die Lüftungselemente regelmäßig zu warten sind und entsprechend zugänglich sein müssen.

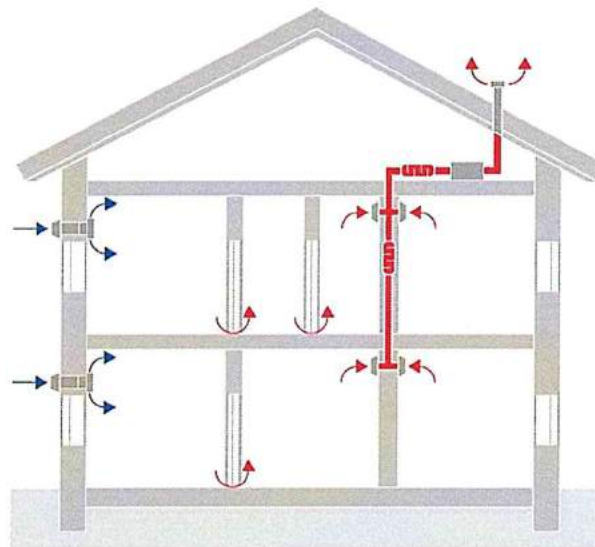


Abb. 85 - Abluftanlage (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

2.3.6 Kostenkalkulation Anlagentechnik

Wie auch bei der thermischen Gebäudehülle fallen bei der Anlagentechnik infolge einer Sanierung Kosten an.

Auch hier setzen sich die Kosten aus den Kosten die ohnehin in Zukunft fällig wären und den Kosten für die Energieeinsparung zusammen. Die Unterscheidung wurde im Kapitel „Kostenkalkulation Sanierung Thermische Hülle 2.2.7“ erläutert.

Anhaltswerte für die Sanierungskosten der Anlagentechnik sind aber nur schwer einzuschätzen, da die Kosten maßgeblich von dem Ist-Zustand (Wärmebedarf, Größe, Anzahl der Bewohner) des betrachteten Objekts abhängen. Die Dimensionierung sämtlicher Anlagenkomponenten und somit auch die Kosten, werden von dem Zustand des betrachteten Gebäudes bestimmt. Außerdem gibt es erhebliche Unterschiede in der Qualität verschiedener Systeme und deren Hersteller, welche die Kosten beeinflussen.

Folgend werden Richtwerte aufgelistet, welche aber in der Praxis stark abweichen können.

Anlagenkomponente	Kosten
Brennwertkessel	4500-7000 €
Wärmepumpe	8000-12000 €
Pelletsessel	4000-10000 €
Mini-BHKW	15000-20000 €
Zubehör Kessel	2000-6000 €
Wärmespeicher	500-3000 €
Thermische Solaranlage	4500-8000 €
Zentrale Lüftungsanlage	15000-20000 €
Dezentrale Lüftungsanlage	2000-8000 €
Abluftanlage	1500-3000 €

Tab. 33 - Anhaltswerte Kostenaufstellung Anlagentechnik (Florian Holzer)

2.4 Sanierungsvarianten erstellen

In den vorherigen Kapiteln wurden viele grundlegende Maßnahmen zur Sanierung der Thermischen Gebäudehülle und der Anlagentechnik aufgezeigt. Nun können anhand von diesen Erkenntnissen Sanierungsvarianten erstellt werden. Bevor allerdings beispielhaft auf die einzelnen Varianten eingegangen wird, muss erläutert werden, nach welchem Orientierungsmaßstab ein energetisch saniertes Gebäude bewertet wird.

2.4.1 KfW Effizienzhaus-Standard

Für energiesparende Gebäude gibt es einen Orientierungsmaßstab. Diesen bezeichnet man als KfW-Effizienzhaus-Standard. Je höher und somit besser dieser Standard ist, umso weniger Energie wird benötigt. Dieser Standard hat auch direkt Einfluss darauf, welche staatlichen Förderprogramme bewilligt werden. Das Thema der Förderungen wird aber in nachfolgenden Kapiteln detailliert behandelt.

Der KfW-Effizienzhaus-Standard setzt sich aus 2 Kriterien zusammen:

- Jahres-Primärenergiebedarf
- Transmissionswärmeverlust

Die Werte 55 bis 115 definieren die unterschiedlichen KfW-Effizienzhaus-Standards. Je kleiner der Wert ist, desto geringer ist der Energiebedarf des Gebäudes und desto mehr Förderung erhält man. Als Referenz dient ein KfW-Effizienzhaus 100, das den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) entspricht.

Im Vergleich zum Referenzgebäude des GEG benötigt das Effizienzhaus 55 nur 55 % der Primärenergie. Zudem liegt der Transmissionswärmeverlust bei nur 70 %. Der bauliche Wärmeschutz ist somit um 30 % besser.

Effizienzhaus-Standard	Primärenergiebedarf	Transmissions-Wärmeverlust
KfW-Effizienzhaus 55	55%	70%
KfW-Effizienzhaus 70	70%	85%
KfW-Effizienzhaus 85	85%	100%
KfW-Effizienzhaus 100	100%	115%
KfW-Effizienzhaus 115	115%	130%

Tab. 34 - KfW Effizienzhaus-Standards (www.kfv.de, 2021)

2.4.2 Beispielvarianten

Die Varianten sollten, um das Erreichen des abgestimmten Sanierungsziels sicherstellen zu können, aufeinander aufbauen.

In der Regel werden hier eine Low-Budget, Mid-Budget und eine High-Budget Variante erstellt. Dies bedeutet, dass man zuerst kostengünstige Maßnahmen vorschlägt, auf die kostenintensive Maßnahmen folgen. So kann der Eigentümer, in Abhängigkeit zu seinem Budget, seine Entscheidung treffen.

Dies kann jedoch auch abweichen und ist stark abhängig von dem betrachteten Objekt. Sollten bestimmte Maßnahmen ohnehin anstehen oder gefordert werden, empfiehlt sich hier die Varianten darauf abzustimmen.

In den folgenden Abschnitten wird anhand einer Low-Budget, Mid-Budget und eine High-Budget Variante beispielhaft veranschaulicht, welche Maßnahmen umgesetzt werden könnten.

Dies soll lediglich als Beispiel zur Veranschaulichung der einzelnen Varianten dienen und ist keine Vorgabe. Die Sanierungsmaßnahmen zu jeder Variante müssen auf jedes Gebäude einzeln abgestimmt werden.

2.4.2.1 Low-Budget-Variante

Das Ziel in dieser Variante ist es, mit möglichst geringe Investitionskosten den energetischen Zustand des Hauses zu verbessern. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn dem Eigentümer nur ein sehr geringes Budget zur Verfügung steht, dieser aber dennoch sein Haus oder seine Wohnung energetisch verbessern möchte. In der Regel besitzen diese Maßnahmen eine geringe Amortisationsdauer und deren Nutzen macht sich schnell bezahlt. Des Weiteren ist diese Variante bei Eigentümer beliebt, die einen gewissen Anteil an Eigenleistung mit einbringen wollen, da die möglichen Sanierungsmaßnahmen in dieser Variante leicht umzusetzen sind.

Folgend werden **beispielhaft** kostengünstige Sanierungsmaßnahmen erläutert:

Thermische Gebäudehülle

- Dämmung der Heizkörpernischen von innen
- Dämmung der Rollladenkästen und deren Fugen verschließen
- Dämmung von rausragenden Balkonplatten
- Beseitigung von lokalen Wärmebrücken und Luftundichtigkeiten
- Austausch der Fenster und Tüрдichtungen
- Bauteilverbindungen nachträglich dämmen

Anlagentechnik

- Ergänzung voreinstellbarer Thermostatventile
- Hydraulischer Abgleich
- Austausch Heizungspumpe
- Optimierung Heizungssteuerung
- Dämmung Rohrleitungen

2.4.2.2 Mid-Budget-Variante

Der Zweck in dieser Variante ist es, dem Eigentümer ein Sanierungskonzept im mittleren Investitionsbereich vorzuschlagen. Diese Maßnahmen sind oft schon mit einem höheren Aufwand verbunden. Der energetische Nutzen ist aber weitaus effektiver als im Vergleich zur Low-Budget-Variante aber die Amortisationsdauer in der Regel deutlich länger. Man legt hier meist den Fokus auf die Thermische Gebäudehülle oder die Anlagentechnik. Hier kommt es auf den Ist-Zustand des Gebäudes an und an welcher Stelle die größten Schwachstellen auftreten. Durchschnittliche Kfw-Standards können hier erreicht werden. Die Mid-Budget-Variante baut gewöhnlich auf der Low-Budget-Variante auf.

Folgenden Maßnahmen können hier **beispielhaft** umgesetzt werden:

Thermische Gebäudehülle

- Übernahme der Maßnahmen aus der Low-Budget-Variante
- Dämmung oberste Geschossdecke
- Dämmung Kellerdecke

Anlagentechnik

- Austausch der gesamten Anlagentechnik
Pelletskessel mit Kombispeicher zur Heizungsunterstützung und Trinkwasserbereitung
- Einbindung einer thermischen Solaranlage

2.4.2.3 High-Budget-Variante

In der High-Budget-Variante wird dem Eigentümer eine Möglichkeit aufgezeigt, das Gebäude im großen Umfang energetisch zu sanieren. Sowohl die thermische Gebäudehülle als auch die Anlagentechnik werden hier meistens umfangreich saniert. Häufig ist die Mid-Budget-Variante in dieser Variante integriert.

Der Primärenergiebedarf wird hier in der Regel erheblich gesenkt und in der Folge werden hier gute Kfw-Standards erreicht. Gewöhnlich ist die Amortisationsdauer im Vergleich zu den anderen beiden Varianten weitaus länger.

Folgenden Maßnahmen können hier **beispielhaft** umgesetzt werden:

Thermische Gebäudehülle

- Übernahme der Maßnahmen aus der Mid-Budget-Variante
- Austausch Fenster und Türen
- Anbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems
- Dämmung des Daches

Anlagentechnik

- Austausch der gesamten Anlagentechnik
Pelletkessel mit Kombispeicher zur Heizungsunterstützung und Trinkwasserbereitung
- Einbindung einer thermischen Solaranlage

2.4.3 Variantenvergleich

Sind alle Sanierungsvarianten erstellt, sollte eine Variantenübersicht erstellt werden. Die Aufgabe der Variantenübersicht ist es, alle Varianten in sämtlichen Faktoren zu vergleichen. So erhält der Eigentümer eine wesentlich bessere und transparentere Übersicht, welche ihm leichter zur Entscheidung verhelfen kann. Hierzu sollen Faktoren wie der Primärenergiebedarf, Transmissionswärmeverluste, Brennstoffkosten, Endenergiebedarf und die Co² Emissionen in den Vergleich einbezogen werden.

3 Förderungen und Wirtschaftlichkeit

3.1 Förderungen

” Förderung für energetische Sanierung 2021

Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)						Steuerbonus
BEG EM Förderung für einzelne Sanierungsmaßnahmen			BEG WG Förderung für die Sanierung zum Effizienzhaus			
BEG EM Zuschuss	BEG EM Kredit		BEG WG Zuschuss	BEG WG Kredit		Steuerbonus für die Sanierung
BAFA	KfW		KfW		KfW	Finanzamt
Seit 1.1.2021	Bis 30.6.2021 Programm Energieeffizient Sanieren Kredit 151, 152	Ab 1.7.2021 Programm Wohngebäude Kredit 261, 262	Bis 30.6.2021 Programm Energieeffizient Sanieren Investitionszuschuss 430	Ab 1.7.2021 Programm Wohngebäude Zuschuss 461	Bis 30.6.2021 Programm Energieeffizient Sanieren Kredit 151, 152	Ab 1.7.2021 Programm Wohngebäude Kredit 261, 262
						Seit 1.1.2020

Abb. 86 - Förderung Energetische Sanierung (<https://www.energie-fachberater.de>, 2021)

Zu Beginn des Themas Förderungen gibt es ein paar Allgemeinheiten zu klären.

In diesem Leitfaden geht es um die aktuellen Förderungsmöglichkeiten die sich höchstwahrscheinlich nach dem 1.7.2021 bis zum 31.12.21 nicht mehr ändern werden.

Am 1.7.21 ändern sich Förderprogramme der KfW die in diesem Leitfaden zusätzlich behandelt werden.

3.1.1 Fördermöglichkeiten durch BAFA

Durch die Behörde können Zuschüsse beantragt werden, die zu einer Verbesserung der Effizienz des Gebäudes führt. Durch die BAFA gibt es reine Bezuschussung und nicht die Möglichkeit auf einen Kredit wie z.B. bei der KfW.

Förderprogramme sind teilweise kombinierbar.

Die maximalen Investitionskosten pro Wohneinheit sind 60.000€.

Das bedeutet bei einem großen Gebäude das nur als einzelne Wohneinheit genutzt wird, sind hier sehr geringe Fördersummen möglich. Wenn das Gebäude allerdings zu einem Mehrfamilienhaus oder einem Haus aus 2-3 Wohneinheiten umgebaut wird scheint die Möglichkeit sehr lukrativ.

Zusätzlich sollte man erwähnen, dass die Fördermöglichkeiten bei einer Sanierung von Öl-Heizung auf Pellet-Heizung ziemlich hoch sind, mit einem Fördersatz von bis zu 45%.

Die weiteren Fördersätze in der Tabelle:

Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	Fördersatz mit Austausch Ölheizung	Fachplanung und Baubegleitung
Gebäudehülle ¹⁾	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschosdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	20 %		50 %
Anlagentechnik ¹⁾	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	20 %		
Heizungsanlagen ¹⁾	Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“	20 %	20 %	
	Gas-Hybridanlagen	30 %	40 %	
	Solarthermieanlagen	30 %	30 %	
	Wärmepumpen	35 %	45 %	
	Biomasseanlagen ²⁾	35 %	45 %	
Innovative Heizanlagen auf EE-Basis	35 %	45 %		
EE-Hybridheizungen ²⁾	35 %	45 %		
Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz	mind. 25 % EE	30 %	40 %	
	mind. 55 % EE	35 %	45 %	
Heizungsoptimierung ¹⁾		20 %		

¹⁾ iSFP-Bonus: Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplanes (iSFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

²⁾ Innovationsbonus: Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m³ ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

3.1.2 Fördermöglichkeiten der KFW

Diese Förderbank unterstützt die energetische Sanierung auf zwei Arten.

➡ Günstige Kredite + Tilgungszuschuss (151/152/261/262/167)

➡ Zuschüsse (Förderprogramm:430/431/461)

● Neue Förderprogramme ab dem 1.7.2021

Um die Förderungen der KFW in Anspruch nehmen zu können müssen gewisse U-Werte nach der Umbaumaßnahme erreicht werden. Diese Mindestwerte gelten seit 2018 und werden auch nach dem 1.7.2021 noch aktuell sein.

Dies kann auf der Offiziellen Seite der KFW spätestens nach dem 1.7.2021 nachgelesen werden.

Nachfolgend aufgelistet die U-Werte der Bauteile bzw. Konstruktionen gemäß Mindestanforderung KfW

Lfd. Nummer	Sanierungsmaßnahme	Bauteile	Maximaler U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$
1.1	Wärmedämmung von Wänden	Außenwand	0,20
1.2	Wärmedämmung von Wänden	Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk	Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,035 W/(m \cdot K)$
1.3	Wärmedämmung von Wänden	Außenwände von Baudenkmalen und erhaltenswerter Bausubstanz	0,45
1.4	Wärmedämmung von Wänden	Innendämmung bei Fachwerkaußenwänden sowie Erneuerung der Ausfachungen	0,65
1.5	Wärmedämmung von Wänden	Wandflächen gegen unbeheizte Räume	0,25
1.6	Wärmedämmung von Wänden	Wandflächen gegen Erdreich	0,25
2.1	Wärmedämmung von Dachflächen	Schrägdächer und dazugehörige Kehlbalkenlagen	0,14
2.2	Wärmedämmung von Dachflächen	Dachflächen von Gauben	0,20
2.3	Wärmedämmung von Dachflächen	Gaubenwangen	0,20
2.4	Wärmedämmung von Dachflächen	Flachdächer	0,14
2.5	Wärmedämmung von Dachflächen	Alternativ bei Baudenkmalen und erhaltenswerter Bausubstanz höchstmögliche Dämmschichtdicke	Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,040 W/(m \cdot K)$
3.1	Wärmedämmung von Geschossdecken	Oberste Geschossdecken zu nicht ausgebauten Dachräumen	0,14
3.2	Wärmedämmung von Geschossdecken	Kellerdecken, Decken zu unbeheizten Räumen	0,25
3.3	Wärmedämmung von Geschossdecken	Geschossdecken nach unten gegen Außenluft	0,20
3.4	Wärmedämmung von Geschossdecken	Bodenflächen gegen Erdreich	0,25
4.1	Erneuerung von Fenster und Fenstertüren	Fenster, Balkon- und Terrassentüren mit Mehrscheibenisolierverglasung	0,95
4.2	Erneuerung von Fenster und Fenstertüren	Barrierearme oder einbruchhemmende Fenster, Balkon- und Terrassentüren	1,1
4.3	Erneuerung von Fenster und Fenstertüren	Ertüchtigung von Fenstern und Kastenfenstern sowie Fenster mit Sonderverglasung	1,3
4.4	Erneuerung von Fenster und Fenstertüren	Dachflächenfenster	1,0
4.5	Erneuerung von Fenster und Fenstertüren	Austausch von Fenstern an Baudenkmalen oder erhaltenswerter Bausubstanz	1,4 bei echten glasteilenden Sprossen: $1,6 W/(m^2 \cdot K)$
4.6	Erneuerung von Fenster und Fenstertüren	Ertüchtigung von Fenstern an Baudenkmalen oder erhaltenswerter Bausubstanz	1,6
5.1	Hauseingangstüren	Außentüren beheizter Räume	1,3

Tab. 35 – U-Werte Mindestanforderungen nach KfW (www.kfw.de, 2021)

3.1.3 Zuschussprogramme:

3.1.3.1 Konditionen Förderprogramm 430:

Maßnahme	Investitionszuschuss in %	Geförderte Kosten je Wohneinheit
KFW-Effizienzhaus 55	40% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 48.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 70	35% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 42.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 85	30% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 36.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 100	27,5% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 33.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 115	25% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 30.000 Euro
KFW-Effizienzhaus Denkmal	25% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 30.000 Euro

Tab. 36 - Konditionen Förderprogramm 430 (www.kfw.de, 2021)

3.1.3.2 Konditionen Förderprogramm 431:

Kann nur mit Förderprogramm 430 o. 151/152 beantragt werden.

Für die Kosten von qualifizierten Baubegleitern:

- max. 4000 € Zuschuss
- max. 50% der Beraterkosten

3.1.3.3 Gültig ab dem 1.7.2021

Konditionen Förderprogramm 461

Wie hoch der Zuschuss ist, hängt davon ab, wie energieeffizient die sanierte Immobilie ist und wie hoch Ihre förderfähigen Kosten sind. Erreichen Sie eine Effizienzhaus-Stufe, wird hier das Gebäude bis zu einer Höhe von 120.000 Euro förderfähigen Kosten je Wohneinheit.

Die max. förderfähigen Kosten für ein Effizienzhaus steigen auf 150.000 Euro je Wohneinheit, wenn die Immobilie

- zusätzlich die Kriterien für eine Erneuerbare-Energien-Klasse erreicht.

Die höheren Förderungen für die Erneuerbare-Energien-Klasse können in Anspruch genommen werden, wenn durch die neu eingebaute Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energie mindestens 55% des Energiebedarfs des Gebäudes gedeckt wird. Bei der Sanierung zum Effizienzhaus muss die neue Heizungsanlage zum Bestandteil der Sanierung sein, um die Förderung zu erhalten.

Erreichen Sie die Effizienzhaus-Stufe im Rahmen eines individuellen Sanierungsfahrplans steigt Ihr Zuschuss um 5 Prozentpunkte.

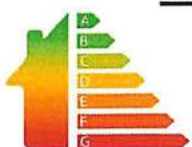
Der iSFP muss durch eine/n Expertin/en erstellt werden.

Der max. Zuschussbetrag für ein Effizienzhaus liegt bei 75.000 Euro je Wohneinheit.

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts
 Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

Effizienzhaus	Zuschuss in % je Wohneinheit	Betrag je Wohneinheit
Effizienzhaus 40	45% von max. 120.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 54.000 Euro
Effizienzhaus 40 Erneuerbare-Energien-Klasse	50% von max. 150.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 75.000 Euro
Effizienzhaus 55	40% von max. 120.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 48.000 Euro
Effizienzhaus 55 Erneuerbare-Energien-Klasse	45% von max. 150.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 67.500 Euro
Effizienzhaus 70	35% von max. 120.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 42.000 Euro
Effizienzhaus 70 Erneuerbare-Energien-Klasse	40% von max. 150.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 42.000 Euro
Effizienzhaus 85	30% von max. 120.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 42.000 Euro
Effizienzhaus 85 Erneuerbare-Energien-Klasse	35% von max. 150.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 42.000 Euro
Effizienzhaus 100	27,5% von max. 120.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 33.000 Euro
Effizienzhaus 100 Erneuerbare-Energien-Klasse	32,5% von max. 150.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 48.750 Euro
Effizienzhaus Denkmal	25% von max. 120.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 30.000 Euro
Effizienzhaus Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse	30% von max. 150.000 Euro förderfähigen Kosten	Bis zu 45.000 Euro

Tab. 37 - KfW Förderprogramm 461 (www.kfw.de, 2021)



Konditionen Förderprogramm Baubegleitung:

Immobilie	Max. förderfähige Kosten	Zuschuss
Ein - und Zweifamilienhaus, Doppelhaushälfte und Reihenhaus	10.000 Euro je Antrag und Kalenderjahr	50% bis zu 5.000 Euro
Eigentumswohnung	4.000 Euro je Antrag und Kalenderjahr	50% bis zu 2.000 Euro
Mehrfamilienhaus mit 3 oder mehr Wohneinheiten	4.000 Euro je Wohneinheit, bis zu 40.000 Euro je Antrag und Kalenderjahr	50% bis zu 20.000 Euro

Tab. 38 - Konditionen Baubegleitung (www.kfv.de, 2021)

3.1.4 Kreditprogramme

3.1.4.1 Konditionen Förderprogramm 151/152:

Maßnahme	Investitionszuschuss in %	Tilgungszuschuss in Euro je Wohneinheit
KFW-Effizienzhaus 55	40% von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag	Maximal 48.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 70	35% von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag	Maximal 42.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 85	30% von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag	Maximal 36.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 100	27,5% von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag	Maximal 33.000 Euro
KFW-Effizienzhaus 115	25% Ihrer förderfähigen Kosten von maximal 120.000 Euro	Maximal 30.000 Euro
KFW-Effizienzhaus Denkmal	25% von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag	Maximal 30.000 Euro
Einzelmaßnahme	20% von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag	Maximal 10.000 Euro

Tab. 39 - KFW Förderprogramme 151/152 (www.kfv.de, 2021)

Sollzins pro Jahr (effektiver Jahreszins)	Laufzeit	Tilgungsfreie Anlaufzeit
0,75%	4 bis 10 Jahre	1 bis 2 Jahre
0,90%	11 bis 20 Jahre	1 bis 3 Jahre
0,90%	21 bis 30 Jahre	1 bis 5 Jahre

Tab. 40 - KFW Sollzins Förderprogramm 151/152 (www.kfv.de, 2021)

3.1.4.2 Konditionen Förderprogramm 167:

Die maximale Kredithöhe beträgt 50000 € pro Wohneinheit. Dient nur zum Austausch der Heizungsanlage.

Sollzins pro Jahr (effektiver Jahreszins)	Laufzeit	Tilgungsfreie Anlaufzeit	Zinsbindung
0,78 %	4 bis 10 Jahre	1 bis 2 Jahre	10 Jahre

Tab. 41 - KFW Sollzins Förderprogramm 167 (www.kfw.de, 2021)

Der Kredit wird allerdings am 1.7.2021 wegfallen und aktuell sind keine Informationen auf der KFW Internetseite zu einem Ersatzprogramm.

3.1.4.3 Gültig ab 01.07.21

Konditionen Förderprogramm 161/162:

Laufzeit	Tilgungsfreie Anlaufzeit	Zinsbindung
4 bis 10 Jahre	1 bis 2 Jahre	10 Jahre
11 bis 20 Jahre	1 bis 3 Jahre	10 Jahre
21 bis 30 Jahre	1 bis 5 Jahre	10 Jahre

Tab. 42 - KFW Laufzeiten Förderprogramm 161/162 (www.kfw.de, 2021)

Zinssätze werden am 1.7.2021 bekannt gegeben.

Anscheinend gibt es in diesem Förderprogramm dann keine Tilgungszuschüsse mehr.
Genaueres nach dem 1.7. auf der KFW Internetseite.

3.1.5 Finanzamt/Steuerbonus

Von der Steuerschuld abgezogen werden können 20 Prozent der Aufwendungen verteilt auf drei Jahre: - je 7 Prozent im ersten und zweiten Jahr (maximal 14.000 Euro) und 6 Prozent im dritten Jahr (maximal 12.000).

Insgesamt sind Sanierungskosten in Höhe von 200.000 Euro je Haus bzw. Wohnung förderfähig.

Bei kleineren Umbauarbeiten und allgemeinen Arbeiten die von BAFA oder KFW nicht gefördert wird kann hier rauf zurückgegriffen werden. Allerdings muss man sagen, dass in unseren Sanierungsfällen meist eine der beiden sich als lukrativer erweist als der Steuerbonus.

Daher wird deshalb auch hier nicht weiter darauf eingegangen.

3.1.6 Kombination der Einzelnen Förderprogramme

Aktuell:

	BAFA	KFW 430	KFW 151/152
KFW 167	X	-	-
KFW 431	-	X	X

Tab. 43 - Kombination BAFA/KFW Aktuell (Paul Kreckel, 2021)

Gültig ab 1.7.2021:

	BAFA	KFW 461	KFW 161/162
KFW Baubegleitung	-	X	-

Tab. 44 - Kombination BAFA/KFW ab dem 1.7.2021 (Paul Kreckel, 2021)

Der Steuerbonus wird hier komplett ausgeschlossen da er nicht kombinierbar ist.

Falls einzelne Bauabschnitte noch nicht gefördert wurden kann hierfür der Steuerbonus in Anspruch genommen werden.

Da sich nach dem 1.7.2021 noch zeigen wird ob es ein Ersatzprogramm zum Programm 167 geben wird dies ebenfalls ausgeschlossen.

3.1.7 Beispiel für die Zusammensetzung der Fördersummen

3.1.7.1 BAFA:

Sanierungsmaßnahme: Dämmung Dach und Außenwände

Kosten der Umbaumaßnahme: 66.000 €

Angaben aus Tabelle: Gebäudehülle 20%/Fachplaner 50% von 3000€

Max. $60.000€ \times 0,2 = 12.000€ + 1500€ = 13.500€$

13.500€ ➡ 20,45% der Investitionssumme werden gefördert

3.1.7.2 KFW:

KFW 430:

Annahme: Erreichen eines KFW- Effizienzhauses 85

Sanierungsmaßnahme: Dämmung Dach und Außenwände; Austausch Pelletofen

Kosten der Umbaumaßnahme: 128.000€

Angabe der % aus Tabelle.

$120.000€ \times 0,3 = 36.000€$

36.000€ ➡ 28,13% der Investitionssumme werden gefördert

KFW 431:

Annahme Beraterkosten: 3000€

50% der Gesamtkosten: 1500€ Zuschuss

KFW 151/152:

Annahme: Erreichen eines KFW- Effizienzhauses 85

Sanierungsmaßnahme: Dämmung Dach und Außenwände; Austausch Pelletofen

Kosten der Umbaumaßnahme: 128.000€

Angabe aus Tabelle.

Kredithöhe: max. 120.000€

Tilgungszuschuss: 30% → 36.000€

3.1.7.3 Gültig ab dem 1.7.2021

KFW Baubegleiter:

Annahme: Einfamilienhaus

Angaben aus Tabelle.

Beraterkosten: 8000€

50% der Gesamtkosten: 4000€ Zuschuss

KFW 461:

Annahme: Erreichen eines KFW- Effizienzhauses 85 Erneuerbare-Energien-Klasse

Sanierungsmaßnahme: Dämmung Dach und Außenwände; Austausch Pelletofen

Kosten der Umbaumaßnahme: 156.000€

Angabe der % aus Tabelle. Grundvoraussetzung isFP gegeben

$150.000€ \times 0,35 = 52.500€$

5% durch Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplans.

52.500€ ➡ 33,65% der Investitionssumme werden gefördert

KFW 161/162:

Da der Tilgungszuschuss bei diesem Förderprogramm wegfällt wird hier nicht weiter darauf eingegangen.

3.2 Wirtschaftlichkeit

Im Folgenden eine kurze Einführung in das Thema.

3.2.1 Kapitalwertmethode

Die Kapitalwertmethode gehört zu den dynamischen Investitionsberechnungen und ist die am häufigsten genutzte Methode. Man kann also sagen, es ist ein finanzmathematisches Verfahren für die Investitionsrechnung.

Hier werden alle Zahlungen, die in Verbindung mit der Investition stehen innerhalb eines Zeitraumes differenziert berücksichtigt.

Der sogenannte Kapitalwert gibt dann die Vorteilhaftigkeit in einem Wert an. Der Kapitalwert umfasst dabei alle Ein- und Auszahlung zu einem Investitionsobjekt. Die Erfassung erfolgt auf einen Zeitpunkt abgezinst. Die eigentlichen Investitionsausgaben als auch ein möglicher Liquidationserlös zählen auch zu den Ein- und Auszahlungen.

Hier werden alle Zahlungen auf einen gleichen Zeitpunkt bezogen, um die Vorteilhaftigkeit der Investition festzustellen. Dies ist in den meisten Fällen der Anfangszeitpunkt der eigentlichen Investition, dieser wird als Kalkulationszeitpunkt bezeichnet.

Die Abzinsung für den Kalkulationszeitpunkt ergibt dann das Ergebnis, der Kapitalwert.

Bei dieser Methode erfolgt die Abzinsung zu Zinsen, die man als Kalkulationszinsfuß bezeichnet. Der Kalkulationszinsfuß sollte allerdings sorgfältig gewählt werden, da dieser zu starken Auswirkungen auf das Ergebnis führt. Bei Eingabe in Hottgenroth sollte hier auf die Standarteinstellung zurückgegriffen werden.

Also kann man abschließend sagen, der Kapitalwert ist eine betriebswirtschaftliche Kennziffer, die bei der dynamischen Investitionsrechnung erfasst wird.

3.2.2 Annuitätsmethode

Ebenso wie die Kapitalwertmethode ist auch die Annuitätsmethode eine dynamische Investitionsrechnung. Hier werden allerdings Investitionsprojekte anhand ihrer Annuität verglichen. Als Annuität versteht man eine in gleichmäßigen Abständen wiederkehrende Zahlung in gleichbleibender Höhe, die durch Multiplikation des Kapitalwerts mit dem Annuitätenfaktor errechnet wird. Bei der Annuität handelt es sich um eine periodenbezogene Größe und nicht auf einen Zeitpunkt wie bei dem Kapitalwert.

Die Annuitätenmethode führt meistens zur gleichen Entscheidung über die Investition wie die Kapitalwertmethode. Der Vorteil in der Annuitätenmethode liegt darin, dass diese Methode die finanzwirtschaftlichen Konsequenzen von Investitionsentscheidungen um einen längeren Zeitraum abbildet.

3.2.3 Beispiele

3.2.3.1 Erklärung Wirtschaftlichkeitsberechnung Hottgenroth

Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuitätenmethode)

Maßnahmen | Ergebnisse | Tabelle | Diagramme |

Sanierungsmaßnahmen											
Art	Bauteil	Fläche	Maßnahme	ND	IK	EK	MK	KK	RD	WK	^
BK	Bodenplatte Erdgeschoss zu Kt	219,00	Kellerdecke, Wärmedämmung	30	5125	0	5125	213	0		
BA	Bodenplatte Überstand Haustü	1,70	Dämmung 14 cm WLS 035	30	148	75	73	3	0		
BK	Bodenplatte Büro zu Garage	46,50	Kellerdecke, Wärmedämmung	30	1088	0	1088	45	0		
DA	Zwischendach NO NO	44,70	20 cm Mineral. und pflanzl. Fasi	30	5811	4470	1341	56	0		
DA	Hauptdach NO NO	107,80	20 cm Mineral. und pflanzl. Fasi	30	14014	10780	3234	135	0		
DA	Hauptdach SW SW	150,80	20 cm Mineral. und pflanzl. Fasi	30	19604	15080	4524	188	0		
HZ	Anlagentechnik		Pelletkessel	15	9000	3000	6000	561	0		
HZ	Anlagentechnik		WW-Speicher, stehend, Stahl E	15	2528	2012	516	48	0		
HZ	Anlagentechnik		Zubehör und Kleinteile Holz/Pe	15	2800	2240	560	52	0		
HZ	Anlagentechnik		Schornsteinsanierung mit Edels	30	1200	1200	0	0	0		
HZ	Anlagentechnik		Montage Pelletkessel	15	2200	2200	0	0	0		

< >

Tabelle aktualisieren | Maßnahme anhängen | Löschen | alles Löschen | Heizungsassistent

Sanierungsmaßnahme

Bauteil: Fläche: m²

Sanierungsmaßnahme: Dämmung Anlage

IK - anfallende Investitionskosten: €

EK - ohnehin anfallende Ersatzkosten (z.B. Putzerneuerung): €

MK - Mehrkosten für Sparmaßnahme (z.B. Wärmedämmschicht): €

WK - zusätzliche Wartungskosten: €

ND - Nutzungsdauer: Jahre

RD - Restnutzungsdauer (des Ist-Zustandes): Jahre

AD - Abschreibungsdauer: Jahre

Abb. 88 - Begriffserklärung Wirtschaftlichkeitsberechnung (Software Hottgenroth)

Alle Angaben im Bereich der Kosten und der Nutzungsdauer sollten an dieser Stelle des Leitfadens schon getroffen sein. Falls es hier zu Fehlern gekommen sein sollte kann dies hier erneut geprüft werden.

- IK: Kosten der Maßnahme
- EK: Falls am Objekt sowieso Maßnahmen geplant waren, können diese hier angegeben werden. Hier sollten die Kosten 2-mal überprüft werden, da später die reinen Kosten der Energiemaßnahme in die Wirtschaftlichkeit mit einfließt und sich hier somit Fehler in der Amortisation einschleichen können
- MK: Kosten, die für die Sparmaßnahmen relevant sind
- WK: zusätzliche Wartungskosten der Maßnahme (z.B. beim Pelletkessel)
- ND: Nutzungsdauer der Maßnahme durch Verschleiß

Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuitätenmethode)

Maßnahmen | **Ergebnisse** | Tabelle | Diagramme

Aktuelle Brennstoffkosten pro Jahr	
Ist-Zustand	12.793,59 €
sanierter Zustand	2.877,60 €

Randbedingungen	
Kalkulationszinssatz	1,50 %
<u>Teuerungsraten:</u>	
Brennstoff (Ist-Zustand)	2,50 %
Brennstoff (sanierter Zustand)	1,50 %
Maßnahme	3,00 %
Wartung	3,00 %
Investitionssteuersatz für steuerl. Abschreibungen	32,00 %
<input type="button" value="Standardwerte"/>	

Berechnungsparameter	
Betrachtungszeitraum (Jahre)	30
Annuitätenfaktor	0,0416
<u>Mittelwertfaktoren:</u>	
Brennstoff (Ist-Zustand)	1,4594
Brennstoff (sanierter Zustand)	1,2511
Maßnahme	1,5808

Ergebnisse	
Investitionen	
Gesamt-Investitionskosten	129.230 €
ohnein erforderliche Kosten (Erhaltungsaufwand)	83.009 €
Kosten der Energiesparmaßnahmen	46.221 €
Mittlere jährl. Kosten (Annuitäten) im Betrachtungszeitraum (30 Jahre)	
Kapitalkosten	2.292 €/Jahr
Brennstoffkosten	3.600 €/Jahr
Wartungskosten	+ 632 €/Jahr
Gesamtkosten	6.524 €/Jahr
mittl. Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	18.671 €/Jahr
Mittlere Einsparung	12.147 €/Jahr

Ausgabe

Typ:

Weitere Kenngrößen	
Interner Zinsfuß	23,63%
<i>Die Investition ist wirtschaftlich, ihre interne Verzinsung liegt über dem Kalkulationszinssatz.</i>	
Amortisation	5 Jahre

Abb. 89 - Wirtschaftlichkeitsberechnung Einsparung (Software Hottgenroth)

Empfehlung: Für die Randbedingungen Standardwerte verwenden

Auf der oberen Abbildung erkennt man, dass diese Kosten im Ist-Zustand mit ca. 12.700€ sehr hoch angenommen sind. Man sollte immer beachten, dass es sich hier um einen vom Programm errechneten Wert handelt. Hier sollte vorher der errechnete Wert mit dem tatsächlichen Verbrauch, der letzten Jahre kontrolliert werden. Dies ist anhand von Rechnungen von Strom und Brennstoffkosten vom Eigentümer abzugleichen (Bedarfs- und Verbrauchsabgleich). Zudem ist zu beachten, dass das tatsächliche Nutzerverhalten hierbei auch eine Rolle spielt. So können Räume, die im Programm als beheizt angegeben wurden, tatsächlich eher selten oder fast gar nicht beheizt sein, was sich wiederum auf die tatsächlichen Brennstoffkosten auswirkt. Da in unserem Beispiel das Objekt ein beheizbares Volumen von über 1500m³ hatte und über eine mangelhafte Dämmung an den Außenwänden extreme Energieverluste auftrat, sind diese Werte hier im Bereich des Möglichen.

Die weiteren Angaben sollten dann richtig im Programm erfasst sein.

Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuitätenmethode)

Maßnahmen | Ergebnisse | **Tabelle** | Diagramme |

Tabellarische Wirtschaftlichkeitsberechnung								
Jahr	Investitionen (Mehrkosten)	Energiekosten (Ist-Zustand)	Energiekosten (saniert)	Energiekosten-ersparnis	Wartungs-kosten	Steuer-ersparnis	Zins-kosten	Saldo
0	46.221,35	12.793,59	2.877,60					-46.221,35
1		13.113,43	2.920,76	10.192,67	412,00		693,32	-37.134,01
2		13.441,27	2.964,58	10.476,69	424,36		557,01	-27.638,69
3		13.777,30	3.009,04	10.768,25	437,09		414,58	-17.722,10
4		14.121,73	3.054,18	11.067,55	450,20		265,83	-7.370,59
5		14.474,77	3.099,99	11.374,78	463,71		110,56	+3.429,92
6		14.836,64	3.146,49	11.690,15	477,62		-51,45	+14.693,90
7		15.207,56	3.193,69	12.013,87	491,95		-220,41	+26.436,23
8		15.587,75	3.241,60	12.346,15	506,71		-396,54	+38.672,22
9		15.977,44	3.290,22	12.687,22	521,91		-580,08	+51.417,61
10		16.376,88	3.339,57	13.037,30	537,57		-771,26	+64.688,61
11		16.786,30	3.389,67	13.396,63	553,69		-970,33	+78.501,88
12		17.205,96	3.440,51	13.765,45	570,30		-1.177,53	+92.874,55
13		17.636,11	3.492,12	14.143,99	587,41		-1.393,12	+107.824,24
14		18.077,01	3.544,50	14.532,51	605,04		-1.617,36	+123.369,08
15	11.024,18	18.528,93	3.597,67	14.931,27	623,19		-1.850,54	+128.503,51
16		18.992,16	3.651,63	15.340,52	641,88		-1.927,55	+145.129,71
17		19.466,96	3.706,41	15.760,55	661,14		-2.176,95	+162.406,07
18		19.953,63	3.762,00	16.191,63	680,97		-2.436,09	+180.352,82
19		20.452,48	3.818,43	16.634,04	701,40		-2.705,29	+198.990,75
20		20.963,79	3.875,71	17.088,08	722,44		-2.984,86	+218.341,24
21		21.487,88	3.933,85	17.554,04	744,12		-3.275,12	+238.426,28
22		22.025,08	3.992,85	18.032,23	766,44		-3.576,39	+259.268,46
23		22.575,71	4.052,75	18.522,96	789,43		-3.889,03	+280.891,01
24		23.140,10	4.113,54	19.026,56	813,12		-4.213,37	+303.317,82
25		23.718,60	4.175,24	19.543,36	837,51		-4.549,77	+326.573,43
26		24.311,57	4.237,87	20.073,70	862,64		-4.898,60	+350.683,09

Abb. 90 - Wirtschaftlichkeitsberechnung Amortisation (Software Hottgenroth)

Bei unserem Beispiel ist die Gesamtinvestition ca. 46.000€. In der Tabelle sieht man wie sich die Ersparnisse Jahr für Jahr summieren und nach 5 Jahren hat sich die Maßnahme amortisiert.

Nach 15 Jahren ist die Nutzungsdauer (im Schnitt) bei manchen Bauteilen abgelaufen und es müssen Teile erneuert werden. Hier die 11.024€

Da unsere Maßnahme allerdings schon nach 5 Jahren amortisiert ist, lohnt sie sich dennoch und würde so für die Maßnahme sprechen.



4 Glossar

4.1 Gebäudehülle

4.1.1 Allgemein

4.1.1.1 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das GEG regelt verpflichtende Maßnahmen zur Energieeinsparung. Die Verordnung führt die vorher bestehende ENEC Energieeinsparverordnung im nationalen Rahmen auf. Im GEG werden bautechnische Standardanforderungen für den Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik in Neubauten vorgeschrieben. Die Verordnung setzt Höchstgrenzen für den zulässigen Energiebedarf von Gebäuden fest, wobei die Berechnungsgrundlage der Primärenergiebedarf eines Gebäudes ist. Die Verordnung gilt für Wohn-, Büro- und bestimmte Betriebsgebäude. Die Fassung trat zum 13. August 2020 in Kraft.

4.1.1.2 Gebäudenutzfläche A_N

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der Energieeinsparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die Wohnfläche, da z. B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.

4.1.1.3 Gebäudevolumen V_e

Das beheizte Gebäudevolumen ist das an Hand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

4.1.1.4 Interne Wärmegewinne Q_t

Im Inneren der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz ausgesetzt werden kann.

4.1.1.5 Lüftungswärmeverluste Q_V

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnungen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

4.1.1.6 Nutzenergie

Als Nutzenergie bezeichnet man vereinfacht ausgedrückt die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegevinne.

4.1.1.7 Solare Wärmegevinne Q_S

Das insbesondere durch die Fenster eines Gebäudes, größtenteils die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

4.1.1.8 Transmissionswärmeverluste Q_T

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der wärmeabgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile, diese wird durch den U-Wert angegeben.

4.1.1.9 Thermische Hülle.

Die thermische Hülle, auch wärmedämmende Hüllfläche oder wärmeübertragende Umfassungsfläche genannt, ist die Grenzfläche zwischen den beheizten Räumen und der unbeheizten Umgebung (Außenluft, Keller, Erdreich). Je größer die thermische Hüllfläche ist, desto mehr Wärme wird nach außen abgegeben. Die Flächen werden getrennt nach Lage, thermischer Qualität und Umgebungstemperatur aufgenommen.

4.1.2 Außenwände

4.1.2.1 Einschalige Außenwand

Unter einschaligen Wänden versteht man Wände, die aus einer Schale bestehen, die neben der Statik auch die Wetter-, Feuchte- und Wärmeschutzfunktionen übernimmt. Im Bestand sind diese typischerweise gemauert und bestehen aus Bruchsteinen, Bimsvollsteinen, Vollziegeln, Gitterziegeln, Hochlochziegeln, Hohlblocksteinen, Kalksandsteinen u. a.

4.1.2.2 Mehrschalige Wände/Zweischalenmauerwerk

Zweischaliges Mauerwerk kann grundsätzlich mit oder ohne Hinterlüftung ausgeführt werden.

4.1.2.3 Vormauerschale mit Hinterlüftung

Zweischalige Mauerwerkskonstruktion, bei der die gemauerte Außenschale (Vormauerschale) den Schutz für die dahinterliegende Schale übernimmt. Insbesondere im norddeutschen Raum findet man im Bestand häufig zweischaliges Mauerwerk mit einem Luftspalt (ohne Dämmung) mit oder ohne Belüftungsschlitze. Eine nachträgliche Dämmung unter Erhaltung der Außenansicht erfolgt hier durch Einblasen von Dämmstoffen. Die tragende Schale (Hintermauerschale) besteht aus massiven oder porosierten Steinen, auf die ab den 1980er Jahren eine Wärmedämmschicht aufgebracht wurde. Diese gedämmten Varianten gibt es sowohl mit als auch ohne Hinterlüftung.

4.1.2.4 Verblendmauerwerk/Sichtmauerwerk

Unverputztes Mauerwerk, das aus frostbeständigen Materialien wie Klinker oder Kalksandstein gefertigt ist.

4.1.2.5 Klinker (Vormauerklinker, Verklinkerung)

Ziegel, die unter so hohen Temperaturen gebrannt sind, dass durch den beginnenden Sinterprozess die Poren des Brenngutes geschlossen werden. Klinker nehmen kaum Wasser auf und sind sehr hart, dicht und sehr widerstandsfähig. Aus diesem Grund sind sie besonders für Verblendmauerwerk geeignet.

4.1.2.6 Vormauerschale („Kerndämmung“) ohne Hinterlüftung

Bei dieser Variante ohne Hinterlüftung ist der gesamte Raum zwischen den Schalen mit einer Wärmedämmung gefüllt. Diese muss feuchtebeständig sein.

4.1.2.7 Wärmedämmverbundsystem

Wärmedämmverbundsysteme stellen ein kombiniertes Klebe-, Montage- und Beschichtungssystem dar. Wärmedämmende Materialien (Polystyrol, Steinwolle, Holzwolle-Leichtbauplatten, Kork etc.) werden auf den Außenwänden eines Gebäudes befestigt (mit Klebemörtel, Dübeln oder Halteleisten). Die Dämmung wird anschließend mit einer Beschichtung versehen. Diese Beschichtung besteht aus einem Unterputz mit Armierungsgewebe und einer Schlussbeschichtung (Putz, keramische Bekleidung), die möglichst wasserabweisend (hydrophobiert) und dennoch wasserdampfdurchlässig (diffusionsoffen) sein sollte. Der Begriff Verbundsystem bringt zum Ausdruck, dass die einzelnen Komponenten des Systems ein aufeinander abgestimmter Verbund sind.

4.1.2.8 Armierungsputz

Wird benötigt bei der Überarbeitung von Fassadenrissen oder wenn die Gefahr der Rissbildung besteht. Weiterhin ist Armierungsputz Teil eines Wärmedämmverbundsystems.

4.1.2.9 Wärmedämmputz

Wird bei der Modernisierung von Außenfassaden eingesetzt und besteht im Wesentlichen aus einem Grundputz, dem Zuschlagstoffe wie Perlite, Bimsstein oder Polystyrolkugeln zugesetzt werden, um den Wärmedurchgang zu verringern. Aufgrund der geringen Putzstärken und des geringen Anteils an Leichtzuschlagstoffen ist die Dämmwirkung des Wärmedämmputzes im Vergleich zum Aufbringen von Dämmplatten jedoch gering.

4.1.2.10 Perimeterdämmung

Wärmedämmung, die den Gebäudesockel bzw. den Keller von außen umschließt (lat. perimeter =Umfang). Sie bildet einen zusätzlichen Schutz der Abdichtung vor mechanischer Beschädigung. Wichtig für die Auswahl der Dämmstoffe sind eine geringe Wärmeleitfähigkeit, eine geringe Wasseraufnahme und eine hohe Druckfestigkeit. Perimeterdämmungen werden daher oft mit Hartschaumdämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (XPS) ausgeführt.

4.1.3 Fenster

4.1.3.1 Doppelverglasung

Eine Doppelverglasung besteht aus zwei hintereinanderliegenden einfachen Glasscheiben.

4.1.3.2 Isolierverglasung

Eine Isolierverglasung besteht aus mindestens zwei Glasscheiben, die am Glasrand über einen Abstandhalter luft- und feuchtigkeitsdicht miteinander verbunden sind. Der Scheibenzwischenraum ist mit trockener Luft oder einem Gemisch aus Edelgasen gefüllt.

4.1.3.3 Wärmeschutzverglasung

Eine Glasscheibe wird mit einer hauchdünnen unsichtbaren Silber- oder Halbleiterschicht bedampft. Sie lässt die kurzwelligigen Lichtstrahlen in den Wohnraum hinein und reflektiert die langwelligigen Wärmestrahlen aus dem Wohnraum wieder nach innen. Wärme gelangt von außen hinein und kann nicht mehr entweichen. Um den Wärmedurchgang durch Wärmeleitung und -konvektion zu reduzieren, ist der Scheibenzwischenraum meist mit einem Edelgas (Argon oder Krypton) gefüllt. Wärmeschutzverglasungen bieten einen bis zu dreimal besseren Wärmeschutz als die bis Mitte der 1990er Jahre verwendeten Isolierverglasungen. Das Vorhandensein von Wärmeschutzverglasung lässt sich mithilfe eines Feuerzeugs feststellen. Die bedampfte Scheibe ist anhand einer anderen Reflexionsfarbe (Blau, Grün, Violett) zu erkennen.

4.1.3.4 Verbundfenster

Beim Verbundfenster besteht der Flügelrahmen aus einem Verbund zweier Rahmen. Bei den bis in die 1970er Jahre verwendeten Verbundfenstern besteht der Flügelrahmen aus zwei Holzrahmen, die jeweils eine einzelne Scheibe aufnehmen. Der Zwischenraum wird nur im Bedarfsfall (Fensterputzen, Streichen) geöffnet. Holz-/Alu-Verbundfenster bestehen aus einem Holzflügelrahmen und einem Aluminiumprofil als Witterungsschutz.

4.1.3.5 3-Scheiben-Isolierverglasung

Bei einer 3-Scheiben-Isolierverglasung sind die beiden Zwischenräume zwischen den Scheiben mit einem Edelgas (zum Beispiel Krypton) gefüllt, das eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit hat als Luft und damit eine dämmende Wirkung. Zwei der Scheiben sind zudem mit Metalldampf beschichtet. Diese Beschichtung reflektiert langwelliges Infrarotlicht und verbessert dadurch die Wärmedämmung. Bei einer 3-Scheiben-Verglasung werden U-Werte unter 1 erreicht.

4.1.4 Decken

4.1.4.1 Holzbalkendecke

Holzbalkendecken bestehen aus gesägten oder behauenen Balken, die die tragende Schicht bilden. Die Balken liegen auf den Außenwänden und den tragenden Innenwänden auf, ggf. auch auf speziellen Kragsteinen, die aus der Wand innen hervorragen. Holzbalkendecken waren bis etwa 1940 bei Mehrfamilienhäusern üblich, bei Einfamilienhäusern bis etwa 1960. Danach baute man Decken aus Stahlbeton. Zwischen den Balken befindet sich die Füllung. Sie kann aus Lehmwickeln (häufig bei Fachwerkhäusern), Hochofenschlacke oder Sand (auf einem Blindboden aus Brettern) bestehen. Den oberen Abschluss, also die begehbare Fläche der Holzbalkendecke, bildet in der Regel der Dielenboden.

4.1.4.2 Heizestrich/Fußbodenheizung

Schwimmender Estrich, der der Aufnahme von Heizelementen für die Raumheizung sowie der Wärmespeicherung dient. Die Heizelemente können folgende Lage haben:

- innerhalb der Estrichschicht
- innerhalb der Dämmschicht
- innerhalb der separaten Estrichausgleichsschicht

4.1.4.3 Stahlbetondecke

Seit den 1950er Jahren wurden im Wohnungsbau zunehmend Stahlbetondecken verwendet. Heute werden sie bei Wohngebäuden im Neubaubereich überwiegend eingesetzt. Sie stellen eine Verbundkonstruktion aus Stahlstäben oder -matten und Beton dar. Der Stahl dient als Bewehrung und hat die Hauptaufgabe, die auf die Decke wirkenden Zugkräfte zu übernehmen. Der Beton dagegen übernimmt die Druckkräfte. Stahlbeton verfügt über hervorragende Lastaufnahmefähigkeiten (ob Zug- oder Druckkräfte). Die Stahlbetondecke kann unabhängig vom Gebäudegrundriss erstellt werden. Inzwischen werden auch zunehmend vorgefertigte oder teilvorgefertigte Deckenelemente aus Stahlbeton verwendet, die eine gleichbleibende Qualität und einfachere Bauabläufe gewährleisten.

4.1.4.4 Kappengewölbe

Kappengewölbe finden sich häufig als Kellerdecken im Bestand. Sie bestehen aus Gewölbekappen mit verhältnismäßig geringen Bauhöhen (Stich = 1/6 bis 1/12 der Spannweite). Das Preußische Kappengewölbe bildet im Querschnitt einen Segmentbogen. Preußische Kappen werden nicht nur zwischen Mauerwerk gespannt, sondern auch – als Mittelfelder – zwischen Stahlträger gemauert, die wiederum auf den tragenden Wänden aufliegen. Die Kappen werden aus Vollziegeln gemauert und die Oberseite des Gewölbes wird mit einer Schlackenfüllung aufgefüllt. Den oberen Abschluss der Deckenkonstruktion bilden in der Regel auf Lagerhölzern aufliegende Dielen.

4.1.5 Schrägdächer

4.1.5.1 Dach

Dächer lassen sich nach ihrer Form einteilen. Viele Dächer sind jedoch Kombinationen aus verschiedenen Formen.

Satteldach



Mansarddach



Walmdach



Pultdach



Abb. 91 - Dächer (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

Leitfaden zur Erstellung eines Energieberatungsberichts

Erstellt von Florian Holzer, Paul Kreckel, Christian Sturm

4.1.5.2 Dachstuhl

Tragende Konstruktion eines Dachs. Es werden, je nach den statischen Erfordernissen, verschiedene Konstruktionsformen, z. B. das Pfettendach, das Kehlbalkendach und das Sparrendach, unterschieden.

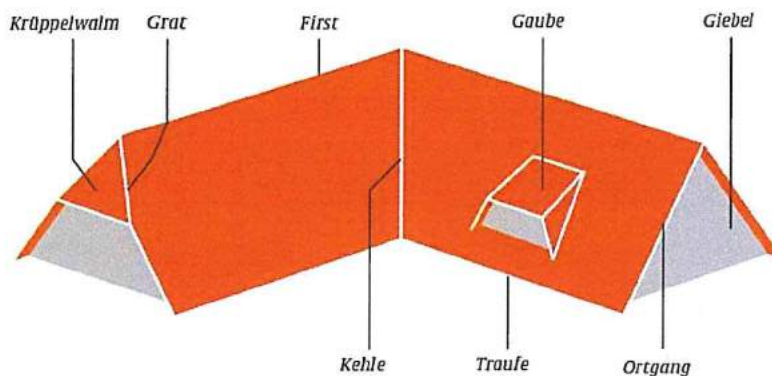


Abb. 92 - Erklärung Begriffe Dach (DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

4.1.5.3 Sparrendach/Kehlbalkendach

Sparren- und Kehlbalkendächer benötigen keine Stützen im Raum, die auftretenden Kräfte werden ausschließlich über die Außenwände abgefangen. Das Kehlbalkendach ist eine Weiterentwicklung des Sparrendachs. Durch den zusätzlichen Kehlbalken lassen sich größere Spannweiten zwischen 9 und 14 m herstellen. Die Kehlbalkenlage kann offen oder als Decke ausgebildet sein. Der Raum über der Kehlbalkendecke wird als Spitzboden bezeichnet.

4.1.5.4 Pfettendach

Beim Pfettendach werden auf den tragenden Außenwänden Balken (Fußpfetten) angebracht, auf die die Sparren aufgelegt werden. Beim einfachen Pfettendach liegen die Sparren zusätzlich auf einer Pfette im First (Firstpfette) auf (Spannweiten bis 10 m). Beim sogenannten zweifach stehenden Stuhl liegen die Sparren auf der Fußpfette und einer Mittelpfette auf und kragen über diese bis zum First aus (Spannweiten bis 14 m). Beim dreifach stehenden Stuhl wird zusätzlich zur Mittelpfette noch eine Firstpfette eingebaut (Spannweiten über 14 m). Mit dem Pfettendach können sehr komplexe Dachformen gebaut werden.

4.1.5.5 Drempel

Die an der Traufseite eines Hauses aufgemauerte Außenwand, auf der die Dachkonstruktion aufgelegt wird. Je höher der Drempel ist, desto mehr Fläche steht unter den Dachschrägen als Wohnraum zur Verfügung.

4.1.5.6 Dachgauben

Dachaufbau, der das Einsetzen senkrechter Dachfenster ermöglicht. Die Dachgaube dient zur Belichtung und zur Belüftung der Dachräume.

4.1.6 Bauphysik

4.1.6.1 Dampfdiffusionswiderstand s_d -Wert oder μ -Wert

Maß der Durchlässigkeit eines Baustoffs für Wasserdampf. Dimensionsloser Stoffkennwert, der angibt, wievielfach größer der Diffusionsdurchlasswiderstand des Stoffes gegenüber Wasserdampf ist als der einer gleich dicken ruhenden Luftschicht gleicher Temperatur (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d). Die DIN 4108 unterscheidet Schichten bzw. Bauteile durch den s_d -Wert in diffusionsoffene ($s_d < 0,5 \text{ m}$), diffusionshemmende ($0,5 < s_d < 1.500 \text{ m}$) und diffusionsdichte Schichten ($s_d \geq 1.500 \text{ m}$).

4.1.6.2 Dampfsperre

Diffusionsdichte Bauteilschicht, die das Eindringen von Feuchtigkeit aus dem warmen Innenraum in Bauteile oder Wärmedämmung verhindern soll. Sie muss immer an der Warmseite, d. h. auf der Raumseite des Bauteils angeordnet werden.

4.1.6.3 Taupunkt

Temperatur, bei der die relative Luftfeuchtigkeit 100 Prozent erreicht. Wird diese Taupunkttemperatur unterschritten, kondensiert Feuchtigkeit aus der Luft aus (Tauwasser, Kondenswasser).

4.1.6.4 Hinterlüftung

Hinterlüftung ist die Bezeichnung für einen beabsichtigten und belüfteten Hohlraum hinter oder zwischen Bauteilen oder deren Schichten. In der Regel gibt es eine Hinterlüftung zwischen Dämmschicht und Verkleidung zum Abtransport von Feuchte, denn eine feuchte Dämmung verliert ihre Dämmeigenschaften. Im Dachbereich liegt beim Kaltdach die Hinterlüftung der Dachaußenhaut auf der Dachlatten- bzw. Konterlattungsebene. Auch zwischen raumseitiger Unterspannbahn und Wärmedämmschicht wird üblicherweise Luft gelassen, nur bei extrem diffusionsoffener Unterspannbahn kann darauf verzichtet werden.

4.1.6.5 Rohdichte

Die Rohdichte bezeichnet das Verhältnis von Masse zu Stoffvolumen (inklusive aller Luft- bzw. Gaseinschlüsse). Die Rohdichtebestimmung für einen Bestandsbaustoff kann anhand von Materialproben auch selbst durchgeführt werden. Eine Stoffprobe wird gewogen und ihr Volumen wird bestimmt. Letzteres erfolgt z. B. durch das Messen von verdrängtem Wasser aus einem Gefäß. (Vorsicht: Poröse Baustoffe müssen dazu luftdicht verpackt werden!)

4.1.6.6 Thermoanemometer

Luftgeschwindigkeitsmesser, wird z. B. zum Auffinden von Leckagen in der thermischen Hülle genutzt.

4.1.6.7 Wärmebrücke

Stellen der Gebäudehülle, die einen wesentlich kleineren Wärmedurchlasswiderstand aufweisen als die benachbarten Wand- und Deckenteile. Sie besitzen demnach auch tiefere raumseitige Oberflächentemperaturen und bewirken einen größeren lokalen Wärmeabfluss (höhere Energieverluste). Auf diesen kühleren Oberflächen kann unter bestimmten Bedingungen feuchte Raumluft kondensieren und so zu Kondensationsschäden (Schimmelbildung und Bauschäden) führen.

4.1.6.8 Wärmedurchlasswiderstand

Ein Material kann auch bezogen auf seinen Widerstand gegen die Wärmedurchlässigkeit berechnet werden. Die Verhältnismäßigkeit zwischen Materialdicke und Wärmeleitfähigkeit erklärt den Wärmedurchlasswiderstand ($R = d/\lambda$ in $W/(m^2 \cdot K)$). Je größer der Wärmedurchlasswiderstand, desto besser die Dämmwirkung.

4.1.6.9 Transmissionswärmeverlust

Wärmeverlust über die thermische Hülle des Gebäudes (Wände, Fenster, Decken, Böden). Der Transmissionswärmeverlust lässt sich durch eine Wärmedämmung des Hauses erheblich senken. Er ist auch in Gebäuden mit geringeren Innentemperaturen kleiner.

4.1.6.10 Lüftungswärmebedarf

Wärme, die notwendig ist, um während der Heizperiode kalte Außenluft auf Raumtemperatur zu erwärmen. Der Lüftungswärmebedarf lässt sich durch eine Reduzierung des Luftwechsels (z. B. dichte Fenster) und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wesentlich senken. Er nimmt auch ab, wenn die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen geringer wird.

4.1.6.11 U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient)

Früher k-Wert, übliches Maß für die Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen (Einheit: $W/(m^2 \cdot K)$). Mit dem U-Wert wird der Wärmestrom angegeben, der bei 1 Kelvin Temperaturunterschied in einer Sekunde durch eine Fläche von 1 m^2 fließt. Je kleiner der U-Wert ist, desto besser ist die wärmedämmende Wirkung des Bauteils.

4.2 Anlagentechnik

4.2.1 Allgemein

4.2.1.1 Primärenergie und Primärenergiefaktor

Die Primärenergie berücksichtigt neben dem Energiegehalt eines Energieträgers auch den Energieaufwand von der Gewinnung eines Energieträgers bis zur Bereitstellung der Endenergie beim Nutzer (Vorketten für Förderung, Aufbereitung, Umwandlung, Transport und Verteilung der betrachteten Energieträger). Die Primärenergie ist die Rohenergie. Der Primärenergiefaktor f_P drückt aus, wie viel mehr dieser Primär- oder Rohenergie eingesetzt werden muss, um die Endenergie am Gebäude bereitzustellen. Er ist das Verhältnis von Primär- zu Endenergie.

4.2.1.2 Aufwandszahl und Nutzungsgrad

Ein Nutzungsgrad beschreibt das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand, eine Aufwandszahl den Kehrwert, das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen. Bei der Energiebilanzierung werden Kessel oft mit Nutzungsgraden oder Aufwandszahlen bewertet, welche dann Kesselnutzungsgrad oder Erzeugeraufwandszahl genannt werden. Auch für Wärmepumpen, Verteilnetze, Speicher usw. können Nutzungsgrade oder Aufwandszahlen angegeben werden. Voraussetzung ist, dass die zugeführte Energiemenge und die von dieser Komponente abgegebene Energiemenge (und damit ihre Verluste) bekannt sind.

4.2.1.3 Primärenergieaufwandszahl

Die Primärenergieaufwandszahl beschreibt wie alle Aufwandszahlen ein Verhältnis von Aufwand zu Nutzen. Der Aufwand ist die aufzuwendende Primärenergie, der Nutzen die nutzbare Energie am Heizkörper, Luftauslass und Wasserhahn. In der EnEV für Wohnbauten ist sie ein Maß für die Energieeffizienz von Systemen für Heizung und Warmwasserbereitung.

4.2.1.4 Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe bezeichnet das Verhältnis der abgegebenen Jahresnutzwärme zur gesamten von der Wärmepumpe aufgenommenen elektrischen Energie. Die Jahresarbeitszahl drückt die Gesamteffizienz der Wärmepumpe innerhalb eines ganzen Jahres aus.

4.2.1.5 Leistungszahl

Die Leistungszahl einer Wärmepumpe beschreibt das Verhältnis von erzeugter Heizleistung, an einem bestimmten Zeitpunkt und für bestimmte Temperaturverhältnisse, zu eingesetzter elektrischer Leistung. Der zugehörige Jahreswert für den regulären Betrieb ist die Jahresarbeitszahl. Im Gegensatz zur Jahresarbeitszahl bewertet die Leistungszahl nur die Qualität des Wärmepumpenprozesses unter Prüfbedingungen.

4.2.1.6 Jahresnutzungsgrad

Der Jahresnutzungsgrad eines Kessels ist das Verhältnis von pro Jahr gelieferter Heizwärme zur benötigten Brennstoffmenge. Der Jahresnutzungsgrad drückt die Gesamteffizienz des Kessels über die Heizperiode aus und charakterisiert sowohl Verluste im Betrieb (Abgas, Strahlung) als auch Stillstandsverluste (Betriebsbereitschaftsverluste).

4.2.1.7 Kesselwirkungsgrad

Durch den Kesselwirkungsgrad wird das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zu aufgenommener Brennstoffleistung, an einem bestimmten Zeitpunkt und für bestimmte Temperaturverhältnisse, beschrieben. Der zugehörige Jahreswert für den regulären Betrieb ist der Jahresnutzungsgrad. Im Gegensatz zum Jahresnutzungsgrad bewertet der Kesselwirkungsgrad die Qualität des Erzeugers unter Prüfbedingungen – ohne Betriebsbereitschaftsverluste.

4.2.2 Heizung

4.2.2.1 Wärmeerzeuger

Im Wärmeerzeuger wird durch Umsetzung eines Energieträgers (Brennstoff, Strom) Wärme erzeugt und auf ein Wärmeträgermedium (Wasser, Luft) übertragen (Beispiele: Heizkessel, Wärmepumpen, Solaranlage).

4.2.2.2 Heizkessel

Wärmeerzeuger in einer Zentralheizungsanlage. Er kann in verschiedenen Bauformen und Ausführungen konstruiert sein. Im Kessel wird das umlaufende Heizwasser durch die Brennerflamme und das hindurchströmende Abgas erwärmt. Abhängig vom Brennstoff und der verwendeten Brennertechnik werden Heizkessel unterschieden in Konstanttemperatur-, Niedertemperatur- und Brennwertkessel. Erkennungsmerkmal dieser Kessel ist beispielsweise die Abgastemperatur in der Schornsteinfegermessung: Brennwertkessel 40 bis 70 °C, Niedertemperaturkessel 100 bis 140 °C, Konstanttemperaturkessel 170 bis 230 °C.

4.2.2.3 Regelung

Das Regeln ist ein Vorgang, bei dem die zu regelnde Größe (z. B. Raumlufttemperatur) fortlaufend erfasst und mit der vorgegebenen Führungsgröße (gewollte Raumtemperatur) verglichen wird und bei dem abhängig vom Ergebnis eine Angleichung an die Führungsgröße (z. B. Wärmezufuhr) ausgelöst wird. Die Regelung ist eine technische Einrichtung, die den Betrieb einer Anlage oder eines aktiven Bauteils regelt (Beispiele: Heizungsregelung, Heizkörper-Thermostat).

4.2.2.4 Zentralheizungen

Sämtliche Wohnräume eines Gebäudes werden von einem zentralen Wärmeerzeuger mit Wärme versorgt. Im Wärmeerzeuger wird in der Regel Wasser erwärmt und über ein Leitungssystem zu den Heizkörpern transportiert. Bei den seit den 1970er Jahren gebauten Heizungsanlagen treibt diesen Kreislauf eine Umwälzpumpe an. Ältere Heizungsanlagen wurden meist als Schwerkraftheizungen ohne Umwälzpumpe gebaut, häufig aber nachträglich mit Umwälzpumpen ausgestattet. Reine Schwerkraftheizungen sind im Bestand nur noch selten anzutreffen.

4.2.2.5 Einzelheizungen/Einzelöfen

Im Gegensatz zu einer Zentralheizungsanlage versteht man unter Einzelraumheizung einen Ofen innerhalb eines Raums mit eigener Abgasabführung, der in der Regel mit Holz, Kohle, Heizöl, Gas oder Strom beheizt wird.

4.2.2.6 Einrohr-/Zweirohrsysteme

Beim Einrohrsystem wird das Vorlaufwasser des Heizkreises nacheinander durch die einzelnen Heizkörper geführt. Das bedeutet, dass der Rücklauf des ersten Heizkörpers der Vorlauf des zweiten Heizkörpers ist und dessen Rücklauf der Vorlauf des darauffolgenden. Beim Zweirohrsystem sind die Heizkörper im Gegensatz zum Einrohrsystem nicht in Reihe, sondern parallel geschaltet. Somit hat jeder Heizkörper die gleiche Vorlauftemperatur.

4.2.2.7 Umwälzpumpe

Die Heizungs-Umwälzpumpe hat die Aufgabe, die vom Wärmeerzeuger bereitgestellte Wärme (Wärmeträgermedium) an die Wärmeübergabestellen (z. B. Heizkörper) zu transportieren. Es werden unregelte Pumpen (ein- und mehrstufig) und geregelte Pumpen unterschieden. Eine geregelte Pumpe verringert die Leistung bei Teillast durch Anpassung der Drehzahl. Ungeregelte Pumpen haben einen höheren Energieverbrauch als geregelte Pumpen. Die Regelung auf eine ganzjährig konstante Druckdifferenz heißt Konstantregelung. Wird bei Teillast (geringe Heizwassermengen) auch die von der Pumpe aufgebaute Druckdifferenz gedrosselt, spricht man von Variabelregelung.

4.2.2.8 Konstanttemperaturkessel

Heizkessel älterer Bauart, der mit konstanten Kesselwassertemperaturen von 80 °C bis 90 °C betrieben wird. Konstanttemperaturkessel haben hohe Bereitschaftsverluste und damit geringe Nutzungsgrade. Sie heißen – historisch bedingt – auch Standardkessel.

4.2.2.9 Niedertemperaturkessel

Heizkessel, die mit gleitender Kesselwassertemperatur von 40 °C bis 70 °C betrieben werden. Dies ermöglicht geringe Abgas- und Bereitschaftsverluste sowie höhere Nutzungsgrade. Niedertemperaturkessel passen die Vorlauftemperatur dem Bedarf an, sie wird häufig in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt. An Tagen mit geringem Wärmebedarf können so die Kesselverluste reduziert werden. Es gibt diese Kessel etwa seit Anfang der 1980er Jahre.

4.2.2.10 Brennwertkessel

Weiterentwicklung der Niedertemperaturkessel und auf dem Markt etwa seit Ende der 1980er Jahre. Diese Kessel nutzen konstruktionsbedingt die Verdampfungswärme des bei der Verbrennung entstandenen und daher im Abgas enthaltenen Wasserdampfs (Brennwert). Wenn Wasserdampf zu Wasser kondensiert, wird eine große Wärmemenge frei. Im Brennwertkessel werden die heißen Abgase durch das Rücklaufwasser bis unter den Taupunkt abgekühlt, sodass sowohl die sensible (fühlbare) als auch die latente (nicht fühlbare) Wärme genutzt werden kann. Da bei der Wirkungsgradberechnung von Heizkesseln auf den unteren Heizwert Bezug genommen wird, der nur den Wärmehalt des Brennstoffs beinhaltet, erreichen Brennwertkessel aufgrund der zusätzlichen Wärmenutzung aus den Verbrennungsgasen rechnerisch Wirkungsgrade von über 100 Prozent.

4.2.2.11 Brennwert/Heizwert

Der Brennwert HS (früher „oberer Heizwert“ H_o) gibt an, wie viel Wärmeenergie bei der Verbrennung einschließlich der im Wasserdampf enthaltenen Verdampfungswärme insgesamt frei wird. Der Energiegehalt des Wasserdampfs bleibt beim Heizwert HI (früher „unterer Heizwert“ H_u) dagegen unberücksichtigt. Der Brennwert ist also um den Beitrag der Verdampfungswärme des in den Abgasen enthaltenen Wassers größer als der Heizwert. Sowohl der Heiz- als auch der Brennwert können für jeden Brennstoff angegeben werden. Konstant- und Niedertemperaturkessel können maximal den Heizwert eines Brennstoffs nutzbar machen, Brennwertkessel maximal den Brennwert – durch das Abkühlen der Abgase bis zur Wasserdampfkondensation.

4.2.2.12 Rohrwärmedämmung

Die Wärmedämmung von Rohrleitungen wird oft in Vielfachen des Rohrdurchmessers angegeben. Dabei ist bei der „einfachen Dämmung“ die Dämmstoffdicke in etwa so groß wie der Rohrdurchmesser. Diese Dämmung wird auch als 100-Prozent-Dämmung oder Dämmung nach EnEV bezeichnet. Die halbe (50 Prozent) oder die doppelte (200 Prozent) Dämmung leiten sich davon ab. Die Rohrwärmeabgabe vermindert sich mit der Dämmstoffdicke.

4.2.3 Trinkwasser

4.2.3.1 Durchlauferhitzer

Warmes Wasser im direkten Durchfluss ohne Wartezeit ist das wesentliche Merkmal von Durchlauferhitzern (Durchflusswassererwärmern). Dazu benötigen diese Warmwassergeräte eine hohe elektrische Leistung, um gleichzeitig mit der Entnahme die Wärme an das kalt zufließende Trinkwasser übertragen zu können. Die pro Minute zapfbare Warmwassermenge hängt daher von der Geräteleistung ab. Es gibt Durchlaufwassererwärmer nach dem gleichen Prinzip auch gasbetrieben.

4.2.3.2 Zentraler Speicher

Warmes Wasser wird direkt oder indirekt erwärmt und dann gespeichert. Bei Bedarf wird das warme Wasser der Zapfstelle zugeführt. Indirekt aus einer Zentralheizung mit beliebigem Wärmeerzeuger beheizte Speicher sind im Wohnungsbau typisch.

4.2.3.3 Zirkulationsleitung

Bei langen Leitungswegen in Zentralheizungsanlagen kühlt warmes Wasser nach der Zapfung in der Leitung ab. Die Zirkulationsleitung führt ständig warmes Wasser im Kreis und stellt damit sicher, dass sofort warmes Wasser an der Entnahmestelle zur Verfügung steht. Da die Leitungen ständig auf Zapftemperatur gehalten werden, erhöhen sich die Wärmeverluste deutlich, insbesondere bei schlecht gedämmten Zirkulationsleitungen. Aus diesem Grund empfiehlt sich der Einsatz einer Zeitschaltuhr, um Wärmeverluste z. B. in der Nacht zu verhindern. Da die Zirkulation jedoch auch zum Schutz vor Keimbildung in den Leitungen verwendet wird, sind Abschaltzeiten gezielt zu planen.

4.2.3.4 Dezentrale Speicher

Werden an den Entnahmestellen installiert und sind in der Regel mit Strom betrieben (Elektrokleinspeicher).

4.3 Wirtschaftlichkeit

4.3.1 Amortisation

Deckung der aufgewendeten Investitionskosten für eine Variante durch deren Einsparung. Sollte unter der Berücksichtigung von Preissteigerungen und Kapitalverzinsung berechnet werden.

4.3.2 Liquidationserlös:

Einnahmen aus einer Investition, die zu einem bestimmten Zeitpunkt während der Projekt-Lebensdauer (häufig am Ende der Lebensdauer) durch Veräußerung von zum Projekt gehörenden Gegenständen des Anlage- und Umlaufvermögens erzielt werden können.

4.3.3 Kalkulationszinsfuß:

Zinsfuß, mit Hilfe dessen bei bestimmten Verfahren der Investitionsrechnung (Kapitalwertmethode) die Vorteilhaftigkeit bzw. die Unvorteilhaftigkeit einer geplanten Investition geprüft wird.

4.3.4 Barwert:

Der Barwert ist der Wert, den zukünftige Zahlungen in der Gegenwart besitzen. Er wird durch Abzinsung der zukünftigen Zahlungen und anschließendes Summieren ermittelt. Daneben gibt es noch den Begriff des versicherungsmathematischen Barwerts, welcher eine Verallgemeinerung des finanzmathematischen Barwerts darstellt.

4.3.5 Investitionsrechnung:

Die Investitionsrechnung stellt die mathematische Methode dar, Investitionen auf ihre Vorteilhaftigkeit zu prüfen. Die Verfahren in der Investitionsrechnung ermöglichen eine objektivere Analyse von Anschaffungen. Dadurch sind Investitionsrechnungen die am häufigsten angewendeten Methoden, um Investitionen zu bewerten.

4.3.6 Annuität:

Eine Annuität dient dazu, ein Darlehen in Form von gleichmäßigen Monatsraten zu tilgen. Dabei besteht die Annuität sowohl aus einem Tilgungs- als auch aus einem Zinsanteil. Allerdings verändert sich die Gewichtung der beiden Anteile während der Kreditlaufzeit, nicht aber die Höhe der Annuität selbst.

5 Quellen und verwendetes Infomaterial

(DENA-Leitfaden, Dezember 2015)

(GEG)

(DIN 4108)

(VDI 2067)

(Reuter, Gebäudeunterlagen Eigenheim)

(Testo 881 Bedienungsanleitung)

(<https://www.danfoss.com/de>, 2021)

(<https://www.energie-fachberater.de>, 2021)

(www.meine-heizung.de, 2019)

(www.kesselheld.de, 2021)

(www.recknagel-online.de, 2018)

(www.kfw.de, 2021)

(Software Hottgenroth)

(www.wirtschaftslexikon24.com)

(www.wikipedia.org)

(www.rechnungswesen-verstehen.de/lexikon/annuitaet.php)

(www.controlingportal.de)

(www.baunetzwissen.de)