

Energetische Stadtsanierung – Integriertes Quartierskonzept Mainz-Lerchenberg

Eine Untersuchung im Auftrag des Umweltamtes der Stadtverwaltung Mainz

Darmstadt, den 20.01.2014

Autoren: Britta Stein
Michael Grafe
Tobias Loga
Dr. Andreas Enseling
Peter Werner
unter Mitarbeit von
Bernhard Brunnengräber, Ingenieurbüro Krauss & Brunnengräber
sowie
Anna Schmitt und Allegra Baumann

Energetische Stadtsanierung – integriertes Quartierskonzept Mainz-Lerchenberg

Autoren: Britta Stein
Michael Grafe
Tobias Loga
Dr. Andreas Enseling
Peter Werner
unter Mitarbeit von Bernhard Brunnengräber, Ingenieurbüro Krauss & Brunnengräber
sowie
Anna Schmitt und Allegra Baumann

Das vorliegende Konzept wurde mit Bundesmitteln der KfW-Bankengruppe aus dem Förderprogramm für Kommunen „Programmnummer 432 – Energetische Stadtsanierung“ und mit Landesmitteln aus dem Förderprogramm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)“ des Ministeriums der Finanzen des Landes Rheinland-Pfalz gefördert.

Die nachfolgenden Ausführungen wurden bewusst ohne Einbeziehung der Sichtweise eines Energieversorgungsunternehmens erstellt, die Ergebnisse zur Wärmeversorgung wurden somit in dieser Hinsicht keiner wirtschaftlichen Machbarkeitsprüfung unterzogen.

Die im Rahmen dieser Ausarbeitung verwendete männliche Schreibweise wird wertneutral eingesetzt. Sie dient der vereinfachten Darstellung und Lesbarkeit und bezieht sich sowohl auf die weibliche wie männliche Form.

Bei Abbildungen und Tabellen ohne Quellenangabe handelt es sich um Darstellungen der Autoren.

1. Auflage

Darmstadt, den 20.01.2014

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

Rheinstraße 65

64295 Darmstadt

Germany

Telefon: +49 (0) 6151 / 2904-0 / Fax: -97

Internet: www.iwu.de

Inhalt

1	Hintergrund, Aufgabenstellung und Vorgehensweise	1
1.1	Hintergrund: Energiekonzept der Bundesregierung und KfW-Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung“	2
1.2	Aufgabenstellung	3
1.3	Vorgehensweise	4
1.4	Erarbeitungsprozess, Datengrundlage und Akteursbeteiligung	5
2	Analyse des Gebäudebestands	7
2.1	Siedlungsentwicklung und Gebietsabgrenzung	7
2.2	Analyse der im Quartier vorhandenen Gebäudestruktur	10
2.2.1	Wohngebäude	10
2.2.2	Gemischt genutzte und Nichtwohngebäude	15
2.2.3	Geplante Neubauvorhaben	17
3	Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsanalyse energetischer Sanierungen im Einfamilienhausbestand	18
3.1	Klassifizierung und Auswahl von Typvertretern	18
3.2	Gebäude-Übersichtsblätter	21
3.3	Beispielhafte Energiesparmaßnahmen und Maßnahmenpakete	22
3.3.1	Grunddaten und Flächenermittlung	22
3.3.2	Bauteile und Wärmeversorgung im unsanierten Zustand	23
3.3.3	Bauliche Maßnahmen zur energetischen Modernisierung	25
3.3.4	Darstellung von Energiebedarfen und Einsparpotenzialen	28
3.4	Kosten und Wirtschaftlichkeit	33
3.4.1	Kostenansätze der Studie	33
3.4.2	Methodik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen	35
3.4.3	Kapitalwert der Maßnahmen	35
3.4.4	Kosten der eingesparten Kilowattstunde Endenergie	36
3.4.5	Annuitätische Gesamtkosten	37
3.4.6	Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen	38
3.4.7	Kosten und Wirtschaftlichkeit für das Beispielgebäude RH2.SD.E	41
3.4.8	Parametervariationen für das Beispielgebäude RH2.SD.E	47
3.4.9	Kosten und Wirtschaftlichkeit für alle Beispielgebäude (nur MP1 bis MP3)	51
3.4.10	Fazit zu den Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	53
4	Szenarien zukünftiger Modernisierungsaktivitäten im Gebäudebestand	54
4.1	Klassifizierung der Gebäude auf Siedlungsebene	54
4.2	Energiebilanz der Gebäude in der Siedlung im Ausgangszustand	55
4.2.1	Flächenermittlung der Gebäude auf Siedlungsebene	55
4.2.2	Annahmen für den Wärmeschutz im Ist-Zustand	57
4.2.3	Annahmen für die Anlagentechnik im Ist-Zustand	59
4.2.4	Analyse des heutigen Zustands (Variante „IST“)	59
4.3	Szenarien für die energetische Modernisierung der Gebäude in Mainz-Lerchenberg	63

4.3.1	Betrachtungszeitraum	63
4.3.2	Varianten der energetischen Gebäudequalität	63
4.3.3	Einbeziehung von geplanten Neubauten	66
4.3.4	Ergebnisse des TREND-Szenarios.....	66
4.3.5	Ergebnisse des ZIEL-Szenarios	69
4.3.6	Berechnungsergebnisse im Vergleich.....	72
4.4	Fazit der Szenarienanalyse für die Gebäude	74
5	Wärmeversorgung.....	76
5.1	Analyse der bestehenden Wärmeversorgung.....	77
5.1.1	Energetischer Ausgangszustand der Gebäude	77
5.1.2	Energetischer Ausgangszustand des Wärmenetzes	78
5.1.3	Wärmeerzeuger und Primärenergiefaktor Mainz-Lerchenberg.....	84
5.2	Optionen für die zukünftige Wärmeversorgung	86
5.2.1	Künftige Entwicklung der Energiekennwerte der Gebäude und des Wärmenetzes	87
5.2.2	Varianten und Energiekennwerte für die künftige Wärmeversorgung.....	94
5.2.3	Auswirkungen dezentral versorgter Gebäude und bei Bildung von Nahwärmeinseln	98
5.2.4	Teilung des Wärmenetzes in Inselnetze	103
5.2.5	Auswirkungen einer veränderten Wärmeerzeugerstruktur.....	106
5.2.6	Qualitative Betrachtungen zu Energieeffizienz und Primärenergiebewertung der künftigen Wärmeversorgung.....	110
5.3	Kosten der Modernisierung des Wärmenetzes und der Wärmeübergabe an die Gebäude	114
5.3.1	Technische Anschlussbedingungen	114
5.3.2	Modernisierungskosten der Wärmeversorgung innerhalb der Gebäude	114
5.3.3	Modernisierungskosten des Wärmenetzes außerhalb der Gebäude.....	117
5.3.4	Modernisierungskosten Wärmenetz gesamt	117
5.4	Tarifstruktur und Wärmepreis.....	117
5.4.1	Tarifstruktur.....	118
5.4.2	Vergleichskosten bei Erdgasversorgung.....	119
5.5	Fazit	121
6	Quartiersbilanz.....	123
6.1	Energie- und CO ₂ -Bilanz für den Ausgangszustand	123
6.2	Einsparpotentiale Gesamtquartier	126
6.3	Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung	129
7	Analyse von Akteuren, möglichen Umsetzungshemmnissen und Maßnahmen zu deren Überwindung	131
7.1	Wesentliche Akteursgruppen	131
7.2	Charakteristik der Bevölkerungs- und Sozialstruktur	132
7.2.1	Altersstruktur	134
7.2.2	Migrationshintergrund und Staatsbürgerschaft.....	134
7.2.3	Bevölkerungsentwicklung.....	134
7.2.4	Haushaltsgrößen.....	135

7.2.5	Erwerbstätigkeit und Transferleistungsbezug	135
7.2.6	Wohnen	135
7.2.7	Lebenslagenindex	136
7.2.8	Fazit zur Bevölkerungs- und Sozialstruktur.....	136
7.3	Gebäude-Eigentümer- und -Nutzerstruktur.....	136
7.3.1	Gebäude- und Wohnungseigentümer	136
7.3.2	Wohnungs- und Gebäudenutzer	137
7.4	Analyse von eigentümer- und nutzerspezifischen Umsetzungshemmnissen.....	138
7.4.1	Hemmnisse für selbst nutzende Gebäudeeigentümer	138
7.4.2	Hemmnisse für Wohnungseigentümergeinschaften.....	139
7.4.3	Hemmnisse für private Kleinanbieter	139
7.4.4	Hemmnisse für die institutionelle Wohnungswirtschaft	140
7.4.5	Hemmnisse für Eigentümern von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden.....	140
7.4.6	Hemmnisse für Wohnungs- und Gebäudenutzer	140
7.5	Lösungsvorschläge und Handlungsoptionen zur Überwindung von Umsetzungshemmnissen	140
7.5.1	Selbst nutzende Wohnungseigentümer	141
7.5.2	Wohnungseigentümergeinschaften, private Kleineigentümer, institutionelle Wohnungswirtschaft, Eigentümer von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden.....	142
7.5.3	Gebäude- und Wohnungsnutzer	142
7.5.4	Fazit zu den Handlungsoptionen zur Überwindung von Umsetzungshemmnissen.....	143
8	Maßnahmenkatalog	144
8.1	Handlungsfeld Energetische Gebäudesanierung	145
8.2	Handlungsfeld Energieeffiziente Wärmeversorgung	153
9	Organisatorische Umsetzung des Sanierungskonzeptes	155
9.1	Aufgaben des Sanierungsmanagers	155
9.2	Zeitplan für die Aktivitäten des Sanierungsmanagers.....	156
9.3	Maßnahmen der Erfolgskontrolle: Monitoring der Energieeffizienz auf dem Lerchenberg.....	158
9.3.1	Indikatoren – Ermittlung und Vergleich mit Zielwerten	158
9.3.2	Mögliche Schritte zur Umsetzung.....	159
10	Zusammenfassung / Fazit	161
Anhang A	– Fragebogen Mehrfamilienhäuser	169
Anhang B	– Methodik der Bilanzierung.....	175
B.1	Eckdaten der Bilanzierung	175
B.2	Anpassung an das typische Verbrauchsniveau	175
B.3	Spezielle Ansätze für die Bilanzierung der Siedlung Mainz-Lerchenberg	176
A.1.1	Klimadaten	176
A.1.2	Wärmebrücken	176
A.1.3	Luftwechsel / Infiltration	177

Anhang C – Energiebilanzdaten der Beispielgebäude.....	178
C.1 Energiebilanzdaten Beispielgebäude EFH.SD	178
C.2 Energiebilanzdaten Beispielgebäude EFH.FD	179
C.3 Energiebilanzdaten Beispielgebäude DHH.SD	180
C.4 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.SD.E.....	181
C.5 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.SD.M	182
C.6 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.FD.E.....	183
C.7 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.FD.M	184
C.8 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH2.SD.E.....	185
C.9 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH2.SD.M	186
Anhang D – Gebäude-Übersichtsblätter	187
Anhang E – Kosten und Wirtschaftlichkeit der Beispielgebäude.....	225
E.1 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude EFH.SD	225
E.2 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude EFH.FD	227
E.3 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude DHH.SD	229
E.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.SD.E.....	231
E.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.SD.M	233
E.6 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.FD.E.....	235
E.7 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.FD.M	237
E.8 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH.SD.E.....	239
E.9 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH2.SD.M	241
Anhang F - Exemplarische Energiebilanzberechnung für ein Beispielgebäude	243
Anhang G – Ergänzende Grafiken zu Kapitel 5 - Wärmeversorgung.....	259

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Luftbild Siedlung Mainz-Lerchenberg und angrenzendes ZDF-Gelände; Quelle: Stadtverwaltung Mainz	1
Abbildung 2:	1. Forum Stadtteilsanierung, 27.02.2013; Fotos: Umweltamt der Stadtverwaltung Mainz	6
Abbildung 3:	2. Forum Stadtteilsanierung, 27.06.2013; Fotos: IWU	6
Abbildung 4:	Stadträumliche Lage; Quelle: Stadtverwaltung Mainz	7
Abbildung 5:	Abgrenzung der Bezirke und Flächen für Neubaugebiete	8
Abbildung 6:	Gebäudenutzungen	8
Abbildung 7:	Baualtersklassen	8
Abbildung 8:	Lage der Ein- und Zweifamilienhäuser sowie der kleinen Mehrfamilienhäuser im Quartier	11
Abbildung 9:	Freistehendes Einfamilienhaus in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU	12
Abbildung 10:	Zweigeschossige Reihenhäuser in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU	12
Abbildung 11:	Eingeschossige Reihenhäuser mit Flachdach in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU.....	12
Abbildung 12:	Eingeschossige Reihenhäuser mit Steildach in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU	12
Abbildung 13:	Reihenhäuser neueren Baujahrs in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU.....	12
Abbildung 14:	Doppelhaus in Lerchenberg-Nord; Foto: IWU	12
Abbildung 15:	Freistehendes Einfamilienhaus mit Flachdach in Lerchenberg-Nord; Foto: IWU	12
Abbildung 16:	Eingeschossige Reihenhäuser mit Steildach in Lerchenberg-Nord; Foto: IWU	12
Abbildung 17:	Lage der Mehrfamilienhauskomplexe und Geschosswohnungsbauten im Quartier	13
Abbildung 18:	Punkthochhäuser in Lerchenberg-Mitte; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 19:	Hochhauszeilen in Lerchenberg-Mitte ; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 20:	Gustav-Mahler-Siedlung in Lerchenberg-Mitte; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 21:	Gustav-Mahler-Siedlung in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU	14
Abbildung 22:	4-geschossige Zeilen in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 23:	Terrassenwohnungen in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 24:	Hochhaus in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 25:	Mehrfamilienhäuser der 1980er Jahre in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz	14
Abbildung 26:	Lage der gemischt genutzten und Nichtwohngebäude im Quartier	15
Abbildung 27:	Bürogebäude in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU.....	16
Abbildung 28:	Bürogebäude in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU.....	16
Abbildung 29:	Gemischt genutztes Gebäude in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU.....	16
Abbildung 30:	Ladenzeile in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU	16

Abbildung 31:	Bürgerhaus in Lerchenberg-Süd; Foto: Peter Schlereth	16
Abbildung 32:	Bürgerhaus in Lerchenberg-Süd; Foto: Peter Schlereth	16
Abbildung 33:	Lage der Neubaugebiete im Quartier	17
Abbildung 34:	Übersicht Gebäudetypen Einfamilienhäuser.....	20
Abbildung 35:	Zuordnung der Typbezeichnungen aus den Bauakten	20
Abbildung 36:	Zuordnung der Typbezeichnungen aus den Bauakten, unterschieden nach Mittel- und Endhäusern.....	20
Abbildung 37:	Beispiel Gebäude-Übersichtsblatt Gebäudetyp RH2.SD.E	21
Abbildung 38:	Darstellung der Gebäudegrunddaten im Gebäude-Übersichtsblatt	22
Abbildung 39:	Darstellung der Konstruktionen im Ist-Zustand im Gebäude-Übersichtsblatt.....	24
Abbildung 40:	Darstellung Modernisierungsmaßnahmen im Gebäude-Übersichtsblatt	27
Abbildung 41:	Darstellung der Energiekennwerte im Gebäude-Übersichtsblatt	29
Abbildung 42:	Darstellung der Kosten im Gebäude-Übersichtsblatt.....	33
Abbildung 43:	TREND-Szenario - Entwicklung des gesamten Endenergiebedarfs (Fernwärme).....	68
Abbildung 44:	TREND-Szenario - Entwicklung des Wohnflächen-bezogenen Endenergiebedarfs (Fernwärme) differenziert nach Gebäudetypen im Bestand und nach Baualtersklasse	68
Abbildung 45:	ZIEL-Szenario - Entwicklung des gesamten Endenergiebedarfs (Fernwärme)	71
Abbildung 46:	ZIEL.MOD.PH-Szenario - Entwicklung des Wohnflächen-bezogenen Endenergiebedarfs (Fernwärme), differenziert nach Gebäudetypen im Bestand und nach Baualtersklasse	71
Abbildung 47:	ZIEL.MOD.PH-Szenario im Vergleich mit dem TREND-Szenario - Entwicklung des Wohnflächen-bezogenen Endenergiebedarfs (Fernwärme)	72
Abbildung 48:	Wohnflächen-bezogener Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser (Fernwärme) der verschiedenen Standards	72
Abbildung 49:	Energieniveaus und Begriffe zur energetischen Bilanzierung der Wärmeversorgung von Gebäuden	76
Abbildung 50:	Verteilung der Längen nach Verlegeart für die Bezirke und das Gesamtnetz.....	80
Abbildung 51:	Trassenlänge des Wärmenetzes absolut und bezogen auf die Anzahl der Wohneinheiten.....	81
Abbildung 52:	Spezifische Wärmeverluste des Wärmenetzes im Bestand bezogen auf die Trassenlänge und die Energiebezugsfläche.....	83
Abbildung 53:	Einfluss der Bilanzgrenze des Fernwärmesystems Lerchenberg auf den KWK-Anteil der eingespeisten Wärme und den Primärenergieverbrauch; Daten aus [HKW 2013], [RWE 2013], [ZDF 2013] und eigener Berechnung.....	85
Abbildung 54:	Einfluss der Bilanzgrenze für die Siedlung Lerchenberg und des KWK-Anteils der an die Siedlung gelieferten Wärme auf die Primärenergiekennwerte	86
Abbildung 55:	Netzverlust für die Modernisierungsvarianten des Wärmenetzes und je eine Nebenvariante mit abgesenkten Systemtemperaturen bzw. unvollständigem Austausch der Leitungen	92

Abbildung 56:	Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Siedlungsebene für das TREND-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante „Standard“ des Wärmenetzes	96
Abbildung 57:	Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Siedlungsebene für das ZIEL-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“	98
Abbildung 58:	Gegenüberstellung von Fernwärme und dezentralen Versorgungsoptionen – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach TREND-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Standard“	100
Abbildung 59:	Auswirkungen eines abnehmenden Anschlussgrades auf End- und Primärenergieebene – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach TREND-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Standard“	101
Abbildung 60:	Gegenüberstellung von Fernwärme und dezentralen Versorgungsoptionen – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach ZIEL-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“	102
Abbildung 61:	Auswirkungen eines abnehmenden Anschlussgrades auf End- und Primärenergieebene – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach ZIEL-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“	103
Abbildung 62:	Auswirkungen eines Inselbetriebes – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für die Bezirke Süd und Nord mit Gebäuden nach TREND-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Standard“	105
Abbildung 63:	Auswirkungen eines Inselbetriebes – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für die Bezirke Süd und Nord mit Gebäuden nach ZIEL-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“	106
Abbildung 64:	Auswirkungen der KWK-Bewertungsmethode für verschiedene Anteile an KWK-Wärme auf den Primärenergiekennwert der Siedlung – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für Gebäude und Wärmenetz im Bestand	109
Abbildung 65:	Energieverbrauch Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011	124
Abbildung 66:	CO ₂ - und CO _{2e} -Emissionen Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011	124
Abbildung 67:	Energieverbrauch Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011	125
Abbildung 68:	Fernwärme nach Anwendungen Bedarfswerte, Ist-Zustand, Standardklima	125
Abbildung 69:	Anteil der Einsparpotenziale verschiedener Gebäudenutzungen, bezogen auf das Basisjahr 2011	127
Abbildung 70:	Fernwärme nach Anwendungen Bedarfswerte, Gebäudemodernisierung Trend.2050, Netzmodernisierung mit Dämmreihe 2	128
Abbildung 71:	Fernwärme nach Anwendungen Bedarfswerte, Gebäudemodernisierung Ziel.Mod.PH.2050, Netzmodernisierung mit Dämmreihe 3	128
Abbildung 72:	Ist-Zustand / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)	243

Abbildung 73:	IST-Zustand / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	244
Abbildung 74:	IST-Zustand / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	245
Abbildung 75:	IST-Zustand / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	246
Abbildung 76:	Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	247
Abbildung 77:	Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	248
Abbildung 78:	Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	249
Abbildung 79:	Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	250
Abbildung 80:	Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	251
Abbildung 81:	Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	252
Abbildung 82:	Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	253
Abbildung 83:	Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	254
Abbildung 84:	Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	255
Abbildung 85:	Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	256
Abbildung 86:	Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	257
Abbildung 87:	Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“).....	258
Abbildung 88:	Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Bezirksebene für das TREND-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Standard.....	259
Abbildung 89:	Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Bezirksebene für das ZIEL-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Ambitioniert.....	260
Abbildung 90:	Primärenergiefaktor für KWK-Wärme nach der Stromgutschriftmethode bei einem Primärenergiefaktor der Referenzanlage von 3,0 (oben) bzw. 2,7 (unten); Quelle: [Pfeifroth/Beer 2009].....	261
Abbildung 91:	Auswirkungen der KWK-Bewertungsmethode für verschiedene Anteile an KWK-Wärme auf den Primärenergiekennwert der Siedlung – Auf die	

	Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für Gebäude nach TREND-Szenario 2050 und Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Standard.....	262
Abbildung 92:	Auswirkungen der KWK-Bewertungsmethode für verschiedene Anteile an KWK-Wärme auf den Primärenergiekennwert der Siedlung – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für Gebäude nach ZIEL-Szenario 2050 und Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Ambitioniert.....	262

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht Gebäudetypen Einfamilienhäuser.....	19
Tabelle 2:	Hüllflächen der Beispielgebäude	23
Tabelle 3:	Annahmen für die U-Werte nicht modernisierter Bauteilflächen für Gebäude mit Baujahr bis 1978; Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011] [BMVBS 2009].....	23
Tabelle 4:	Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik im Ist-Zustand (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche; Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011]	24
Tabelle 5:	Definition der drei betrachteten Modernisierungsstandards	25
Tabelle 6:	Für die Beispielgebäude angesetzte Wärmeschutzmaßnahmen	26
Tabelle 7:	Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik in den Modernisierungspaketen (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche); Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011].....	28
Tabelle 8:	Wesentliche Eingangsdaten und Berechnungen eines zweigeschossigen Reihenendhauses mit Steildach (Beispielgebäude für Typ „RH2.SD.E“	30
Tabelle 9:	Energiekennwerte Ist-Zustand, Bedarfskennwerte bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau).....	31
Tabelle 10:	Energiekennwerte für die Modernisierungszustände der 9 Beispielgebäude (Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche, kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau).....	31
Tabelle 11:	Beispiele für Kostenfunktionen; [Quelle: Hinz 2012]	34
Tabelle 12:	Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	40
Tabelle 13:	Förderkonditionen (Zuschussvariante KfW); Quelle [KfW 2013b]	40
Tabelle 14:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E	43
Tabelle 15:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreisstigerung 3,5 %/a).....	46
Tabelle 16:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreisstigerung 5,5 %/a).....	48
Tabelle 17:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreisstigerung 3,5 %/a; ohne Restwerte und Ersatzinvestitionen)	50
Tabelle 18:	Kosten und Wirtschaftlichkeit für alle Beispielgebäude (Energiepreisstigerung 3,5 %/a).....	52
Tabelle 19:	Baualtersklassen für das Gesamtmodell	54
Tabelle 20:	Gebäudeklassen für das Gesamtmodell	55
Tabelle 21:	Hüllflächensummen nach Gebäudetyp und Bauteilart	56
Tabelle 22:	Energiebezugsfläche zusammengefasst nach Baualtersklassen und Gebäudenutzung	56
Tabelle 23:	Hüllfläche der „mittleren Gebäude“ nach Bauteilart	57

Tabelle 24:	Annahmen für die U-Werte nicht modernisierter Bauteilflächen; Quellen: [Loga et al. 2005], [Loga et al. 2011], [BMVBS 2009]	57
Tabelle 25:	Annahmen für den Anteil nachträglich modernisierter Bauteilflächen; Quelle: [Diefenbach et al. 2013] Zustand Einfamilienhäuser 2009	58
Tabelle 26:	Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche); Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011]	59
Tabelle 27:	Energiekennwerte der mittleren Gebäude je Gebäudetyp (Ist-Zustand)	60
Tabelle 28:	Vergleich der Grunddaten nach Fernwärmeversorger (FWV) und eigenen Ermittlungen nach Straßen (nur EFH).....	61
Tabelle 29:	Vergleich der gelieferten Wärmengen des Fernwärmeversorgers mit den berechneten Wärmemengen (nur EFH), bilanziert mit TABULA-Rechenverfahren, regionales Klima 2011, Standardnutzung, ohne Kalibrierung auf Verbrauchsniveau.....	61
Tabelle 30:	Gebäudebezogener Vergleich der gelieferten Wärmemengen des Fernwärmeversorgers mit den berechneten Wärmemengen, bilanziert mit TABULA-Rechenverfahren, regionales Klima 2011, Standardnutzung, ohne Kalibrierung auf Verbrauchsniveau (nur EFH)	62
Tabelle 31:	Varianten der energetischen Gebäudequalität.....	64
Tabelle 32:	Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche); Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011]	65
Tabelle 33:	Ansätze für die energetischen Kenndaten der geplanten Neubau-Areale	66
Tabelle 34:	Ansätze für die Berechnung des Trend-Szenarios – Modernisierungsraten und erreichter modernisierter Anteil	67
Tabelle 35:	Ansätze für die Berechnung des ZIEL.MOD.PH-Szenarios – Modernisierungsraten und erreichter modernisierter Anteil	69
Tabelle 36:	Herleitung bauteilbezogener Modernisierungsraten (Baualtersklasse 1967 bis 1978).....	70
Tabelle 37:	Herleitung gebäudebezogener Modernisierungsraten (Baualtersklasse 1967 bis 1978).....	70
Tabelle 38:	Erreichter Grad der „Modernisierung“.....	70
Tabelle 39:	Berechnungsergebnisse der verschiedenen Varianten bzw. Szenarien nach Gebäudeart und Baualtersklasse (ohne Berücksichtigung von Neubauvorhaben).....	73
Tabelle 40:	Nettowärmebedarf der Gebäude im Bestand für die Siedlung und nach Bezirken in kWh/(m ² a)	78
Tabelle 41:	Trassenlänge des Wärmenetzes im Bestand in m nach DN und Verlegeart; Quelle: [RWE 2013]	79
Tabelle 42:	Längengewichtete mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Leitungen in W/(mK) nach Verlegeart.....	81
Tabelle 43:	Nettowärmebedarf der Gebäude in kWh/(m ² a) – Varianten der Modernisierungszustände für TREND- und ZIEL-Szenario für die Jahre 2030 und 2050.....	87

Tabelle 44:	Nettowärmebedarf der Gebäude in kWh/(m ² a) – Bestand und Varianten der Modernisierungszustände für TREND- und ZIEL-Szenario für die Jahre 2030 und 2050	88
Tabelle 45:	Prozentualer Rückgang des Nettowärmebedarfs der Gebäude für die Modernisierungszustände ausgehend vom Bestand	89
Tabelle 46:	Dämmstandards der Varianten des Wärmenetzes nach Verlegeart.....	90
Tabelle 47:	Netzverlust des Wärmenetzes bezogen auf die Energiebezugsfläche des jeweils versorgten Gebietes im Bestand und in den Modernisierungsvarianten in kWh/(m ² a)	91
Tabelle 48:	Prozentualer Rückgang des Netzverlustes für die Modernisierungsvarianten ausgehend vom Bestand	91
Tabelle 49:	Netzverlust des Wärmenetzes bezogen auf den Nettowärmebedarf der Gebäude des jeweils versorgten Gebietes für Bestand und künftige Modernisierungszustände der Gebäude und des Netzes.....	93
Tabelle 50:	Entwicklung der Primärenergiekennwerte für moderate Modernisierung der Gebäude und des Wärmenetzes ausgehend vom Bestand.....	95
Tabelle 51:	Entwicklung der Primärenergiekennwerte für ambitionierte Modernisierung der Gebäude und des Wärmenetzes ausgehend vom Bestand	97
Tabelle 52:	Inselnetze der Bezirke Süd und Nord – Rückgang und Kennwerte für den Netzverlust des Wärmenetzes in kWh/(m ² a) für die Modernisierungsvarianten.....	104
Tabelle 53:	Entwicklung von Primärenergiekennwert und -faktor der Siedlung für verschiedene Zustände der Modernisierung in Abhängigkeit vom KWK-Anteil der eingespeisten Wärme	107
Tabelle 54:	Qualitative Betrachtungen zu Energieeffizienz und Primärenergiebewertung der künftigen Wärmeversorgung	110
Tabelle 55:	Grobe Anhaltswerte für Kosten der Hausstation in Einfamilienhäusern und kleinen gemischt genutzten Gebäuden bzw. Mehrfamilienhäusern	115
Tabelle 56:	Schätzung der Kosten für den Austausch der erdverlegten Fernleitungen (Dämmreihe 3).....	117
Tabelle 57:	Schätzung der Gesamtkosten (brutto) für die Netzmodernisierungs-Varianten „Standard“ und „Ambitioniert“	117
Tabelle 58:	Gesamtkosten erdgasversorgtes Reihenendhaus (zu aktuellen Preisen)	120
Tabelle 59:	Gesamtkosten erdgasversorgtes Reihenendhaus (zu mittleren Preisen)	120
Tabelle 60:	Einsparpotenziale Gebäude- und Netzmodernisierung, inkl. Neubauten Le-1 und Le-2	126
Tabelle 61:	Einsparpotenziale nach Gebäudenutzungen bezogen auf den Ist-Zustand	126
Tabelle 62:	Strukturdaten Einwohner Mainz-Lerchenberg; Quellen: [Landeshauptstadt Mainz 2013d], [Pfeiffer et al. 2012], [Schlereth 2013b]	132
Tabelle 63:	Strukturdaten Bevölkerungsentwicklung, Haushaltsgrößen, Transferleistungsbezug, Wohnen & Lebenslagenindex Mainz-Lerchenberg; Quellen [Pfeiffer et al. 2012], [Schlereth 2013b]	133

Tabelle 64:	Hemmnisse und mögliche Maßnahmen bei selbst nutzenden Wohnungseigentümern (von Einfamilien-, Doppel-, Reihen- und Kettenhäusern); Quelle: [Stieß et al. 2010] sowie eigene Ergänzungen	141
Tabelle 65:	Mögliche Maßnahmen zur Hemmnisbegegnung bei Wohnungseigentümergeinschaften, privaten Kleineigentümern und der institutionellen Wohnungswirtschaft.....	142
Tabelle 66:	Übersicht des Zeitplans für die Aktivitäten des Sanierungsmanagers	157
Tabelle 67:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude EFH.SD	178
Tabelle 68:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude EFH.FD	179
Tabelle 69:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude DHH.SD.....	180
Tabelle 70:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.SD.E.....	181
Tabelle 71:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.SD.M	182
Tabelle 72:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.FD.E	183
Tabelle 73:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.FD.M	184
Tabelle 74:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH2.SD.E.....	185
Tabelle 75:	Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH2.SD.M	186
Tabelle 76:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude EFH.SD	225
Tabelle 77:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude EFH.SD (Energiepreissteigerung 3,5 %/a).....	226
Tabelle 78:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude EFH.FD	227
Tabelle 79:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude EFH.FD (Energiepreissteigerung 3,5 %/a).....	228
Tabelle 80:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude DHH.SD	229
Tabelle 81:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude DHH.SD (Energiepreissteigerung 3,5 %/a).....	230
Tabelle 82:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.SD.E	231
Tabelle 83:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.SD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)	232
Tabelle 84:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.SD.M	233
Tabelle 85:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.SD.M (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)	234
Tabelle 86:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.FD.E	235
Tabelle 87:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.FD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)	236
Tabelle 88:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.FD.M	237
Tabelle 89:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.FD.M (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)	238
Tabelle 90:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E	239

Tabelle 91:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a).....	240
Tabelle 92:	Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH2.SD.M.....	241
Tabelle 93:	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.M (Energiepreissteigerung 3,5%/a)	242

1 Hintergrund, Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Die so genannte „Jubiläumssiedlung“ Mainz-Lerchenberg wurde zur 2000-Jahr-Feier der Stadt in den 1960er Jahren gegründet und ist damit der jüngste Mainzer Stadtteil. Zu großen Teilen typisierte Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Hochhäuser aus den späten 1960er- und den frühen 1970er-Jahren prägen das Bild.



Abbildung 1: Luftbild Siedlung Mainz-Lerchenberg und angrenzendes ZDF-Gelände;
Quelle: Stadtverwaltung Mainz

Die Wärmeversorgung aller Gebäude im Stadtteil erfolgt über ein zentrales Fernwärmenetz. Der Vertrag zwischen der Stadt und dem Versorger zum Betrieb des Heizwerks eröffnet die Möglichkeit, die Randbedingungen für die künftige Wärmeversorgung ab April 2016 zu ändern. Dies wurde als Anlass zur Erstellung des vorliegenden integrierten Quartierskonzeptes genommen, das vom Land Rheinland-Pfalz finanziell unterstützt und im Rahmen des Förderprogramms „Energetische Stadtsanierung“ der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) erarbeitet wurde. Letzteres ist Bestandteil des Energiekonzeptes der Bundesregierung, in dem Leitlinien für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung benannt sind.

1.1 Hintergrund: Energiekonzept der Bundesregierung und KfW-Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung“

Das von der Bundesregierung im September 2010 beschlossene Energiekonzept [BMWi/BMU 2010] beschreibt die energiepolitische Ausrichtung Deutschlands, die eine zuverlässige, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sicherstellen soll. Dabei geht es um die Entwicklung und Umsetzung einer langfristigen, bis 2050 zu erreichenden Gesamtstrategie.

In Bezug auf Energieeffizienz gilt es, vorhandene Potentiale im Rahmen der wirtschaftlichen und technischen Möglichkeiten stärker zu nutzen. „Dabei setzt die Bundesregierung auf Vernunft und Eigenverantwortung von Wirtschaft und Bürgern. Ökonomische Anreize sowie verbesserte Information und Beratung sollen dazu beitragen, Unternehmen und private Verbraucher in die Lage zu versetzen, bisher ungenutzte Potentiale im Bereich Energieeffizienz aus eigenem Antrieb zu erschließen und dadurch Energiekosten zu sparen und die Umwelt zu entlasten.“ [ebd., S. 11]

Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes wird als zentraler Schlüssel zu mehr Energieeffizienz, zur Modernisierung der Energieversorgung und zur Erreichung der Klimaschutzziele benannt. Deshalb wird beabsichtigt, den Wärmebedarf von Bestandsgebäuden langfristig zu senken, sodass diese bis zum Jahr 2050 einen sehr geringen Energiebedarf aufweisen, der überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt wird [ebd., S. 12, 22].

In diesem Zusammenhang wurde von der Bundesregierung das Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung“ bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) aufgelegt, um lokal angepasste Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien anzustoßen und damit verbundene Synergieeffekte zu nutzen. Zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und Infrastruktur, insbesondere zur Wärmeversorgung, sollen im Rahmen des Programms vertiefte integrierte Quartierskonzepte entwickelt und umgesetzt werden. Sie dienen als strategische Entscheidungsgrundlage und Planungshilfe, um die Investitionsplanung im Quartier an der Gesamteffizienz energetischer Maßnahmen ausrichten zu können [KfW 2013a, S. 1].

Neben der Konzepterstellung werden von der KfW für die Dauer von maximal 3 Jahren die Kosten für einen Sanierungsmanager gefördert, der als Anlaufstelle für alle beteiligten Akteure zur Verfügung stehen soll. Er hat die Aufgabe, den Umsetzungsprozess des Konzeptes zu planen und zu begleiten, Schritte zur Zusammenarbeit und Vernetzung der verschiedenen Akteure in die Wege zu leiten, deren Maßnahmen zu koordinieren und zu kontrollieren sowie in Fragen der Finanzierung und Förderung zu beraten [ebd., S. 4].

1.2 Aufgabenstellung

Das integrierte Quartierskonzept soll die Stadt Mainz und die Gebäudeeigentümer im Stadtteil Lerchenberg bei der Planung und Durchführung von energetischen Sanierungsmaßnahmen des Gebäudebestandes sowie bei der Optimierung der Fernwärmeversorgung und -verteilung unterstützen. Es soll aufzeigen, welche konkreten Maßnahmen ergriffen werden können, um kurz-, mittel- und langfristig die Energieeffizienz zu steigern und energieverbrauchsbedingte CO₂-Emissionen zu reduzieren. In diesem Zusammenhang sollten technische, wirtschaftliche und zielgruppenspezifische Umsetzungshemmnisse analysiert und Handlungsoptionen für deren Überwindung dargelegt werden. Im Fokus steht dabei insbesondere der vorrangig von Eigentümern selbstgenutzte kleinteilige Wohnungsbau. Das Konzept soll als Grundlage für die Arbeit eines Sanierungsmanagers dienen, der den Umsetzungsprozess im Quartier begleiten wird.

Dabei sollten folgende Punkte erarbeitet werden:

- Erstellung einer Energiebilanz des Quartiers für den Ausgangszustand sowie Ermittlung von Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenzialen durch Sanierungsmaßnahmen am Gebäudebestand und Versorgungsvarianten auf Quartiersebene
- Entwicklung von beispielhaften Maßnahmenpaketen für die energetische Sanierung typischer Einfamilienhäuser im Quartier inklusive Darstellung von Einsparpotenzialen, Kosten und Wirtschaftlichkeit
- Diskussion von Varianten der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung eines zukünftig reduzierten Wärmebedarfs inklusive Darstellung von Einsparpotenzialen und Kosten
- Aufzeigen von Umsetzungshemmnissen und Maßnahmen zu deren Überwindung
- Einbeziehung der Bewohner in die Konzeptbearbeitung durch die Mitwirkung bei der Durchführung von Stadtteilforen.

1.3 Vorgehensweise

Basierend auf der Stadtgrundkarte des Quartiers Mainz-Lerchenberg und ergänzt durch diverse andere Informationsquellen (siehe Abschnitt 1.4) wurde zunächst der Gebäudebestand der Siedlung analysiert (siehe Kapitel 2).

Anschließend erfolgte die Klassifizierung der Gebäude anhand energetischer Merkmale. Ein Schwerpunkt lag hierbei auf der Gruppe der Ein- und Zweifamilienhäuser, für die neun Haupt- und anhand von Akten aus dem Bauarchiv 30 Untertypen identifiziert werden konnten. Für je einen Vertreter der Haupttypen wurden beispielhaft die Auswirkungen und Potenziale energetischer Sanierungsmaßnahmen aufgezeigt. Zu diesem Zweck wurden für Maßnahmenpakete zur energetischen Modernisierung auf drei verschiedenen Wärmeschutzniveaus die resultierenden Energieeinsparungen und Investitionskosten ermittelt sowie Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt (siehe Kapitel 3). Die Ergebnisse sind in den Gebäude-Übersichtsblättern in Anhang D zusammengefasst, die von dem künftigen Sanierungsmanager als Informationsmaterial genutzt werden können.

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Strategien zur energetischen Modernisierung auf Quartiersebene abzuschätzen, wurde ein Energiebilanzmodell für alle Gebäude der Siedlung erstellt. Zunächst erfolgte die energetische Bilanzierung der Gebäude im Ist-Zustand. In diesem Zusammenhang wurden die rechnerischen Bedarfswerte der Einfamilienhäuser mit tatsächlichen Verbrauchswerten abgeglichen. Anschließend wurden ein Trend- und ein Ziel-Szenario für die energetische Gebäudemodernisierung berechnet und die Ergebnisse denen des Ist-Zustands gegenübergestellt (siehe Kapitel 4).

Darüber hinaus wurde die bestehende Fernwärmeversorgung des Quartiers analysiert und das Wärmenetz rechnerisch abgebildet. Zur Veranschaulichung der Einflüsse unterschiedlicher Parameter und Randbedingungen auf künftige Veränderungen der Versorgungsstruktur wurden diese gesondert betrachtet und die Effekte der Umsetzung einzelner Maßnahmen oder Maßnahmenbündel quantifiziert. Die Betrachtung der Wärmeversorgung geht dabei immer mit den vorhandenen oder perspektivisch zu erwartenden Eigenschaften und Verbräuchen der Gebäude einher. Abschließend wurden verschiedene Maßnahmen und sich daraus ergebende Versorgungsvarianten qualitativ verglichen. Zudem wurden die durch eine Modernisierung des Wärmenetzes entstehenden Kosten grob abgeschätzt (siehe Kapitel 5).

Basierend auf den vorherigen Ergebnissen und den Einspeisedaten der Energieversorger für das Jahr 2011 wurden darüber hinaus die Gesamtenergie- und CO₂-Bilanzen des Quartiers Mainz-Lerchenberg für den Ausgangszustand dargestellt. Aufgezeigt wurden dabei die Anteile der verschiedenen Gebäudekategorien (Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, gemischt genutzte und Nichtwohngebäude) sowie unterschiedliche Anwendungen (Raumwärme, Warmwasser, Netzverluste). Auch wurden die auf Quartiersebene vorhandenen Einsparpotenziale in Bezug zu den Zielen des Energiekonzepts der Bundesregierung gesetzt (siehe Kapitel 6).

Anschließend wurden Hemmnisse, die bei der Umsetzung dieser Maßnahmen bzw. des integrierten Quartierskonzeptes zur Energetischen Stadtsanierung auf dem Lerchenberg auftreten können, untersucht. In diesem Zusammenhang wurden zunächst die wesentlichen Akteursgruppen benannt sowie die Gesamtsiedlung und die Bezirke Lerchenberg-Mitte, -Süd und -Nord hinsichtlich ihrer Sozialstruktur näher betrachtet. Im Anschluss daran wurden zielgruppenspezifisch mögliche Umsetzungshemmnisse dargestellt und Maßnahmen zu deren Überwindung vorgestellt (siehe Kapitel 7).

In Kapitel 8 schließlich wurden konkrete energetische Sanierungsmaßnahmen und Hinweise zu deren Ausgestaltung in Form eines Maßnahmenkataloges zusammengefasst.

Mit einer Übersicht der Aufgaben und zeitlichen Schwerpunkte des Sanierungsmanagers sowie der Benennung von Schritten zur Umsetzung eines Quartiers-Monitorings sind darüber hinaus in Kapitel 9 die Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzeptes aufgeführt.

1.4 Erarbeitungsprozess, Datengrundlage und Akteursbeteiligung

Die Erarbeitung des integrierten Quartierskonzeptes fand über den Zeitraum von einem Jahr in einem intensiven Prozess unter Beteiligung des Umweltamtes der Stadtverwaltung Mainz statt. Wesentliche lokale Akteure sowie Gebäudeeigentümer und Bewohner wurden in Form von Gesprächen und Stadtteilforen in die Bearbeitung mit einbezogen.

Insbesondere fanden Gespräche mit Mitarbeitern des ZDF¹ und den derzeit beteiligten Energieversorgern, der RWE Energiedienstleistungen GmbH und der Heizkraftwerk GmbH Mainz, statt. Zu Beginn der Bearbeitung wurde eine Ämterkoordinierung durchgeführt, an dem neben der Projektleitung des IWU zwei Mitarbeiter des Umweltamtes, die GIS-Koordinatorin, ein Mitarbeiter des Stadtplanungsamtes, die Quartiersmanagerin des Projektes „Soziale Stadt“ (Amt für soziale Leistungen) und einer Mitarbeiterin der Gebäudewirtschaft Mainz (Energiemanagement der städtischen Liegenschaften) teilnahmen.

Soweit wie möglich wurden die Eigentümer bzw. Verwalter von Eigentumsgemeinschaften der im Quartier befindlichen Mehrfamilienhäuser identifiziert und gebeten einen kurzen Fragebogen zur Abfrage von Strukturdaten, energetischen Eigenschaften, bereits durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen und Energieverbräuchen auszufüllen, der im Rahmen des Projektes „Kurzverfahren Energieprofil“ [Loga et al. 2005] entwickelt wurde (siehe Anhang A).

In Zusammenarbeit mit der Ortsvorsteherin wurden die Bewohner in Form von zwei Stadtteilforen über die Aufgabenstellung und die Zwischenergebnisse der Konzepterstellung informiert und konnten in diesem Zusammenhang im Rahmen von Workshops Ideen, Fragen und Anregungen in den Prozess mit einbringen [Burger 2013a], [Burger 2013b], [Burger 2013c]².

In die Darstellung der Ausgangslage sowie in die Potenzialanalysen flossen somit vielfältige Unterlagen und Überlegungen verschiedenster Akteure ein, insbesondere:

- Geoinformationsdaten, insbesondere die Stadtgrundkarte der Siedlung Mainz Lerchenberg
- Auswertung von Luftbildern und Ortsbegehungen
- Angaben der Energieversorger RWE und HKW
- Informationen des ZDF, des Bezirksschornsteinfegers, der Stadtwerke Mainz Netze GmbH (Netzbetreiber Strom), des Amtes für Stadtentwicklung sowie des Amtes für Statistik und Wahlen
- 7 Energieberatungsberichte der Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz
- Informationen von Gebäudeeigentümern der institutionellen Wohnungswirtschaft sowie WEG-Verwaltern zu Strukturdaten, Sanierungszuständen und Wärmeverbräuchen einiger Mehrfamilienhäuser in Form von ausgefüllten Fragebögen (siehe oben) sowie zu geplanten Neubauvorhaben
- Planunterlagen und Baubeschreibungen aus dem Bauarchiv
- Angaben der Gebäudewirtschaft Mainz zu den öffentlichen Gebäuden
- weitere vorliegende Veröffentlichungen zum Stadtteil, z. B. Bebauungspläne, Bericht des Projektes „Soziale Stadt“, Sozialraumanalyse der Stadt Mainz, Internetseiten von Bewohnern des Stadtteils etc.

Das zusammengetragene Datenmaterial wurde hinsichtlich der Fragestellungen des integrierten Quartierskonzeptes ausgewertet und die wesentlichen Erkenntnisse festgehalten und interpretiert.

¹ Das Areal des ZDF wird gemeinsam mit der Siedlung über das auf dem Lerchenberg befindliche Heizwerk versorgt. Gelände und Gebäude des ZDF sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Konzepterstellung.

² Nach Abschluss der Konzepterstellung werden die Ergebnisse der Bearbeitung auf einem dritten Forum präsentiert.



Abbildung 2: 1. Forum Stadtteilsanierung, 27.02.2013; Fotos: Umweltamt der Stadtverwaltung Mainz



Abbildung 3: 2. Forum Stadtteilsanierung, 27.06.2013; Fotos: IWU

2 Analyse des Gebäudebestands

Basierend auf den GIS-Daten der Stadtgrundkarte und ergänzt durch diverse andere Informationsquellen (siehe Abschnitt 1.4) wurde der Gebäudebestand der Siedlung Mainz Lerchenberg analysiert. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

2.1 Siedlungsentwicklung³ und Gebietsabgrenzung

Nachdem die Mainzer Innenstadt im Zweiten Weltkrieg stark zerstört worden war, stellte die daraus resultierende Wohnknappheit in den folgenden Jahrzehnten ein dringendes Problem dar. Vor diesem Hintergrund beschloss der Mainzer Stadtrat im Mai 1961 auf die Durchführung eines historischen Festzuges anlässlich der Zweitausendjahrfeier der Stadt zu verzichten und stattdessen den Bau einer „Jubiläumssiedlung“ durchzuführen. Im Jubiläumsjahr 1962 schenkte das Land Rheinland-Pfalz der Stadt Mainz einen Teil des dazu erforderlichen Geländes auf einer Anhöhe im Ober-Olmer Wald, ca. sieben bis acht km südwestlich der Innenstadt. Weitere angrenzende Flächen wurden von der Stadt Mainz durch Kauf und Tausch erworben. Heute umfasst der Stadtteil eine Fläche von 235,5 ha [Stand 2008, vgl. Stadtverwaltung Mainz 2009, S. 7]. Im Norden und im Südosten ist das Gebiet von landwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben.



Abbildung 4: Stadträumliche Lage;
Quelle: Stadtverwaltung Mainz

Das Wohngebiet Mainz-Lerchenberg wurde als Mustersiedlung unter der Leitidee „Wohnen im Grünen“ entwickelt. Zur Planung der Siedlung wurde vom Bauausschuss ein städtebaulicher Wettbewerb ausgeschrieben. Die Konzeptionen der beiden gleichwertig bewerteten Preisträger Jasper und Selg wurden Anfang des Jahres 1963 zu einem gemeinsamen Bebauungsplanentwurf zusammengefasst. Im September 1966 wurde mit den Bauarbeiten begonnen, etwa ein Jahr später konnte die erste Familie ihr Eigenheim beziehen.

Von den zunächst vorgesehenen vier Bauabschnitten Lerchenberg-Mitte, -Süd, -Nord und -Ost wurden jedoch nur die ersten drei gemäß der ursprünglichen Planung als Wohnsiedlung umgesetzt (siehe Abbildung 5). Die zu Lerchenberg-Ost gehörige Fläche wurde noch in der Planungsphase dem Zweiten Deutschen Fernsehen zur Verfügung gestellt, das dort sein zentrales Sendezentrum errichtete. Damit rückte der ursprünglich als Zentrum vorgesehene Bezirk Lerchenberg-Mitte in eine eher periphere Lage.

³ Die Angaben zur Siedlungsentwicklung wurden [Kandler et al. 2001], [Stadtverwaltung Mainz 2009, S. 7], [Schlereth 2013a] sowie [Rencker o.J.] entnommen.

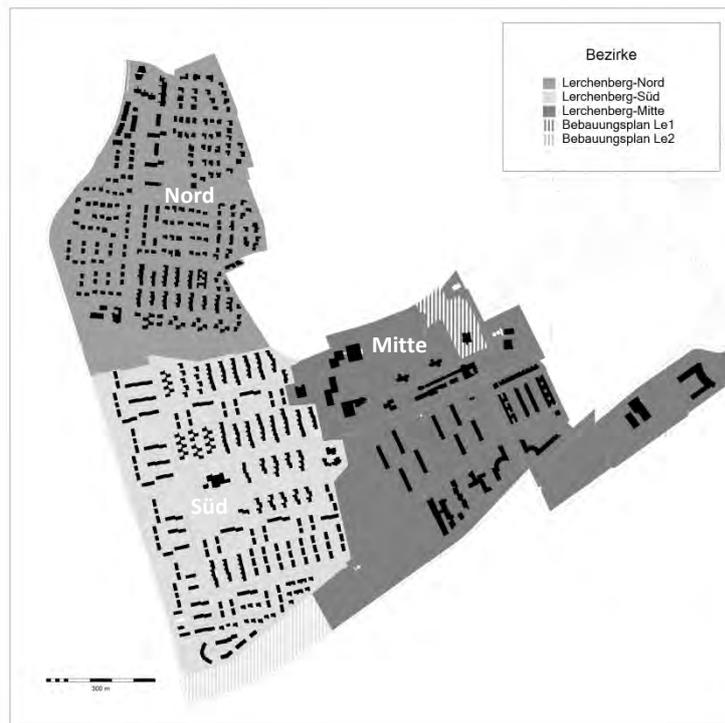


Abbildung 5: Abgrenzung der Bezirke und Flächen für Neubaugebiete



Abbildung 6: Gebäudenutzungen



Abbildung 7: Baualterklassen

Aufgrund der reduzierten Siedlungsfläche wurde **Lerchenberg-Mitte** um etwa ein Drittel dichter realisiert als ursprünglich geplant. Neben verdichtetem Geschosswohnungsbau mit mehrgeschossigen Scheiben- und Punkthochhäusern sind hier infrastrukturelle und zentrale Einrichtungen wie das Fernheizwerk, eine Ladenzeile, eine Tankstelle, ein Hotel, das Schulzentrum (Grund-, Haupt- und Realschule) und Kinderbetreuungs-Einrichtungen angesiedelt. Im südwestlichen Teil Lerchenberg-Mittes finden sich zudem einige Nichtwohnnutzungen (siehe Abbildung 6), unter anderem das Berufsförderungswerk Mainz zur Ausbildung von Physiotherapeuten, mehrere Berufsgenossenschaften, die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest sowie die Firma Novo Nordisk Pharma GmbH.

Die auffälligste nachträgliche Erweiterung der ursprünglichen Bebauung erfolgte Anfang bis Mitte der 1990er Jahre mit der Errichtung von 269 Sozialwohnungen im Südosten Lerchenberg-Mittes (siehe Abbildung 7). Mit an das Fernwärmenetz des Lerchenbergs angeschlossen und deshalb in die folgenden Betrachtungen mit eingezogen wurden zudem die Mitte/Ende der 1990er Jahre südlich der L 426 und damit südwestlich der übrigen Bebauung des Quartiers errichteten Gebäude, die von Fernseh- bzw. Mediengesellschaften und der Verlagsgruppe Rhein-Main genutzt werden. Der Neubau der Grundschule wurde im Jahr 2004 fertiggestellt. Die Haupt- und Realschule des Schulzentrums wurde in den Jahren 2006/2007 umfangreich saniert und umstrukturiert.

Bereits in Planung ist der Neubau einer altengerechten Wohnanlage am nordöstlichen Rand der Siedlung (siehe Abbildung 5) [Landeshauptstadt Mainz 2013a].

Im Gegensatz zu Lerchenberg-Mitte sind die Bezirke **Lerchenberg-Süd und -Nord** vorrangig durch Wohnbebauung charakterisiert. Lerchenberg-Süd wird beinahe ausschließlich durch ein- bis zweigeschossige Reihen-, Ketten-, Doppel- und freistehende Einfamilienhäuser geprägt. Im Norden ist darüber hinaus auch Geschosswohnungsbau vorhanden (siehe Abbildung 6).

Der überwiegende Teil der Bebauung stammt aus den Jahren 1967 bis 1975 (siehe Abbildung 7). Sie entspricht städtebaulich und nutzungsstrukturell in idealtypischer Weise den damaligen Planungsleitbildern der „Funktionstrennung“ und der „gegliederten und aufgelockerten Stadt“.

Die Errichtung von ca. 550 bis 600 der in diesem Zeitraum erstellten Wohneinheiten wurde im Rahmen eines Demonstrativbauprogramms des Bundes gefördert. Die Ziele des Programms bestanden darin, neue Baumethoden, Baustoffe und -konstruktionen zu erproben sowie Erkenntnisse über rationelle Bauweisen zu erlangen. Gesucht wurde nach Möglichkeiten, billig, gut und zweckmäßig zu bauen, damit einhergehend nach neuen Wohnungstypen und optimalen Grundrissen [Rencker o.J.]. Vor allem der Bezirk Lerchenberg Süd ist deshalb durch eine stark typisierte Gebäudestruktur gekennzeichnet.

Nach Mitte der 1970er Jahre erfolgten nur relativ geringe Zubautätigkeiten: Mitte der 1980er Jahre wurden im Bezirk Lerchenberg-Nord 21 gereifte Mehrfamilienhäuser gebaut. Zwischen 1992 und 2003 wurden im Süden des Quartiers 21 und im Südwesten zwischen 2003 und 2005 zwölf neue Einfamilienhäuser errichtet (siehe Abbildung 7).

Im Jahr 2007 wurde die Gebietskulisse der Bezirke Lerchenberg-Mitte und -Süd in das Bund-Länder-Programm „Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf – Die Soziale Stadt“ aufgenommen. In diesem Rahmen gefördert werden städtebauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Infrastruktur und des Wohnumfelds sowie ein Quartiersmanagement, das diese Maßnahmen koordiniert und die Akteure bei der Umsetzung unterstützt. Die Erarbeitung von entsprechenden Zielen und Projektansätzen wurde von einem Planungsbüro begleitet und in einem „Integrierten Entwicklungskonzept“ dokumentiert [Stadtverwaltung Mainz 2009], das sich nun in der Umsetzungsphase befindet [Mühlenbeck 2013].

Im Rahmen des in Aufstellung befindlichen Bebauungsplanes „Nino-Erné-Straße (Le2)“ ist der Neubau von insgesamt 81 in Reihen-, Ketten-, Doppel- und Einzelhäusern befindliche Wohneinheiten im äußersten Südwesten der Siedlung vorgesehen (siehe Abbildung 5) [Landeshauptstadt Mainz 2013b].

Im Rahmen des integrierten Quartierskonzeptes werden der Gebäudebestand sowie die Wärmeversorgung der Siedlung Mainz-Lerchenberg analysiert. Areal und Gebäude des Zweiten Deutschen Fernsehens sind nicht Bestandteil der Betrachtungen.

2.2 Analyse der im Quartier vorhandenen Gebäudestruktur

Die Analyse der im Quartier vorhandenen Gebäudestruktur erfolgte auf Basis der von der Stadtverwaltung Mainz in Form von Geoinformationsdaten zur Verfügung gestellten Stadtgrundkarte der Siedlung Mainz-Lerchenberg (Stand November 2012). Informationen zu den einzelnen Gebäuden wurden anhand verschiedener Quellen angereichert (siehe Abschnitt 1.4), vor allem durch:

- die Auswertung von Luftbildaufnahmen bzw. Vor-Ort-Begehungen,
- Angaben aus Bebauungsplänen,
- Angaben aus Akten aus dem Bauarchiv,
- Angaben von Gebäudeeigentümern und Verwaltern.

Die nachfolgend benannten Anzahlen an Gebäuden wurden vorrangig über deren Adresszuordnung, d. h. der Kombination von Straße und Hausnummer, ermittelt. Einigen Adressen sind in der Stadtgrundkarte mehrere Baukörper zugeordnet, die bei der Zählung als einzelne Gebäude erfasst wurden.

Nach dieser Vorgehensweise wurden 1.072 Wohngebäude sowie 63 gemischt genutzte Gebäude und Nichtwohngebäude gelistet, die an die Fernwärmeversorgung des Gebietes angeschlossen sind. Über 90 % dieser Gebäude wurden vor 1978 und damit vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet.

2.2.1 Wohngebäude

In Bezug auf die Wohngebäude stehen sich auf dem Lerchenberg städtebaulich und baulich unterschiedliche Strukturen gegenüber. In Lerchenberg-Süd und -Nord dominieren freistehende Einfamilien- sowie Ketten-, Reihen- und Doppelhäuser mit kleinen Gärten und gewachsenem Baumbestand das Bild. Lerchenberg-Mitte ist durch verdichteten Geschosswohnungsbau mit Scheiben- und Punkthochhäusern charakterisiert.

Bei der Analyse wurden Ein- und Zweifamilienhäuser sowie größere Mehrfamilienhausstrukturen bzw. Geschosswohnungsbauten unterschieden. Kleinere Mehrfamilienhäuser mit bis zu vier Wohneinheiten sind der Gruppe der Ein- und Zweifamilienhäuser zugeordnet.

Während letztere bezogen auf die Anzahl an Wohngebäuden einen Anteil von ca. 91 % ausmacht, befinden sich laut den statistischen Informationen zur Stadtentwicklung lediglich 37 % der im Quartier vorhandenen Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern [Landeshauptstadt Mainz 2013d, S. 12]⁴. Etwa die Hälfte der Wohneinheiten sind im Bezirk Mitte angesiedelt und dort auf nur 5 % der im Quartier vorhandenen Wohngebäude verteilt.

⁴ Die Statistischen Informationen zur Stadtentwicklung basieren auf der Gebäude- und Wohnungszählung von 1987 und werden aufgrund von Neuerrichtungen, Umbaumaßnahmen und Abbrüchen auf der Ebene der Stadtteile fortgeschrieben [vgl. ebd., S. 2]. Sie sind somit unabhängig von der Stadtgrundkarte zu sehen und führen in Bezug der auf Basis der Stadtgrundkarte ermittelten Anzahl an Wohngebäuden zu einer geringen Abweichung in Höhe von rund 1 %.

2.2.1.1 Ein- und Zweifamilienhäuser, kleine Mehrfamilienhäuser

In Lerchenberg-Süd und -Nord sind insgesamt 979 Ein- und Zweifamilienhäuser bzw. kleine Mehrfamilienhäuser vorhanden.



Abbildung 8: Lage der Ein- und Zweifamilienhäuser sowie der kleinen Mehrfamilienhäuser im Quartier

Die Bebauungsstruktur setzt sich aus

- 242 zweigeschossigen Reihenendhäusern,
- 235 zweigeschossigen Reihenmittelhäusern,
- 170 freistehenden Gebäuden,
- 102 Doppelhaushälften,
- 98 eingeschossigen Reihenmittelhäusern,
- 82 eingeschossigen Reihenendhäusern,
- 32 versetzt angeordnete Kettenhäusern und
- 17 sonstigen Bauformen (in der Regel freistehende Gebäude, bei denen Teilflächen angebaut sind)

zusammen.

Etwa 94 % dieser Gebäude wurden im Rahmen der Siedlungsgründung und somit vor 1978 errichtet. Der Großteil der Häuser befindet sich im privaten Einzeleigentum und wird überwiegend von den jeweiligen Eigentümern selbst genutzt.

Im Rahmen der Potentialanalyse erfolgten eine Klassifizierung dieser Gebäude anhand energetischer Merkmale sowie die Zuordnung und Gruppierung von Typgebäuden, die anhand von Akten aus dem Bauarchiv identifiziert werden konnten. Diese Vorgehensweise ist in Abschnitt 3.1 näher erläutert.



Abbildung 9: Freistehendes Einfamilienhaus in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU



Abbildung 10: Zweigeschossige Reihenhäuser in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU



Abbildung 11: Eingeschossige Reihenhäuser mit Flachdach in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU



Abbildung 12: Eingeschossige Reihenhäuser mit Steildach in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU



Abbildung 13: Reihenhäuser neueren Baujahrs in Lerchenberg-Süd; Foto: IWU



Abbildung 14: Doppelhaus in Lerchenberg-Nord; Foto: IWU



Abbildung 15: Freistehendes Einfamilienhaus mit Flachdach in Lerchenberg-Nord; Foto: IWU



Abbildung 16: Eingeschossige Reihenhäuser mit Steildach in Lerchenberg-Nord; Foto: IWU

2.2.1.2 Mehrfamilienhauskomplexe und Geschosswohnungsbauten

93 Adressen im Quartier sind größeren Mehrfamilienhauskomplexen und Geschosswohnungsbauten zugeordnet.

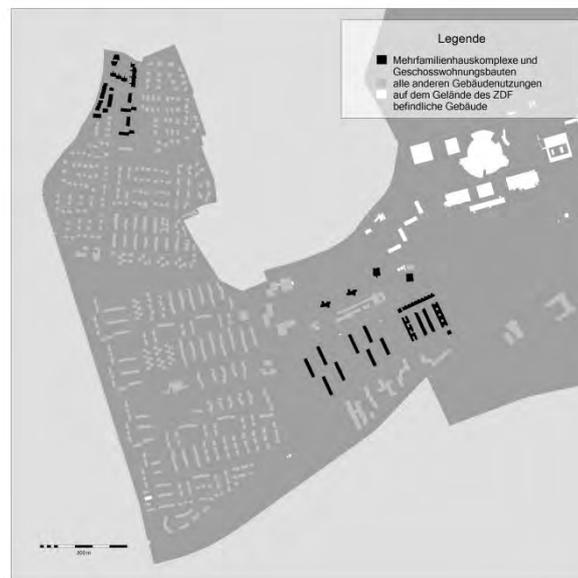


Abbildung 17: Lage der Mehrfamilienhauskomplexe und Geschosswohnungsbauten im Quartier

Insbesondere der Bezirk Lerchenberg-Mitte ist durch größere Mehrfamilienhausstrukturen geprägt. Mit 53 Gebäuden befinden sich mehr als die Hälfte der Mehrfamilienhäuser des Stadtteils in diesem Bezirk. Vier Punkthochhäuser mit 20 bzw. 24 Geschossen sowie acht 8 bis 9-geschossige Zeilen mit je vier Eingängen wurden kurz nach Gründung des Stadtteils Ende der 1960er/Anfang der 1970er Jahre errichtet. Mitte der 1990er Jahre wurde die so genannte Gustav-Mahler-Siedlung im Südosten des Bezirks erbaut. Diese besteht aus fünf zeilenartigen 4 bis 5-geschossigen Baukörpern und zwei 8-geschossigen Punkthäusern. In den Mehrfamilienhäusern in Lerchenberg-Mitte befinden sich ca. 1.349⁵ Wohnungen, was einen Anteil von 49 % und damit nahezu die Hälfte der in der Bautätigkeitsstatistik [Landeshauptstadt Mainz 2013d, S. 12] angegebenen Wohneinheiten des Stadtteils ausmacht. Die Gebäude sind vorrangig im Besitz der institutionellen Wohnungswirtschaft, so dass in der Regel Mietwohnungen vorhanden sind. Zwei der Hochhäuser und drei der 8-geschossigen Zeilen sind im Besitz von Wohneigentümergeinschaften und werden sowohl von Mietern als auch von Eigentümern bewohnt. Gemäß [Pfeiffer et al. 2012, S. 194] sind 584 Wohneinheiten dem sozialen Wohnungsbau zuzuordnen.

Die übrigen 40 Mehrfamilienhäuser befinden sich im äußersten Nordwesten der Siedlung. Bis Mitte der 1970er Jahre wurden hier zwei 8-geschossige Hochhäuser, mehrere abgestufte Baukörper mit bis zu 5 Geschossen sowie zehn 4-geschossige, z.T. versetzt angeordnete Zeilen errichtet. Mitte der 1980er Jahre wurde die Bebauung durch einen zweigeschossigen Mehrfamilienhauskomplex mit insgesamt 21 Gebäuden ergänzt. Auch diese Gebäude sind sowohl im Besitz der institutionellen Wohnungswirtschaft als auch von Eigentümergemeinschaften, wobei der Anteil an Eigentumswohnungen hier höher ist als in Lerchenberg-Mitte. Ca. 80 Wohnungen sind dem sozialen Wohnungsbau zuzuordnen [ebd.].

Für 52 Gebäude in Lerchenberg-Mitte und 14 Gebäude in Lerchenberg-Nord liegen Angaben der Eigentümer oder Verwalter zu in der Vergangenheit durchgeführten Modernisierungsvorhaben vor, auf die in Abschnitt 4.2.2.2 näher eingegangen wird.

⁵ Die Anzahl der Wohneinheiten konnte für Lerchenberg-Mitte anhand der von Eigentümern und Verwaltern ausgefüllten Fragebögen weitgehend vollständig ermittelt werden.



Abbildung 18: Punkthochhäuser in Lerchenberg-Mitte; Foto: Umweltamt Mainz



Abbildung 19: Hochhauszeilen in Lerchenberg-Mitte; Foto: Umweltamt Mainz



Abbildung 20: Gustav-Mahler-Siedlung in Lerchenberg-Mitte; Foto: Umweltamt Mainz



Abbildung 21: Gustav-Mahler-Siedlung in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU



Abbildung 22: 4-geschossige Zeilen in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz



Abbildung 23: Terrassenwohnungen in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz



Abbildung 24: Hochhaus in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz



Abbildung 25: Mehrfamilienhäuser der 1980er Jahre in Lerchenberg-Nord; Foto: Umweltamt Mainz

2.2.2 Gemischt genutzte und Nichtwohngebäude

Gemischt, d. h. zu Wohn- und Nichtwohnzwecken, genutzte und reine Nichtwohngebäude befinden sich vorrangig in Lerchenberg-Mitte (siehe Abbildung 26).

Der relativ geringe Anteil an Gebäuden mit Mischnutzungen ist vorrangig auf Gebäude in der Ladenzeile zurückzuführen, in denen im Erdgeschoss Läden, Gaststätten, Praxen o.ä. vorhanden sind und die im Obergeschoss bzw. den Obergeschossen zu Wohnzwecken genutzt werden. Hinzu kommt eine Gebäudezeile, die in Lerchenberg-Nord sowohl von einer Bank als auch zu Wohnzwecken genutzt wird. Alle gemischt genutzten Gebäude wurden bis Mitte der 1970er Jahre fertiggestellt.

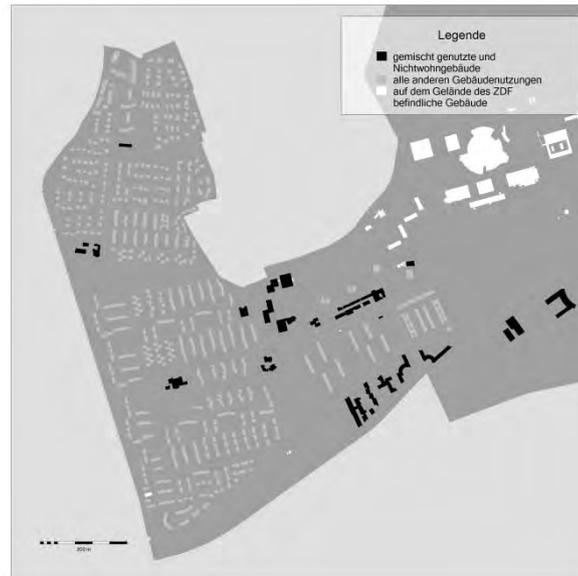


Abbildung 26: Lage der gemischt genutzten und Nichtwohngebäude im Quartier

Auch Gebäude mit reinen Nichtwohnnutzungen finden sich vorrangig in Lerchenberg-Mitte. Für diese Gebäudekategorie wurden insgesamt 50 Gebäude gelistet. Diese werden unter anderem für Gewerbe, Büro und Dienstleistungen (Geschäfte, Gaststätten, Fernheizwerk, Tankstelle, Hotel, Genossenschaften, dem Berufsförderungswerk, Wasser- und Schifffahrtsdirektion) sowie von öffentlichen Einrichtungen (Schulzentrum) genutzt. In Lerchenberg-Süd befinden sich darüber hinaus das evangelische Gemeindezentrum mit Kindertagesstätte sowie das Bürgerhaus mit Sitz der Ortsverwaltung, in Lerchenberg Nord das katholische Pfarramt. Diese Gebäude wurden zur Zeit der Siedlungsgründung bis Mitte der 1970er Jahre errichtet. Ebenfalls an das Fernwärmenetz auf dem Lerchenberg angeschlossen sind die Mitte der 1990er Jahre in der Birnbaumsgewann erbauten und damit südlich der L 426 gelegenen Nichtwohngebäude, die von Fernseh- bzw. Mediengesellschaften und der Verlagsgruppe Rhein-Main genutzt werden. Die Grundschule im Carl-Zuckmayer-Schulzentrum wurde im Jahr 2004 neu gebaut. Die Haupt- und Realschulgebäude des Carl-Zuckmayer-Schulzentrums wurden 2006/2007 saniert.

Auf städtebaulicher Ebene sind für die Bereiche der Ladenzeile, des Schulzentrums und des Bürgerhauses funktionale und gestalterische Mängel zu benennen, die in diesen Kristallisationsräumen besonders ins Gewicht fallen und deren Nutzbarkeit und Qualität einschränken. Das in Rahmen des Programms „Soziale Stadt“ erarbeitete Integrierte Entwicklungskonzept [Stadtverwaltung Mainz 2009, S. 12] weist in diesem Zusammenhang unter anderem auf grundsätzliche Mängel in Bezug auf die barrierefreie Erschließung dieser Bereiche, die städtebauliche Verflechtung der Ladenzeile sowie Mängeln an Gebäudehülle, Brandschutz, Ausbau, Akustik und Haustechnik der kommunalen Kindertagesstätte und des Bürgerhauses hin, die bei künftigen Sanierungskonzepten zu berücksichtigen sind.



Abbildung 27: Bürogebäude in Lerchenberg-Mitte;
Foto: IWU



Abbildung 28: Bürogebäude in Lerchenberg-Mitte;
Foto: IWU



Abbildung 29: Gemischt genutztes Gebäude
in Lerchenberg-Mitte; Foto: IWU



Abbildung 30: Ladenzeile in Lerchenberg-Mitte;
Foto: IWU



Abbildung 31: Bürgerhaus in Lerchenberg-Süd;
Foto: Peter Schlereth



Abbildung 32: Bürgerhaus in Lerchenberg-Süd;
Foto: Peter Schlereth

2.2.3 Geplante Neubauvorhaben

Derzeit sind zwei Gebiete für zukünftige Neubauten vorgesehen: im nordöstlichen Bereich Lerchenberg-Mittles wird der Neubau einer altengerechten Wohnanlage beabsichtigt (Bebauungsplan Seniorenzentrum Lerchenberg - Le1); im Südwesten des Quartiers ist eine Erweiterung der Bebauung um weitere Einfamilien-, Reihen- und Kettenhäuser geplant (Bebauungsplanentwurf Nino-Erné-Straße – Le2).



Abbildung 33: Lage der Neubaugebiete im Quartier

2.2.3.1 Bebauungsplan Seniorenzentrum Lerchenberg (Le1)

Der Bebauungsplan „Seniorenzentrum Lerchenberg (Le1)“ sieht eine Nutzung als allgemeines Wohngebiet vor. Für die nördlich des Hochhauses vorgesehene neue Bebauung sind 4-geschossige Baukörper in offener Bauweise mit einer GRZ von 0,3 vorgesehen. Zulässig sind ausschließlich flach geneigte Dächer bis 6° Dachneigung, für die ab einer zusammenhängenden Dachfläche von 20 m² eine Dachbegrünung vorgeschrieben ist [Stadtverwaltung Mainz 2013a].

Bauherr für das vorgesehene Seniorenzentrum ist die SOKA-BAU. Vorgesehen ist der Neubau von 90 bis 100 Wohneinheiten mit ca. 7.000 bis 8.000 m² Wohnfläche. Als Energiestandard wird die maßgebliche EnEV zugrunde gelegt [SOKA-Bau 2013].

2.2.3.2 Bebauungsplanentwurf Nino-Erné-Straße (Le2)

Der in Aufstellung befindliche Bebauungsplan „Nino-Erné-Straße (Le2)“ sieht eine Erweiterung des Quartiers im südwestlichen Teil der Siedlung vor. Bei der betreffenden Fläche handelt es sich um ein bisher unbebautes Areal, welches derzeit teilweise landwirtschaftlich genutzt wird und teilweise brach liegt.

Geplant ist eine aufgelockerte, kleinteilige Bebauung mit Ein- und Zweifamilienhäusern, die die bestehende Bebauungsstruktur in Lerchenberg-Süd aufnimmt und fortsetzt. Das städtebauliche Konzept sieht einen Mix aus Kettenhäusern, Doppelhäusern und wenigen Einzelhäusern mit insgesamt 81 Wohneinheiten vor [Stadtverwaltung Mainz 2013b, S. 6, 8].

3 Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsanalyse energetischer Sanierungen im Einfamilienhausbestand

Bezogen auf die Anzahl an Gebäuden weist die Gruppe der Ein- und Zweifamilienhäuser mit Anteilen von 86 % am Gesamtgebäudebestand und 91 % am Wohngebäudebestand im Quartier eine besondere Relevanz auf. Um die Effekte energetischer Modernisierungen dieser Gebäudegruppe darzulegen, werden nachfolgend beispielhaft Sanierungsmaßnahmen, damit verbundene Energieeinsparpotenziale sowie Investitionskosten und Wirtschaftlichkeitsberechnungen aufgezeigt.

Zu diesem Zweck wurde die Ein- und Zweifamilienhausbebauung in Lerchenberg-Süd und -Nord zunächst anhand energetisch relevanter Merkmale klassifiziert. Anschließend erfolgte die Auswahl repräsentativer Typvertreter, die zur Demonstration der Auswirkungen energetischer Sanierungsmaßnahmen herangezogen wurden.

Für jedes der ausgewählten Beispielgebäude wurde der Energiebedarf im unsanierten Zustand und nach Durchführung von energetischen Modernisierungen auf drei verschiedenen Niveaus ermittelt. Dabei wurde das in Anhang B dargestellte Rechenverfahren angewandt. Die Ergebnisse sind in Form von Gebäude-Übersichtsblättern grafisch aufbereitet (siehe Anhang D), die zur Information der Gebäudeeigentümer dienen sollen.

3.1 Klassifizierung und Auswahl von Typvertretern

Zur Auswahl repräsentativer Typvertreter wurde der Einfamilienhausbestand auf dem Lerchenberg zunächst anhand folgender Merkmale klassifiziert:

- Baualter,
- Zahl der Vollgeschosse,
- Dachform und -neigung (Flach- oder Steildach),
- Nachbarsituation (freistehend, Mittelhaus, Endhaus)
- Größe der Grundfläche.

Auf dieser Grundlage wurden neun relevante Gebäudegruppen identifiziert, deren Charakteristika in Tabelle 1 zusammengefasst sind. Da die wenigen späteren Zubauten derzeit noch nicht zur Sanierung anstehen, wurden nur Gebäude der Baualtersklasse vor 1978 (Baualtersklasse F⁶) berücksichtigt.

Wie unter 2.1 erwähnt, wurde die Errichtung eines Großteils der Gebäude in Lerchenberg-Süd, aber auch einiger Gebäude in Lerchenberg-Nord im Rahmen eines Demonstrativbauprogramms des Bundes gefördert, was unter anderem den wiederholten Bau von Typgebäuden zur Folge hatte. Anhand von Bauantragsunterlagen (Bauplänen und Baubeschreibungen) aus dem Bauarchiv konnten 17 dieser Gebäudetypen identifiziert werden. Diese wurden zusätzlich anhand ihrer Nachbarsituation unterschieden und den neun Haupttypen zugeordnet (siehe Tabelle 1). Für die nachfolgende Betrachtung wurde für jeden der neun Haupttypen ein Typvertreter ausgewählt, der dem Untertyp mit der am häufigsten im Quartier vorhandenen Anzahl an Gebäuden entspricht.

Insgesamt 728 Gebäude konnten den Typbezeichnungen aus den Bauakten zugeordnet werden, dies entspricht 77 % der in den statistischen Daten zur Stadtentwicklung [Landeshauptstadt Mainz 2013d, S. 12] angegebenen Anzahl an Ein- und Zweifamilienhäusern bzw. 74 % der im Rahmen der GIS-Analyse gezählten Gebäude. Die Zuordnung der Haupt- und Untertypen ist in Abbildung 34, Abbildung 35 und Abbildung 36 grafisch dargestellt. In Lerchenberg-Nord sind zudem weitere Gebäude mit ähnlichen Merkmalen sowie weitere Doppelhaustypen vorhanden, die jedoch anhand der Bauakten nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.

⁶ Die Einteilung in Baualtersklassen erfolgt in Anlehnung an die Deutsche Gebäudetypologie [Loga et al. 2011]. Die Bebauung, die in der Gründungszeit der Siedlung errichtet wurde, wird vereinfachend vollständig der Baualtersklasse F (1969 bis 1978) zugeordnet, auch wenn einige Gebäude ggf. bereits in den Jahren 1967 oder 1968 erstellt wurden.

Tabelle 1: Übersicht Gebäudetypen Einfamilienhäuser

Nr.	Merkmale	Kürzel	Typbezeichnung auf Bauplänen	Vorhandene Gebäudeanzahl
1	Freistehendes Einfamilienhaus, 1 Vollgeschoss, Steildach	EFH.SD	RBW 110 S	7
			104 EL/S	5
			170 S	5
			RBW 107 S*	4
2	Freistehendes bzw. versetzt stehendes Einfamilienhaus, 1 Vollgeschoss, Flachdach	EFH.FD	RBT 110	28
			RBW 117 F	12
			BE 135	9
			A	9
			127 G	7
3	Doppelhaushälfte, 2 Vollgeschosse, Steildach	DHH.SD	DH21	60
4	Reihenhaus, 1 Vollgeschoss, Steildach, Endhaus	RH1.SD.E	RBW 110 S	16
			RBW 107 S*	12**
			170 S	2
5	Reihenhaus, 1 Vollgeschoss, Steildach, Mittelhaus	RH1.SD.M	RBW 110 S	13
			RBW 107 S*	11
			170 S	2
6	Reihenhaus, 1 Vollgeschoss, Flachdach, Endhaus	RH1.FD.E	RBW 107	29
			BE 135	20
			BE 113	2
7	Reihenhaus, 1 Vollgeschoss, Flachdach, Mittelhaus	RH1.FD.M	RBW 107	53
			BE 135	11
			BE 113	2
8	Reihenhaus, 2 Vollgeschosse, Steildach, Endhaus	RH2.SD.E	RH 118	118
			RH 111	44
			RHS 92	38
			RH 96	10
9	Reihenhaus, 2 Vollgeschosse, Steildach, Mittelhaus	RH2.SD.M	RH 106	126
			RH 111	37
			RHS 92	25
			RH 96	11

* Während die übrigen eingeschossigen Gebäude mit Steildach ein zu Wohnzwecken nutzbares Dachgeschoss aufweisen, ist dies beim Untertyp RBW 107S nicht der Fall. Die Ergebnisse der Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Gebäudetypen 1, 4 und 5 sind deshalb nur bedingt auf diesen Untertypen übertragbar. Allerdings wurde der Untertyp RBW 107 im Quartier sowohl mit Steildächern (durch den Zusatz „S“ gekennzeichnet) als auch mit Flachdächern umgesetzt. Die Ergebnisse der Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Typen Nr. 6 und 7 sind deshalb weitestgehend auch für den Untertyp RBW 107S anwendbar.

** In der angegebenen Anzahl sind 6 Doppelhaushälften enthalten, die hier bei der Gruppe der Reihenendhäuser zugeordnet wurden.



Abbildung 34: Übersicht Gebäudetypen Einfamilienhäuser



Abbildung 35: Zuordnung der Typbezeichnungen aus den Bauakten



Abbildung 36: Zuordnung der Typbezeichnungen aus den Bauakten, unterschieden nach Mittel- und Endhäusern

3.2 Gebäude-Übersichtsblätter

Um die Eigentümer über die nachfolgend dargestellten technischen Maßnahmen der energetischen Gebäudemodernisierung und die dadurch üblicherweise erzielbaren Energieeinsparungen und Investitionskosten zu informieren, wurden entsprechende Informationsblätter für die neun ausgewählten Beispielgebäude konzipiert. Diese können vom Sanierungsmanager als quartiersbezogene Informationsmaterialien verwendet werden.

Kern dieser Blätter ist jeweils eine A4-Doppelseite, auf der typische Baukonstruktionen und die zugehörigen energetischen Kenndaten (U-Werte) für die Bauteile Dach, Außenwand, Fenster und Kellerdecke im Ist-Zustand dargestellt sind. Für drei Wärmeschutz-Niveaus wird jeweils ein Modernisierungspaket aus beispielhaften Maßnahmen geschnürt. Diese werden durch eine Skizze der Maßnahme, eine textliche Beschreibung sowie die dem Modernisierungsstandard entsprechenden Dämmstärken und resultierenden U-Werten erläutert. Zudem sind die Auswirkungen der Maßnahmen auf den Heizwärmebedarf, den Endenergiebedarf und die Energiekosten aufgezeigt.

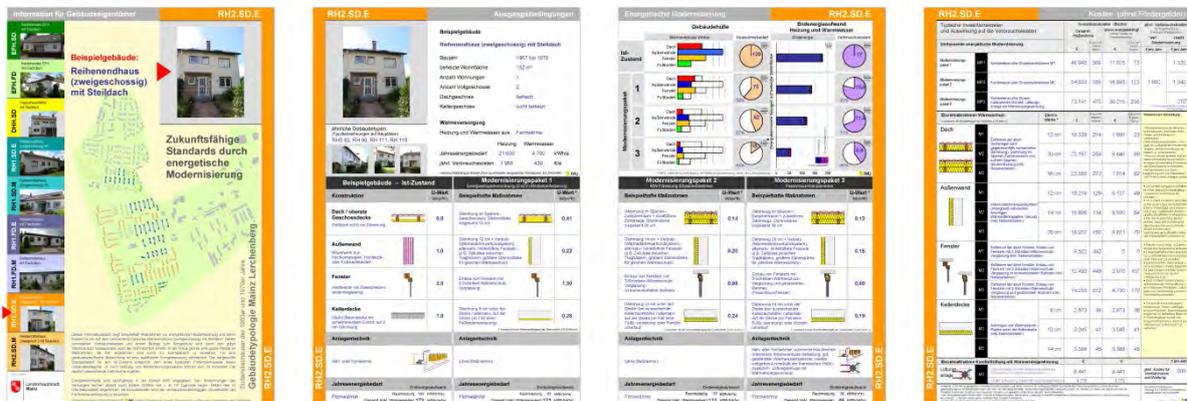


Abbildung 37: Beispiel Gebäude-Übersichtsblatt Gebäudetyp RH2.SD.E

Auf der letzten Seite findet sich darüber hinaus eine Darstellung der bei Durchführung der Maßnahmen üblicherweise zu erwartenden Investitionskosten. Dabei sind in der ersten Spalte zunächst die Gesamtkosten dargelegt – also im Fall des Dachs zum Beispiel einschließlich der neuen Dacheindeckung. In der zweiten Kostenspalte finden sich dann die energiebedingten Mehrkosten, also der Euro-Betrag, der erforderlich ist, wenn über die reine Instandsetzung hinaus (z. B. neue Dacheindeckung) eine energetische Verbesserung erzielt werden soll. Den gesamten Investitionskosten der drei Maßnahmenpakete werden dann die möglichen Energiekosteneinsparungen gegenübergestellt.

Die angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkebezogene Kostenfeststellungen von insgesamt 531 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden [Hinz 2012].

Die Informationsblätter geben einen anschaulichen ersten Einblick in die technischen und finanziellen Implikationen einer energetischen Modernisierung am Beispiel typischer Einfamilienhäuser der Siedlung. Bezüglich der Übertragbarkeit der in den Blättern gemachten Aussagen sind jedoch gewisse Grenzen zu beachten:

- Es wird von normal beheizten Gebäuden und von einer durchschnittlichen Nutzung ausgegangen. Werden Teile eines Gebäudes gar nicht oder nur selten beheizt, sind der heutige Energieverbrauch, aber auch die erzielbaren Einsparungen deutlich geringer. Umgekehrt können die Einsparungen natürlich höher erwartet werden, wenn ein höheres Komfortniveau vorliegt (z. B. Raumtemperaturen 22°C oder mehr).

- Bei den angegebenen Kosten handelt es sich um mittlere Investitionskosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen (d. h. sowohl höher als auch niedriger sein).
- Wenn man die Investitionskosten zur erzielbaren Energiekosteneinsparung in Beziehung setzt, ist zu beachten, dass zukünftige Energiepreise ggf. erheblich von den zugrunde gelegten Annahmen abweichen können.
- Der finanzielle Aufwand für die Maßnahmen kann durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln, z. B. der KfW, gesenkt werden. Näher Angaben hierzu finden sich in Abschnitt 3.3.

Nicht quantifiziert sind zudem die vor allem bei Umsetzung vollständiger Maßnahmenpakete eintretenden Komfortverbesserungen für die Nutzer, wie z. B. gleichmäßig warme Bauteiloberflächen, verringerte Zuglufterscheinungen, verbesserter Schallschutz (für die Bewohner auf dem Lerchenberg aufgrund der Fluglärmbelastung durch den Frankfurter Flughafen interessant) sowie Wertsteigerungen an den Gebäuden.

Im Folgenden werden die zur Erstellung der Übersichtsblätter zugrunde gelegten Annahmen und Randbedingungen, die bau- und anlagentechnischen Maßnahmen sowie die damit verbundenen Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen näher erläutert.

3.3 Beispielhafte Energiesparmaßnahmen und Maßnahmenpakete

Für jedes der ausgewählten Beispielgebäude wurde der Energiebedarf im unsanierten Zustand und nach Durchführung von energetischen Modernisierungen auf drei verschiedenen Niveaus ermittelt. Dabei wurde das in Anhang B dargestellte TABULA-Rechenverfahren angewendet. Die hierfür zugrunde gelegten Annahmen und Randbedingungen werden nachfolgend am Beispiel des Übersichtsblatts für den Gebäudetyp „Zweigeschossiges Reihenendhaus mit Steildach“ (RH2.SD.E) erläutert.

3.3.1 Grunddaten und Flächenermittlung

Die Darstellung der Grunddaten in den Übersichtsblättern umfasst die Benennung der zugrunde gelegten Gebäudetypen sowie Angaben zu Baujahr, Wohnfläche, Anzahl der Wohnungen und Vollgeschosse sowie der energetischen Situation in Dach- und Kellergeschoss.

RH2.SD.E	Ausgangsbedingungen	
 <p>ähnliche Gebäudetypen: (Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen) RHS 92, RH 96, RH 111, RH 118</p> 	Beispielgebäude	
	Reihenendhaus (zweigeschossig) mit Steildach	
	Baujahr	1967 bis 1978
	beheizte Wohnfläche	152 m ²
	Anzahl Wohnungen	1
	Anzahl Vollgeschosse	2
	Dachgeschoss	beheizt
	Kellergeschoss	nicht beheizt
	Wärmeversorgung	
	Heizung und Warmwasser aus Fernwärme	
		Heizung Warmwasser
	Jahresenergiebedarf	21.600 4.700 kWh/a
	jährl. Verbrauchskosten	1.950 420 €/a
	verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) 	

Abbildung 38: Darstellung der Gebäudegrunddaten im Gebäude-Übersichtsblatt

Die Wohn- und Hüllflächen der betrachteten Beispielgebäude wurden anhand von Plänen und Wohnflächenberechnungen aus dem Bauarchiv ermittelt, die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Bei den Gebäuden mit Steildächern wurde dabei davon ausgegangen, dass die Dachflächen energetisch wirksam und die Kellergeschosse unbeheizt sind.

Tabelle 2: Hüllflächen der Beispielgebäude

Gebäudetyp	EFH.SD	EFH.FD	DHH.SD	RH1.SD.E	RH1.SD.M	RH1.FD.E	RH1.FD.M	RH2.SD.E	RH2.SD.M
Wohnfläche [m ²]	205,7	109,7	125,8	205,7	205,7	107,6	107,6	152,0	140,8
Bauteilfläche									
Dach [m ²]	164,9	136,5	77,3	165,0	165,0	133,2	133,2	85,7	78,4
Außenwand [m ²]	169,5	121,8	128,9	120,4	75,2	90,0	64,9	125,9	52,7
Kellerdecke [m ²]	136,0	136,5	66,9	136,0	136,0	133,2	133,2	74,7	68,5
Fenster [m ²]	30,2	17,3	25,4	30,2	26,3	17,3	17,3	24,7	21,2
Haustür [m ²]	2,3	3,0	3,2	2,3	2,3	3,1	3,1	3,1	3,1

Die Angaben zu Jahresenergiebedarf und Verbrauchskosten sind aus den nachfolgend dargestellten Ergebnissen abgeleitet.

3.3.2 Bauteile und Wärmeversorgung im unsanierten Zustand

Aus Bauantragsunterlagen aus dem Bauarchiv ist die geplante Bauweise mehrerer Gebäudetypen bekannt. Allerdings sind die Angaben nicht so detailliert, dass daraus unmittelbar U-Werte⁷ abgeleitet werden können. Zudem kann die tatsächliche Ausführung von den Planungswerten abweichen. Deshalb wurden für die Baualtersklasse typische Pauschalwerte herangezogen (siehe Tabelle 3). Als Quellen wurden das Kurzverfahren Energieprofil [Loga et al. 2005, S. II-2], die Deutsche Gebäudetypologie [Loga et al. 2011] und die Bekanntmachungen der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand [BMVBS 2009, S. 6] genutzt⁸.

Tabelle 3: Annahmen für die U-Werte nicht modernisierter Bauteilflächen für Gebäude mit Baujahr bis 1978; Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011] [BMVBS 2009]

Bauteil	Konstruktion	U-Werte nicht modernisierter Bauteilflächen [W/(m ² K)]
Steildach	Steildach mit 5 cm Dämmung	0,8
Flachdach	belüftetes Flachdach mit 5 cm Dämmung	0,6
Außenwand	Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen	1,0
Fenster	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8
Kellerdecke	(Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung	1,0

Neben der textlichen Information zu den Baukonstruktionen und energetischen Kenndaten (U-Werten) im Ist-Zustand sind in den Übersichts-Blättern auch Skizzen der relevanten Bauteile dargestellt (siehe Abbildung 39).

⁷ Der Wärmedurchgangskoeffizient U – vereinfacht U-Wert genannt – ist ein Maß für die thermische Qualität von Bauteilen. Er bezeichnet den Wärmestrom, der bei einer Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft von 1 K (oder 1 °C) durch eine 1 m² große Bauteilfläche hindurchfließt. Je kleiner der U-Wert, desto besser ist der Wärmeschutz.

⁸ Da die meisten Einfamilienhäuser auf dem Lerchenberg nach 1968 und vor 1975 errichtet wurden, beziehen sich die verwendeten Werte auf die Baualtersklasse 1969 bis 1978.

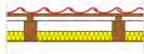
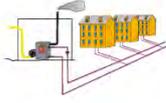
Beispielgebäude – Ist-Zustand	
Konstruktion	U-Wert W/(m²K)
Dach / oberste Geschossdecke Steildach mit 5 cm Dämmung 	0,8
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0
Anlagentechnik	
Nah- oder Fernwärme	
Jahresenergiebedarf	
Fernwärme	Endenergieaufwand Raumheizung 142 kWh/(m²a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 173 kWh/(m²a)

Abbildung 39: Darstellung der Konstruktionen im Ist-Zustand im Gebäude-Übersichtsblatt

Die Berücksichtigung der Anlagentechnik erfolgt unter dem Ansatz von Pauschalwerten, die für Wohngebäude im Bestand gelten und im Kurzverfahren Energieprofil [Loga et al. 2005] hergeleitet wurden (siehe Tabelle 4). Dabei wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Standort von Fernwärme-Übergabestation und Warmwasserspeicher im unbeheizten Keller;
- Verteilleitungen mäßig gedämmt, horizontale Stränge im unbeheizten Keller;
- keine Warmwasser-Zirkulation (bei den hier betrachteten Einfamilienhäusern).

Tabelle 4: Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik im Ist-Zustand (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche; Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011])

	Ist-Zustand
Warmwasserbereitung	
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m²a)]	11,6
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	8,5
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m²a)]	4,2
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,4
Raumheizung	
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	26,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	6,7

3.3.3 Bauliche Maßnahmen zur energetischen Modernisierung

Da die Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle den größten Teil des Energiebedarfs von Bestandsgebäuden verursachen, kann durch Dämmung der opaken Bauteile und den Einbau hochwertiger Fenster der Energiebedarf in erheblichem Umfang reduziert werden.

Exemplarisch wurden die folgenden drei Modernisierungsstandards betrachtet.

- **Modernisierungspaket 1 – Bauteilanforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV:**
bedingte Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV 2009 für den Fall der Modernisierung des entsprechenden Bauteils;
- **Modernisierungspaket 2 – KfW-Förderung Einzelmaßnahmen:**
gegenwärtige Anforderungen der Kreditanstalt für Wiederaufbau für die Förderung von Einzelmaßnahmen [KfW 2013c];
- **Modernisierungspaket 3 – Modernisierung mit Passivhauskomponenten:**
typische Standards von Passivhaus-Komponenten in der Altbaumodernisierung.

Die folgende Tabelle zeigt die entsprechenden Anforderungs-U-Werte sowie die zur Erreichung dieser Anforderungen notwendigen Dämmstärken. Letztere wurden auf Basis der Annahmen für die unsanierten Bauteile ermittelt (siehe Abschnitt 3.3.2).

Tabelle 5: Definition der drei betrachteten Modernisierungsstandards

	Dach*	Außenwand	Fenster	Kellerdecke
	Steildach ⁹ / Flachdach			
U-Wert [W/m ² K] des Bauteils				
MP 1 (EnEV)	0,41** / 0,20	0,24	1,30	0,30
MP 2 (KfW)	0,14	0,20	0,95	0,25
MP 3 (PH)	0,12	0,15	0,80	0,20
Dämmstärke d [cm] bei WLS 035				
MP 1 (EnEV)	12z** / 12	+12		+8
MP 2 (KfW)	12z+16a / 26	+14		+10
MP 3 (PH)	12z+20a / 30	+20		+14

fett rot = Anforderung

* Zusätze „z“ und „a“ kennzeichnen Zwischen- und Aufsparrendämmung

** Die U-Wert-Anforderung der EnEV bei der Sanierung von Dächern und Dachschrägen liegt bei 0,24 W/(m²K). Wenn eine Zwischensparrendämmung ausgeführt wird und die Dämmschichtdicke wegen einer innenseitigen Bekleidung oder der Sparrenhöhe begrenzt ist, gelten die Anforderungen der EnEV jedoch als erfüllt, wenn die höchstmögliche Dämmschichtdicke eingebaut wird. Die angegebenen Werte beziehen sich deshalb auf eine Zwischensparrendämmung bei Annahme einer Sparrenhöhe von 12 cm.

*** Die Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) gibt die Durchlassfähigkeit eines Materials für den Wärmestrom an. Je kleiner die WLS, desto besser die Wärmedämmung. Die derzeit marktüblichsten Dämmmaterialien weisen Wärmeleitfähigkeitsstufen von 035 oder besser auf.

⁹ Anzumerken ist, dass die Gestaltungssatzung Lerchenberg vom 01.12.2000 für Reihenhäuser die Einhaltung der bestehenden Trauf- und Firsthöhe vorgibt [Stadtverwaltung Mainz 1998], was einer außenseitigen Erhöhung von Sparren zum Einbau größerer Dämmstärken entgegensteht. Um die Umsetzung weitergehender energetischer Sanierungsmaßnahmen zu erleichtern, sollte diese Regelung überprüft und ggf. entsprechend verändert werden.

Aus der für die Deutsche Gebäudetypologie [Loga et al. 2011] entwickelten Maßnahmen-Datenbank wurden für die drei Niveaus Maßnahmen ausgewählt, bei denen die oben genannten Anforderungen gerade eingehalten werden. Aus der Stufung der zur Verfügung stehenden Dämmstärken und der möglichen Variationen von U-Werten im Ausgangszustand ergibt sich, dass die nach Modernisierung erreichten U-Werte in einigen Fällen etwas kleiner als die Maximalwerte sind.¹⁰ In der folgenden Tabelle sind die vorgeschlagenen Wärmeschutzmaßnahmen zusammengestellt.

Bezüglich der Realisierbarkeit von Maßnahmen in den angegebenen Dämmstärken wird vereinfachend von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Es liegen keine baulichen oder nachbarschaftsrechtlichen Einschränkungen bezüglich der Dämmstärke bei den Außenwänden vor.
- Die lichte Höhe des Kellers ist ausreichend, um die angegebenen 14 cm Dämmstärke des Maßnahmenpakets 3 umsetzen zu können.

Tabelle 6: Für die Beispielgebäude angesetzte Wärmeschutzmaßnahmen

Modernisierungspaket	MP1 (EnEV)	MP2 (KfW)	MP3 (PH)
Beschreibung			
Steildach	Dämmung im Sparrenzwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm	Dämmung im Sparrenzwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	Dämmung im Sparrenzwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 36 cm
Flachdach	Dämmung 16 cm auf der Decke + neue Dachhaut	Dämmung 26 cm auf der Decke + neue Dachhaut	Dämmung 30 cm auf der Decke + neue Dachhaut
Außenwand	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z. B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)	Dämmung 14 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z. B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)	Dämmung 20 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z. B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)
Fenster	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im konventionellen Rahmen	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)
Kellerdecke	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	Dämmung 10 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) oder Kombination unter/auf	Dämmung 14 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) oder Kombination unter/auf
Dämmstärken [cm] (nominal / WLS 035)			
Steildach	12	30	36
Flachdach	16	26	30
Außenwand	12	14	20
Kellerdecke	8	10	14
U-Werte [W/(m ² K)]			
Steildach	0,41	0,14	0,12
Flachdach	0,20	0,13	0,11
Außenwand	0,22	0,20	0,15
Fenster	1,30	0,95	0,80
Kellerdecke	0,28	0,24	0,19

¹⁰ Dies entspricht auch der praktischen Situation, in der Dämmstärken auch nicht „millimeterscharf“ auf die Einhaltung der Anforderungen zugeschnitten werden.

Darüber hinaus wurden folgende Annahmen für die Energiebilanzberechnung und die Variation der Parameter getroffen:

- U-Werte Türen: Die U-Werte der Haus-Eingangstüren wurden vereinfachend gleich den U-Werten der Fenster gesetzt.
- g-Werte der Fenster: Die g-Werte der Fenster wurden vereinfacht konstant gehalten (Wert 0,6).

Auf den Übersichtsblättern sind Maßnahmen, Dämmstärken und die daraus resultierenden U-Werte der sanierten Bauteile ebenfalls aufgeführt (siehe Abbildung 40).

Modernisierungspaket 1 Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung		Modernisierungspaket 2 KfW-Förderung Einzelmaßnahmen		Modernisierungspaket 3 Passivhaus-Komponenten	
Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert* W/(m²K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert* W/(m²K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert* W/(m²K)
Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm	0,41	Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	0,14	Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 38 cm	0,12
Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)	0,22	Dämmung 14 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)	0,20	Dämmung 20 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)	0,15
Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	1,30	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung im konventionellen Rahmen	0,95	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)	0,80
Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	0,28	Dämmung 10 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombi unter/auf	0,24	Dämmung 14 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombi unter/auf	0,19
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)		*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)		*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)	
Anlagentechnik		Anlagentechnik		Anlagentechnik	
(ohne Maßnahme)		(ohne Maßnahme)		Nah- oder Fernwärme, optimierte Haustechnik (minimierte Wärmeverluste Verteilung, gut gedämmter Warmwasserspeicher, beides weitgehend innerhalb der thermischen Hülle) zusätzlich: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf	
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand		Endenergieaufwand	
Fernwärme	Raumheizung 97 kWh/(m²a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 131 kWh/(m²a)	Fernwärme	Raumheizung 79 kWh/(m²a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 111 kWh/(m²a)	Fernwärme	Raumheizung 20 kWh/(m²a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 46 kWh/(m²a)

Abbildung 40: Darstellung Modernisierungsmaßnahmen im Gebäude-Übersichtsblatt

Während die Modernisierungspakete 1 und 2 keine Änderungen der anlagentechnischen Komponenten berücksichtigen, wurde beim Modernisierungspaket 3 von folgenden Maßnahmen ausgegangen:

- Erneuerung des Verteilnetzes einschließlich Warmwasserspeicher und hochwirksame Wärmedämmung der Leitungen; dabei weitgehende Verlegung der horizontalen Verteilung innerhalb der thermischen Hülle (innerhalb der Kellerdeckendämmung oder innerhalb der Wohnräume)
- Installation einer Lüftungsanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung (Voraussetzung für die Wirksamkeit ist eine luftdichte Gebäudehülle).

In der folgenden Tabelle sind die Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik in den Modernisierungspaketen aufgeführt.

Tabelle 7: Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik in den Modernisierungspaketen (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche); Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011]

	MP1	MP2	MP3
Warmwasserbereitung			
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4
Raumheizung			
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage			
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,0	0,0	0,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	2,9

Das Grundprinzip der Verbesserung des Wärmeschutzes ist in gleicher Weise für alle Gebäude anwendbar. Allerdings sind die geometrischen oder konstruktiven Gegebenheiten von Bestandsgebäuden sehr unterschiedlich, so dass eine Modernisierungsplanung immer den konkreten Einzelfall zu Grunde legen muss. Die hier dargestellten Maßnahmen und Dämmstärken sollen eine erste Orientierung bieten und sind somit zunächst als Anhaltswerte zu sehen. In der Praxis gibt es eine große Palette an Möglichkeiten, so dass die hier aufgezeigten Maßnahmen nur exemplarisch zu verstehen sind. Bei der Planung und Durchführung von Modernisierungen sind der Festlegung der Maßnahmen auch konstruktive Details und mögliche Komplikationen zu beachten. Informationen hierzu finden sich beispielsweise in den Energiesparinformationen des Landes Hessen¹¹. Besonderes Augenmerk sollte auf die Minimierung von Wärmebrücken und die Ausführung einer luftdichten Ebene gelegt werden. Beim Austausch von Fenstern und der Sanierung der Dachfläche ist auf die Erstellung eines Lüftungskonzeptes nach DIN 1946-6 zu achten. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist in jedem Fall eine qualifizierte Energieberatung und Baubegleitung erforderlich.

3.3.4 Darstellung von Energiebedarfen und Einsparpotenzialen

Für jedes der Beispielgebäude wurde für den Ist-Zustand und die Modernisierungspakete 1 bis 3 der jährliche Energiebedarf ermittelt. Hierfür wurde das in Anhang B beschriebene TABULA-Verfahren mit Kalibrierung auf das typische Niveau des Energieverbrauchs¹² verwendet.

Abbildung 41 zeigt die Darstellung der Auswirkungen der Modernisierungspakete auf die Energiekennwerte und Einsparpotenziale in den Gebäude-Übersichtsblättern. Angegeben sind jeweils der Ausgangskennwert sowie die Reduktion der Wärmeverluste pro Bauteil, der Heiz- und Endenergiebedarfe sowie der Verbrauchskosten. Die Kennwerte beziehen sich dabei auf die beheizte Wohnfläche.

¹¹ Online unter: <http://www.iwu.de/downloads/buergerinfos/energiesparinfos/> [Stand: Oktober 2013]

¹² Da der berechnete Energiebedarf systematisch von realen Verbräuchen abweicht, wurde der mit Standard-Randbedingungen berechnete Energiebedarf durch Anwendung eines pauschalen Faktors auf das typische Verbrauchsniveau kalibriert. Der jeweilige Anpassungsfaktor ist in den Tabellen mit angegeben. Wenn nicht anders angegeben sind die Kennwerte immer auf die beheizte Wohnfläche bezogen.

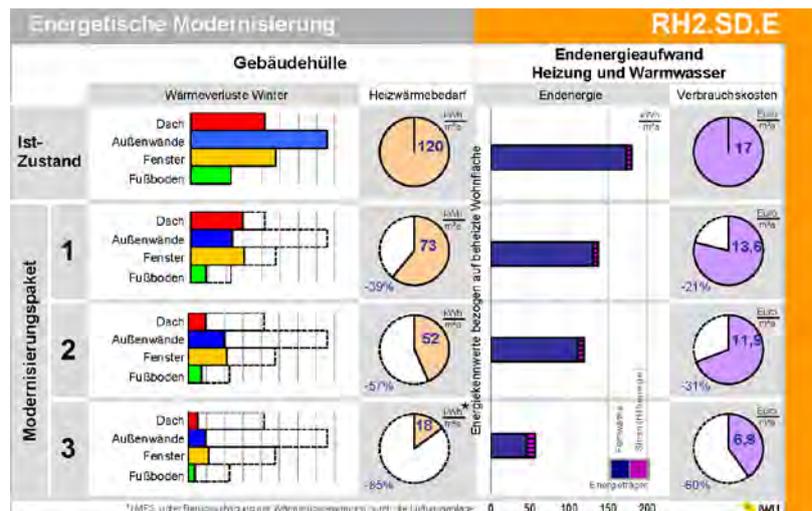


Abbildung 41: Darstellung der Energiekennwerte im Gebäude-Übersichtsblatt

Tabelle 8 zeigt die wesentlichen Eingangsdaten und Berechnungen exemplarisch für den Vertreter der zweigeschossigen Reihenendhäuser mit Steildach (Typ RH2.SD.E), Tabellen aller Beispielgebäude finden sich im Anhang C. Tabelle 9 zeigt die Energiekennwerte für die jeweils unsanierten Varianten aller Beispielgebäude. Zum Vergleich ist auch der nach EnEV 2009 für die Gebäude ermittelte Endenergiebedarf angegeben. Einen Überblick über die Ergebnisse aller Varianten der 9 Beispielgebäude gibt Tabelle 10.

Tabelle 8: Wesentliche Eingangsdaten und Berechnungen eines zweigeschossigen Reihendachhauses mit Steildach (Beispielgebäude für Typ „RH2.SD.E“)

Gebäudetyp	RH2.SD.E	RH2.SD.E	RH2.SD.E	RH2.SD.E
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	523,2	523,2	523,2	523,2
Wohnfläche [m ²]	152,0	152,0	152,0	152,0
TABULA Referenzfläche [m ²]	167,1	167,1	167,1	167,1
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	152,0	152,0	152,0	152,0
Hüllfläche				
Dach [m ²]	85,7	85,7	85,7	85,7
Außenwand [m ²]	125,9	125,9	125,9	125,9
Kellerdecke [m ²]	74,7	74,7	74,7	74,7
Fenster [m ²]	24,7	24,7	24,7	24,7
Haustür [m ²]	3,1	3,1	3,1	3,1
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenanschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	2,04	0,93	0,58	0,44
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0		0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kennwerte Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Niveau Verbrauch	0,87	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	119,6	72,9	51,9	42,8
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	119,6	72,9	51,9	17,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,6	10,6	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	173,1	130,8	111,4	46,1
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,2	6,9	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,2	13,6	11,9	6,9

Tabelle 9: Energiekennwerte Ist-Zustand, Bedarfskennwerte bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)

Gebäudetyp	EFH.SD	EFH.FD	DHH.SD	RH1.SD.E	RH1.SD.M	RH1.FD.E	RH1.FD.M	RH2.SD.E	RH2.SD.M
Wohnfläche [m ²]	205,7	109,7	125,8	205,7	205,7	107,6	107,6	152,0	140,8
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchsniveau	0,85	0,80	0,84	0,87	0,89	0,82	0,83	0,87	0,91
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	127,6	151,9	131,5	118,8	109,0	144,1	136,5	119,6	100,2
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	127,6	151,9	131,5	118,8	109,0	144,1	136,5	119,6	100,2
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,4	8,8	9,3	9,6	9,8	9,0	9,2	9,6	10,0
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	180,2	201,9	183,7	172,4	163,6	195,0	188,1	173,1	155,7
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,1	5,7	6,0	6,2	6,4	5,8	6,0	6,2	6,5
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,8	19,7	18,1	17,1	16,4	19,1	18,5	17,2	15,7
<i>zum Vergleich:</i> Endenergiebedarf nach EnEV 2009, bezogen auf beheizte Wohnfläche [kWh/(m ² a)]	247,9	330,3	271,6	228,7	210,1	305,5	287,1	232,2	194,9
Verhältnis Endenergie EnEV 2009 zu TABULA (kalibriert)	138 %	164 %	148 %	133 %	128 %	157 %	153 %	134 %	125 %

Tabelle 10: Energiekennwerte für die Modernisierungszustände der 9 Beispielgebäude (Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche, kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)

Gebäudetyp	EFH.SD	EFH.SD	EFH.SD	EFH.SD
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	205,7	205,7	205,7	205,7
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchsniveau	0,85	0,95	0,99	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	127,6	78,5	55,1	45,8
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	127,6	78,5	55,1	20,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,4	10,5	10,9	11,6
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	180,2	136,0	114,4	49,1
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,1	6,8	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,8	14,0	12,1	7,2
Gebäudetyp	EFH.FD	EFH.FD	EFH.FD	EFH.FD
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	109,7	109,7	109,7	109,7
Anpassungsfaktor typisches Niveau Verbrauch	0,80	0,93	0,97	1,05
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	151,9	88,9	67,2	57,2
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	151,9	88,9	67,2	33,6
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	8,8	10,3	10,7	11,5
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	201,9	145,5	125,6	61,8
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	5,7	6,7	6,9	10,5
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	19,7	14,8	13,1	8,3
Gebäudetyp	DHH.SD	DHH.SD	DHH.SD	DHH.SD
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	125,8	125,8	125,8	125,8
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchsniveau	0,84	0,95	0,99	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	131,5	77,3	55,9	46,2
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	131,5	77,3	55,9	21,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,3	10,5	10,9	11,6
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	183,7	134,9	115,2	50,2
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,0	6,8	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	18,1	13,9	12,2	7,3
Gebäudetyp	RH1.SD.E	RH1.SD.E	RH1.SD.E	RH1.SD.E
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	205,7	205,7	205,7	205,7
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchsniveau	0,87	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	118,8	75,6	52,0	43,1
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	118,8	75,6	52,0	17,9
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,6	10,5	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	172,4	133,3	111,5	46,2
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,2	6,8	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,1	13,8	11,9	6,9

Fortsetzung Tabelle 10

Gebäudetyp	RH1.SD.M	RH1.SD.M	RH1.SD.M	RH1.SD.M
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	205,7	205,7	205,7	205,7
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,89	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	109,0	72,7	48,9	40,6
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	109,0	72,7	48,9	15,0
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,8	10,6	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	163,6	130,7	108,7	43,3
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,4	6,9	7,2	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	16,4	13,5	11,6	6,7
Gebäudetyp	RH1.FD.E	RH1.FD.E	RH1.FD.E	RH1.FD.E
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	107,6	107,6	107,6	107,6
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,82	0,94	0,98	1,05
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	144,1	85,1	64,6	54,9
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	144,1	85,1	64,6	31,0
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,0	10,3	10,7	11,5
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	195,0	142,1	123,2	59,3
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	5,8	6,7	7,0	10,5
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	19,1	14,5	12,9	8,1
Gebäudetyp	RH1.FD.M	RH1.FD.M	RH1.FD.M	RH1.FD.M
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	107,6	107,6	107,6	107,6
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,83	0,95	0,98	1,05
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	136,5	81,4	61,9	52,5
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	136,5	81,4	61,9	28,3
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,2	10,4	10,8	11,6
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	188,1	138,6	120,7	56,6
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,0	6,8	7,0	10,5
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	18,5	14,2	12,7	7,8
Gebäudetyp	RH2.SD.E	RH2.SD.E	RH2.SD.E	RH2.SD.E
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	152,0	152,0	152,0	152,0
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,87	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	119,6	72,9	51,9	42,8
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	119,6	72,9	51,9	17,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,6	10,6	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	173,1	130,8	111,4	46,1
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,2	6,9	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,2	13,6	11,9	6,9
Gebäudetyp	RH2.SD.M	RH2.SD.M	RH2.SD.M	RH2.SD.M
Variante	Ist-Zustand	MP 1	MP 2	MP 3
Wohnfläche	140,8	140,8	140,8	140,8
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,91	0,97	1,01	1,07
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	100,2	66,6	45,7	37,7
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	100,2	66,6	45,7	12,1
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	10,0	10,7	11,1	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	155,7	125,0	105,7	40,4
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,5	7,0	7,2	10,7
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	15,7	13,1	11,4	6,4

Durch das Modernisierungspaket 1 wird im Mittel eine Reduktion des Endenergiebedarfs um 24 % erreicht, die Einsparungen liegen je nach Gebäude zwischen 20 % und 28 %. Bei Umsetzung des Modernisierungspakets 2 wird eine mittlere Einsparung von 36 % erlangt, die Werte aller Gebäude liegen zwischen 32 % und 38 %. Die beim Modernisierungspaket 3 erzielbaren Einsparungen liegen zwischen 69 % und 74 %, im Mittel bei 72 %.

Für Gebäudeeigentümer ist natürlich insbesondere wichtig, welche jährliche Mehrbelastung sich für die Umsetzung der aufgezeigten zukunftsfähigen Standards ergeben würde, da – je nach finanzieller Situation – natürlich nur eine bestimmte Zusatzbelastung vertretbar erscheint. Hierzu wurden ökonomische Berechnungen durchgeführt, die im nächsten Abschnitt des Berichts dargestellt sind.

3.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Auf der letzten Seite der Gebäude-Übersichtsblätter sind die bei Durchführung der Maßnahmen üblicherweise zu erwartenden Investitionskosten je Maßnahmenpaket und je Bauteil dargestellt (siehe Abbildung 42). Dargelegt sind die Gesamtkosten sowie die energiebedingten Mehrkosten (Betrag der erforderlich ist, um über reine Instandsetzungsarbeiten hinaus energetische Verbesserungen zu erzielen). Zudem sind den Gesamtinvestitionskosten der drei Maßnahmenpakete die möglichen Energiekosteneinsparungen gegenübergestellt.

RH2.SD.E		Kosten (ohne Fördergelder)					
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten		Investitionskosten (Brutto)		Energieerwartung (Netto)		Jährliche Verbrauchskosten (Netto)	
		Gesamtmaßnahme	Wohnfläche	Wohnfläche	Wohnfläche	vor	nach
		€	€/m²	€/m²	€/m²	€/pro Jahr	€/pro Jahr
Maßnahmenpaket 1							
MP1	Kombipaket aller Einzelmaßnahmen M1	46.842	309	11.016	73		1.320
Maßnahmenpaket 2							
MP2	Kombipaket aller Einzelmaßnahmen M2	54.620	359	18.695	123	1.950	1.040
Maßnahmenpaket 3							
MP3	Kombipaket aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	72.141	475	36.216	238		270*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz							
Dach							
M1	Entfernen des alten Dachlagers (inkl. Regenrinne) und Verlegen eines neuen Dachlagers mit Dämmung, Dämmung im Sparren-Raum (inkl. Sparren) und Verlegen eines neuen Dachlagers (inkl. Regenrinne)	12 cm	18.328	214	1.986	23	
M2	Entfernen des alten Dachlagers (inkl. Regenrinne) und Verlegen eines neuen Dachlagers mit Dämmung, Dämmung im Sparren-Raum (inkl. Sparren) und Verlegen eines neuen Dachlagers (inkl. Regenrinne)	30 cm	22.187	259	5.845	68	
M3	Entfernen des alten Dachlagers (inkl. Regenrinne) und Verlegen eines neuen Dachlagers mit Dämmung, Dämmung im Sparren-Raum (inkl. Sparren) und Verlegen eines neuen Dachlagers (inkl. Regenrinne)	36 cm	23.358	273	7.014	82	
Außenwand							
M1	Verwendung eines neuen Außenwand-Systems (Umwertung und Vorarbeiten, Anstrich)	12 cm	16.216	129	6.157	40	
M2	Verwendung eines neuen Außenwand-Systems (Umwertung und Vorarbeiten, Anstrich)	14 cm	16.896	134	6.636	54	
M3	Verwendung eines neuen Außenwand-Systems (Umwertung und Vorarbeiten, Anstrich)	20 cm	18.932	150	6.871	70	
Fenster							
M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung (inkl. Nebenarbeiten)		9.522	342	0	0	
M2	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung in Rahmen aus Holz (inkl. Nebenarbeiten)		12.492	449	2.970	107	
M3	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und getöntem Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		14.253	512	4.730	170	
Kellerdecke							
M1	Anbringen von Wärmeisoliertapeten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	8 cm	2.873	38	2.873	38	
M2	Anbringen von Wärmeisoliertapeten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	10 cm	3.045	41	3.045	41	
M3	Anbringen von Wärmeisoliertapeten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	14 cm	3.388	45	3.388	48	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung							
Lüftungsanlage							
M3	Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (inkl. Nebenarbeiten)		8.441		8.441		280

Abbildung 42: Darstellung der Kosten im Gebäude-Übersichtsblatt

Im Folgenden werden die Kostenansätze sowie darüber hinaus führende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der zur Erschließung der vorgenannten Potenziale bzw. der hierfür erforderlichen Maßnahmen dargestellt.

3.4.1 Kostenansätze der Studie

Bei der Analyse der Kosten und der Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierungen ist zunächst das sogenannte Kopplungsprinzip zu beachten: Dies trifft für Hauseigentümer zu, die sich im Rahmen üblicher Instandsetzungszyklen für eine energetische Modernisierung entscheiden. Beispiele: Eine Außenwand wird dann nachträglich gedämmt, wenn ohnehin eine umfangreiche Putzsanierung notwendig wird oder ein Dach wird dann gedämmt, wenn ohnehin eine neue Dachhaut erforderlich wird.

Als Folge des Kopplungsprinzips teilen sich die Vollkosten der Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung in „ohnehin“ entstehende Kosten der Instandsetzung und energiebedingte Mehrkosten auf. Als Instandsetzungsinvestition sind z. B. bei der Außenwand die Putzsanierung und beim Steildach die Dachneuedeckung zu werten. In die Wirtschaftlichkeitsberechnung unter der Prämisse des Kopplungsprinzips gehen dann lediglich die energiebedingten Mehrkosten der Maßnahmen ein. Dabei han-

delt es sich um die Differenz von Gesamtkosten und Instandsetzungsinvestition, denn die Kosten der reinen Instandsetzung (z. B. der Putzsanierung) wären auch bei einem Verzicht auf die Energiesparmaßnahme angefallen. Wirtschaftlichkeitsanalysen zeigen, dass sich die energetische Gebäudesanierung in der Regel „rechnet“, wenn man sie an ohnehin anstehende Maßnahmen im Rahmen normaler Instandsetzungszyklen koppelt [Diefenbach et al. 2012].

Zur Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele ist es allerdings teilweise auch notwendig, dass sich die Gebäudeeigentümer von den Instandsetzungszyklen lösen und ihre Sanierungen vorziehen, an kleinere Instandsetzungsanlässe koppeln (z. B. Anstrich der Außenwand) bzw. völlig unabhängig von anderen Erneuerungsmaßnahmen durchführen [Diefenbach et al. 2013]. Die Wirtschaftlichkeit der energetischen Modernisierungsinvestitionen verschlechtert sich in diesem Fall, da die anrechenbaren Kosten der Instandsetzung geringer und die Kosten der energetischen Modernisierung höher ausfallen. Im Extremfall – der völlig unabhängig von anderen Erneuerungsmaßnahmen durchgeführten energetischen Modernisierung – entsprechen die energiebedingten Mehrkosten genau den Vollkosten. Sollen Gebäudeeigentümer zu solchen Investitionen motiviert werden, so sind nicht zuletzt über gezielte Förderung geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, damit auch in diesem Fall die Wirtschaftlichkeit in überschaubaren Zeiträumen erreicht werden kann.

In einer umfangreichen Studie des IWU wurden auf Basis abgerechneter Kosten für energiesparende Maßnahmen von Wohngebäuden Kostenfunktionen abgeleitet, aus denen die Vollkosten und die energiebedingten Mehrkosten der hier untersuchten Sanierungsmaßnahmen berechnet werden können [Hinz 2012]. Kostenfunktionen für die Bauteile der thermischen Hülle sind in folgender Tabelle exemplarisch dargestellt.

Tabelle 11: Beispiele für Kostenfunktionen; [Quelle: Hinz 2012]

Bauteil	Kostenfunktion
Außenwand WDVS (Polystyrol oder Mineralfaser): Vollkosten	$2,44 \text{ €/cm} * X \text{ cm Dämmstoff} + 87,35 \text{ €}$
Außenwand WDVS (Polystyrol oder Mineralfaser): energiebedingte Mehrkosten	$2,44 \text{ €/cm} * X \text{ cm Dämmstoff} + 15 \text{ €}$
Kellerdecke, Dämmung von unten, ohne Bekleidung: Vollkosten	$1,04 \text{ €/cm} * X \text{ cm Dämmstoff} + 26,5 \text{ €}$
Steildach: Vollkosten	$2,702 \text{ €/cm} * X \text{ cm Dämmstoff} + 172,8 \text{ €}$
Steildach: energiebedingte Mehrkosten	$2,21 \text{ €/cm} * X \text{ cm Dämmstoff} + 0 \text{ €}$
oberste Geschossdecke – nicht begehrbar: Vollkosten	$1,167 \text{ €/cm} * X \text{ cm Dämmstoff} + 0,213 \text{ €}$
2-Scheiben, Holz- oder Kunststoffrahmen, Alu Randverbund (Einfamilienhaus)	290 bis 340 €/m ²
3-Scheiben, Holz- oder Kunststoffrahmen, „warme Kante“ (Einfamilienhaus)	340 bis 390 €/m ²

Der Preisstand der oben dargestellten Kostenfunktionen ist das 1. Quartal 2009. Um mit aktualisierten Kosten zu rechnen, wurden bei den Kostenansätzen für die hier vorliegende Studie eine Preissteigerung von 10,41 % gegenüber 2009 berücksichtigt.

Kosten für weitere den Wohnwert steigernde Maßnahmen werden nicht berücksichtigt. In der Praxis werden jedoch häufig energetische Maßnahmen zur baulichen und anlagentechnischen Instandsetzung bzw. Modernisierung mit weiteren wohnwertverbessernden Maßnahmen verknüpft (z. B. Sanitärerichtungen, Eingangsbereiche, Elektroinstallationen, Aus- und Umbauten). Dies bedeutet, dass für den Investor zum Zeitpunkt der energetischen Modernisierung neben den energierelevanten Kosten weitere Kosten entstehen können, die finanziert werden müssen.

Bei den Kostenansätzen sind darüber hinaus folgende Besonderheiten zu beachten:

- Sind alte Fenster im Zuge einer ohnehin anstehenden Instandsetzung vollständig zu ersetzen, dann sind Fenster mit einer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und einem U_w -Wert für das Fenster von $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ durch die EnEV 2009 vorgeschrieben. Dieser energetische Standard führt zu keinen energiebedingten Mehrkosten, weil nennenswert schlechtere Fenster zu entsprechend geringeren Kosten praktisch am Markt nicht mehr angeboten werden. Energiebedingte Mehrkosten entstehen erst beim Übergang auf hochwertigere Verglasungen (3-Scheiben) in konventionellen Rahmen bis hin zu passivhaustauglichen Fenstern¹³. Neue Fenster mit einer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung können demnach als Instandsetzungsinvestition gewertet werden. Sie werden daher bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf Basis des Kopplungsprinzips weder bei den Investitionen noch bei den Energieeinsparungen berücksichtigt.
- Ausnahmen vom Kopplungsprinzip bilden die Kellerdecke und die oberste Geschossdecke. Für diese Bauteile ist in der Regel über die Lebensdauer des Gebäudes keine Instandsetzung erforderlich. Die Gesamtinvestition besteht bei diesen Bauteilen allein aus der energetischen Modernisierungsinvestition.
- Bei der Anlagentechnik wird zusätzlich zur bestehenden Fernwärmeversorgung im Modernisierungspaket 3 der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung betrachtet. Die Vollkosten der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung werden im Rahmen dieser Studie als rein energiebedingte Mehrkosten betrachtet.

3.4.2 Methodik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden für die Beispielgebäude Wirtschaftlichkeitsberechnungen mittels dynamischer Verfahren der Investitionsrechnung durchgeführt. Berechnet wurden der Kapitalwert der Investition, die „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“ sowie die annuitätischen Gesamtkosten.

Das wesentliche Merkmal von dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung ist es, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen mit Hilfe der Zinseszinsrechnung auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt ab- oder aufzudiskontieren. Somit haben Einnahmen und Ausgaben nicht nur über ihren Betrag, sondern auch über den Zeitpunkt des Cashflows einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis. Dies ist der entscheidende Vorteil gegenüber den sogenannten statischen Verfahren (wie z. B. der Amortisationsrechnung).

3.4.3 Kapitalwert der Maßnahmen

Der Kapitalwert (KW) einer Investition ist die Summe aller mit dem Kalkulationszinssatz i auf den Zeitpunkt $t = 0$ diskontierten Investitionszahlungen (Jahresüberschüsse) \ddot{u}_t :

$$KW = \sum_{t=0}^n \ddot{u}_t \cdot (1+i)^{-t}$$

Der Kapitalwertformel liegt folgende Überlegung zu Grunde: Beim Erwerb eines Investitionsobjektes – bzw. im hier betrachteten Fall bei der Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen – trägt der Investor die Anschaffungsauszahlung und erhält als Gegenwert den Zukunftserfolgswert (= Barwert aller Kapitalrückflüsse) der Zahlungsreihe. Für den selbstnutzenden Eigentümer bestehen die zukünftigen Kapitalrückflüsse in den Energiekosteneinsparungen.

¹³ Passivhaustaugliche Fenster zeichnen sich durch eine Dreischiebenwärmeschutzverglasung, einen wärmegeprägten Randverbund, speziell gedämmte Fensterrahmen und einen optimierter Einbau aus. Genauere Kriterien und Anforderungen sind in der ift-Richtlinie WA-15/2 definiert.

Die Kapitalwertmethode setzt voraus, dass der Investor weiß, welchen „Zinsgewinn“ er aus einer Investition mindestens erwirtschaften will. Diese – vom Marktzins und Risikogesichtspunkten abhängige – Mindestverzinsung nennt man Kalkulationszinssatz.

Der Kalkulationszinssatz gibt bei den dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung die gewünschte Mindestverzinsung des Investors an. Sie ist bei Fremdfinanzierung definiert als Zinssatz des aufgenommenen Kredits. Bei Eigenfinanzierung hängen die Kapitalkosten von der entgangenen Verzinsung des Eigenkapitals bzw. von den Opportunitätskosten ab [Diefenbach et al. 2012].

Die Kapitalwertmethode prüft, ob in einer Investition zumindest der gewählte Kalkulationszinssatz steckt und die Investition somit vorteilhaft ist ($KW > 0$ bzw. $= 0$ bei der Beurteilung einer Einzelinvestition). Aus einer Menge von Investitionsalternativen ist diejenige Alternative optimal, die den größten Kapitalwert aufweist.

Die Annuitätenmethode berücksichtigt als Entscheidungskriterium nicht die Höhe des Kapitalwertes, sondern die Höhe der sich daraus ergebenden Annuität. Inhaltlich ist die Annuität als der unter Berücksichtigung einer Verzinsung zum Kalkulationszinssatz durchschnittlich je Periode erzielbare Einzahlungsüberschuss interpretierbar. Die Annuität A kann ermittelt werden, in dem der Kapitalwert der Investition mit dem sog. Annuitätenfaktor $a_{i,n}$ multipliziert und so auf die Nutzungsperioden der Investition verteilt wird:

$$A = KW * a_{i,n}$$

Der Annuitätenfaktor $a_{i,n}$ lautet für einen gegebenen Kalkulationszinssatz i und eine gegebene Nutzungsdauer n :

$$a_{i,n} = \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Bei gleichem Kalkulationszinssatz und gleicher Nutzungsdauer ist die Annuitätenmethode mit der Kapitalwertmethode vollkommen äquivalent. Insoweit ist die Annuität nichts anderes als eine Umformung des Kapitalwertes.

3.4.4 Kosten der eingesparten Kilowattstunde Endenergie

Neben dem Kapitalwert erfolgt die ökonomische Bewertung der hier untersuchten Maßnahmen über die „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“. Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie (P_{ein}) ergeben sich, indem man die annuitätischen Mehrkosten K für die zusätzlichen energiesparenden Maßnahmen durch die jährliche Energieeinsparung dividiert:

$$P_{\text{ein}} = K / (E_{\text{Endenergieverbrauch vor Sanierung}} - E_{\text{Endenergieverbrauch nach Sanierung}}) \text{ [Cent/kWh]}$$

Die annuitätischen Kosten K der Energiesparmaßnahme berechnen sich über:

$$K = a_{i,n} * I + Z$$

$a_{i,n}$ = Annuitätenfaktor

I = energiebedingte Mehrkosten für die energiesparenden Maßnahme

Z = eventuell anfallende jährliche Zusatzkosten z. B. für Wartung oder Hilfsenergie

Beim Kriterium „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“ ist der über den Betrachtungszeitraum erwartete mittlere Energiepreis P als Bezugsgröße für die Wirtschaftlichkeit relevant [Enseling / Hinz 2008]:

- Sind die Kosten für das Einsparen einer kWh Endenergie kleiner als der mittlere Preis für den Bezug einer kWh Endenergie, dann ist die energiesparende Maßnahme vorteilhaft. Die zusätzlichen Investitionen in energiesparende Maßnahmen - im Zuge einer ohnehin anstehenden Instandsetzung - sind günstiger als der Einkauf von Energie zur Wärmeversorgung des Gebäudes.

- Sind die Kosten für das Einsparen einer kWh Endenergie dagegen größer als der mittlere Preis für den Bezug einer kWh Endenergie, dann ist die energiesparende Maßnahme nicht vorteilhaft. Es erscheint günstiger, Energie zur Beheizung des Gebäudes einzukaufen, als in zusätzliche energiesparende Maßnahmen zu investieren.

Die Darstellung über die Kosten der eingesparten Kilowattstunde Endenergie hat im Vergleich zur Berechnung des Kapitalwertes mehrere Vorteile:

1. Sie können unmittelbar mit dem tatsächlichen Energiepreis verglichen werden.
2. In die Berechnung von P_{ein} gehen als Annahme über die zukünftige Entwicklung nur die Kapitalmarktzinsen und evtl. Preissteigerungen für Zusatzkosten ein, aber nicht die Energiepreissteigerung.
3. Dadurch ist die Unsicherheit über die Energiepreisentwicklung ausschließlich im mittleren zukünftigen Energiepreis enthalten. Dieser kann je nach Einschätzung variiert werden, ohne dass neue Berechnungen erforderlich sind.
4. Mit diesem Beurteilungskriterium können nicht nur unterschiedliche Varianten einer Maßnahme (z. B. Dämmstoffdicken), sondern auch Alternativen aus völlig unterschiedlichen Bereichen (z. B. aus den Bereichen Dämmung und Versorgungstechnik) verglichen werden.

Die Darstellung über die Kosten der eingesparten Kilowattstunde Endenergie hat im Vergleich zur Berechnung des Kapitalwertes jedoch auch folgende Nachteile:

- Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie sind nur für die Beurteilung von Einzelmaßnahmen und nicht für einen unmittelbaren Alternativenvergleich geeignet, da in diesem Verfahren nicht berücksichtigt wird, wie viele Kilowattstunden Endenergie durch die Maßnahmen insgesamt eingespart werden. Die Variante mit den geringsten Kosten der eingesparten kWh ist nicht immer zwangsläufig die wirtschaftlich optimale.
- Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie sind bei Energieträgerwechsel nicht sinnvoll berechenbar. Bei einem Energieträgerwechsel müssen daher alternativ die Kosten der eingesparten kWh Primärenergie berechnet werden.¹⁴

3.4.5 Annuitätische Gesamtkosten

Die Berechnung der Gesamtkosten erfolgt in Anlehnung an die von der Europäischen Union vorgegebene „Cost-Optimal Methodology“ zur Berechnung des Kostenoptimums von staatlich vorgeschriebenen Energieeffizienzmaßnahmen [EC 2012]. Prinzipiell sollen dabei die Vollkosten der Maßnahmen verwendet werden. Die Gesamtkosten werden nach der Kapitalwertmethode unter Berücksichtigung eines Diskontfaktors berechnet. Alle im Betrachtungszeitraum anfallenden Kosten (u. a. Investitionsvollkosten und Energiekosten) werden zunächst auf den Investitionszeitpunkt abgezinst (Barwert).

Die Gesamtkosten berechnen sich als Summe der Barwerte aller über den Betrachtungszeitraum anfallenden Kosten. Die barwertigen Gesamtkosten werden anschließend mit dem Annuitätenfaktor $a_{i,n}$ multipliziert. Man erhält im Ergebnis die mittleren jährlichen (annuitätischen) Gesamtkosten.

Die annuitätischen Gesamtkosten können zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit mit den Gesamtkosten verglichen werden, die bei einer Referenzvariante entstehen. Als Referenzvariante kann bei vollständiger Lösung von Instandsetzungszyklen das unsanierte Gebäude oder beim Kopplungsprinzip das – ohne zusätzliche Energiesparmaßnahmen – instandgesetzte Gebäude herangezogen werden. Die Gesamtkostendifferenz zur gewählten Referenzvariante entspricht dem Kapitalwert bzw. der Annuität und gibt auch die mittlere jährliche Zusatzbelastung des Hauseigentümers an, die über den Betrachtungszeitraum unter Berücksichtigung von Finanzierungskosten (Kreditkosten bzw. Opportunitätskosten des Eigenkapitals) im Vergleich zur Referenzvariante entsteht.

¹⁴ Als Vergleichsgröße erscheint der Preis für die bezogene kWh Primärenergie allerdings weniger sinnvoll bzw. verständlich.

3.4.6 Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Neben den investiven Kosten (Vollkosten bzw. energiebedingte Mehrkosten) und den jährlichen Energieeinsparungen als Haupteinflussgrößen wurden für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- **Betrachtungszeitraum**

Der gewählte Betrachtungszeitraum beträgt 25 Jahre unter Berücksichtigung von Restwerten und Ersatzinvestitionen. Ist die Lebensdauer der einzelnen Bauteile kürzer als der Betrachtungszeitraum (z. B. bei der Lüftungsanlage mit WRG), muss eine Ersatzinvestition berücksichtigt werden. Liegt die Lebensdauer der Bauteile über dem Betrachtungszeitraum (wie z. B. beim Wärmeschutz) muss ein Restwert berücksichtigt werden [EC 2012]. Die Lebensdauer der Bauteile wird in Anlehnung an DIN 15459 Anhang A und E festgelegt: 50 Jahre (Wärmeschutz) / 30 Jahre (Fenster) / 15 Jahre (Lüftungsanlage mit WRG). Für die Bauteile Außenwand, Dach, Kellerdecke und Fenster muss folglich ein Restwert, für die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eine Ersatzinvestition berücksichtigt werden¹⁵. Der Restwert wird in Anlehnung an die EU-Methode zur Bestimmung des Kostenoptimums auf Basis einer linearen Abschreibung berechnet. Die Ersatzinvestitionen werden mit Hilfe eines Ersatzinvestitionsfaktors bestimmt.

- **Aktueller Energiepreis**

In dieser Studie werden als aktuelle Energiepreise (brutto) der Arbeitspreis von 9,0 Cent/kWh für Fernwärme und 26,0 Cent/kWh für Strom (Hilfsenergie und Strombedarf der Lüftungsanlage) angesetzt. Der Grundpreis der Fernwärme ist im Siedlungsgebiet unterschiedlich gestaltet und bleibt als Fixkostenblock in den nachfolgenden Betrachtungen unberücksichtigt.

- **Zukünftige Energiepreissteigerungen**

Viele Investoren neigen zu der Annahme, dass die Energiepreise im Nutzungszeitraum der Investition konstant bleiben. Dies kann für kurz- bis mittelfristige Nutzungszeiten durchaus angebracht sein. Gerade bei langfristigen Investitionen wie der Modernisierung der Gebäudehülle wirkt sich eine unterschätzte Energiepreissteigerung nachteilig auf die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme aus. Politische Rahmenbedingungen wie z. B. Energiesteuern werden in Zukunft jedoch zu einer Steigerung der Energiepreise führen. Die Teuerungsrate für Energie wird daher größer oder zumindest gleich der allgemeinen Inflationsrate ausfallen. Die hier unterstellte zukünftige Energiepreissteigerung beträgt im Basisfall 3,5 %/a (nominal). Unterstellt man eine allgemeine Inflationsrate von 2 %/a, dann entspricht dies einem realen (inflationsbereinigten) Energiepreisanstieg von 1,47 %/a [Diefenbach et al. 2012].

- **Kalkulationszinssatz**

Für die Berechnungen wird ein Kalkulationszinssatz von 4 % (nominal) verwendet.

- **Wartungskosten**

Zusätzliche jährliche Wartungskosten entstehen lediglich für die Wartung der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Sie werden pauschal mit 2 % der Investitionssumme angesetzt. Die jährlichen Wartungskosten verteuern sich mit einer Rate von 2 %/a. Diese Rate gilt ebenfalls für die Teuerung von Ersatzinvestitionen.

- **Berücksichtigung von Förderung**

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung von Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Die KfW-Förderung wird wahlweise als direkter Zuschuss oder als zinsverbilligter Kredit mit Tilgungszuschuss gewährt. Für die vorliegende Studie

¹⁵ Bei der Verbesserung der Haustechnik wird eine Lebensdauer von 25 Jahren angenommen. Es wird daher weder eine Ersatzinvestition noch ein Restwert berücksichtigt.

wird die Zuschussvariante unterstellt. Die Höhe der Förderung ergibt sich dabei sowohl für die Einzelmaßnahmen als auch für die Maßnahmenpakete als Prozentsatz der förderfähigen Kosten, wobei Förderhöchstgrenzen zu beachten sind (siehe Tabelle 13).

Die technischen Mindestanforderungen bei den Einzelmaßnahmen der thermischen Hülle beziehen sich auf die U-Werte der betreffenden Bauteile nach energetischer Sanierung (siehe Abschnitt 3.3.3): Außenwand max. $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Fenster max. $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Kellerdecke max. $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Dach max. $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Damit sind die hier für die Maßnahmenpakete 2 und 3 angenommenen Einzelmaßnahmen der thermischen Hülle grundsätzlich förderfähig. Zusätzlich wird angenommen, dass die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ebenfalls den technischen Mindestanforderungen der KfW entspricht. Bei der Verbesserung der Haustechnik wird keine Förderung berücksichtigt. Bei den Modernisierungspaketen wird angenommen, dass das Modernisierungspaket 1 (Einhaltung der bauteilbezogenen Mindestanforderungen der EnEV 2009) nicht gefördert werden kann, dass das Modernisierungspaket 2 (Einhaltung der Mindestanforderungen der KfW für Einzelmaßnahmen) den KfW 85 Standard erfüllt und dass das Modernisierungspaket 3 (Passivhauskomponenten) den KfW 55 Standard einhält. Zur genauen Überprüfung der Effizienzhausstandards sind im Einzelfall Energiebilanzberechnungen nach dem EnEV-Verfahren zum Beispiel im Rahmen einer individuellen Energieberatung erforderlich.

- **Parametervariationen**

Im Rahmen einer Parametervariation wird zunächst eine höhere zukünftige Energiepreissteigerung in Höhe von $5,5 \text{ %/a}$ (nominal) untersucht. Um den Einfluss von Restwerten und Ersatzinvestitionen auf die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu bewerten, bleiben anschließend Restwerte und Ersatzinvestitionen unberücksichtigt. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die Bewertung des in 25 Jahren noch bestehenden Restwertes von Energiesparmaßnahmen (die grundsätzlich gegeben ist, sofern auch zukünftig weiterhin Energie gespart wird) sowie die Bewertung von eventuell entstehenden Ersatzinvestitionen aus Sicht der Hauseigentümer schwierig ist und deshalb vermutlich auch bei deren Entscheidungsprozessen eine untergeordnete Rolle spielt.

Die den Berechnungen zu Grunde liegenden Rahmenbedingungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 12: Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Rahmenbedingungen	
Energiebilanzberechnungen	TABULA-Verfahren
Kostenansatz	energiebedingte Mehrkosten / Vollkosten
Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung	Kapitalwert- bzw. Annuitätenmethode
Wirtschaftlichkeitskriterium	- Kapitalwert >0 - Kosten der eingesparten kWh <mittlerer Energiepreis - ann. Gesamtkosten < ann. Gesamtkosten Referenz
Betrachtungszeitraum	25 Jahre (mit Restwerten und Ersatzinvestition)
Kalkulationszins (nominal)	4 %/a
Aktueller Energiepreis	9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis Fernwärme) / 26,0 Cent/kWh (Strom)
Teuerung Energie (nominal)	3,5 %/a
Wartungskosten (Lüftungsanlage mit WRG)	2 %/a der Investitionskosten
Teuerung Wartung und Ersatzinvestition	2,0 %/a (nominal)
Förderung	Investitionszuschuss (KfW)

Tabelle 13: Förderkonditionen (Zuschussvariante KfW); Quelle [KfW 2013b]

Programm	Standard	Förderhöchstgrenze	Zuschuss (in Prozent der förderfähigen Kosten)
KfW-Energieeffizient Sanieren – Zuschuss (430)	KfW 115	max. 7.500 € pro Wohneinheit	10 %
	KfW 100	max. 9.375 € pro Wohneinheit	12,5 %
	KfW 85	max. 11.250 € pro Wohneinheit	15 %
	KfW 70	max. 15.000 € pro Wohneinheit	20 %
	KfW 55	max. 18.750 € pro Wohneinheit	25 %
	Einzelmaßnahmen: bei Einhaltung technischer Mindestanforderungen	max. 5.000 € pro Wohneinheit	10 %

3.4.7 Kosten und Wirtschaftlichkeit für das Beispielgebäude RH2.SD.E

Im Folgenden werden als Orientierung für die Hauseigentümer sowohl die Vollkosten als auch die energiebedingten Mehrkosten der Maßnahmen ausgewiesen. Bei der Wirtschaftlichkeit erfolgt neben der Berechnung von Kennwerten auf Basis des Kopplungsprinzips auch eine Berechnung auf Basis der Vollkosten.

Tabelle 14 zeigt die Investitionskosten und Einsparungen von Einzelmaßnahmen und Modernisierungspaketen exemplarisch für das Beispielgebäude RH2.SD.E. Das Beispielgebäude und die drei untersuchten energetischen Standards sind bereits ausführlich in Abschnitt 3.3.3 beschrieben worden. Angegeben werden die Investitionsvollkosten (brutto) und die energiebedingten Mehrkosten jeweils absolut in Euro und bezogen auf den Quadratmeter Bauteilfläche (Wärmeschutz), auf die Wohneinheit (Lüftungsanlage mit WRG) sowie auf den Quadratmeter Wohnfläche (Modernisierungspakete). Bei den Einsparungen werden die jährlichen Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser bezogen auf den Quadratmeter Wohnfläche sowie die bei aktuellen Energiepreisen resultierenden Verbrauchskosteneinsparungen für Fernwärme in Euro pro Jahr ausgewiesen¹⁶. Zusätzliche Endenergieaufwendungen für Hilfsenergie (negative Einsparungen z. B. für die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) sowie dadurch entstehende zusätzliche Verbrauchskosten für Strom (negative Ersparnisse) werden in separaten Spalten ausgewiesen.

- **Dach (M1 bis M3)**

Beim Dach entstehen Investitionsvollkosten (brutto) in Höhe von 214 bis 273 €/m²_{Bauteilfläche}. Der überwiegende Teil dieser Kosten sind Kosten für die ohnehin erforderliche Dachsanierung. Energiebedingte Mehrkosten entstehen lediglich in Höhe von 23 bis 82 €/m²_{Bauteilfläche}. Die ermittelten Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser liegen zwischen ca. 5 und 18 kWh/m²_{Wohnfläche}, die daraus resultierenden Energiekosteneinsparungen im Jahr der Maßnahme schwanken zwischen 74 und 245 €/a.

- **Außenwand (M1 bis M3)**

Bei der Außenwand entstehen Investitionsvollkosten (brutto) in Höhe von 129 bis 150 €/m²_{Bauteilfläche}. Der überwiegende Teil dieser Kosten sind Kosten für die ohnehin erforderliche Putzsanierung. Energiebedingte Mehrkosten entstehen lediglich in Höhe von 49 bis 70 €/m²_{Bauteilfläche}. Die ermittelten Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser liegen zwischen ca. 23 und 33 kWh/m²_{Wohnfläche}, die daraus resultierenden Energiekosteneinsparungen im Jahr der Maßnahme schwanken zwischen 315 und 449 €/a.

- **Fenster (M1 bis M3)**

Beim Fensteraustausch entstehen Investitionsvollkosten (brutto) in Höhe von 342 bis 512 €/m²_{Bauteilfläche}. Kosten in Höhe von 342 €/m²_{Bauteilfläche} für den Fensteraustausch mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung werden dabei als ohnehin notwendige Instandsetzungsinvestition gewertet (s. .). Energiebedingte Mehrkosten entstehen daher erst beim Übergang zur 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung. Die ermittelten Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser liegen zwischen ca. 8 und 18 kWh/m²_{Wohnfläche}, die daraus resultierenden Energiekosteneinsparungen im Jahr der Maßnahme schwanken zwischen 105 und 244 €/a (gegenüber dem unsanierten Gebäude).

¹⁶ Die Verbrauchskosteneinsparungen der Modernisierungspakete für Fernwärme beziehen sich auf Heizung und Warmwasser entsprechend den Angaben in Anhang C. Sie sind nicht unmittelbar mit den Werten auf der Rückseite der Gebäudeübersichtblätter vergleichbar, da sich diese nur auf die Raumheizung beziehen.

- **Kellerdecke (M1 bis M3)**

Bei der Kellerdecke entstehen Investitionsvollkosten (brutto) in Höhe von 38 bis 45 €/m²_{Bauteilfläche}. Diese Kosten werden in voller Höhe als energiebedingte Mehrkosten angesehen (s. o.). Die ermittelten Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser liegen zwischen ca. 6 und 9 kWh/m²_{Wohnfläche}, die daraus resultierenden Energiekosteneinsparungen im Jahr der Maßnahme schwanken zwischen 84 und 128 €/a.

- **Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung / verbesserte Haustechnik (M3)**

Durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung entstehen Investitionsvollkosten (brutto) in Höhe von 8.441 €. Zusätzlich entstehen Kosten durch die angenommene Verbesserung der Haustechnik in Höhe von 3.772 €. Diese Kosten werden in voller Höhe als energiebedingte Mehrkosten betrachtet (s. o.). Die ermittelten Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser liegen bei ca. 49 kWh/m²_{Wohnfläche}, die daraus resultierenden Energiekosteneinsparungen im Jahr der Maßnahme betragen 670 €/a. Mehraufwendungen durch höheren Strombedarf entstehen in Höhe von ca. 120 €/a.

- **Modernisierungspakete (MP1 bis MP3)**

Wird eine Gesamtmodernisierung (MP1 bis MP3) durchgeführt, entstehen für das Beispielgebäude RH2.SD.E Investitionsvollkosten (brutto) in Höhe von ca. 309 bis 475 €/m²_{Wohnfläche} bzw. 47.000 bis 72.000 €. Nach dem Kopplungsprinzip sind davon lediglich ca. 73 bis 238 €/m²_{Wohnfläche} bzw. ca. 11.000 bis 36.000 € als energiebedingte Mehrkosten anzusehen. Die Endenergieeinsparungen für Heizung und Warmwasser liegen zwischen 42 und 127 kWh/m²_{Wohnfläche}, die daraus resultierenden Energiekosteneinsparungen im Jahr der Maßnahme schwanken zwischen 578 und 1.737 €/a (gegenüber dem unsanierten Gebäude). Mehraufwendungen durch höheren Strombedarf entstehen in Höhe von ca. 26 bis 173 €/a.

Tabelle 14: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E

Einzelmaßnahmen thermische Hülle	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskosten-ersparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie-einsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskosten-ersparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie-einsparungen für Hilfsenergie nach TABULA	
		[€]	[€/m²Bauteilfläche]	[€]	[€/m²Bauteilfläche]					
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm	18.328	214	1.986	23	74	5,4	0	0,0
	M2	Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	22.187	259	5.845	68	207	15,1	0	0,0
	M3	Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 36 cm	23.356	273	7.014	82	245	17,9	0	0,0
Außenwand 	M1	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	16.218	129	6.157	49	315	23,1	0	0,0
	M2	Dämmung 14 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	16.896	134	6.836	54	364	26,6	0	0,0
	M3	Dämmung 20 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	18.932	150	8.871	70	449	32,8	0	0,0
Fenster 	M1	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	9.522	342	0	0	105	7,7	0	0,0
	M2	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung im konventionellen Rahmen	12.493	449	2.970	107	172	12,6	0	0,0
	M3	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)	14.253	512	4.730	170	244	17,9	0	0,0
Kellerdecke 	M1	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	2.873	38	2.873	38	84	6,1	0	0,0
	M2	Dämmung 10 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	3.045	41	3.045	41	100	7,3	0	0,0
	M3	Dämmung 14 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	3.388	45	3.388	45	128	9,4	0	0,0
Anlagentechnik		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten						
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]					
	M3	Fernwärme-Anschluss (Einfamilienhaus), verbesserte Haustechnik und Lüftungsanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung	12.212	12.212	12.212	12.212	670	49,0	-120	-3,0
Alle Maßnahmen		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten						
		[€]	[€/m²Wohnfläche]	[€]	[€/m²Wohnfläche]					
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1 bei bestehender Anlagentechnik	46.942	309	11.016	73	578	42,3	-26	-0,7
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2 bei bestehender Anlagentechnik	54.621	359	18.696	123	844	61,7	-36	-0,9
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3	72.141	475	36.216	238	1.737	127,0	-173	-4,4

Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E bei einer unterstellten zukünftigen Energiepreissteigerung von 3,5 %/a (nominal) sowie unter Berücksichtigung von Wartungs- und Stromkosten, Restwerten und Ersatzinvestitionen.

In den ersten vier Ergebnisspalten werden die Kosten der eingesparten kWh Endenergie (Fernwärme) und der Kapitalwert jeweils mit und ohne Förderung dargestellt. Basis der Berechnungen sind die energiebedingten Mehrkosten auf der Basis des Kopplungsprinzips und die ermittelten Endenergieeinsparungen. Es gelten die in Tabelle 12 dargestellten Rahmenbedingungen. Die Wirtschaftlichkeit der Modernisierungspakete wird gegenüber der Referenzvariante „Reine Instandsetzung“ berechnet. Die Referenzvariante beinhaltet den Austausch der vorhandenen Fenster durch Fenster mit einer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung.

- **Modernisierungspakete (M1 bis M3)**

Das nicht geförderte Modernisierungspaket MP1 ist auf Basis des Kopplungsprinzips wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie betragen 11,64 Cent/kWh (nominal) und liegen unter dem mittleren zukünftigen Energiepreis für Fernwärme (Verbrauchskosten ohne Grundpreis), der sich auf Basis der gemachten Annahmen berechnen lässt (13,54 Cent/kWh). Es ergibt sich ein positiver Kapitalwert in Höhe von ca. 1.558 €. Das Modernisierungspaket MP2 ist ebenfalls ohne Förderung wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie betragen 12,80 Cent/kWh (nominal). Es ergibt sich ein positiver Kapitalwert in Höhe von ca. 950 €. Das Modernisierungspaket MP3 ist ohne Förderung nicht wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh liegen mit 15,64 Cent/kWh über dem mittleren zukünftigen Energiepreis (13,54 Cent/kWh). Es ergibt sich ein negativer Kapitalwert (-5.949 €). Ohne Inanspruchnahme von Förderung ist damit MP1 die wirtschaftlichste Variante. Mit der angenommenen Förderung verbessert sich die Wirtschaftlichkeit von MP2 bzw. wird auch beim Modernisierungspaket MP3 die Wirtschaftlichkeit erreicht (Förderung 15 bzw. 25 % der förderfähigen Kosten für MP2 bzw. MP3). Die Kosten der eingesparten kWh liegen mit 6,4 bzw. 9,27 Cent/kWh deutlich unter 13,54 Cent/kWh. Aufgrund der hohen prozentualen Förderung ist das Modernisierungspaket 3 die wirtschaftlichste Variante, da damit der höchste Kapitalwert erzielt wird (12.086 €).

- **Einzelmaßnahmen (M1 bis M3)**

Ohne Förderung sind bei den Einzelmaßnahmen alle drei Varianten der Außenwanddämmung, alle drei Varianten der Dachdämmung und die dritte Variante der Kellerdeckendämmung (M3) wirtschaftlich durchführbar. Es ergeben sich Kosten der eingesparten kWh Endenergie (Fernwärme) die unter 13,54 Cent/kWh liegen bzw. positive Kapitalwerte. Die übrigen Maßnahmen erzielen ohne Förderung negative Kapitalwerte bzw. die Kosten der eingesparten kWh liegen über 13,54 Cent/kWh. Während sich bei den Varianten M1 und M2 der Kellerdeckendämmung nur leicht negative Kapitalwerte ergeben (d. h. die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit wird auch ohne Förderung fast erreicht), erzielen die Einzelmaßnahmen Fensteraustausch M2 und M3 (gegenüber der 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung) und insbesondere die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung inklusive verbesserter Haustechnik deutlich negative Kapitalwerte. Ohne Förderung ist die Außenwanddämmung M3 die wirtschaftlichste Variante, da damit der höchste Kapitalwert erzielt wird (3.344 €)

Mit Förderung (10 % der förderfähigen Kosten) erreichen auch der Fensteraustausch M2 und M3 sowie die Kellerdeckendämmung M2 die Wirtschaftlichkeit. Es ergeben sich jetzt Kosten der eingesparten kWh Endenergie unter 13,54 Cent/kWh und positive Kapitalwerte. Die wirtschaftlichsten Einzelmaßnahmen sind die Außenwanddämmung M2 und M3 bei denen mit Förderung Kapitalwerte in Höhe von 4.698 und 5.327 € erreicht werden. Auch mit Förderung bleibt der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (inklusive der verbesserten Haustechnik) als Einzelmaßnahme unwirtschaftlich.

In den letzten beiden Ergebnisspalten von Tabelle 15 werden zusätzlich die annuitätischen Gesamtkosten jeweils mit und ohne Förderung dargestellt. Sie zeigen die jährliche Gesamtbelastung des Hauseigentümers unter Berücksichtigung der Finanzierungskosten (s. o.). Als Benchmark werden die annuitätischen Gesamtkosten im unsanierten Zustand herangezogen. Sie bestehen lediglich aus den annuitätischen Energiekosten (für Fernwärme und Hilfsenergie) und betragen unter Berücksichtigung einer zukünftigen Energiepreissteigerung von 3,5 %/a (nominal) 3.931 €/a.

- **Annuitätische Gesamtkosten (Einzelmaßnahmen und Pakete)**

Im Vergleich zum Ist-Zustand des Gebäudes, d. h. ohne Berücksichtigung von ohnehin notwendig werdenden Instandsetzungen, entstehen bei allen Einzelmaßnahmen und Modernisierungspaketen annuitätische Mehrbelastungen für den Hauseigentümer. Ausnahmen sind die Kellerdeckendämmung M3 ohne Förderung sowie die Kellerdeckendämmung M2 und M3 mit Förderung. Mit diesen Maßnahmen können die Gesamtkosten unmittelbar gesenkt werden (z. B. Kellerdeckendämmung M3 mit Förderung 3.892 €/a im Vergleich zu 3.931 €/a). Bei den Modernisierungspaketen MP2 und MP3 betragen die annuitätischen Gesamtkosten mit Förderung 5.132 bzw. 4.944 €/a. Im Vergleich zur Ist-Situation entstehen demnach annuitätische Mehrbelastungen von 1.201 bzw. 1.013 €/a. Bei vollständiger Lösung von den Instandsetzungszyklen stellt sich der Hauseigentümer mit den geförderten Paketen MP2 und MP3 aber besser als mit dem nicht geförderten Modernisierungspaket MP1, bei dem annuitätische Gesamtkosten von 5.617 €/a bzw. Mehrbelastungen gegenüber der Ist-Situation in Höhe von 1.687 €/a entstehen.

Die gemachten Aussagen zu den Gesamtkosten gelten unter Berücksichtigung aller Finanzierungskosten. Ohne Berücksichtigung der Opportunitätskosten des Eigenkapitals (z. B. des entgangenen Zinsgewinns) können die Hausbesitzer ihre jährlichen Gesamtbelastung im Vergleich zur Ist-Situation senken, wenn sie bei der Finanzierung einen Teil der Investitionskosten mit Eigenkapital finanzieren und insbesondere bei den Modernisierungspaketen die vorhandenen Fördermöglichkeiten in Anspruch nehmen.

Tabelle 15: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1 Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm	12,56	12,56	125	125	4.773	4.773
	M2 Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	13,21	7,04	118	2.337	4.773	4.631
	M3 Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 36 cm	13,39	7,90	61	2.397	4.777	4.627
Außenwand 	M1 Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	9,14	9,14	2.409	2.409	4.300	4.300
	M2 Dämmung 14 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	8,78	6,11	3.009	4.698	4.261	4.153
	M3 Dämmung 20 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	9,25	6,82	3.344	5.237	4.240	4.119
Fenster 	M1 Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	0,00	0,00	0	0	4.344	4.344
	M2 Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung im konventionellen Rahmen	24,05	13,26	-1.218	32	4.422	4.342
	M3 Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)	18,35	12,46	-1.164	261	4.419	4.327
Kellerdecke 	M1 Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	16,08	16,08	-370	-370	3.954	3.954
	M2 Dämmung 10 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	14,22	12,47	-119	185	3.938	3.919
	M3 Dämmung 14 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	12,37	10,85	260	598	3.914	3.892
Anlagentechnik							
	M3 Fernwärme-Anschluss (Einfamilienhaus), verbesserte Haustechnik und Lüftungsanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung	19,72	18,99	-7.191	-6.347	4.391	4.337
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1 Kombination aller Einzelmaßnahmen M1 bei bestehender Anlagentechnik	11,64	11,64	1.558	1.558	5.617	5.617
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2 Kombination aller Einzelmaßnahmen M2 bei bestehender Anlagentechnik	12,80	6,40	950	9.143	5.656	5.132
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3 Kombination aller Einzelmaßnahmen M3	15,64	9,27	-5.949	12.086	6.098	4.944

(annuitätische Gesamtkosten IST: 3.931 €/a)

3.4.8 Parametervariationen für das Beispielgebäude RH2.SD.E

Im Rahmen einer Parametervariation wird eine höhere zukünftige Energiepreissteigerung in Höhe von 5,5 %/a (nominal) bei sonst gleichen Rahmenbedingungen untersucht. Es ergeben sich höhere zukünftige Energiekosteneinsparungen für Fernwärme bzw. höhere zusätzliche Energiekosten für Strom. Der mittlere zukünftige Energiepreis steigt auf 17,44 Cent/kWh. Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E bei einer unterstellten zukünftigen Energiepreissteigerung von 5,5 %/a (nominal) und unter Berücksichtigung von Wartungs- und Stromkosten, Restwerten und Ersatzinvestitionen.

- **Modernisierungspakete (M1 bis M3) / höhere Energiepreissteigerung**

Unterstellt man eine Energiepreissteigerung von 5,5 %/a (nominal), sind alle drei Modernisierungspakete auch ohne Förderung wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie liegen unter dem mittleren zukünftigen Energiepreis für Fernwärme (Verbrauchskosten ohne Grundpreis), der sich auf Basis der gemachten Annahmen berechnen lässt (17,44 Cent/kWh). Ohne Förderung ist dabei MP2 die wirtschaftlichste Variante, da damit der höchste Kapitalwert erzielt wird (5.714 €). Mit Förderung ist dagegen das Modernisierungspaket 3 die wirtschaftlichste Variante. Mit MP 3 wird ein Kapitalwert in Höhe von 21.975 € erzielt.

- **Einzelmaßnahmen (M1 bis M3) / höhere Energiepreissteigerung**

Ohne Förderung sind bei den Einzelmaßnahmen alle drei Varianten der Außenwanddämmung, alle Varianten der Dachdämmung sowie alle Varianten der Dämmung der Kellerdecke wirtschaftlich durchführbar. Es ergeben sich Kosten der eingesparten kWh Endenergie (Fernwärme), die unter 17,44 Cent/kWh liegen bzw. positive Kapitalwerte. Lediglich die Einzelmaßnahmen Fensteraustausch M2 und M3 (gegenüber der 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung) und die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (inklusive verbesserter Haustechnik) erzielen ohne Förderung weiterhin negative Kapitalwerte.

Mit Förderung (10 % der förderfähigen Kosten) sinken die Kosten der eingesparten kWh Endenergie für die Einzelmaßnahmen Fensteraustausch M2 und M3 unter 17,44 Cent/kWh, während die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (inklusive verbesserter Haustechnik) weiterhin nicht wirtschaftlich realisiert werden kann. Die wirtschaftlichsten Einzelmaßnahmen sind weiterhin die Außenwanddämmung M2 und M3, bei denen mit Förderung Kapitalwerte in Höhe von 7.169 und 8.282 € erreicht werden.

- **Annuitätische Gesamtkosten (Einzelmaßnahmen und Pakete) / höhere Energiepreissteigerung**

Durch die höhere Energiepreissteigerung steigen die annuitätischen Gesamtkosten für den Ist-Zustand auf 5.065 €/a. Im Vergleich zum Ist-Zustand des Gebäudes, d. h. ohne Berücksichtigung von ohnehin notwendig werdenden Instandsetzungen, entstehen weiterhin bei vielen Einzelmaßnahmen und Modernisierungspaketen annuitätische Mehrbelastungen für den Hauseigentümer. Ausnahmen sind die Varianten M1 bis M3 der Kellerdeckendämmung ohne Förderung, die Kellerdeckendämmung M2 und M3 mit Förderung sowie die Außenwanddämmung M3 mit Förderung. Mit diesen Maßnahmen können die Gesamtkosten unmittelbar gesenkt werden (z. B. Kellerdeckendämmung M3 mit Förderung 4.993 €/a im Vergleich zu 5.065 €/a). Bei den Modernisierungspaketen MP2 und MP3 betragen die annuitätischen Gesamtkosten mit Förderung 5.916 bzw. 5.399 €/a. Im Vergleich zur Ist-Situation entstehen demnach annuitätische Mehrbelastungen von 851 bzw. 334 €/a. Bei vollständiger Lösung von den Instandsetzungszyklen stellt sich der Hauseigentümer mit den geförderten Paketen MP2 und MP3 damit deutlich besser als mit dem nicht geförderten Modernisierungspaket MP1, bei dem annuitätische Gesamtkosten von 6.512 €/a bzw. Mehrbelastungen gegenüber der Ist-Situation in Höhe von 1.447 €/a entstehen.

Tabelle 16: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreissteigerung 5,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)	
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]	
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm	12,56	12,56	627	627	5.875	5.875
	M2	Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	13,21	7,04	1.523	3.742	5.817	5.675
	M3	Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 36 cm	13,39	7,90	1.724	4.059	5.805	5.655
Außenwand 	M1	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	9,14	9,14	4.548	4.548	5.297	5.297
	M2	Dämmung 14 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	8,78	6,11	5.480	7.169	5.238	5.129
	M3	Dämmung 20 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	9,25	6,82	6.389	8.282	5.179	5.058
Fenster 	M1	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	0,00	0,00	0	0	5.433	5.433
	M2	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung im konventionellen Rahmen	24,05	13,26	-765	484	5.482	5.402
	M3	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)	18,35	12,46	-220	1.205	5.447	5.356
Kellerdecke 	M1	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	16,08	16,08	197	197	5.052	5.052
	M2	Dämmung 10 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	14,22	12,47	560	865	5.029	5.010
	M3	Dämmung 14 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	12,37	10,85	1.129	1.468	4.993	4.971
Anlagentechnik								
	M3	Fernwärme-Anschluss (Einfamilienhaus), verbesserte Haustechnik und Lüftungsanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung	20,42	19,69	-3.459	-2.615	5.286	5.232
Alle Maßnahmen								
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1 bei bestehender Anlagentechnik	11,85	11,85	4.590	4.590	6.512	6.512
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2 bei bestehender Anlagentechnik	12,98	6,59	5.714	13.907	6.440	5.916
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3	16,05	9,68	3.940	21.975	6.554	5.399

(annuitätische Gesamtkosten IST: 5.065 €/a)

Um den Einfluss von Restwerten und Ersatzinvestitionen auf die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu bewerten, bleiben im Folgenden Restwerte und Ersatzinvestitionen unberücksichtigt. Dadurch verschlechtert sich im Vergleich zu Tabelle 15 die Wirtschaftlichkeit der betrachteten Wärmeschutzmaßnahmen (ohne Restwerte), während sich das Ergebnis für die Lüftungsanlage mit WRG verbessert (keine Ersatzinvestition notwendig). Bei den Modernisierungspaketen verschlechtern sich die Ergebnisse für MP1 und MP2, während das Ergebnis für MP3 ungefähr gleichbleibt, da sich der Wegfall von Restwerten und Ersatzinvestition hier in der Tendenz ausgleicht. Tabelle 17 zeigt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E bei einer unterstellten zukünftigen Energiepreissteigerung von 3,5 %/a (nominal) ohne Berücksichtigung von Restwerten und Ersatzinvestitionen.

- **Modernisierungspakete (MP1 bis MP3) / ohne Restwerte und Ersatzinvestition**

Das nicht geförderte Modernisierungspaket MP1 und das Modernisierungspaket MP2 (ohne Förderung) sind auf Basis des Kopplungsprinzips jetzt nicht mehr wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh Endenergie betragen 14,16 bzw. 15,24 Cent/kWh (nominal) und liegen damit über dem mittleren zukünftigen Energiepreis für Fernwärme (Verbrauchskosten ohne Grundpreis), der sich auf Basis der gemachten Annahmen berechnen lässt (13,54 Cent/kWh). Es ergeben sich negative Kapitalwert in Höhe von ca. 508 bzw. 2.185 €. Das Modernisierungspaket MP3 ist ohne Förderung weiterhin nicht wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh liegen mit 15,39 Cent/kWh über 13,54 Cent/kWh. Es ergibt sich ein negativer Kapitalwert (-5.258 €). Mit Förderung wird mit den Modernisierungspaketen MP2 und MP3 jedoch weiterhin die Wirtschaftlichkeit deutlich erreicht. Die Kosten der eingesparten kWh liegen mit 8,85 bzw. 9,03 Cent/kWh unter 13,54 Cent/kWh. Mit Förderung ist MP3 weiterhin die wirtschaftlichste Variante, da damit der höchste Kapitalwert erzielt wird (12.777 €).

- **Einzelmaßnahmen (M1 bis M3) / ohne Restwerte und Ersatzinvestition**

Ohne Förderung sind bei den Einzelmaßnahmen lediglich die drei Varianten der Außenwanddämmung wirtschaftlich durchführbar. Es ergeben sich Kosten der eingesparten kWh Endenergie (Fernwärme) die noch unter 13,54 Cent/kWh liegen bzw. positive Kapitalwerte. Alle übrigen Maßnahmen erzielen ohne Förderung negative Kapitalwerte bzw. die Kosten der eingesparten kWh liegen über 13,54 Cent/kWh. Die Kapitalwerte für die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (inklusive verbesserter Haustechnik) sind durch den Wegfall der Ersatzinvestition stark angestiegen, aber immer noch negativ.

Mit Förderung (10 % der förderfähigen Kosten) erreichen auch die Varianten M2 und M3 der Dachdämmung die Wirtschaftlichkeit. Es ergeben sich jetzt Kosten der eingesparten kWh Endenergie unter 13,54 Cent/kWh und positive Kapitalwerte. Die wirtschaftlichsten Einzelmaßnahmen sind die Außenwanddämmung M2 und M3 bei denen mit Förderung Kapitalwerte in Höhe von 3.416 und 3.573 € erreicht werden.

- **Annuitätische Gesamtkosten (Einzelmaßnahmen und Pakete) / ohne Restwerte und Ersatzinvestition**

Im Vergleich zum Ist-Zustand des Gebäudes, d. h. ohne Berücksichtigung von ohnehin notwendig werdenden Instandsetzungen, entstehen bei allen Einzelmaßnahmen und Modernisierungspaketen annuitätische Mehrbelastungen für den Hauseigentümer. Mit der Kellerdeckendämmung M3 mit Förderung können die Gesamtkosten jetzt nur noch konstant gehalten werden (3.933 €/a im Vergleich zu 3.931 €/a). Bei den Modernisierungspaketen MP2 und MP3 betragen die annuitätischen Gesamtkosten mit Förderung 5.688 bzw. 5.254 €/a. Im Vergleich zur Ist-Situation entstehen demnach annuitätische Mehrbelastungen von 1.757 bzw. 1.324 €/a. Bei vollständiger Lösung von den Instandsetzungszyklen stellt sich der Hauseigentümer mit den geförderten Paketen MP2 und MP3 aber weiterhin besser als mit dem nicht förderfähigen Modernisierungspaket MP1, bei dem annuitätische Gesamtkosten von 6.105 €/a bzw. Mehrbelastungen gegenüber der Ist-Situation in Höhe von 2.174 €/a entstehen.

Tabelle 17: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a; ohne Restwerte und Ersatzinvestitionen)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle	Beschreibung der Einzelmaßnahmen	Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1 Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm	15,46	15,46	-248	-248	4.993	4.993
	M2 Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 30 cm	16,26	10,08	-978	1.241	5.039	4.897
	M3 Dämmung im Sparren-Zwischenraum + zusätzliche Dämmlage, Dämmstärke insgesamt 36 cm	16,48	10,99	-1.254	1.082	5.057	4.908
Außenwand 	M1 Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	11,25	11,25	1.254	1.254	4.494	4.494
	M2 Dämmung 14 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	10,81	8,14	1.727	3.416	4.464	4.356
	M3 Dämmung 20 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	11,38	8,95	1.680	3.573	4.467	4.346
Fenster 	M1 Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	0,00	0,00	0	0	4.382	4.382
	M2 Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung im konventionellen Rahmen	25,66	14,87	-1.403	-154	4.472	4.392
	M3 Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)	19,58	13,68	-1.460	-35	4.476	4.384
Kellerdecke 	M1 Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	19,80	19,80	-909	-909	3.989	3.989
	M2 Dämmung 10 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	17,50	15,75	-690	-386	3.975	3.955
	M3 Dämmung 14 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin.	15,23	13,70	-376	-37	3.955	3.933
Anlagentechnik							
	M3 Fernwärme-Anschluss (Einfamilienhaus), verbesserte Haustechnik und Lüftungsanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung	15,76	15,04	-2.590	-1.746	4.097	4.042
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1 Kombination aller Einzelmaßnahmen M1 bei bestehender Anlagentechnik	14,16	14,16	-508	-508	6.105	6.105
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2 Kombination aller Einzelmaßnahmen M2 bei bestehender Anlagentechnik	15,24	8,85	-2.185	6.008	6.212	5.688
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3 Kombination aller Einzelmaßnahmen M3	15,39	9,03	-5.258	12.777	6.409	5.254

(annuitätische Gesamtkosten IST: 3.931 €/a)

3.4.9 Kosten und Wirtschaftlichkeit für alle Beispielgebäude (nur MP1 bis MP3)

Die einzelnen Kostenkennwerte und die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind für alle betrachteten Beispielgebäude in Anhang C ausführlich dokumentiert. In Tabelle 18 sind die Vollkosten bzw. die energiebedingten Mehrkosten pro Quadratmeter Wohnfläche, die Kosten der eingesparten kWh Endenergie und der Kapitalwert jeweils mit und ohne Förderung sowie die annuitätischen Gesamtkosten mit Förderung für die Modernisierungspakete MP1 bis MP3 zusammenfassend dargestellt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden gemäß den Rahmenbedingungen aus Tabelle 12 und Tabelle 13 unter Berücksichtigung von Restwerten und Ersatzinvestitionen durchgeführt.

- **Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten**

Die Kostenkennwerte für die Modernisierungspakete (MP) schwanken je nach Gebäudegröße, Anbausituation und Baualter. Die investiven Vollkosten liegen für MP 1 zwischen 245 und 482 €/m²_{Wohnfläche}, für MP2 zwischen 292 und 531 €/m²_{Wohnfläche} und für MP3 zwischen 401 und 666 €/m²_{Wohnfläche}. Auf Basis des Kopplungsprinzips fällt ein großer Teil dieser Kosten „ohnehin“ an (z. B. für die Putzsanierung der Außenwand oder die Dachneueindeckung). Die rein energiebedingten Mehrkosten liegen für MP1 zwischen 50 und 156 €/m²_{Wohnfläche}, für MP2 zwischen 97 und 205 €/m²_{Wohnfläche} und für MP3 zwischen 206 und 339 €/m²_{Wohnfläche}.

- **Wirtschaftlichkeit ohne Förderung (Kopplungsprinzip)**

Bei den Beispielgebäuden mit Flachdach (EFH.FD, RH1.FD.E und RH1.FD.M) ist ohne Förderung kein Modernisierungspaket wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh liegen über 13,54 Cent/kWh bzw. es resultieren negative Kapitalwerte. Bei allen übrigen Beispielgebäuden sind sowohl MP1 als auch MP2 ohne Förderung wirtschaftlich durchführbar. Die Kosten der eingesparten kWh liegen unter 13,54 Cent/kWh bzw. es resultieren positive Kapitalwerte. Ausnahme ist das Beispielgebäude DHH.SD. Hier wird mit MP1 ein positiver und mit MP2 ein knapp negativer Kapitalwert realisiert. Wird keine Förderung in Anspruch genommen, stellt sich der Hauseigentümer aus rein wirtschaftlicher Sicht generell mit MP1 am besten, da mit diesem Modernisierungspaket bei allen Beispielgebäuden die höchsten Kapitalwerte erzielt werden.

- **Wirtschaftlichkeit mit Förderung (Kopplungsprinzip)**

Wird für MP2 und MP3 Förderung über einen KfW-Zuschuss in Anspruch genommen, sind diese Modernisierungspakete bei allen Beispielgebäuden wirtschaftlich realisierbar. Die Kosten der eingesparten kWh liegen jetzt unter 13,54 Cent/kWh bzw. es resultieren positive Kapitalwerte. Wird Förderung in Anspruch genommen, stellt sich der Hauseigentümer generell mit MP3 am besten, da dieses Paket prozentual am stärksten gefördert wird und dadurch die höchsten Kapitalwerte erzielt werden.

- **Annuitätische Gesamtkosten (mit Förderung)**

Im Vergleich zum Ist-Zustand der Beispielgebäude (siehe Werte unterhalb der Tabellen in Anhang E), d. h. ohne Berücksichtigung von ohnehin notwendig werdender Instandsetzungen, entstehen bei allen Modernisierungspaketen annuitätische Mehrbelastungen für den Hauseigentümer. Bei vollständiger Lösung von den Instandsetzungszyklen stellt sich der Hauseigentümer mit den geförderten Paketen MP2 und MP3 jedoch generell besser als mit dem nicht geförderten Modernisierungspaket MP1. Die geringsten annuitätischen Gesamtkosten entstehen dabei bei allen Beispielgebäuden mit dem geförderten Modernisierungspaket MP3.

Tabelle 18: Kosten und Wirtschaftlichkeit für alle Beispielgebäude (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Alle Maßnahmen		Investitions-	energiebedingte	Kosten der	Kosten der	Kapitalwert	Kapitalwert	annuitätische
		vollkosten	Mehrkosten	eingesparten kWh	eingesparten kWh	(ohne Förderung)	(mit Förderung)	Gesamtkosten
		(brutto)	(Kopplungs-	(ohne Förderung)	(mit Förderung)	(ohne Förderung)	(mit Förderung)	(mit Förderung)
		prinzip)	Kopplungsprinzip)	Kopplungsprinzip)	Kopplungsprinzip)	Kopplungsprinzip)	Kopplungsprinzip)	Kopplungsprinzip)
		[€/m ² Wohnfläche]	[€/m ² Wohnfläche]	[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]
EFH.SD								
Modernisierungspaket 1	MP1	357	84	12,31	12,31	1.495	1.495	8.244
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	416	143	13,40	7,52	260	11.510
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	525	252	15,15	10,48	-6.485	12.265	7.555
"Passivhauskomponenten"								
RH1.FD.E								
Modernisierungspaket 1	MP1	447	142	16,40	16,40	-2.269	-2.269	4.909
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	495	190	15,92	8,70	-2.638	5.355
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	626	321	18,24	10,52	-10.270	6.575	4.342
"Passivhauskomponenten"								
RH1.FD.M								
Modernisierungspaket 1	MP1	417	130	16,45	16,45	-2.116	-2.116	4.693
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	464	177	16,05	8,75	-2.578	4.911
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	591	305	18,21	10,65	-9.838	6.065	4.169
"Passivhauskomponenten"								
RH1.SD.E								
Modernisierungspaket 1	MP1	326	73	12,36	12,36	1.226	1.226	7.845
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	384	130	13,37	6,92	291	11.541
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	489	235	15,04	10,16	-5.788	12.962	7.093
"Passivhauskomponenten"								
RH1.SD.M								
Modernisierungspaket 1	MP1	292	62	12,65	12,65	767	767	7.392
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	346	116	13,22	6,43	497	11.178
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	446	217	14,82	9,72	-4.721	14.029	6.543
"Passivhauskomponenten"								
RH2.SD.M								
Modernisierungspaket 1	MP1	245	50	12,06	12,06	744	744	4.627
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	292	97	12,86	6,23	632	6.794
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	401	206	15,81	9,84	-5.372	8.754	4.114
"Passivhauskomponenten"								
RH2.SD.E								
Modernisierungspaket 1	MP1	309	73	11,64	11,64	1.558	1.558	5.617
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	359	123	12,80	6,40	950	9.143
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	475	238	15,64	9,27	-5.949	12.086	4.944
"Passivhauskomponenten"								
EFH.FD								
Modernisierungspaket 1	MP1	482	156	16,54	16,54	-2.638	-2.638	5.253
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	531	205	15,89	8,72	-2.866	5.875
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	666	339	18,27	10,37	-10.937	7.322	4.615
"Passivhauskomponenten"								
DHH.SD								
Modernisierungspaket 1	MP1	362	85	11,95	11,95	1.230	1.230	5.076
"Mindestanforderungen EnEV"								
Modernisierungspaket 2		MP2	420	144	13,63	6,81	-106	7.825
"Mindestanforderungen KfW"								
Modernisierungspaket 3	MP3	549	272	16,78	9,71	-7.919	9.327	4.558
"Passivhauskomponenten"								

3.4.10 Fazit zu den Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Zusammenfassend können folgende grundsätzliche Empfehlungen für die Hauseigentümer in Mainz-Lerchenberg formuliert werden:

- Eine energetische Modernisierung lohnt sich in der Regel dann, wenn einzelne Bauteile oder das gesamte Gebäude ohnehin heute oder in naher Zukunft instandgesetzt werden müssen (Kopplungsprinzip).
- Förderung, z. B. in Form des derzeitigen KfW-Investitionszuschusses, sollte in jedem Fall in Anspruch genommen werden, da sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen dadurch verbessert, weitreichende energetische Standards wie die Modernisierungspakete 2 und 3 wirtschaftlich darstellbar und gegenüber einer „Standardsanierung“ nach EnEV 2009 (Modernisierungspaket 1) zu bevorzugen sind.
- Liegt an einzelnen Bauteilen oder dem gesamten Gebäude in absehbarer Zeit kein Instandsetzungsbedarf vor, können die notwendigen Investitionskosten in der Regel nicht mehr durch die über 25 Jahre anfallenden Energiekosteneinsparungen gedeckt werden. Hausbesitzer müssen in diesem Fall mit zusätzlichen Belastungen, d. h. mit steigenden Gesamtkosten, rechnen.
- Im Sinne der Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele sind Vorzieheffekte bei der energetischen Modernisierung der Gebäude jedoch notwendig. Hauseigentümer, die energiesparende Investitionen tätigen, obwohl ihre Gebäude weitgehend intakt sind, zeigen nicht nur ein vorbildliches Klimaschutzengagement, sie handeln durchaus auch ökonomisch rational: Die durchgeführten Berechnungen belegen, dass die zusätzlichen Belastungen für die Hauseigentümer relativ gering ausfallen, insbesondere wenn Förderung in Anspruch genommen wird und/oder die Energiepreise zukünftig etwas stärker steigen als angenommen. Hinzu kommen die sich in der Regel durch die energetische Modernisierung ergebenden Wertsteigerungen, ein verbesserter Wiederverkaufswert der Immobilie sowie Komfortgewinne, die in den vorgestellten Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch nicht berücksichtigt sind.

4 Szenarien zukünftiger Modernisierungsaktivitäten im Gebäudebestand

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Strategien zur energetischen Modernisierung auf Quartiersebene abzuschätzen, wurde ein Energiebilanzmodell aller Gebäude der Siedlung erstellt. Ausgangspunkt war die GIS-basierte Erhebung der Daten der Einzelgebäude und die Zuordnung zu den verschiedenen Gebäudetypen. Das Gesamtmodell fasst die zu jedem Gebäudetyp gehörenden einzelnen Gebäude jeweils zu einem „mittleren Gebäude“ zusammen, das den entsprechenden Typ in der Energiebilanz-Berechnung repräsentiert. Auf dieser Basis erfolgte zunächst die energetische Bilanzierung der Gebäude im Ist-Zustand. In diesem Zusammenhang wurden die rechnerischen Bedarfswerte der Einfamilienhäuser mit tatsächlichen Verbrauchswerten abgeglichen. Anschließend wurden ein Trend- und ein Ziel-Szenario für die energetische Gebäudemodernisierung berechnet und die Ergebnisse mit denen des Ist-Zustands verglichen.

Die Wärmeverluste des Fernwärmenetzes sind nicht Gegenstand dieses Kapitels. Sie werden in Kapitel 5 behandelt.

4.1 Klassifizierung der Gebäude auf Siedlungsebene

Ausgangspunkt für das erstellte Energiebilanzmodell war die GIS-basierte Erhebung der Daten aller Einzelgebäude der Siedlung (siehe Abschnitt 2.2). Diese wurden anhand energetisch relevanter Merkmale klassifiziert und zu insgesamt 19 Gruppen zusammengefasst. Neun dieser Gruppen entsprechen dabei den in Abschnitt 3.1 identifizierten Einfamilienhaustypen. Die Differenzierung der weiteren im Quartier vorhandenen Gebäudetypen erfolgte in Anlehnung an die Deutsche Gebäudetypologie [Loga et al. 2011]. Grundlage für die Klassifizierung waren Baualtersklasse (siehe Tabelle 19) und Gebäudenutzung (siehe Tabelle 20).

Tabelle 19: Baualtersklassen für das Gesamtmodell

Baualtersklasse	Zeitraum
F	1967* bis 1978
G	1979 bis 1983
H	1984 bis 1994
I	ab 1995

* gemäß [Loga et al. 2011] beginnt die Klasse F ab 1969, die auf dem Lerchenberg in den Jahren 1967 und 1968 errichteten Gebäude wurden dieser Baualtersklasse zugeordnet.

Tabelle 20: Gebäudeklassen für das Gesamtmodell

Gebäudeklasse		Gebäude-Subklasse	
EFH	freistehendes Einfamilienhaus	EFH.SD	freistehendes Einfamilienhaus mit Steildach
		EFH.FD	freistehendes Einfamilienhaus mit Flachdach
		EFH.Ind	individuelles freistehendes Ein-oder Zweifamilienhaus, das nicht den im Bauarchiv ermittelten Typen zugeordnet werden konnte
RH	Reihenhaus	DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach
		RH1.SD.M	eingeschossiges Reihenmittelhaus mit Steildach
		RH1.SD.E	eingeschossiges Reihenendhaus mit Steildach
		RH1.FD.M	eingeschossiges Reihenmittelhaus mit Flachdach
		RH1.FD.E	eingeschossiges Reihenendhaus mit Flachdach
		RH2.SD.M	zweigeschossiges Reihenmittelhaus mit Steildach
		RH2.SD.E	zweigeschossiges Reihenendhaus mit Steildach
	RH.Ind	individuelles Reihenhaus, das nicht den im Bauarchiv ermittelten Typen zugeordnet werden konnte	
MFH	Mehrfamilienhaus		
MN	Gebäude mit Mischnutzung		
NWG	Nichtwohngebäude		

4.2 Energiebilanz der Gebäude in der Siedlung im Ausgangszustand

Der größte Teil des Heizwärmebedarfs in der Siedlung entsteht in Folge von Transmissionswärmeverlusten durch die Außenhülle der Gebäude. Von entscheidender Bedeutung ist also die möglichst realitätsnahe Ermittlung der die Transmissionswärmeverluste bestimmenden Größen:

- die Fläche der Außenhülle der Gebäude, siehe Abschnitt 4.2.2.1
- die zu den einzelnen Teilflächen gehörenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte), siehe Abschnitt 4.2.2
- die mittlere Innen- und Außentemperatur, siehe Anhang B, Abschnitt B.1.

Eine demgegenüber eher untergeordnete Rolle spielen die Wärmeverluste der in den Gebäuden installierten Anlagentechnik. Die hier getroffenen Annahmen sind in Abschnitt 4.2.3 dokumentiert.

Die energetische Bilanzierung der Siedlungsgebäude erfolgt mit dem TABULA-Rechenverfahren [Loga 2013] unter Anwendung der dort definierten Randbedingungen (siehe Anhang B). Für die Berechnung der verschiedenen Varianten wurde die Excel-Mappe TABULA.xlsm verwendet.

4.2.1 Flächenermittlung der Gebäude auf Siedlungsebene

Zur Abschätzung der Energiebezugs- und Hüllflächen der Gebäude auf Siedlungsebene wurde das im Rahmen der Studie „Kurzverfahren Energieprofil“ [Loga et al. 2005] entwickelte Flächenschätzverfahren herangezogen. Die hierfür erforderlichen Eingabedaten (Gebäudegrundfläche, Anzahl Vollgeschosse, Anzahl Nachbargebäude, Dachform, Beheizungssituation im Dachgeschoss) wurden aus den vorliegenden GIS-Daten und aus Luftbildern ermittelt. Lag für ein Mehrfamilienhaus ein ausgefüllter Eigentümer-Fragebogen¹⁷ vor, wurden die darin enthaltenen Angaben verwendet. Die auf diese Weise abgeschätzten Gesamtflächen je Bauteil und Gebäudetyp sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

¹⁷ Die im Siedlungsgebiet identifizierten Wohnungsunternehmen und WEG-Verwalter wurden gebeten, den Erhebungsbogen des Kurzverfahren Energieprofils für ihre Gebäude auszufüllen (siehe Abschnitt 1.4 und Anhang A). Für 66 Mehrfamilienhäuser liegen ausgefüllte Fragebögen vor, so dass die Hüllflächen nach Kurzverfahren Energieprofil abgeschätzt werden konnten. (Auch die nachträglich durchgeführten Wärmeschutzmaßnahmen wurden ausgewertet, siehe Abschnitt 4.2.2.2.)

Tabelle 21: Hüllflächensummen¹⁸ nach Gebäudetyp und Bauteilart

Gebäudetyp	Anzahl Gebäude	Energiebezugsfläche	beheiztes Gebäudevolumen	Fläche Dach	Fläche oberste Geschossdecke	Fläche Außenwand	Fläche Außenwand gegen Keller oder Erdreich	Kellerdecke oder Fußboden gegen Erdreich	Fenster	Haustür	Hüllfläche gesamt
Code_BuildingType	n_Building	A_C_Living m ²	V_C m ³	A_Roof_1 m ²	A_Roof_2 m ²	A_Wall_1 m ²	A_Wall_2 m ²	A_Floor_1 m ²	A_Window_1 m ²	A_Door_1 m ²	A_Envelope m ²
F.EFH.SD	21	2.902	11.577	1.472	1.581	2.688	0	2.880	580	53	9.255
F.EFH.FD	65	7.252	28.934	9.441	74	5.438	0	9.487	1.450	169	26.059
F.DHH.SD	60	7.237	28.876	2.381	1.924	7.518	0	4.021	1.447	120	17.411
F.RH1.SD.M	24	3.040	12.130	1.221	2.154	1.638	0	3.231	608	60	8.913
F.RH1.SD.E	30	3.907	15.590	1.691	2.580	2.869	0	4.072	781	76	12.069
F.RH1.FD.M	68	7.170	28.609	9.291	152	3.813	0	9.423	1.434	173	24.286
F.RH1.FD.E	51	5.556	22.167	7.389	0	3.934	0	7.389	1.111	132	19.955
F.RH2.SD.M	199	24.535	97.895	7.766	6.874	15.655	12	13.715	4.907	402	49.331
F.RH2.SD.E	210	26.339	105.093	7.779	8.076	26.483	0	14.929	5.268	427	62.962
F.EFH.Ind	179	28.863	115.162	14.809	11.523	24.930	74	25.251	5.773	454	82.814
F.RH.Ind	19	2.502	9.982	790	705	2.323	0	1.401	500	39	5.759
F.MFH	55	92.470	368.954	14.072	0	65.387	83	12.768	18.494	179	110.983
F.MN	13	2.529	10.091	977	453	1.611	0	1.404	506	27	4.978
H.EFH	4	574	2.289	416	202	538	0	522	115	10	1.803
H.MFH	38	24.291	96.919	10.264	0	17.118	0	7.352	4.858	75	39.668
I.RH	49	6.517	26.002	3.113	332	4.873	0	3.174	1.303	84	12.879
F.NWG	37	31.672	126.371	14.777	5209	19.360	0	18.159	6.334	192	64.031
H.NWG	3	16.058	64.071	6.479	0	10.143	0	4.984	3.212	42	24.860
I.NWG	10	22.111	88.936	4.260	6.309	11.477	0	10.182	4.555	225	37.008
Summe	1.135	315.522	1.259.647	118.391	48.149	2.277.94	170	154.344	63.238	2.938	615.023

In Tabelle 22 ist die abgeschätzte Energiebezugsfläche nach Baualtersklassen und nach Gebäudenutzung zusammengefasst. Sie entspricht im Fall der Wohngebäude der ermittelten bzw. abgeschätzten Wohnfläche¹⁹. Für Nichtwohngebäude ergibt sie sich aus der um den Divisor 1,1 verkleinerten abgeschätzten Nettogrundfläche der Gebäude.

Tabelle 22: Energiebezugsfläche zusammengefasst nach Baualtersklassen und Gebäudenutzung

		Anzahl Gebäude	Energiebezugsfläche Gesamt [m ²]	Energiebezugsfläche pro Gebäude [m ²]
zusammengefasst nach Baualtersklassen	1967 bis 1978	1.031	245.972	238,6
	1984 bis 1994	45	40.922	909,4
	ab 1995	59	28.627	485,2
zusammengefasst nach Gebäudenutzung	EFH / DHH / RH	979	126.392	129,1
	MFH	93	116.760	1.255,5
	MN /NWG	63	72.369	1.148,7
Gesamte Siedlung		1.135	315.522	278,0

Ein Vergleich der für die Gesamtheit der Wohngebäude abgeschätzten Fläche in Höhe von 243.152 m² mit der in den Statistischen Informationen zur Stadtentwicklung [Landeshauptstadt Mainz 2013d, S. 12] angegebenen Wohnfläche in Wohngebäuden von 238.184 m² ergibt mit einer Abweichung von lediglich 2 % eine sehr gute Übereinstimmung.

Für jeden Gebäudetyp wurde ein „mittleres Gebäude“ abgeleitet, das den entsprechenden Typ in der Energiebilanz-Berechnung repräsentiert. Zu diesem Zweck wurden die Hüllflächensummen durch die jeweilige Anzahl der vertretenen Gebäude geteilt (siehe Tabelle 23).

¹⁸ Im Rahmen von Energiebilanzberechnungen werden nur Hüllflächenanteile betrachtet, die beheizte Räume nach außen oder gegen unbeheizte Gebäudeteile abgrenzen.

¹⁹ Zu beachten ist, dass die Wohnfläche respektive die Energiebezugsfläche der Wohngebäude kleiner ist als die im Rahmen der Bilanzierung öffentlich-rechtlicher Nachweise nach EnEV rechnerisch bestimmte Nutzfläche A_N. Auf die Nutzfläche A_N bezogene Kennwerte können deshalb nicht unmittelbar mit den Ergebnissen dieser Studie verglichen werden.

Tabelle 23: Hüllfläche der „mittleren Gebäude“ nach Bauteilart

Gebäudetyp	Anzahl Gebäude	Energiebezugfläche	beheiztes Gebäudevolumen	Fläche Dach	Fläche oberste Geschossdecke	Fläche Außenwand	Fläche Außenwand gegen Keller oder Erdreich	Kellerdecke oder Fußboden gegen Erdreich	Fenster	Haustür	Hüllfläche gesamt
Code_BuildingType	n_Building	A_C_Living m ²	V_C m ³	A_Roof_1 m ²	A_Roof_2 m ²	A_Wall_1 m ²	A_Wall_2 m ²	A_Floor_1 m ²	A_Window_1 m ²	A_Door_1 m ²	A_Envelope m ²
F.EFH.SD	21	138	551	70,1	75,3	128,0	0,0	137,1	27,6	2,5	440,7
F.EFH.FD	65	112	445	145,2	1,1	83,7	0,0	146,0	22,3	2,6	400,9
F.DHH.SD	60	121	481	39,7	32,1	125,3	0,0	67,0	24,1	2,0	290,2
F.RH1.SD.M	24	127	505	50,9	89,8	68,3	0,0	134,6	25,3	2,5	371,4
F.RH1.SD.E	30	130	520	56,4	86,0	95,6	0,0	135,7	26,0	2,5	402,3
F.RH1.FD.M	68	105	421	136,6	2,2	56,1	0,0	138,6	21,1	2,5	357,2
F.RH1.FD.E	51	109	435	144,9	0,0	77,1	0,0	144,9	21,8	2,6	391,3
F.RH2.SD.M	199	123	492	39,0	34,5	78,7	0,1	68,9	24,7	2,0	247,9
F.RH2.SD.E	210	125	500	37,0	38,5	126,1	0,0	71,1	25,1	2,0	299,8
F.EFH.Ind	179	161	643	82,7	64,4	139,3	0,4	141,1	32,2	2,5	462,6
F.RH.Ind	19	132	525	41,6	37,1	122,3	0,0	73,7	26,3	2,1	303,1
F.MFH	55	1.681	6.708	255,9	0,0	1.188,8	1,5	232,2	336,3	3,2	2.017,9
F.MN	13	195	776	75,1	34,8	123,9	0,0	108,0	38,9	2,1	382,9
H.EFH	4	143	572	103,9	50,5	134,6	0,0	130,5	28,7	2,5	450,7
H.MFH	38	639	2.551	270,1	0,0	450,5	0,0	193,5	127,8	2,0	1.043,9
I.RH	49	133	531	63,5	6,8	99,4	0,0	64,8	26,6	1,7	262,8
F.NWG	37	856	3.415	399,4	140,8	523,2	0,0	490,8	171,2	5,2	1.730,6
H.NWG	3	5.353	21.357	2.159,7	0,0	3.380,9	0,0	1.661,3	1.070,5	14,0	8.286,5
I.NWG	10	2.211	8.894	426,0	630,9	1.147,7	0,0	1.018,2	455,5	22,5	3.700,8

4.2.2 Annahmen für den Wärmeschutz im Ist-Zustand

Für die Abbildung der Energieströme in der Siedlung und die Bewertung zukünftiger Entwicklungsmöglichkeiten werden Informationen über den energetischen Zustand der Gebäudehülle benötigt. Entscheidend für die Szenarienberechnung ist dabei weniger die tatsächliche baukonstruktive Ausführung der Gebäude zum Entstehungszeitpunkt zu kennen als die Frage, welche Wärmeschutzmaßnahmen in welchem Umfang bereits nachträglich durchgeführt wurden.

4.2.2.1 Bauteile im unsanierten Zustand (Variante „UR“)

Für die U-Werte der Bauteile im unmodernisierten Zustand (Variante „UR“) wurden für die jeweilige Baualtersklasse typische Pauschalwerte herangezogen (siehe Tabelle 24)²⁰.

Die genaue Kenntnis der U-Werte im unmodernisierten Zustand ist für die energetische Bewertung der Siedlung und für die Berechnung von Szenarien von untergeordneter Bedeutung: Zum einen werden durch den Abgleich mit dem Verbrauchsniveau eventuelle Bewertungsfehler gering gehalten (siehe Abschnitt 4.2.4.2). Die Frage, welche Energieeinsparungen erreichbar sind, hängt zudem stark von dem in der Zukunft erzielbaren Umsetzungsgrad von Wärmeschutzmaßnahmen ab. Der fiktive Zielzustand „alle Hüllflächen modernisiert“ weist so gut wie keine Abhängigkeit von den U-Werten im Urzustand auf.

Tabelle 24: Annahmen für die U-Werte nicht modernisierter Bauteilflächen;
Quellen: [Loga et al. 2005], [Loga et al. 2011], [BMVBS 2009]

Gebäudebaujahr	U-Werte nicht modernisierter Bauteilflächen [W/(m ² K)]			
	bis 1978	1979 bis 1983	1984 bis 1994	ab 1995
Steildach	0,8	0,5	0,4	0,3
Flachdach	0,6	0,5	0,4	0,3
oberste Geschossdecke	0,6	0,5	0,4	0,3
Außenwand	1,0	0,8	0,6	0,5
Fenster / Haustür	2,8	2,8	2,8	1,6
Kellerdecke	1,0	0,8	0,6	0,6

²⁰ Die U-Werte der Baualtersklasse 1967 bis 1978 entsprechen denen der exemplarischen Berechnungen in Abschnitt 3.3.2.

4.2.2.2 Berücksichtigung in der Vergangenheit durchgeführter Modernisierungen (Variante „IST“)

Zur Berücksichtigung der in der Vergangenheit durchgeführten Modernisierungstätigkeit im Quartier wird mangels detaillierter lokaler Informationen auf Daten für den bundesdeutschen Durchschnitt zurückgegriffen. Als Quelle für den energetischen Zustand dient primär die vom IWU an einer repräsentativen Stichprobe durchgeführte Erhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach et al. 2010]. Aufbauend auf diesen Erhebungsergebnissen wurde in [Diefenbach/Loga 2012] ein Energiebilanzmodell der Wohngebäude Deutschlands erstellt, das in der Folge für die Berechnung von Zielerreichungsszenarien der Bundesregierung [Diefenbach et al. 2013] eingesetzt wurde. Alle drei genannten Quellen sind zueinander konsistent. Sie werden im Folgenden als Grundlage für die Abbildung des Ist-Zustands und für die Erstellung des TREND-Szenarios in der Siedlung herangezogen.

Bezüglich des Modernisierungszustands wurden für die Siedlungsbilanz die in Tabelle 25 dokumentierten Annahmen getroffen. Die genannten Modernisierungszustände gelten gemäß [Diefenbach et al. 2010] für das Jahr 2009.

Tabelle 25: Annahmen für den Anteil nachträglich modernisierter Bauteilflächen;
Quelle: [Diefenbach et al. 2013] Zustand Einfamilienhäuser 2009

Gebäudebaujahr	Anteil nachträglich modernisierter Bauteilflächen			mittlere Dämmstärke / Qualität der nachträglich modernisierten Bauteilflächen
	bis 1978	1979 bis 1994	ab 1995	
Dachfläche oberste Geschosdecke	47 %	24 %	0 %	13,4 cm*
Außenwände	20 %	7 %	0 %	9,1 cm*
Fenster**	36 %	12 %	0 %	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
Kellerdecke	10 %	3 %	0 %	7,5 cm*
⇒ Gesamt-Modernisierungsrate***	28 %	11 %	0 %	

* Wärmeleitfähigkeit 0,04 W/(mK); ** Fenstererneuerung nach 1995; *** Gesamtwert für den nach Bauteilen gewichteten Modernisierungsfortschritt bei der Wärmedämmung der Gebäudehülle, Gewichtungsfaktoren siehe Abschnitt 4.3.5

Gegenüber den oben genannten Quellen wurde dabei vereinfachend keine Differenzierung zwischen Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern vorgenommen. Für 66 der insgesamt 93 Mehrfamilienhäuser liegen Angaben zu in der Vergangenheit durchgeführten Sanierungsmaßnahmen vor. Da dies insbesondere größere Mehrfamilienhäuser sind, decken die Informationen 93.000 von 117.000 m² der in Mehrfamilienhäusern vorhandenen Wohnfläche ab (83 %). Aus den Angaben zum Modernisierungszustand konnte ein erreichter Modernisierungsgrad von 33 % ermittelt werden – bezogen auf alle Gebäude, für die ein Fragebogen ausgefüllt wurde. Bezogen auf die gesamte in Mehrfamilienhäusern vorhandene Wohnfläche ergibt sich ein Modernisierungsgrad von 27,1 %. Die Werte liegen relativ nahe an dem oben dargestellten Modernisierungsgrad (27,6 %). Daher wurden für die Mehrfamilienhäuser ebenfalls die in Tabelle 25 wiedergegebenen Anteile bereits durchgeführter Modernisierungen verwendet.

Für die Zukunft wird angeregt, im Rahmen des Modernisierungsmanagements Aktivitäten der energetischen Sanierung in der Siedlung zu registrieren und aufzuzeichnen, um so langfristig ein konkretes Bild der vorliegenden Modernisierungsraten und des erreichten Zustands zu erlangen (siehe Abschnitt 9.3).

4.2.3 Annahmen für die Anlagentechnik im Ist-Zustand

Analog zur Berechnung der Beispielgebäude erfolgt die Bilanzierung der Anlagentechnik auch im Fall der Szenarienberechnungen unter Ansatz von Pauschalwerten für typische Wohngebäude im Bestand (hergeleitet in [Loga et al. 2005]). Für den Ist-Zustand wurden folgende Annahmen getroffen:

- Standort Fernwärme-Übergabestation und Warmwasserspeicher im unbeheizten Keller
- Verteilleitungen, mäßig gedämmt (Baualtersklasse bis 1994) und gedämmt nach HeizAnIV (Baualtersklasse ab 1995), horizontale Stränge im unbeheizten Keller
- Warmwasser-Zirkulation: Mehrfamilienhäuser mit Zirkulation / Einfamilienhäuser ohne Zirkulation
- Gebäude mit Mischnutzung und Nichtwohngebäude: Behandlung analog zu Mehrfamilienhäusern.

In der folgenden Tabelle sind die entsprechenden Kenngrößen aufgeführt.

Tabelle 26: Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche);
Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011]

	EFH		MFH	
	1967 bis 1978	ab 1979	1967 bis 1978	ab 1979
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/m ² a]	11,6	6,2	2,0	1,1
Wärmeverluste Verteilung [kWh/m ² a]	8,5	4,8	10,6	7,0
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/m ² a]	4,2	5,8	5,6	3,2
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/m ² a]	0,4	0,4	0,9	0,9
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/m ² a]	26,8	6,8	21,6	6,3
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/m ² a]	6,7	6,7	2,0	2,0

4.2.4 Analyse des heutigen Zustands (Variante „IST“)

4.2.4.1 Berechneter Energiebedarf der Gebäude im Ist-Zustand

Entsprechend den Ausführungen in den vorangegangenen Abschnitten wurde für jeden Gebäudetyp ein „mittleres Gebäude“ definiert. Dieses besitzt die folgenden Eigenschaften:

- Die Energiebezugsfläche (entspricht im Fall von Wohngebäuden der beheizten Wohnfläche) ist die gesamte Energiebezugsfläche aller Gebäude des Gebäudetyps in der Siedlung geteilt durch die Anzahl der betreffenden Gebäude (siehe Abschnitt 4.2.1).
- Die Hüllfläche für jede Bauteilkategorie (Dach, Außenwand Fenster, Kellerdecke) ist die gesamte Bauteilfläche aller Gebäude des Gebäudetyps in der Siedlung geteilt durch die Anzahl der betreffenden Gebäude (siehe Abschnitt 4.2.1).
- Jeder Bauteilkategorie wird ein pauschaler U-Wert gemäß vorliegender Baualtersklasse zugewiesen (siehe Abschnitt 4.2.2.1) sowie ein Flächenanteil, der bereits energetisch verbessert wurde. Der Flächenanteil und die energetische Qualität der bereits energetisch verbesserten Bauteil-Teilfläche entsprechen den durchschnittlichen deutschen Gebäudebestand (siehe Abschnitt 4.2.2.2).

Unter Verwendung des oben dokumentierten Verfahrens wurden für alle mittleren Gebäude für den Ist-Zustand Energiebilanz-Berechnungen durchgeführt. Die Ergebnisse differenziert nach Gebäudetyp zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 27: Energiekennwerte der mittleren Gebäude je Gebäudetyp (Ist-Zustand)

	Gebäudetyp	Heizwärmebedarf*	Endenergiebedarf* (Fernwärme)			
		pro m ² EBF		absolut		
		Standardjahr		2011		
		[kWh/(m ² a)]	[kWh/(m ² a)]	[MWh/a]	[MWh/a]	
Baualtersklasse	1967 bis 1978	F.EFH.SD	131	183	530	493
		F.EFH.FD	133	185	1.342	1.246
		F.DHH.SD	118	172	1.245	1.155
		F.RH1.SD.M	120	174	528	490
		F.RH1.SD.E	126	179	699	649
		F.RH1.FD.M	127	179	1.286	1.194
		F.RH1.FD.E	132	184	1.025	952
		F.RH2.SD.M	104	159	3.907	3.626
		F.RH2.SD.E	117	171	4.507	4.182
		F.EFH.Ind	124	177	5.119	4.752
		F.RH.Ind	115	169	422	391
		F.MFH	93	141	13.056	12.065
	F.MN	110	158	398	368	
	F.NWG	115	162	5.137	4.738	
	1984 bis 1994	H.EFH	116	170	98	91
H.MFH		94	142	3.455	3.192	
H.NWG		93	141	2.272	2.099	
ab 1995	I.RH	73	69	451	410	
	I.NWG	86	135	2.990	2.744	
Zusammengefasst nach Baualtersklassen	EFH	126	179	7.089	6.581	
	RH / DHH	113	162	14.070	13.049	
	MFH	93	141	16.511	15.257	
	MN	110	158	398	368	
	NWG	101	149	10.398	9.581	
Zusammengefasst nach Gebäudeart	1967 bis 1978	109	159	39.202	36.300	
	1984 bis 1994	94	142	5.825	5.382	
	ab 1995	83	120	3.441	3.154	
Gesamte Siedlung		104	154	48.467	44.836	

* Bilanzierung gemäß TABULA-Verfahren mit Kalibrierung auf das typische Verbrauchsniveau, siehe Anhang B, Abschnitt B.2

4.2.4.2 Vergleich mit dem gemessenen Verbrauch der Einfamilienhausbebauung

Für die im Quartier vorhandenen Einfamilienhäuser konnte ein Vergleich der rechnerischen Bilanz mit abgerechneten Verbräuchen durchgeführt werden. Hierfür stellte das Fernwärmeunternehmen je Straße Summenwerte der Abrechnungsdaten der Einfamilienhäuser für das Kalenderjahr 2011 zur Verfügung.

Tabelle 28 zeigt den Vergleich der Gebäudezahl und der Wohnflächen. Die mit „eigene Ermittlung“ gekennzeichnete Spalte beinhaltet die auf der Basis der Grundfläche und der Anzahl von Geschossen geschätzte Wohnfläche (gemäß [Loga et al. 2005], siehe Abschnitt 4.2.1), die mit „FWV“ gekennzeichnete Spalte die Abrechnungsflächen gemäß Wärmelieferverträgen des Fernwärmeversorgungsunternehmens. Bei der Anzahl der Gebäude ergeben sich zwischen den selbst ermittelten Werten und den FWV-Daten minimale Abweichungen, die vermutlich durch Vertragswechsel bedingt sind - die Abweichungen sind mit ca. 2 % jedoch sehr gering. Auch bei den Wohnflächen ist die Abweichung nicht allzu groß: Die Abrechnungsflächen je Gebäude sind im Durchschnitt um 7 % kleiner als die geschätzten Wohnflächen.

Tabelle 28: Vergleich der Grunddaten nach Fernwärmeversorger (FWV) und eigenen Ermittlungen nach Straßen (nur EFH)

Straße	Anzahl Gebäude			Wohnfläche gesamt			Wohnflächenanteil		Wohnfläche pro Gebäude		
	eigene Ermittlung	FWV	Differenz FWV zu eigene	eigene Ermittlung [m ²]	FWV [m ²]	rel. Diff. FWV zu eig. Erm.	eigene Ermittlung	FWV	eigene Ermittlung [m ²]	FWV [m ²]	el. Diff. FWV zu eig. Erm.
Buechnerallee	22	22	0	2.637	2.417	-8 %	2 %	2 %	120	110	-8 %
Cranachweg	19	20	+1	2.949	3.309	+12 %	2 %	3 %	155	165	+7 %
Fontanestr.	102	101	-1	11.261	10.351	-8 %	9 %	9 %	110	102	-7 %
Grünwaldstr.	24	22	-2	3.982	3.411	-14 %	3 %	3 %	166	155	-7 %
Hebbelstr.	82	79	-3	8.680	8.879	+2 %	7 %	8 %	106	112	+6 %
Hermann-Hesse-Str.	85	83	-2	10.359	9.102	-12 %	8 %	8 %	122	110	-10 %
Kafkaweg	46	44	-2	5.822	4.783	-18 %	5 %	4 %	127	109	-14 %
Lenauweg	40	38	-2	5.018	4.120	-18 %	4 %	4 %	125	108	-14 %
Liebermannstr.	51	50	-1	6.844	5.847	-15 %	5 %	5 %	134	117	-13 %
Menzelstr.	29	27	-2	5.699	4.773	-16 %	5 %	4 %	197	177	-10 %
Rembrandtstr.	65	64	-1	8.890	8.883	-0 %	7 %	8 %	137	139	+1 %
Rilkeallee	116	116	0	14.234	12.676	-11 %	11 %	11 %	123	109	-11 %
Rubensallee	40	40	0	6.233	6.013	-4 %	5 %	5 %	156	150	-4 %
Spitzwegstr.	13	12	-1	2.953	1.986	-33 %	2 %	2 %	227	165	-27 %
Theodor-Storm-Weg	50	49	-1	6.295	5.319	-15 %	5 %	5 %	126	109	-14 %
Tizianweg	37	37	0	4.502	4.404	-2 %	4 %	4 %	122	119	-2 %
Tucholsky-Weg	64	61	-3	7.840	7.259	-7 %	6 %	6 %	122	119	-3 %
Van-Gogh-Str.	50	50	0	6.039	5.121	-15 %	5 %	4 %	121	102	-15 %
Wedekindstraße	44	43	-1	6.156	5.665	-8 %	5 %	5 %	140	132	-6 %
Summen	979	958	-21	126.392	114.319	-10 %	100 %	100 %			
gewichtete Mittelwerte (gewichtet mit FWV Gesamtwohnfläche)									132	122	-7 %

Tabelle 29 zeigt den mit dem TABULA-Verfahren für das Jahr 2011 ermittelten Bedarf an Fernwärme differenziert nach Straßen (nur Einfamilienhäuser) sowie die vom Fernwärmelieferanten abgerechneten Wärmemengen. Für den Vergleich ist zu beachten, dass nur im Falle einer Übergabestation neueren Baualters (neueres Gebäude oder modernisierte Anlagentechnik) die Warmwasserbereitung in der abgerechneten Wärmemenge enthalten ist. Nach Angaben des Fernwärmeversorgers wurde eine Erneuerung in etwa 30 % der Einfamilienhaus-Altbauten durchgeführt. Für den Vergleich wurde daher angesetzt, dass bei Gebäuden bis Baujahr 1994 30 % der Fälle die Warmwasserbereitung enthält, bei seit 1995 errichteten Gebäuden 100 %. Der entsprechend aus dem Endenergiebedarf Heizung und dem Endenergiebedarf Heizung & Warmwasser anteilig zusammengesetzte Wert wird in der Tabelle als „Vergleichswert“ bezeichnet.

Tabelle 29: Vergleich der gelieferten Wärmemengen des Fernwärmeversorgers mit den berechneten Wärmemengen (nur EFH), bilanziert mit TABULA-Rechenverfahren, regionales Klima 2011, Standardnutzung, ohne Kalibrierung auf Verbrauchsniveau

Straße	Heizung	Heizung und Warmwasser	Anteil Messwert inkl. Warmwasser	Vergleichswert	FWV Messwerte
	[MWh/a]	[MWh/a]		[MWh/a]	[MWh/a]
Büchnerallee	375	468	30 %	403	314
Cranachweg	440	545	30 %	472	528
Fontanestraße	1615	2.013	30 %	1.735	1.369
Grünwaldstraße	595	735	29 %	635	503
Hebbelstraße	1361	1.668	30 %	1.453	1.136
Hermann-Hesse-Straße	1424	1.791	30 %	1.534	1.180
Kafkaweg	764	969	30 %	825	568
Lenauweg	663	840	30 %	716	445
Liebermannstraße	1053	1.295	30 %	1.125	899
Menzelstraße	851	1.053	29 %	909	651
Rembrandtstraße	1335	1.649	30 %	1.429	1.255
Rilkeallee	1951	2.455	30 %	2.102	1.584
Rubensallee	911	1.132	30 %	978	723
Spitzwegstraße	441	545	28 %	470	338
Theodor-Storm-Weg	818	1.040	30 %	885	597
Tizianweg	650	809	30 %	698	669
Tucholskyweg	953	1.218	29 %	1.030	889
Van-Gogh-Straße	854	1.067	30 %	918	791
Wedekindstraße	300	463	89 %	445	358
Summen	17.354	21.756		18.762	14.798
gewichtete Mittelwerte (gewichtet mit FWV Gesamtwohnfläche)			33 %		

Da sich die Angaben des Fernwärmeversorgers und die berechneten Werte je auf eine unterschiedliche Anzahl von Gebäuden bzw. unterschiedlich große Wohnflächen beziehen (siehe Tabelle 28), ist ein direkter Vergleich auf der Grundlage der gesamten Wärmemenge nicht sinnvoll. In Tabelle 30 wird daher eine entsprechende Normierung vorgenommen: Zunächst werden die Gesamtwerte für Verbrauch und Bedarf durch die Anzahl der jeweilig berücksichtigten Gebäude geteilt. Um flächenbezogene Kennwerte zu bilden, wird der Mittelwert je Gebäude in beiden Fällen durch dieselbe Bezugsfläche geteilt – hier wurde die im Rahmen der Studie über das Flächenschätzverfahren „Kurzverfahren Energieprofil“ (KVEP) ermittelte Wohnfläche gewählt („KVEP-Fläche“). Die so ermittelten Energiekennwerte finden sich in Tabelle 30 unter der Überschrift „bezogen auf KVEP-Fläche je Gebäude“. Die Messwerte liegen je nach Straße zwischen 69 % und 106 % des rechnerisch mit Standardrandbedingungen ermittelten Bedarfs, im Mittel bei 81 %. Verwendet man die im TABULA-Rechenverfahren vorgesehenen Standard-Faktoren für die Kalibrierung auf das typische Verbrauchsniveau (siehe Anhang B, Abschnitt B.2), so wird der Endenergiebedarf auf 90 % des Referenz-Kennwertes reduziert²¹. Die Übereinstimmung zwischen den kalibrierten Bedarfswerten und den gemessenen Verbrauchswerten ist im Mittel also akzeptabel. Bei der Bewertung beachtet werden muss, dass die vorliegenden Messwerte auch gewisse Unsicherheiten beinhalten (es ist z. B. nicht auszuschließen, dass durch Kundenwechsel in manchen Fällen keine vollständigen Jahre in den Abrechnungen enthalten sind).

Insgesamt erscheint es vertretbar, bei den folgenden Bilanzierungen und Szenarienberechnungen als Kalibrierungsfaktoren die Defaultwerte des TABULA-Verfahrens für die deutsche Gebäudetypologie [Loga et al. 2011] zu verwenden. Die in den folgenden Abschnitten angegebenen Bedarfswerte sind immer auf das so definierte typische Verbrauchsniveau nach TABULA kalibriert.

Tabelle 30: Gebäudebezogener Vergleich der gelieferten Wärmemengen des Fernwärmeversorgers mit den berechneten Wärmemengen, bilanziert mit TABULA-Rechenverfahren, regionales Klima 2011, Standardnutzung, ohne Kalibrierung auf Verbrauchsniveau (nur EFH)

Straße	pro Gebäude				bezogen auf KVEP-Fläche je Gebäude				Messwerte relativ zu Vergleichswert	Standard-Faktor Verbrauch zu Bedarf
	Heizung	Heizung und Warmwasser	Vergleichswert	FWV Messwerte	Heizung	Heizung und Warmwasser	Vergleichswert	FWV Messwerte		
	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)	kWh/(m²a)		
Büchnerallee	17,0	21,3	18,3	14,3	142	177	153	119	78 %	90 %
Cranachweg	23,2	28,7	24,8	26,4	149	185	160	170	106 %	89 %
Fontanestraße	15,8	19,7	17,0	13,6	143	179	154	123	80 %	90 %
Grünewaldstraße	24,8	30,6	26,5	22,9	149	185	159	138	86 %	89 %
Hebbelstraße	16,6	20,3	17,7	14,4	157	192	167	136	81 %	88 %
Hermann-Hesse-Straße	16,8	21,1	18,0	14,2	137	173	148	117	79 %	91 %
Kafkaweg	16,6	21,1	17,9	12,9	131	167	142	102	72 %	92 %
Lenauweg	16,6	21,0	17,9	11,7	132	167	143	93	65 %	92 %
Liebermannstraße	20,6	25,4	22,1	18,0	154	189	164	134	81 %	88 %
Menzelstraße	29,3	36,3	31,4	24,1	149	185	160	123	77 %	89 %
Rembrandtstraße	20,5	25,4	22,0	19,6	150	186	161	143	89 %	89 %
Rilkeallee	16,8	21,2	18,1	13,7	137	172	148	111	75 %	91 %
Rubensallee	22,8	28,3	24,4	18,1	146	182	157	116	74 %	90 %
Spitzwegstraße	33,9	41,9	36,1	28,2	149	185	159	124	78 %	89 %
Theodor-Storm-Weg	16,4	20,8	17,7	12,2	130	165	141	97	69 %	92 %
Tizianweg	17,6	21,9	18,9	18,1	144	180	155	149	96 %	90 %
Tucholskyweg	14,9	19,0	16,1	14,6	122	155	131	119	91 %	92 %
Van-Gogh-Straße	17,1	21,3	18,4	15,8	141	177	152	131	86 %	90 %
Wedekindstraße	6,8	10,5	10,1	8,3	49	75	72	59	82 %	100 %
Mittelwert bzw. Summe (gewichtet mit FWV Gesamtwohnfläche)	18,1	22,7	19,6	15,9	137	172	149	120	81 %	90 %

²¹ Der abgerechnete Verbrauch ist also ca. 10 % niedriger als der berechnete und auf ein typisches Verbrauchsniveau kalibrierte Bedarf.

4.3 Szenarien für die energetische Modernisierung der Gebäude in Mainz-Lerchenberg

Es wurden zwei Szenarien für die zukünftige Entwicklung der energetischen Qualität der Gebäude der Siedlung Mainz-Lerchenberg erstellt:

- **„TREND“-Szenario**

Dieses Szenario geht von den heutigen durchschnittlichen Modernisierungsraten im deutschen Gebäudebestand aus und lässt diese für den Zeitraum bis 2050 unverändert. Es wird allerdings angenommen, dass sich die über die letzten Jahrzehnte feststellbare Verbesserung der Qualität von nachträglichen Wärmeschutzmaßnahmen auch in Zukunft fortsetzt.

- **„ZIEL.MOD.PH“-Szenario**

Dieses Szenario beschreibt die maximale energetische Qualität, die unter bestimmten Voraussetzungen bis 2050 erreicht werden könnte. Es geht davon aus, dass bis zu diesem Zeitpunkt sämtliche Bauteile der in der Siedlung befindlichen Altbauten energetisch modernisiert werden – und zwar unter Verwendung der besten verfügbaren Technologien (Passivhaus-Komponenten). Einschränkend wird dabei berücksichtigt, dass in der Vergangenheit bereits modernisierte Komponenten bis 2050 nicht noch einmal energetisch verbessert werden.

4.3.1 Betrachtungszeitraum

Es werden die Modernisierungszustände für die folgenden Jahre betrachtet:

- 2010: Ausgangszustand²²
- 2014: angenommener Startpunkt für eine kurzfristige Änderung der Modernisierungsstrategie
- 2030: typischer Betrachtungshorizont privater Gebäudeeigentümer
- 2050: Zeithorizont aus Klimaschutzsicht (siehe auch Energiekonzept der Bundesregierung [BMWi/BMU 2010] bzw. [Diefenbach et al. 2013]).

Für die Zeiträume zwischen den oben angegebenen Stützpunkten wurden jeweils konstante jährliche Modernisierungsraten angenommen.

4.3.2 Varianten der energetischen Gebäudequalität

Für jedes der „mittleren Gebäude“ (siehe Abschnitt 4.2.1 und Abschnitt 4.2.4.1) wurden folgende Varianten in Wärmeschutz und Anlagentechnik gerechnet:

²² Die Modernisierungszustände wurden entsprechend bundesweiten Durchschnittswerten für das Jahr 2009 angesetzt (siehe Abschnitt 4.2.2.2).

Tabelle 31: Varianten der energetischen Gebäudequalität

Nr.	Kürzel	Bezeichnung	Wärmeschutz	Anlagentechnik
1	Ausgangsbasis			
1.1	UR	Urzustand	Gebäude wie errichtet	Ur-/Ist-Zustand der Anlagentechnik (siehe Abschnitt 4.2.3)
1.2	IST	heutiger Zustand (2010)	nachträgliche Maßnahmen entsprechend Durchschnitt Deutschland (Datenbasis Gebäudebestand)	wie „UR“
1.3	IST.Klima2011	wie IST, jedoch mit Klima des Jahres 2011, für Abgleich Bedarf/Verbrauch		wie „UR“
2	Modernisierungsstandards			
2.1	MOD.EnEV2009	Modernisierung mit Maßnahmen nach EnEV 2009		verbesserte Dämmung von Komponenten
2.2	MOD.KfW	Modernisierung mit Maßnahmen entsprechend KfW-Förderbedingungen	(siehe Abschnitt 3.3.3)	wie „EnEV2009“
2.3	MOD.PH	Modernisierung mit Maßnahmen entsprechend Passivhaus-Standard		horizontale Leitungen innerhalb der thermischen Hülle, optimal gedämmte Komponenten, hocheffiziente Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
3	Stützpunkte des Trend-Szenarios			
3.1	TREND.2014	Zustand 2014	erreicht unter Annahme gegenüber 2010 unveränderter Modernisierungsraten und Maßnahmenqualität	wie „IST“
3.2	TREND.2030	Zustand 2030	erreicht durch ab 2015 moderate Verbesserung der Modernisierungsstandards (kleiner Anteil von Passivhaus-Komponenten) bei gleich bleibender Modernisierungsrate	wie „EnEV2009“
3.3	TREND.2050	Zustand 2050	erreicht durch ab 2031 deutlich verbesserte Standards (50 % Passivhaus-Komponenten) bei gleich bleibender Modernisierungsrate	wie „EnEV2009“
4	Stützpunkte des Ziel-Szenarios			
4.1	ZIEL.MOD.PH.2030	Zwischenzustand (siehe ZIEL.MOD.PH.2050)	Zwischenzustand bei Annahme über den gesamten Zeitraum bis 2050 gleich bleibender Modernisierungsaktivität entsprechend dem in Ziel.MOD.PH.2050 formulierten Ziel	wie „EnEV2009“
4.2	ZIEL.MOD.PH.2050	Ziel-Zustand durch umfassende und abschließliche Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten	Anteil „PH“-Standard an den im Zeitraum umgesetzten Modernisierungen: 100 %; alle noch nicht modernisierten Bauteile werden gedämmt (Baujahr bis 1994 zu 100 % / Baujahr ab 1995 Modernisierungsrate bis 2030 = identisch mit TREND, danach identisch mit Baujahr bis 1994)	wie „PH“

Die bei den Szenarien verwendeten Dämmstärken bzw. Standards der Wärmeschutzmaßnahmen entsprechen den für die Beispielgebäude verwendeten (siehe Abschnitt 3.3.3). Die Modernisierungsraten und Anteile der Standards werden unten bei den jeweiligen Szenarien dokumentiert.

Die drei Modernisierungsstandards der Anlagentechnik werden gegenüber der IST-Ausführung wie folgt modifiziert:

- MOD.EnEV2009 + MOD.KfW: Wärmedämmung der Leitungen nach EnEV 2009, neue Warmwasserspeicher;
- MOD.PH: wie oben, zusätzlich horizontale Leitungen innerhalb der thermischen Hülle, hocheffiziente Lüftungsanlagen mit WRG.

Bei den Szenarien wird die Anlagentechnik vereinfacht behandelt. Statt einer anteiligen Modernisierung und einem Mix-Zustand wird jeweils ein passender Zustand der Anlagentechnik für alle mittleren Gebäude an dem jeweiligen Stützpunkt gewählt.

Exemplarisch ist die Energiebilanzberechnung für das „mittlere Gebäude“ des Typs RH2.SD.E (zweigeschossiges Endreihenhaus mit Steildach) in Anhang F dokumentiert.

Tabelle 32: Ansätze für die Berechnung der Anlagentechnik (Kennwerte beziehen sich auf die beheizte Wohnfläche);
Quellen: [Loga et al. 2005] [Loga et al. 2011]

Einfamilien- und Reihenhäuser (Baualterklasse F)

Warmwasserbereitung	IST	MOD.EnEV2009	MOD.KfW	MOD.PH
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	6,2	6,2	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	4,8	4,8	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	1,9	1,9	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	11,8	11,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9

Mehrfamilienhäuser (Baualterklasse F)

Warmwasserbereitung	IST	MOD.EnEV2009	MOD.KfW	MOD.PH
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	2,0	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	10,6	7,0	7,0	7,0
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar	5,6	3,2	3,2	3,2
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,9	0,9	0,9	0,9
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	21,6	6,3	6,3	6,3
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	2,0	2,0	2,0	2,0
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9

4.3.3 Einbeziehung von geplanten Neubauten

Es werden die beiden geplanten Neubau-Areale in die Szenarienberechnung einbezogen (siehe Abschnitt 2.2.3). Bezüglich der energetischen Standards werden folgende Annahmen getroffen:

Tabelle 33: Ansätze für die energetischen Kenndaten der geplanten Neubau-Areale

	Le I: Seniorenwohnheim / Mehrfamilienhaus	Le II: Doppel- und Reihenhäuser	Gesamt
Energiebezugsfläche (beheizte Wohnfläche)	8.000 m ²	41 x 130 m ² = 5.330 m ²	13.330 m ²
flächenbezogener Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m²a)]*			
TREND-Szenario: Einhaltung Neubauanforderungen EnEV 2009	75	90	81
ZIEL-Szenario: Umsetzung des Passivhausstandards	50	50	50
Endenergiebedarf (Fernwärme) [MWh/a]			
TREND-Szenario: Einhaltung Neubauanforderungen EnEV 2009	600	480	1.080
ZIEL-Szenario: Umsetzung des Passivhausstandards	400	267	667

* bezogen auf beheizte Wohnfläche

4.3.4 Ergebnisse des TREND-Szenarios

Die Berechnung des TREND-Szenarios geht von folgenden Ansätzen aus:

- Die Modernisierungsraten für den Wärmeschutz bleiben gegenüber den heutigen unverändert. Als Grundlage werden die in der Erhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ [Diefenbach et al. 2010] ermittelten bauteilbezogenen Modernisierungsraten verwendet. Die angesetzten Werte je Bauteil und Baualterklasse finden sich in Tabelle 34 (Bereich „jährliche Modernisierungsrate“; Spalte „Gesamt“). Sie sind identisch mit den in den Zielerreichungsszenarios für den deutschen Gebäudebestand gemachten Ansätzen [Diefenbach et al. 2013].
- Während beim IST-Zustand dem jeweiligen Modernisierungsanteil eine mittlere Dämmstärke zugeordnet ist, wird in der weiteren zeitlichen Entwicklung je Bauteil eine Aufteilung auf die drei Modernisierungsstandards EnEV2009, KfW und PH vorgenommen, und zwar:
 - **2010 bis 2014:** MOD.EnEV2009 + MOD.KfW; die relativen Anteile der Modernisierungsstandards MOD.EnEV2009 und MOD.KfW wurden je Bauteil so angesetzt, dass sie den im Jahr 2009 bundesweit erhobenen durchschnittlichen Dämmstärken von in den letzten Jahren durchgeführten Maßnahmen [Diefenbach et al. 2010] entsprechen.²³
 - **2015 bis 2030:** 50 % MOD.EnEV2009 + 25 % MOD.KfW + 25 % MOD.PH
 - **2031 bis 2050:** 50 % MOD.KfW2009 + 50 % MOD.PH

Der Ansatz schreibt also die in der Vergangenheit beobachtete langsame Verbesserung der Standards der energetischen Modernisierung für die Zukunft fort.

- Für die Gebäude ab Baujahr 1979 wurden analog zu [Diefenbach et al. 2013] zunächst geringere Modernisierungsraten angesetzt, die nach 2030 auf die Raten der ältesten Gebäudegruppe ansteigen.
- Für die Anlagentechnik wird ab 2030 ein Zustand entsprechend „EnEV2009“ angenommen.

²³ mit Ausnahme der Außenwand, da die erhobene durchschnittliche Dämmstärke unter der von der EnEV 2009 geforderten liegt. Hier wurde pauschal der KfW-Anteil auf 20 % festgelegt. Dieser Wert entspricht dem Verhältnis aus jährlichen KfW-Fördermaßnahmen mit Außenwanddämmung zur gesamten Zahl von Außenwanddämmungen in Deutschland.

Tabelle 34: Ansätze für die Berechnung des Trend-Szenarios – Modernisierungsraten und erreichter modernisierter Anteil

Gebäudebaujahr Wärmeschutz- Standards	BJ 1967 bis 1978					BJ 1979 bis 1994					BJ 1995 bis 2012				
	Gesamt	„Bisher“	EnEV	KfW	PH	Gesamt	„Bisher“	EnEV	KfW	PH	Gesamt	„Bisher“	EnEV	KfW	PH
Dach TREND (Steildach, Flachdach, oberste Geschossdecke)															
jährliche Modernisierungsrate															
2010 bis 2014	1,50 %		0,90 %	0,60 %		0,75 %		0,45 %	0,30 %		0,00 %				
2015 bis 2030	1,50 %		0,90 %	0,30 %	0,30 %	0,75 %		0,45 %	0,15 %	0,15 %	0,30 %		0,18 %	0,06 %	0,06 %
2031 bis 2050	1,50 %			0,75 %	0,75 %	1,50 %			0,75 %	0,75 %	1,50 %			0,75 %	0,75 %
erreichter modernisierter Anteil															
2010	47,0 %	47,0 %				24,0 %	24,0 %				0,0 %	0,0 %			
2014	53,0 %	47,0 %	3,6 %	2,4 %	0,0 %	27,0 %	24,0 %	1,8 %	1,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	77,0 %	47,0 %	18,0 %	7,2 %	4,8 %	39,0 %	24,0 %	9,0 %	3,6 %	2,4 %	4,8 %	0,0 %	2,9 %	1,0 %	1,0 %
2050	100,0 %	47,0 %	18,0 %	18,7 %	16,3 %	69,0 %	24,0 %	9,0 %	18,6 %	17,4 %	34,8 %	0,0 %	2,9 %	16,0 %	16,0 %
Außenwand TREND															
jährliche Modernisierungsrate															
2010 bis 2014	0,83 %		0,66 %	0,17 %		0,30 %		0,24 %	0,06 %		0,00 %				
2015 bis 2030	0,83 %		0,66 %	0,08 %	0,08 %	0,30 %		0,24 %	0,03 %	0,03 %	0,10 %		0,08 %	0,01 %	0,01 %
2031 bis 2050	0,83 %			0,42 %	0,42 %	0,83 %			0,42 %	0,42 %	0,83 %			0,42 %	0,42 %
erreichter modernisierter Anteil															
2010	20,0 %	20,0 %				7,0 %	7,0 %				0,0 %	0,0 %			
2014	23,3 %	20,0 %	2,7 %	0,7 %	0,0 %	8,2 %	7,0 %	1,0 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	36,6 %	20,0 %	13,3 %	2,0 %	1,3 %	13,0 %	7,0 %	4,8 %	0,7 %	0,5 %	1,6 %	0,0 %	1,3 %	0,2 %	0,2 %
2050	53,2 %	20,0 %	13,3 %	10,3 %	9,6 %	29,6 %	7,0 %	4,8 %	9,0 %	8,8 %	18,2 %	0,0 %	1,3 %	8,5 %	8,5 %
Fenster TREND															
jährliche Modernisierungsrate															
2010 bis 2014	1,80 %		1,35 %	0,45 %		0,65 %		0,49 %	0,16 %		0,00 %				
2015 bis 2030	1,80 %		0,90 %	0,45 %	0,45 %	0,65 %		0,33 %	0,16 %	0,16 %	0,25 %		0,13 %	0,06 %	0,06 %
2031 bis 2050	1,80 %			0,90 %	0,90 %	1,80 %			0,90 %	0,90 %	1,80 %			0,90 %	0,90 %
erreichter modernisierter Anteil															
2010	36,0 %	36,0 %				12,0 %	12,0 %				0,0 %	0,0 %			
2014	43,2 %	36,0 %	5,4 %	1,8 %	0,0 %	14,6 %	12,0 %	2,0 %	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	72,0 %	36,0 %	19,8 %	9,0 %	7,2 %	25,0 %	12,0 %	7,2 %	3,3 %	2,6 %	4,0 %	0,0 %	2,0 %	1,0 %	1,0 %
2050	100,0 %	36,0 %	19,8 %	23,0 %	21,2 %	61,0 %	12,0 %	7,2 %	21,3 %	20,6 %	40,0 %	0,0 %	2,0 %	19,0 %	19,0 %
Kellerdecke TREND															
jährliche Modernisierungsrate															
2010 bis 2014	0,31 %		0,22 %	0,09 %		0,10 %		0,07 %	0,03 %		0,00 %				
2015 bis 2030	0,31 %		0,22 %	0,05 %	0,05 %	0,10 %		0,07 %	0,02 %	0,02 %	0,10 %		0,07 %	0,02 %	0,02 %
2031 bis 2050	0,31 %			0,16 %	0,16 %	0,31 %			0,16 %	0,16 %	0,31 %			0,16 %	0,16 %
erreichter modernisierter Anteil															
2010	10,0 %	10,0 %				3,0 %	3,0 %				0,0 %	0,0 %			
2014	11,2 %	10,0 %	0,9 %	0,4 %	0,0 %	3,4 %	3,0 %	0,3 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	16,2 %	10,0 %	4,3 %	1,1 %	0,7 %	5,0 %	3,0 %	1,4 %	0,4 %	0,2 %	1,6 %	0,0 %	1,1 %	0,2 %	0,2 %
2050	22,4 %	10,0 %	4,3 %	4,2 %	3,8 %	11,2 %	3,0 %	1,4 %	3,5 %	3,3 %	7,8 %	0,0 %	1,1 %	3,3 %	3,3 %

Anmerkung zum roten Prozentwert: Zuwachs entspricht nicht dem Produkt aus Zeitraum und Modernisierungsrate, da schon vor dem angegebenen Jahr in der Summe 100 % Modernisierungsanteil erreicht werden.

Abbildung 43 und Abbildung 44 zeigen das Ergebnis der Berechnungen für das TREND-Szenario: Bis 2050 wird der Bedarf an Fernwärme von 48 auf 38 GWh/a gesenkt (22 % Reduktion), die Endenergiekennwerte der Bestandsgebäude reduzieren sich von 154 auf 116 kWh/(m²a). Die komplette Übersicht über die ermittelten Werte differenziert nach Gebäudeart und Baualtersklasse findet sich in Abschnitt 4.3.6.

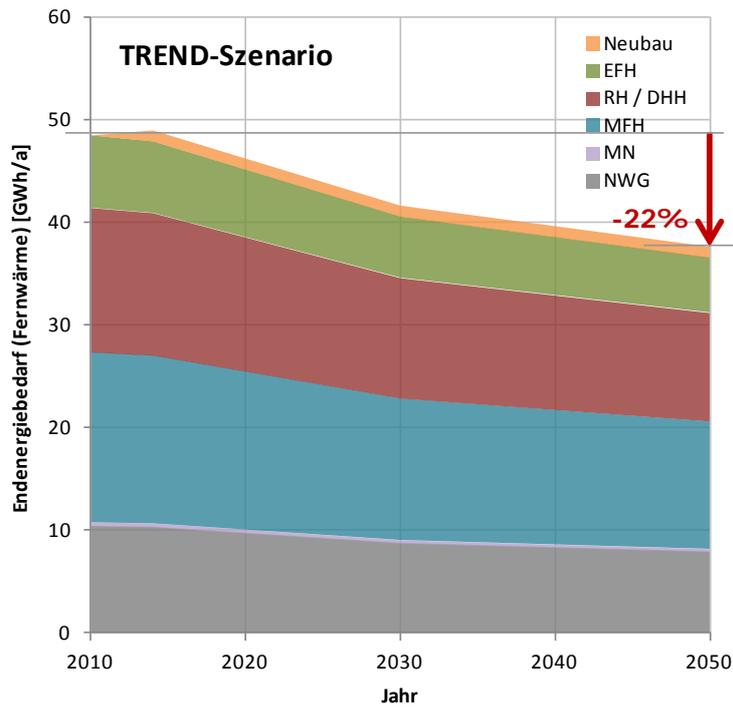


Abbildung 43: TREND-Szenario - Entwicklung des gesamten Endenergiebedarfs (Fernwärme)

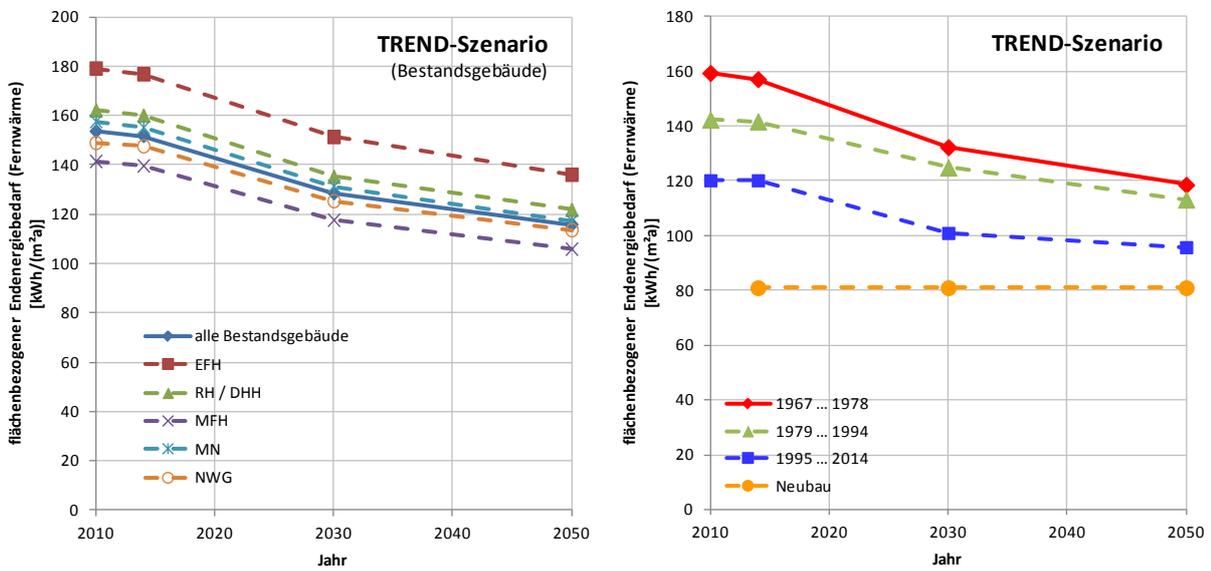


Abbildung 44: TREND-Szenario - Entwicklung des Wohnflächen-bezogenen Endenergiebedarfs (Fernwärme) differenziert nach Gebäudetypen im Bestand und nach Baujahrsklasse

4.3.5 Ergebnisse des ZIEL-Szenarios

Wie in der Einleitung zu Kapitel 4 bereits ausgeführt, geht das ZIEL-Szenario davon aus, das bis 2050 alle noch nicht sanierten Bauteile der Bestandsgebäude von 2015 an mit Passivhaus-Komponenten modernisiert werden. Im Einzelnen werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die Modernisierungsraten werden so eingestellt, dass alle Bauteile der bis 1994 gebauten Häuser bis 2050 energetisch modernisiert werden. Für die ab 1995 errichteten Gebäude wird analog zum TREND-Szenario bis 2030 zunächst eine sehr geringe Modernisierungsaktivität angenommen. Danach wird die Rate gleich der der älteren Gebäude gesetzt.
- Die energetischen Modernisierungsraten sind über den gesamten Zeitraum konstant und mindestens so hoch wie im Trend-Szenario. Im Fall der Fenster und der Dächer wird analog zum TREND-Szenario bei den bis 1978 gebauten Häusern die vollständige Modernisierung schon vor 2050 erreicht.
- Bereits in der Vergangenheit durchgeführte Modernisierungen werden bis 2050 nicht wieder angefasst.
- Die Modernisierungsmaßnahmen werden mit Passivhaus-Komponenten durchgeführt. Mögliche bauliche oder nachbarschaftsrechtliche Restriktionen werden hier nicht berücksichtigt.

Tabelle 35: Ansätze für die Berechnung des ZIEL.MOD.PH-Szenarios
– Modernisierungsraten und erreichter modernisierter Anteil

Gebäudebaujahr	BJ 1967 bis 1978					BJ 1979 bis 1994					BJ 1995 bis 2012					
	Wärmeschutz-Standards	Gesamt	„Bisher“	EnEV	KfW	PH	Gesamt	„Bisher“	EnEV	KfW	PH	Gesamt	„Bisher“	EnEV	KfW	PH
Dach ZIEL.MOD.PH (Steildach, Flachdach, oberste Geschossdecke)																
jährliche Modernisierungsrate																
2010 bis 2014	1,50 %			0,90 %	0,60 %		0,75 %			24,0 %	0,30 %				0,00 %	
2015 bis 2030	1,50 %					1,50 %	2,03 %					2,03 %			0,30 %	
2031 bis 2050	1,50 %					1,50 %	2,03 %					2,03 %			2,03 %	
erreichter modernisierter Anteil																
2010	47,0 %	47,0 %				24,0 %	24,0 %					0,0 %	0,0 %			
2014	53,0 %	47,0 %	3,6 %	2,4 %	0,0 %	27,0 %	24,0 %	1,8 %	1,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	77,0 %	47,0 %	3,6 %	2,4 %	24,0 %	59,4 %	24,0 %	1,8 %	1,2 %	32,4 %	4,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,8 %
2050	100,0 %	47,0 %	3,6 %	2,4 %	47,0 %	100,0 %	24,0 %	1,8 %	1,2 %	73,0 %	45,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	45,4 %
Außenwand ZIEL.MOD.PH																
jährliche Modernisierungsrate																
2010 bis 2014	0,83 %			0,66 %	0,17 %		0,30 %			0,24 %	0,06 %				0,00 %	
2015 bis 2030	2,13 %					2,13 %	2,55 %					2,55 %			0,10 %	
2031 bis 2050	2,13 %					2,13 %	2,55 %					2,55 %			2,55 %	
erreichter modernisierter Anteil																
2010	20,0 %	20,0 %				7,0 %	7,0 %					0,0 %	0,0 %			
2014	23,3 %	20,0 %	2,7 %	0,7 %	0,0 %	8,2 %	7,0 %	1,0 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	57,4 %	20,0 %	2,7 %	0,7 %	34,1 %	49,0 %	7,0 %	1,0 %	0,2 %	40,8 %	1,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,6 %
2050	100,0 %	20,0 %	2,7 %	0,7 %	76,7 %	100,0 %	7,0 %	1,0 %	0,2 %	91,8 %	52,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	52,6 %
Fenster ZIEL.MOD.PH																
jährliche Modernisierungsrate																
2010 bis 2014	1,80 %			1,35 %	0,45 %		0,65 %			0,49 %	0,16 %				0,00 %	
2015 bis 2030	1,80 %					1,80 %	2,37 %					2,37 %			0,25 %	
2031 bis 2050	1,80 %					1,80 %	2,37 %					2,37 %			2,37 %	
erreichter modernisierter Anteil																
2010	36,0 %	36,0 %				12,0 %	12,0 %					0,0 %	0,0 %			
2014	43,2 %	36,0 %	5,4 %	1,8 %	0,0 %	14,6 %	12,0 %	2,0 %	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	72,0 %	36,0 %	5,4 %	1,8 %	28,8 %	52,5 %	12,0 %	2,0 %	0,7 %	37,9 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,0 %
2050	100,0 %	36,0 %	5,4 %	1,8 %	56,8 %	100,0 %	12,0 %	2,0 %	0,7 %	85,4 %	51,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	51,4 %
Kellerdecke ZIEL.MOD.PH																
jährliche Modernisierungsrate																
2010 bis 2014	0,31 %			0,22 %	0,09 %		0,10 %			0,07 %	0,03 %				0,00 %	
2015 bis 2030	2,47 %					2,47 %	2,68 %					2,68 %			0,10 %	
2031 bis 2050	2,47 %					2,47 %	2,68 %					2,68 %			2,68 %	
erreichter modernisierter Anteil																
2010	10,0 %	10,0 %				3,0 %	3,0 %					0,0 %	0,0 %			
2014	11,2 %	10,0 %	0,9 %	0,4 %	0,0 %	3,4 %	3,0 %	0,3 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2030	50,7 %	10,0 %	0,9 %	0,4 %	39,4 %	46,3 %	3,0 %	0,3 %	0,1 %	42,9 %	1,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,6 %
2050	100,0 %	10,0 %	0,9 %	0,4 %	88,7 %	100,0 %	3,0 %	0,3 %	0,1 %	96,6 %	55,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	55,3 %

Anmerkung zum roten Prozentwert: Zuwachs entspricht nicht dem Produkt aus Zeitraum und Modernisierungsrate, da schon vor dem angegebenen Jahr in der Summe 100 % Modernisierungsanteil erreicht werden.

Unter den beschriebenen Annahmen resultieren für das ZIEL-Szenario folgende Modernisierungsaktivitäten:

- Dach: Die Modernisierungsrate liegt wie im TREND-Szenario bei jährlich 1,5 % p.a. (jedoch Passivhaus-Qualität).
- Außenwand: Die Sanierungsraten müssen mehr als verdoppelt werden, um im Jahr 2050 das Ziel Dämmanteil 100 % zu erreichen. Im Fall der bis 1978 errichteten Gebäude ist eine Steigerung von 0,8 auf 2,1 % p.a. notwendig.
- Fenster: Die Modernisierungsrate liegt wie im TREND-Szenario bei 1,8 % p.a. (jedoch Passivhaus-Qualität).
- Kellerdecke: Um alle Kellerdecken bis 2050 zu dämmen ist eine Steigerung der Modernisierungsrate von 0,3 auf 2,5 % p.a. – also eine Verachtfachung – notwendig.

Eine griffige Größe für die Modernisierungsaktivität in der Siedlung ist die Gesamt-Modernisierungsrate. Gemäß [Diefenbach et al. 2010] gibt diese Größe an, wie viel Prozent des bisher völlig unsanierten Gebäudebestands pro Jahr voll modernisiert werden müsste, um die gleiche Energieeinsparung zu erlangen wie der vorliegende Mix aus unterschiedlichen Raten je Bauteil. Anlog zu [Diefenbach et al. 2010] wird diese Vollmodernisierungsrate vereinfachend durch gewichtete Mittelwertbildung bestimmt (Tabelle 36).

Für die Baualtersklasse bis 1978 wird die Gesamt-Modernisierungsrate von 1,06 % p.a. im ZIEL-Szenario auf 1,97 % gesteigert. Vereinfachend heißt dies: Es müssten von 100 Häusern statt bisher 1 in Zukunft 2 Gebäude jährlich modernisiert werden – bei Übergang auf Passivhaus-Komponenten.

Tabelle 36: Herleitung bauteilbezogener Modernisierungsraten (Baualtersklasse 1967 bis 1978)

	Gewichtung	jährliche Modernisierungsraten Gebäude der Baujahre 1967 bis 1978			
		TREND		ZIEL.MOD.PH	
		nach Bauteilen	gesamt	nach Bauteilen	gesamt
Dach	25 %	1,50 %	1,06 %	1,50 %	1,97 %
Außenwand	50 %	0,83 %		2,13 %	
Fenster	13 %	1,80 %		1,80 %	
Kellerdecke	12 %	0,31 %		2,47 %	
Gewichtung nach [Datenbasis 2010]					

Tabelle 37: Herleitung gebäudebezogener Modernisierungsraten (Baualtersklasse 1967 bis 1978)

Zeitraum	BJ 1967 bis 1978		BJ 1979 bis 1994		BJ 1995 bis 2012	
	TREND	ZIEL	TREND	ZIEL	TREND	ZIEL
2010 bis 2014	1,06 %	1,06 %	0,43 %	0,43 %	0,00 %	0,00 %
2015 bis 2030	1,06 %	1,97 %	0,43 %	2,41 %	0,17 %	0,17 %
2031 bis 2050	0,92 %	1,83 %	1,06 %	2,41 %	1,06 %	2,41 %

Tabelle 38: Erreichter Grad der „Modernisierung“

Jahr	BJ 1967 bis 1978		BJ 1979 bis 1994		BJ 1995 bis 2012	
	TREND	ZIEL	TREND	ZIEL	TREND	ZIEL
2010	28 %	28 %	11 %	11 %	0 %	0 %
2014	32 %	32 %	13 %	13 %	0 %	0 %
2030	49 %	63 %	20 %	52 %	3 %	3 %
2050	67 %	100 %	41 %	100 %	24 %	51 %

Die durch das ZIEL-Szenario erreichbare Energieeinsparung geben Abbildung 45 und Abbildung 46 wieder. Der Bedarf an Fernwärme für Heizung und Warmwasser könnte von 48 auf 19 GWh/a gesenkt werden (Reduktion um 61 %), die Endenergiekennwerte von 154 auf 58 kWh/(m²a). Abbildung 47 zeigt die zeitliche Entwicklung im Vergleich zum ZIEL-Szenario.

Die komplette Übersicht über die ermittelten Werte differenziert nach Gebäudeart und Baualtersklasse wird von Tabelle 39 in Abschnitt 4.3.6 wiedergegeben.

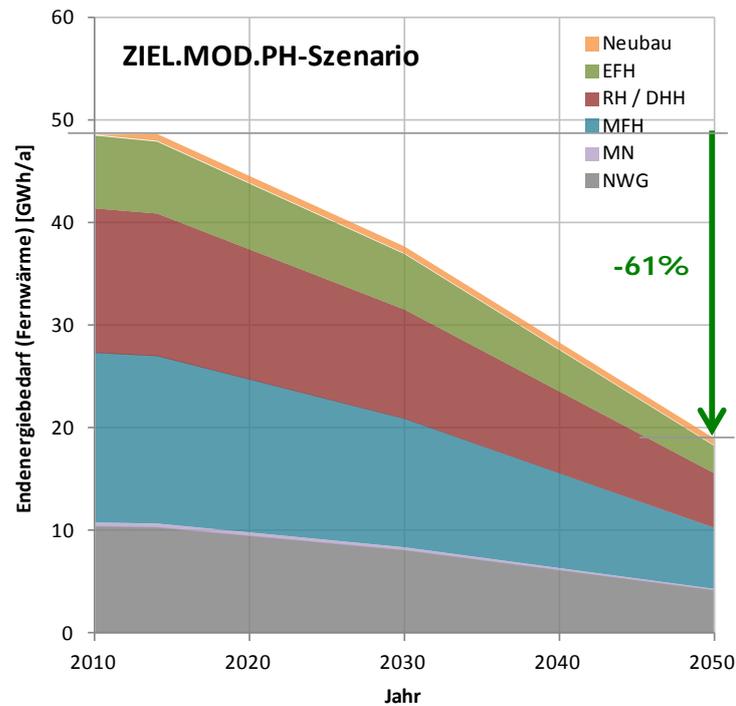


Abbildung 45: ZIEL-Szenario - Entwicklung des gesamten Endenergiebedarfs (Fernwärme)

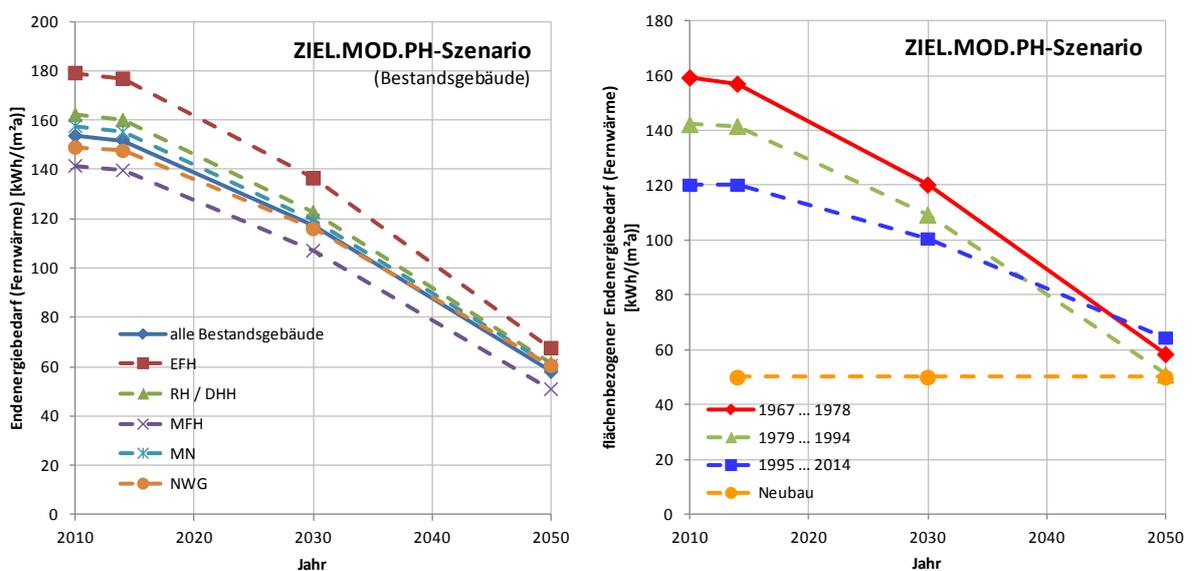


Abbildung 46: ZIEL.MOD.PH-Szenario - Entwicklung des Wohnflächen-bezogenen Endenergiebedarfs (Fernwärme), differenziert nach Gebäudetypen im Bestand und nach Baualtersklasse

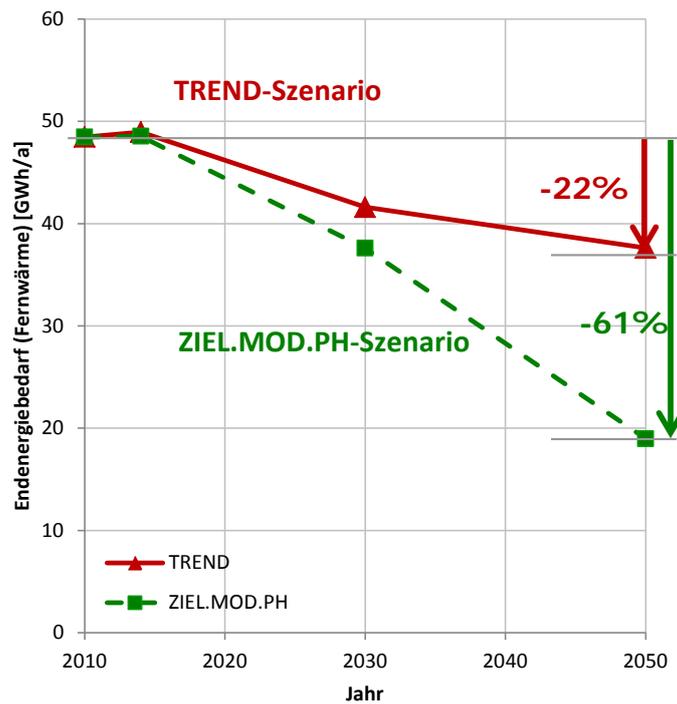


Abbildung 47: ZIEL.MOD.PH-Szenario im Vergleich mit dem TREND-Szenario - Entwicklung des Wohnflächen-bezogenen Endenergiebedarfs (Fernwärme)

4.3.6 Berechnungsergebnisse im Vergleich

Abbildung 48 gibt eine Übersicht über die Endenergiekennwerte der verschiedenen Varianten. Tabelle 39 enthält die entsprechenden Zahlenwerte, differenziert nach Gebäudeart und Baualterklasse.

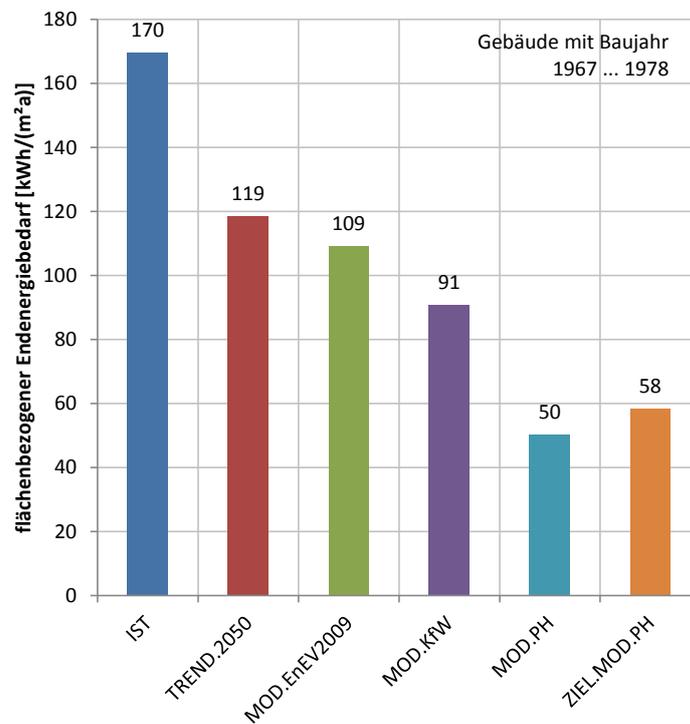


Abbildung 48: Wohnflächen-bezogener Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser (Fernwärme) der verschiedenen Standards

Tabelle 39: Berechnungsergebnisse der verschiedenen Varianten bzw. Szenarien nach Gebäudeart und Baualtersklasse (ohne Berücksichtigung von Neubauvorhaben)

	alle Gebäude	Gebäudeklasse					Baualtersklasse		
		EFH	RH / DHH	MFH	MN	NWG	1967 bis 1978	1984 bis 1994	1995 bis 2012
Anzahl Gebäude	1.135	269	710	93	13	50	1.031	45	59
Energiebezugsfläche gesamt [m²]	315.522	39.590	86.803	116.760	2.529	69.840	245.972	40.922	28.627
Energiebezugsfläche pro Gebäude [m²]	278	147	122	1255	195	1.397	239	909	485
Jahresheizwärmebedarf (kalibriert) pro m² Energiebezugsfläche [kWh/(m²a)]									
UR	113	140	123	101	123	105	120	96	75
IST	104	126	113	93	110	101	109	94	83
IST.Klima2011	92	112	99	81	97	88	96	82	72
EnEV2009	74	90	81	62	77	74	74	69	73
KfW	55	68	62	46	56	53	56	51	53
PH	43	54	49	35	43	41	43	39	40
TREND.2014	102	124	110	91	108	99	106	93	83
TREND.2030	96	116	103	85	99	93	98	92	76
TREND.2050	82	100	89	73	85	81	84	80	71
ZIEL.MOD.PH.2030	84	101	90	74	87	83	86	76	76
ZIEL.MOD.PH.2050	58	70	64	50	59	59	59	50	64
Endenergiebedarf / Fernwärme (kalibriert) pro m² Energiebezugsfläche [kWh/(m²a)]									
UR	161	191	171	149	169	153	170	144	113
IST	154	179	162	141	158	149	159	142	120
IST.Klima2011	142	166	150	131	145	137	148	132	110
EnEV2009	107	127	115	95	110	107	109	103	98
KfW	89	105	96	79	89	86	91	84	79
PH	50	59	53	44	52	50	50	48	48
TREND.2014	152	177	160	140	155	148	157	142	120
TREND.2030	128	151	135	118	131	125	132	125	101
TREND.2050	116	136	122	106	117	114	119	113	96
ZIEL.MOD.PH.2030	117	136	123	107	119	116	120	109	101
ZIEL.MOD.PH.2050	58	68	61	51	60	60	58	51	64
Jahresheizwärmebedarf (kalibriert) pro Gebäude [MWh/a]									
UR	31,4	20,5	15,0	126,5	23,8	146,9	28,7	87,0	36,5
IST	29,0	18,6	13,8	116,5	21,4	141,0	25,9	85,2	40,4
IST.Klima2011	25,5	16,5	12,1	102,0	18,9	123,3	22,8	74,6	34,7
EnEV2009	20,5	13,3	9,9	78,1	15,0	103,0	17,8	63,2	35,3
KfW	15,3	10,0	7,6	58,0	10,9	74,3	13,3	46,2	25,6
PH	11,8	8,0	6,0	44,1	8,3	56,7	10,4	35,2	19,5
TREND.2014	28,4	18,2	13,5	114,0	20,9	138,9	25,3	84,5	40,4
TREND.2030	26,6	17,1	12,6	106,6	19,3	129,8	23,5	84,0	37,0
TREND.2050	22,9	14,8	10,8	91,4	16,4	112,7	20,1	73,0	34,5
ZIEL.MOD.PH.2030	23,3	14,8	11,0	93,0	16,8	116,1	20,5	69,4	36,8
ZIEL.MOD.PH.2050	16,2	10,3	7,9	62,7	11,5	82,3	14,1	45,6	30,9
Endenergiebedarf / Fernwärme (kalibriert) pro Gebäude [MWh/a]									
UR	44,9	28,1	21,0	186,8	32,8	213,4	40,5	131,2	54,7
IST	42,7	26,4	19,8	177,5	30,7	208,0	38,0	129,4	58,3
IST.Klima2011	39,5	24,5	18,4	164,1	28,3	191,6	35,2	119,6	53,5
EnEV2009	29,8	18,6	14,0	119,7	21,4	149,1	26,0	93,3	47,6
KfW	24,7	15,5	11,7	99,8	17,3	120,7	21,7	76,5	38,3
PH	13,8	8,7	6,5	55,4	10,1	69,5	12,0	43,4	23,4
TREND.2014	42,2	26,0	19,6	175,2	30,2	206,1	37,5	128,8	58,3
TREND.2030	35,7	22,3	16,5	147,6	25,5	175,0	31,6	113,5	49,0
TREND.2050	32,2	20,0	14,9	132,9	22,8	158,6	28,3	102,9	46,5
ZIEL.MOD.PH.2030	32,5	20,1	15,0	134,4	23,2	161,8	28,7	99,4	48,8
ZIEL.MOD.PH.2050	16,1	9,9	7,5	63,9	11,7	84,4	13,9	46,3	31,3

Fortsetzung Tabelle 39

	alle Ge- bäude	Gebäudeklasse					Baualtersklasse		
		EFH	RH / DHH	MFH	MN	NWG	1967 bis 1978	1984 bis 1994	1995 bis 2012
Jahresheizwärmebedarf (kalibriert) alle Gebäude [MWh/a]									
UR	35.624	5.523	10.683	11.761	310	7.347	29.558	3.915	2.151
IST	32.925	5.000	9.767	10.830	279	7.050	26.707	3.832	2.386
IST.Klima2011	28.927	4.429	8.602	9.483	245	6.167	23.521	3.356	2.049
EnEV2009	23.243	3.582	7.053	7.265	195	5.149	18.318	2.842	2.083
KfW	17.320	2.702	5.362	5.397	142	3.717	13.731	2.080	1.508
PH	13.421	2.147	4.226	4.106	108	2.835	10.685	1.585	1.151
TREND.2014	32.277	4.896	9.562	10.600	272	6.947	26.089	3.802	2.386
TREND.2030	30.176	4.611	8.915	9.912	251	6.488	24.214	3.779	2.183
TREND.2050	26.025	3.974	7.697	8.504	214	5.636	20.707	3.285	2.034
ZIEL.MOD.PH.2030	26.439	3.991	7.779	8.645	219	5.804	21.145	3.122	2.173
ZIEL.MOD.PH.2050	18.433	2.759	5.577	5.836	149	4.113	14.558	2.050	1.825
Endenergiebedarf / Fernwärme (kalibriert) alle Gebäude [MWh/a]									
UR	50.914	7.555	14.886	17.376	427	10.671	41.782	5.902	3.229
IST	48.467	7.089	14.070	16.511	398	10.398	39.202	5.825	3.441
IST.Klima2011	44.836	6.581	13.049	15.257	368	9.581	36.300	5.382	3.154
EnEV2009	33.841	5.009	9.970	11.131	278	7.453	26.839	4.196	2.805
KfW	28.047	4.161	8.341	9.282	226	6.037	22.346	3.443	2.258
PH	15.705	2.340	4.603	5.154	131	3.476	12.371	1.955	1.379
TREND.2014	47.879	6.997	13.887	16.298	392	10.304	38.641	5.797	3.441
TREND.2030	40.537	5.990	11.734	13.730	332	8.751	32.538	5.108	2.890
TREND.2050	36.533	5.384	10.569	12.356	297	7.928	29.160	4.631	2.742
ZIEL.MOD.PH.2030	36.941	5.400	10.650	12.498	301	8.092	29.588	4.474	2.880
ZIEL.MOD.PH.2050	18.305	2.673	5.321	5941	153	4.218	14.376	2.085	1.844

4.4 Fazit der Szenarienanalyse für die Gebäude

Bundesweit werden jährlich etwa 0,8 % des Wohngebäudebestands energetisch modernisiert. Betrachtet man allein den vor 1978 errichteten Bestand, sind es jährlich etwa 1,1 %. Unter der Annahme, dass für den Gebäudebestand auf dem Lerchenberg ähnliche Modernisierungsraten gelten und diese sich in den nächsten Jahrzehnten nicht ändern, wurde der Trend des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser ermittelt: Bis 2030 ergibt sich demnach bei Beibehaltung des heutigen Kurses eine Reduzierung um 17 %, bis 2050 um 25 %. Im Durchschnitt würde 2050 ein Haus auf dem Lerchenberg statt des heutigen Betrags von 154 kWh etwa 116 kWh pro m² und Jahr Fernwärme für Heizung und Warmwasser benötigen.

Aus Sicht von Klimaschutz und Ressourcenschonung wäre jedoch eine erheblich stärkere Reduktion des Energiebedarfs wünschenswert. Der Stand der Technik ist heute die Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten: Durch Realisierung eines hochwirksamen Wärmeschutzes mit 20 bis 30 cm starken Dämmschichten rund um das Gebäude, Einbau von 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen in gedämmten Rahmen und Installation von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung könnte der jährliche Bedarf an Fernwärme bei einem durchschnittlichen Gebäude auf 50 kWh/(m²a) gesenkt werden.

Das in diesem Kapitel beschriebene anspruchsvolle Ziel-Szenario geht von der Annahme aus, dass in Zukunft bei Modernisierungen stets diese „besten Technologien“ zum Einsatz kommen. Würde gleichzeitig auch die energetische Modernisierungsrate gegenüber dem deutschen Durchschnitt verdoppelt, dann könnten bis zum Jahr 2050 alle bisher noch nicht nachträglich gedämmten Bauteile das genannte wärmetechnische Niveau erreichen. Damit könnte der Jahresbedarf an Fernwärme um 62 % auf im Mittel 58 kWh/(m²a) abgesenkt werden.

Die Notwendigkeit zur Intensivierung der Modernisierungsaktivität ist je nach Bauteil recht unterschiedlich: Bei Dächern und Fenstern sollte darauf hingearbeitet werden, dass bei heute ohnehin stattfindenden Instandsetzungen und Sanierungen auch die für das Ziel-Szenario angesetzten hohen Wärmeschutzstandards umgesetzt werden. Denn hat man die Dacheindeckung erst einmal erneuert oder ein marodes

Fenster ausgetauscht und sich lediglich an den gesetzlichen Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung orientiert, ist der günstige Moment für die Umsetzung von Passivhaus-Komponenten und für eine nochmalige Halbierung der Wärmeverluste für die nächsten Jahrzehnte vorbei. In der Kommunikation mit den Gebäudeeigentümern und innerhalb von Energieberatungsaktivitäten kann dabei die Förderfähigkeit der Umsetzung von Passivhaus-Komponenten durch das Kreditprogramm der KfW herausgestellt werden (siehe Abschnitt 3.4).

Für die anderen Bauteil-Typen ist über verbesserte Standards hinaus eine erhebliche Steigerung der jährlich modernisierten Flächen erforderlich – im Fall der Außenwände auf das Zweieinhalbfache, im Fall der Kellerdecken auf das Achtfache der heutigen Durchschnittsrate: Bei den Einfamilienhäusern müsste somit jährlich bei mindestens 2 Häusern von Hundert eine Außenwand-Dämmung sowie eine Kellerdecken-Dämmung umgesetzt werden - bezüglich der Bedeutung der Wärmeverluste für den Heizwärmebedarf sind dabei die Außenwände besonders relevant. Eine Kopplung an ohnehin erforderliche Sanierungszyklen der betreffenden Bauteile reicht in beiden Fällen nicht aus. In der Kommunikation mit den Gebäudeeigentümern könnte jedoch die Sinnhaftigkeit einer Kombination von ohnehin erforderlicher Fenstererneuerung mit der Wärmedämmung der Außenwand (beides mit Passivhaus-Qualität) hervor gehoben werden – sowohl baupraktische (Herstellung von Anschlüssen) als auch feuchtetechnische (raumseitige Oberflächentemperatur der Fenster ist höher als die der Außenwand) würden hierfür sprechen. Da die Erneuerungsrate von Fenstern bei 1,8 % pro Jahr liegt, könnte eine solche Verbindung – sofern sie gelingt – die Umsetzungsraten der Außenwanddämmung verdoppeln. Im Fall der Kellerdecke sollten mögliche Synergieeffekte bei Modernisierung der Anlagentechnik im Keller – insbesondere der Rohrleitungen (Haus-Verteilung, aber auch kellerverlegte Fernwärmeleitungen) entsprechend genutzt werden.

Die in diesem Kapitel herausgearbeiteten Modernisierungsziele je Bauteil könnten auch in der Öffentlichkeitsarbeit zu Motivationszwecken genutzt werden. Sofern es gelingt, eine Identifikation des einzelnen mit den gemeinsamen Zielsetzungen zu erzeugen, könnte sich eine positive „Sogwirkung“ in Richtung hochwertiger Modernisierungen einstellen. Ein kontinuierliches Monitoring der Modernisierungsaktivitäten und -standards in der Siedlung und ein Vergleich mit den Einzelzielen je Bauteil würde darüber hinaus frühzeitige Kurskorrekturen erlauben – wäre aber auch für die Kommunikation mit den Gebäudeeigentümern über den Grad der Zielerreichung hilfreich. Auf die Umsetzung eines solchen Monitorings wird in Abschnitt 9.3 näher eingegangen.

5 Wärmeversorgung

Seit Gründung der Siedlung werden alle vorhandenen Gebäude auf dem Lerchenberg mit Fernwärme versorgt. Es besteht ein Anschluss- und Benutzungszwang, der durch eine städtische Satzung geregelt ist [Stadtverwaltung Mainz 1984]. Betreiber und Eigentümer des Fernwärmenetzes, an das auch das angrenzende Gelände des Zweiten Deutschen Fernsehens (ZDF) angeschlossen ist, sowie des auf dem Lerchenberg befindlichen gasbetriebenen Heizwerks ist die RWE Energiedienstleistungen GmbH. Außerdem liefert die Heizkraftwerk GmbH Mainz (HKW) Wärme an das Fernheizwerk. Diese wird vorrangig von einem auf der Ingelheimer Aue betriebenen Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk erzeugt und über eine ca. 5 km lange Versorgungsleitung zum Lerchenberg transportiert. Der im Jahr 1967 zwischen Stadt und Versorger abgeschlossene Vertrag über die Errichtung und den Betrieb des Fernheizwerks bietet ab April 2016 die Möglichkeit die Wärmeversorgung im Quartier neu zu gestalten. Dies wurde zum Anlass genommen, die Randbedingungen für eine künftige Wärmeversorgung der Siedlung zu überprüfen.

Das vorliegende Konzept wurde dabei bewusst ohne Einbeziehung der Sichtweise eines Energieversorgungsunternehmens erstellt. Die Ergebnisse wurden somit in dieser Hinsicht keiner wirtschaftlichen Machbarkeitsprüfung unterzogen.

Die Wärmeversorgung der Siedlung Mainz-Lerchenberg im Bestand ist – wie nachfolgend noch erkennbar wird – geprägt von hohen Energiekennwerten für Gebäude und Wärmenetz. Angesichts hoher und absehbar weiter steigender Energiekosten und vor dem Hintergrund der Anliegen des Klimaschutzes müssen Anstrengungen unternommen werden, neben den Energiebedarfen der Gebäude auch die Wärmenetzkenneiwerte dauerhaft zu senken. Steigenden Energiekosten kann man begegnen, indem Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergieeinsatzes umgesetzt werden. Um auch den Belangen des Klimaschutzes gerecht zu werden, sind zusätzlich Anstrengungen zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bzw. von KWK-Prozessen an der Wärmeerzeugung notwendig. Die dafür erforderlichen Maßnahmen sind sowohl im Rahmen energetischer Gebäudesanierungen als auch bei der Wärmeversorgung (Wärmeerzeuger und Wärmenetz) umzusetzen. Zur Quantifizierung der Effekte, die sich aus einzelnen Maßnahmen oder Maßnahmenbündeln ergeben, werden nachfolgend Betrachtungen unter Verwendung praktisch vorgefundener bzw. perspektivisch zu erwartender Eigenschaften der Gebäude und der Wärmeerzeugung angestellt. Zunächst werden die energetischen Kenngrößen der Gebäude und der Wärmeversorgung in der Bestandssituation erläutert. Anschließend werden die Auswirkungen der Modernisierungsmaßnahmen dargestellt. Die Betrachtung der zukünftigen Wärmeversorgung schließt ab mit einem qualitativen Vergleich verschiedener Maßnahmen und sich daraus ergebender Versorgungsvarianten.

Abbildung 49 erläutert die im Nachfolgenden verwendeten Begriffe zur energetischen Bilanzierung der Wärmeversorgung von Gebäuden sowie die in diesem Zusammenhang zu betrachtenden Energieniveaus.

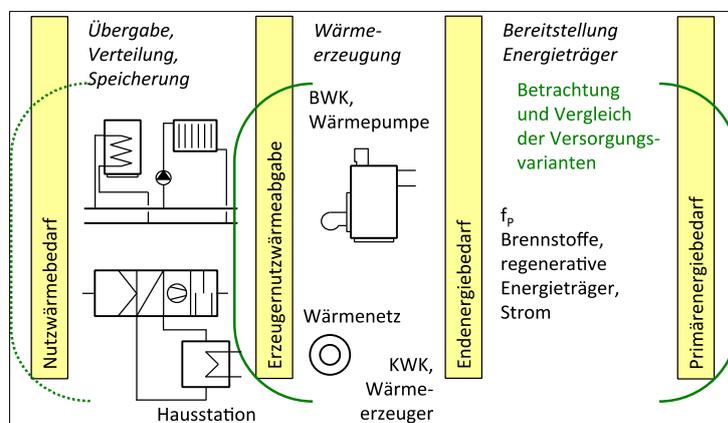


Abbildung 49: Energieniveaus und Begriffe zur energetischen Bilanzierung der Wärmeversorgung von Gebäuden

Auf der linken Seite in Abbildung 49 steht das unterste Energieniveau – der Nutzwärmebedarf. Er beschreibt den Wärmebedarf der notwendig ist, Raumtemperaturen durch Heizen auf einem Sollwert zu halten und den Wärmebedarf zur Erwärmung des Trinkwassers zu decken. Die Verteilung und Übergabe der Wärme und – falls vorhanden – auch die Speicherung sind Teil der Anlagenverluste innerhalb des Gebäudes. Diese Verluste und der Nutzwärmebedarf bilden in Summe die Erzeugernutzwärmeabgabe²⁴ bzw. den Nettowärmebedarf des Gebäudes. Dieses zweite Energieniveau spielt in der Energiebilanzierung gewöhnlich eine eher untergeordnete Rolle, tritt in den hier angestellten Betrachtungen aber als eine zentrale Ebene in Erscheinung. Der Nettowärmebedarf eines Gebäudes beschreibt also die Qualität des baulichen Wärmeschutzes und die Größe der im Gebäude auftretenden technischen Wärmeverluste. Diese Wärme ist vom Wärmeerzeuger bereitzustellen. Schließlich bildet die Summe aus Nettowärmebedarf der Gebäude und technischen Verlusten der Wärmeerzeugung den Endenergiebedarf. An dieser Stelle sei auch nochmals darauf hingewiesen, dass das (Fern-)Wärmenetz in der Energiebilanz Teil der Wärmeerzeugung ist, die Netzverluste also Verluste der Wärmeerzeugung sind. Durch diese Besonderheit des Wärmenetzes unterscheidet sich die Bewertung zentraler und dezentraler Wärmeversorgungsvarianten auf End- und Primärenergieebene deutlich.

Bei den in den folgenden Betrachtungen dargestellten Energiekennwerten wird in der Regel die Wärme eines Energieniveaus bezogen auf die in Abschnitt 4.2.1 ermittelte Energiebezugsfläche angegeben. Dabei weisen die drei Bezirke Lerchenberg-Mitte, -Süd und -Nord (siehe Abschnitt 2.1) sowohl in Bezug auf den Fernwärmebedarf der Gebäude als auch in Bezug auf das Wärmenetz unterschiedlich hohe Kennwerte auf. Dort wo diese Unterschiede für die Wärmeversorgung als wesentlich erscheinen, wird neben der Betrachtung auf Siedlungsebene parallel eine Betrachtung auf Bezirksebene vorgenommen.

5.1 Analyse der bestehenden Wärmeversorgung

Die Fernwärmeversorgung der Siedlung Mainz-Lerchenberg ist ein Teilsystem der Wärmeversorgung des gesamten Stadtteils Mainz-Lerchenberg. In direkter Nachbarschaft zur Siedlung befindet sich das Zweite Deutsche Fernsehen (ZDF). Das dort vorhandene und vom ZDF betriebene Wärmenetz ist hydraulisch nicht vom Netz der hier zu untersuchenden Siedlung getrennt. In der Energiebilanz sind jedoch eingepeiste und entnommene Wärme nach Siedlung und ZDF klar voneinander zu separieren.

Die derzeitige Situation der Wärmeversorgung auf dem Lerchenberg ist geprägt von einem vornehmlich älteren Bestand aus den 1960er und 1970er Jahren, bei dem für die Gebäude und das Wärmenetz weitgehend davon ausgegangen werden kann, dass eine Sanierung ansteht. Da Gebäude und Wärmenetz ein geschlossenes Energiesystem bilden, an das Wärme aus KWK-Prozessen und einem Heizwerk übergeben wird, ist es zur Erreichung gesteckter Effizienzziele wichtig, die Wärmeversorgung im Zusammenhang mit den Energiebedarfen der Gebäude zu betrachten.

5.1.1 Energetischer Ausgangszustand der Gebäude

Der energetische Zustand des Gebäudebestandes wurde in Abschnitt 4.2 bereits unter dem Gesichtspunkt der Szenarien zur energetischen Fortentwicklung des Gebäudebestandes betrachtet.

Zur Betrachtung der Wärmeversorgung werden die dort ermittelten Nettowärmebedarfe der Gebäude aufgegriffen. Für eine realitätsnahe Darstellung des Ausgangszustands der Wärmeversorgung scheint es

²⁴ Erzeugernutzwärmeabgabe und Nettowärmebedarf des Gebäudes sind nicht deckungsgleich. Sie unterscheiden sich durch die Zuordnung des Wärmeverlustes bei der Wärmeübertragung an der Hausstation. Die normative Ebene der Erzeugernutzwärmeabgabe enthält den Verlust der Hausstation (auch im Sinne von DIN V 18599) nicht. Deshalb wird hier mit der Größe des Nettowärmebedarfs des Gebäudes gearbeitet, die den Verlust der Hausstation einschließt. Die Unterscheidung wird bei der Bildung von dezentralen Versorgungsvarianten bedeutsam, wenn die Hausstation wegfällt und ein – um den Wärmeverlust der Hausstation verringerter – Wärmebedarf des Gebäudes in Größe der Erzeugernutzwärmeabgabe von dezentralen Wärmeerzeugern zu decken ist.

dabei erforderlich, sich an den vorliegenden Einspeisedaten der letzten Jahre zu orientieren. Diese werden näherungsweise am besten durch die für den Ist-Zustand mit den Klimadaten des Jahres 2011 errechneten Bedarfe widerspiegelt, weshalb diese im Folgenden für die Darstellung der Bestandssituation verwendet werden²⁵. Die gebäudebezogenen Kenngrößen für Bestand und Szenarien werden hier im Sinne von Anhaltswerten und Größenordnungen verwendet²⁶.

Der Wärmebedarf der Gebäude im Bezirk Mitte setzt sich einerseits aus Nichtwohngebäuden meist jüngeren Baualters, die 40 % der Energiebezugsfläche ausmachen und vornehmlich energetisch teilweise bereits modernisierte Mehrfamilienhäuser zusammen, die 60 % der Energiebezugsfläche ausmachen. Für diesen Bezirk ergibt sich ein mittlerer Energiekennwertes von 133 kWh/(m²a) für den Ausgangszustand, in dem die Mehrfamilienhäuser mit 131 kWh/(m²a) etwas kleinere Kennwerte aufweisen als die Nichtwohngebäude. Der Kennwert dieses Bezirks ist verglichen mit den anderen Bezirken etwas kleiner.

In den Bezirken Lerchenberg Süd und Nord sind Ähnlichkeiten in Siedlungstypologie und Sanierungszustand erkennbar. Im Bezirk Nord kommen vermehrt Typen von Einfamilienhäusern vor, die erhöhte Energiekennwerte von etwa 165 kWh/(m²a) aufweisen. Gleichzeitig sind dort auch einige größere Mehrfamilienhäuser mit geringeren Kennwerten von etwa 130 kWh/(m²a) vorhanden. Der mittlere Nettowärmebedarf der Gebäude des Bezirks Nord liegt bei 154 kWh/(m²a). Für den Bezirk Süd sind die in jüngerer Zeit entstandenen Einfamilienhäuser zu erwähnen. Sie weisen einen – auch für Neubaustandard – geringen Kennwert von 75 kWh/(m²a) auf. Der flächengewichtete Nettowärmebedarf der Gebäude im Bezirk Süd ist insgesamt mit 150 kWh/(m²a) etwas kleiner als der im Bezirk Nord. Tabelle 40 fasst die Kennwerte der Bestandssituation zusammen.

Tabelle 40: Nettowärmebedarf der Gebäude im Bestand für die Siedlung und nach Bezirken in kWh/(m²a)

Nord	154	Mitte	133
Süd	150	<i>Siedlung</i>	142

5.1.2 Energetischer Ausgangszustand des Wärmenetzes

Das Wärmenetz der Siedlung ist fast vollständig unterirdisch im Haubenkanal²⁷ und in den Kellern der Gebäude verlegt. Lediglich spätere Erweiterungen des Netzes weisen andere Verlegearten²⁸ auf. Bezogen auf die Länge nehmen diese Abschnitte einen geringen Anteil ein. Die Wärmeübergabe erfolgt in den Gebäuden. Ein kleiner Teil der Hausstationen der Einfamilienhäuser ist nach Auskunft des Versorgers bereits erneuert. Die übrigen Stationen stammen aus der Gründungszeit der Siedlung.

5.1.2.1 Parameter zur rechnerischen Abbildung des bestehenden Wärmenetzes

Der Wärmeverlust des Wärmenetzes hängt maßgeblich von der *Trassenlänge*, dem *Dämmstandard* der Leitungen und den *Netztemperaturen* ab. Das Vorgehen und die Annahmen zur Berechnung des Wärmeverlustes werden nachfolgend beschrieben.

²⁵ Die angegebenen Bestandskennwerte und Einsparungen weichen deshalb von den in Abschnitt 4.3 dargestellten Ergebnissen ab.

²⁶ Die geplanten Neubauten bleiben dabei zunächst unberücksichtigt.

²⁷ Leitungen sind zumeist mit Stahlmedienrohren ausgestattet, teilweise mit Asbestzementrohren. Auch Leitungen in Stahlmantelrohren (geringe Anzahl von Straßenunterführungen) wurden unter „Haubenkanal“ erfasst.

²⁸ Casaflex, Kunststoffmantelrohr (KMR) und Lebit

5.1.2.1.1 Trassenlänge

Vom Betreiber des Wärmenetzes wurde ein aktueller Trassenplan zur Verfügung gestellt. Die darin enthaltene Fernwärmetrasse ist nachrichtlich aus Revisionsplänen entnommen worden. Längen nach Verlegeart und Dimension lagen nicht vor. Diese Längen wurden am IWU im Rahmen dieses Projektes näherungsweise bestimmt. Nachträglich wurden vom Versorger Gesamtlängen je Verlegeart benannt. Die näherungsweise bestimmte Trassenlänge stimmt gut mit der vom Versorger angegebenen Länge überein. Nennenswerte Abweichungen²⁹ ergeben sich für die Verlegearten Lebit und Casaflex. Die näherungsweise bestimmte Summe aller Leitungen, die nicht in Kellern verlegt sind, weicht von der Angabe des Versorgers um 100 m bzw. 0,8 % ab. Bei mehreren hundert Gebäuden in Lerchenberg-Nord sind im Trassenplan keine Hausanschlussleitungen dargestellt. Bei den näherungsweise bestimmten Längen wurden hingegen auch für diese Gebäude Hausanschlussleitungen berücksichtigt. Das wird als wesentlicher Grund für die rund 700 m länger geschätzten Kellerleitungen gesehen. Insgesamt ist die geschätzte Trassenlänge etwa 800 m bzw. 3,4 % größer als die vom Versorger angegebene Länge. Die nachfolgende Tabelle 41 enthält die näherungsweise ermittelten Längen der Leitungen nach Verlegeart und Dimension und zum Vergleich die vom Versorger genannten Längen nach Verlegeart. In den rechnerischen Betrachtungen wurden die am IWU näherungsweise bestimmten Längen angesetzt.

Das Wärmenetz ist in den Dimensionen DN 20 bis DN 300 ausgeführt. Dabei sind fast ausschließlich mit Mineralfaser gedämmte Stahlmedienrohre im Haubenkanal und in den Kellern der Gebäude verlegt. Diese Teile der Trasse stammen aus der Zeit der Errichtung der Siedlung um 1970. In kleinen Teilen des Wärmenetzes wurden Leitungen ergänzt bzw. saniert. Dabei kamen flexible (Casaflex) und starre Kunststoffmantelrohre (KMR) wie auch das Lebit-Verfahren³⁰ zum Einsatz.

Tabelle 41: Trassenlänge des Wärmenetzes im Bestand in m nach DN und Verlegeart; Quelle: [RWE 2013]

DN	Haubenkanal	Keller	Lebit	Casaflex	KMR	Summe
20	119	27	0	0	0	146
25	562	558	0	0	0	1.119
32	2.024	5.378	0	53	77	7.533
40	1.219	2.296	46	108	18	3.688
50	1.190	1.157	31	11	0	2.389
65	1.338	819	133	0	22	2.312
80	1.210	458	241	0	82	1.991
100	1.113	330	122	0	0	1.564
125	580	0	177	0	0	757
150	575	221	551	0	0	1.347
175	124	0	0	0	0	124
200	808	0	0	0	0	808
250	223	0	0	0	0	223
300	485	0	0	0	0	485
Summe	11.571	11.243	1.301	173	199	24.487
<i>Summe lt. Versorger</i>	<i>11.111</i>	<i>10.544</i>	<i>1.472</i>	<i>361</i>	<i>200</i>	<i>23.688</i>

²⁹ Hier sind möglicherweise kleine Unschärfen in der farblichen Zuordnung der Layer nach Verlegeart laut Plan enthalten.

³⁰ Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem eine Leichtbitumen-Vergussmasse mit einer relativ geringen Wärmeleitfähigkeit in den Graben eines im Erdreich befindlichen Leitungsabschnittes eingebracht wird.

Abbildung 50 zeigt die Verteilung der Trassenlänge nach Verlegeart. Deutlich zu erkennen ist der hohe Anteil der Lebit-Leitungen im Bezirk Mitte, die insbesondere der Versorgung der Gebäude im Birnbaumsgewann³¹ dienen. Weiterhin gut erkennbar ist der gegenüber Bezirk Süd höhere Anteil der im Haubenkanal verlegten Leitungen im Bezirk Nord. Darin spiegelt sich der größere Abstand der Gebäude untereinander wider.

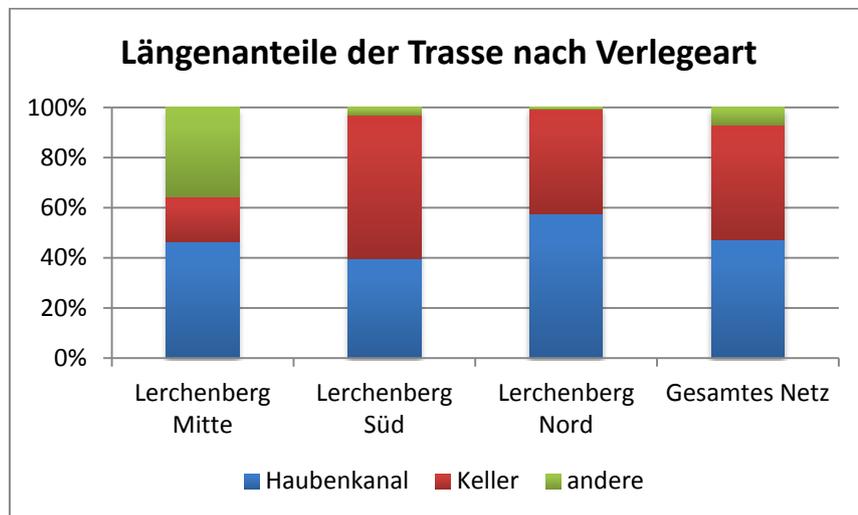


Abbildung 50: Verteilung der Längen nach Verlegeart für die Bezirke und das Gesamtnetz

Die 24,5 km Trassenlänge der Siedlung ergeben bezogen auf die Gesamtzahl der Wohneinheiten von 2.763 [Landeshauptstadt Mainz 2013e, Tab. 2.6] einen spezifischen Wert von 8,9 m/WE. Die den Bezirken zugeordneten Teile des Wärmenetzes unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der absoluten Länge als auch bezogen auf die Anzahl der Wohneinheiten deutlich. Auf den Bezirk Mitte entfällt mit 3,5 km der kürzeste Teil des Wärmenetzes. Gleichzeitig liegt die spezifische Netzlänge bezogen auf die Anzahl der Wohnungen bei 2,6 m/WE. Einfluss auf diesen kleinen spezifischen Wert haben sowohl die gegenüber den anderen Bezirken höhere Bebauungsdichte als auch die vergleichsweise kleineren Wohnungen. Die beiden Bezirke Süd und Nord weisen durch ihre kleinteiligere Bebauung deutlich größere absolute und spezifische Längen auf. Auf den Bezirk Süd entfallen 11,9 km der Trassenlänge, auf Nord 9,1 km. Im Bezirk Nord sind die Einfamilienhäuser erkennbar weiter voneinander entfernt als im Bezirk Süd, was allerdings durch die großen Mehrfamilienhäuser am nördlichen Rand des Bezirks Nord mehr als kompensiert wird. In beiden Bezirken ergeben sich zwar hohe spezifische Längen. Bedingt durch die Mehrfamilienhäuser ergibt sich für den Bezirk Nord ein etwas geringerer Wert von 12,1 m/WE. Im Bezirk Süd ist die höchste spezifische Trassenlänge mit 18,3 m/WE zu verzeichnen. Die Angaben der absoluten und spezifischen Trassenlängen sind in Abbildung 51 dargestellt.

³¹ Diese südlich der L 426 gelegenen Nichtwohngebäude, die von Fernseh- bzw. Mediengesellschaften und der Verlagsgruppe Rhein-Main genutzt werde (siehe Kapitel 2), wurden Mitte der 1990er Jahre erbaut und an das Fernwärmenetz des Lerchenbergs angeschlossen.

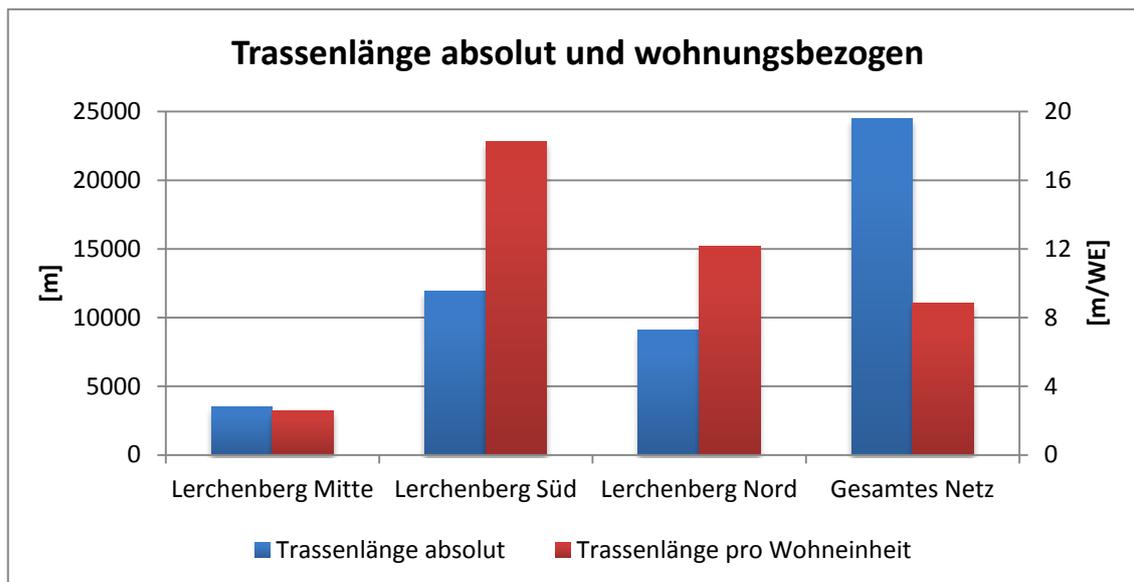


Abbildung 51: Trassenlänge des Wärmenetzes absolut und bezogen auf die Anzahl der Wohneinheiten

5.1.2.1.2 Dämmstandard

Über den Dämmstandard des Wärmenetzes liegen keine detaillierten Informationen vor. Generell wurden Dämmschichtdicken entsprechend Dämmreihe 1 angenommen. Das ist für die um 1970 verlegten Teile des Netzes und damit für ca. 93 % der Leitungslänge die wahrscheinlichste Dämmschichtdicke. Einzige Ausnahme bilden die nach dem Lebit-Verfahren gedämmten Leitungen. Hier wurde eine äquivalente Dämmschichtdicke³² von 8 cm Durchmesser angesetzt. Die Wärmeleitfähigkeit der Faserdämmstoffe wurde mit 0,050 W/(mK) angesetzt, die der Dämmschäume mit 0,030 W/(mK)³³. Der Leichtbitumen der mit Lebit sanierten Leitungen wurde nach [Förster 2002] mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,115 W/(mK) angesetzt. In Tabelle 42 sind längengewichtete mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Leitungen³⁴ in Abhängigkeit von der Verlegeart enthalten. Asbestzementrohre und Stahlmantelrohre sind unter „Haubenkanal“ erfasst. Mit Ausnahme der in Kellern verlegten Leitungen ist der Einfluss des Erdreiches und der parallel verlegten Leitungen in den Wärmedurchgangskoeffizienten enthalten. Kellerleitungen werden als Einzelleitungen mit leicht erhöhter Umgebungstemperatur berechnet.

Tabelle 42: Längengewichtete mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Leitungen in W/(mK) nach Verlegeart

	Haubenkanal	Keller	Lebit	Casaflex	KMR	Längengewichtet über alle Verlegearten
Längengewichteter U-Wert	0,44	0,41	0,63	0,21	0,24	0,43

³² Ob die Leitungen im Erdreich bzw. Kanal liegen, ist nicht bekannt. Somit lassen sich auch keine Aussagen zur Geometrie der Vergussmasse in ihrer Funktion als Dämmschicht treffen. Die Dämmschicht wurde idealisiert als kreisrund mit einer äquivalenten Dämmschichtdicke von 8 cm angenommenen.

³³ Heute in vorgefertigten Rohrleitungen eingesetzte Dämmschäume sind bereits mit Wärmeleitfähigkeiten von weniger als 0,025 W/(mK) erhältlich. Aber auch diese Materialien unterliegen einem Alterungsprozess, der mit einer Zunahme der Wärmeleitfähigkeit einhergeht. Darüber hinaus werden Anschlüsse mit Ortschaum gedämmt, dessen Wärmeleitfähigkeit etwa bei 0,035 W/(mK) liegt. Schließlich wechseln sich im Fall der betrachteten Siedlung Haubenkanal und Keller als Verlegeart im Verlauf der Trasse sehr häufig ab, sodass auch mit Wärmebrücken gerechnet werden muss. Mit der hier getroffenen Annahme $\lambda = 0,030$ W/(mK) werden diese Effekte näherungsweise abgebildet.

³⁴ Der Wärmedurchgangskoeffizient ist für eine der parallel verlegten Leitungen angegeben.

5.1.2.1.3 Netztemperaturen

In den Technischen Anschlussbedingungen [FAVORIT 2000] des Versorgers ist ein gleitender, außentemperaturabhängiger Betrieb des Vorlaufs des Wärmenetzes vorgesehen. Die maximale Temperatur für Außentemperaturen $\leq -8\text{ °C}$ liegt bei 120 °C . Bei Außentemperaturen $\geq 11\text{ °C}$ werden mindestens 67 °C Vorlauftemperatur zugesichert. Nach Informationen des Versorgers liegen die Temperaturen im Wärmenetz während der Heizperiode im Mittel bei $95/70\text{ °C}$ und außerhalb der Heizperiode bei $70/55\text{ °C}$. Auf Basis dieser Temperaturen werden die jährlichen Wärmeverluste mit einer Dauer der Heizperiode von 220 Tagen berechnet. Zeitlich gewichtet ergibt sich daraus $85/64\text{ °C}$. Diese gewichteten Temperaturen werden über das gesamte Wärmenetz als konstant³⁵ angenommen. Mit Ausnahme der Kellerleitungen wird eine mittlere Umgebungstemperatur von 10 °C angesetzt. Für die Kellerleitungen werden 15 °C angenommen.

5.1.2.2 Wärmeverlust des bestehenden Wärmenetzes

Die siedlungstypologischen Unterschiede zwischen dem Bezirk Mitte, der von Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden dominiert ist, und den Bezirken Süd und Nord, die im Wesentlichen Einfamilienhausbebauung aufweisen, schlagen sich auch in den Kenngrößen des Wärmeverlustes des bestehenden Wärmenetzes wider. Die Leitungen im Haubenkanal und in den Kellern stammen aus der Errichtungszeit der Siedlung und sind mit Faserdämmstoffen gedämmt. Ein weiterer energetisch relevanter Teil der Leitungen (vornehmlich im Bezirk Mitte) ist deutlich später im Lebit-Verfahren³⁶ verlegt worden. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Leichtbitumens ist die Wärmedämmwirkung dieser Leitungen eingeschränkt.

Im Ausgangszustand ergibt sich für den Bezirk Mitte rechnerisch jährlich ein absoluter Wärmeverlust von etwa $2,4\text{ GWh}$ bzw. bezogen auf die Energiebezugsfläche der Gebäude von $15\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Das ergibt bezogen auf den Nettowärmebedarf der Gebäude einen relativen Netzverlust von 11% . Der Bezirk Mitte weist die Leitungen mit den größten Medienrohrdurchmessern auf, was neben den Anschlusswerten der dort versorgten Gebäude auch an der Nähe zur Einspeisestelle liegt. Da mit steigendem Durchmesser³⁷ der Wärmeverlust bezogen auf den Meter Trassenlänge zunimmt, liegt der Wert mit $679\text{ kWh}/(\text{ma})$ am höchsten. Erwähnenswert auch im Hinblick auf die Varianten einer zukünftigen Wärmeversorgung ist, dass 36% der Leitungen des Bezirks Mitte im Lebit-Verfahren verlegt sind. Diese Leitungen dienen größtenteils dazu, die Gebäude im Birnbaumsgewann zu versorgen.

³⁵ Es ist davon auszugehen, dass die Vorlauftemperatur bis zu den entferntesten Abnehmern um mehrere Kelvin abfällt. In ähnlichem Maß fällt auch die Rücklaufemperatur von den entfernten Abnehmern zur Einspeisestelle ab, sodass mit der Annahme einer im Vor- bzw. Rücklauf konstanten Temperatur die Netzverluste des Vorlaufs leicht überschätzt, die Rücklaufverluste leicht unterschätzt werden. Beide Effekte heben sich näherungsweise auf.

³⁶ Mit den im Lebit-Verfahren verlegten Leitungen werden die Gebäude im Birnbaumsgewann versorgt.

³⁷ und damit der wärmeübertragenden Fläche

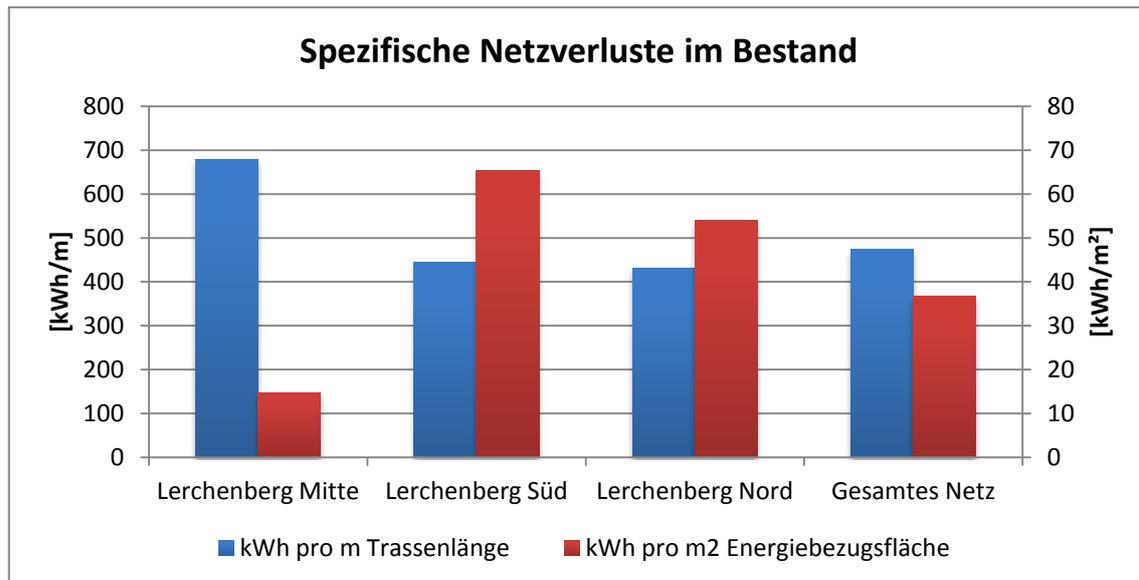


Abbildung 52: Spezifische Wärmeverluste des Wärmenetzes im Bestand bezogen auf die Trassenlänge und die Energiebezugsfläche

Die Bezirke Süd und Nord unterscheiden sich hinsichtlich des Dämmstandards des bestehenden Wärmenetzes nur wenig. Die Leitungen der beiden Bezirke stammen nahezu vollständig aus der Errichtungszeit der Siedlung und sind im Haubenkanal bzw. in den Kellern der Gebäude verlegt. Bedingt durch die dichter beieinander stehenden Gebäude im Bezirk Süd ist der Anteil der in den Kellern verlegten Leitungen mit 57 % der dortigen Trassenlänge größer als in Nord mit 42 %. Der jährliche absolute Wärmeverlust liegt bei 5,3 GWh im Bezirk Süd und 3,9 GWh in Nord. Das entspricht flächenbezogenen Netzverlusten von 65 (Süd) bzw. 54 kWh/(m²a) (Nord). Diese spezifischen Kennwerte liegen im oberen Bereich der Werte, die für Netze dieses Alters zu erwarten sind. Die Größenordnung dieser Netzverluste liegt auf dem Niveau des Nettowärmebedarfes energieeffizienter Neubauten. Bezogen auf den Nettowärmebedarf ergeben sich Werte für den relativen Netzverlust von 44 % (Süd) bzw. 35 % (Nord). Auch diese Werte liegen für eine Versorgungssituation mit Bestandsgebäuden und Bestandsnetz hoch. Die ähnliche Verteilung der Medienrohrdurchmesser in beiden Bezirken führt dazu, dass der auf die Trassenlänge bezogene Wärmeverlust ähnlich groß ist mit 445 kWh/(ma) für Süd und 431 kWh/(ma) für Nord.

Für die Gesamtsiedlung ergibt sich ein rechnerischer jährlicher Wärmeverlust des Wärmenetzes von 11,6 GWh/a. Die spezifischen Verluste liegen bezogen auf die Energiebezugsfläche bei 37 kWh/(m²a) und bezogen auf die Trassenlänge bei 473 kWh/(ma). Bezogen auf den jährlichen Gesamtwärmebedarf der Gebäude der Siedlung von 44,8 GWh/a ergibt das einen Netzverlust von 26 %, bezogen auf die Netzeinspeisung liegt der Wert bei 21 %. Der Branchenverband der Fernwärmeversorgung AGFW gibt für 2011 in [AGFW 2012a] durchschnittliche Fernwärmenetzverluste (bezogen auf die Netzeinspeisung) von 12 % an. Damit liegt für die Siedlung Mainz-Lerchenberg ein überdurchschnittlich hoher Netzverlust vor. Bei der Angabe des Netzverlustes ist zu beachten, dass der Wärmeverlust der Hausstationen nicht enthalten ist. Er liegt bezogen auf die Energiebezugsfläche je nach Gebäudegröße bei 3 bis 8 kWh/(m²a) und ist in diesen Betrachtungen den Gebäuden zugeschlagen.

5.1.3 Wärmerezeuger und Primärenergiefaktor³⁸ Mainz-Lerchenberg

Die Siedlung Mainz-Lerchenberg sowie das angrenzende Gelände des ZDF werden seit ihrer Errichtung vollständig mit Fernwärme versorgt. Die auf dem Lerchenberg befindlichen Wärmerezeuger entsprechen weitgehend dem Zustand aus dem Errichtungszeitraum von 1966 bis etwa 1973. Ursprünglich erfolgte die Versorgung vollständig durch die Ölkessel des Heizwerkes. Heute wird ein Teil der Wärme über eine Fernwärmeleitung vom Heizkraftwerk auf der Ingelheimer Aue geliefert. Dort betreibt HKW Mainz eine Gas- und Dampfturbinen (GuD)-Anlage, ein Müllheizkraftwerk und im Stadtgebiet mehrere Heizwerke. Nach Auskunft des Betreibers [HKW 2013] wird die Fernwärme zu 99 % aus der GuD-Anlage und dem Müll-Heizkraftwerk gewonnen, wobei hier die GuD-Anlage den größten Anteil (90-95 %) einnimmt. Bezogen auf den Stadtteil inkl. ZDF wird der größere Teil der Wärme nach wie vor von den – inzwischen auf Gas umgestellten – Kesseln des von RWE (vormals Esso bzw. Favorit) betriebenen Heizwerkes Lerchenberg bereitgestellt. Für die nachfolgend beschriebene Primärenergiebewertung der Fernwärmeversorgung ist das Heizwerk Lerchenberg ein wichtiger Knoten im System. Hier speisen beide Versorger Wärme ein und hier beginnen die Wärmenetze, die das ZDF und die zu untersuchende Siedlung beliefern.

Das in [AGFW 2010] beschriebene Verfahren zur Bestimmung des Primärenergiefaktors für Fernwärmeversorgungssysteme bilanziert die ins Netz eingespeiste und primärenergetisch bewertete Brennstoffwärme und die Summe der Wärmeabnahme aller durch das Wärmenetz versorgten Verbraucher. Nach dieser Definition ist das ZDF ein großer Verbraucher, dessen entnommene Wärme an der Grenze zum ZDF-eigenen Wärmenetz gemessen wird. Entsprechend wird auch die im Heizwerk Lerchenberg für das ZDF bereitgestellte Wärme³⁹ bilanziert.

Der aktuell gültige Primärenergiefaktor für die Siedlung Lerchenberg unter Berücksichtigung der Vorketten (Lieferung von Wärme der HKW Mainz) beträgt 0,94. Er bezieht sich auf Messdaten der Jahre 2007-2009, die den Autoren jedoch nicht vorliegen. Dieser Faktor wird unter anderem von der Wärmeeinspeisung und -entnahme des ZDF beeinflusst. Nimmt man diese Größen aus der primärenergetischen Bewertung heraus (gedanklich liegt dann eine separate Wärmerezeugung für das ZDF vor), wird der Primärenergiefaktor der Siedlung auf Basis der für die Jahre 2011 und 2012 vorliegenden Daten bei unveränderter Erzeugerstruktur auf 0,86 abgeschätzt. In der Siedlung nimmt der Anteil der durch KWK erzeugten Wärme in diesem Fall aufgrund der geänderten Bilanzgrenze zu.

In einem weiteren Fallbeispiel soll die Erzeugerstruktur exemplarisch geändert werden. Der Primärenergiefaktor ist wie schon erwähnt vom Erzeugerpark abhängig. Mit steigendem Anteil der Wärme aus regenerativen Brennstoffen bzw. KWK sinkt der Primärenergiefaktor. Nimmt man an, dass die Wärme für den gesamten Stadtteil bzw. die Siedlung zu 95 % von der HKW GmbH Mainz⁴⁰ geliefert würde, ginge der Primärenergiefaktor der Siedlung auf 0,40 bzw. 0,47 zurück.⁴¹

³⁸ Der Primärenergiebedarf umfasst zusätzlich zum Endenergiebedarf die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers - hier: der Fernwärme - benötigt wird (siehe Abbildung 49). Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf mit dem jeweiligen Primärenergiefaktor des Energieträgers multipliziert.

³⁹ Die von HKW Mainz an das ZDF gelieferte Wärme wird in der Bilanz des Fernwärmesystems der Siedlung nicht erfasst, da die externe Wärmelieferung von einem vorgelagerten Bilanzkreis (hier vom Fernwärmenetz der HKW Mainz) nur in dem Umfang bilanziert wird, der der Wärmeabnahme innerhalb des aufnehmenden Bilanzkreises (hier Wärmeversorgung der Siedlung) entspricht.

⁴⁰ bei dort gleichbleibender Wärmerezeugerstruktur und damit gleichbleibendem Primärenergiefaktor von 0,253 für die Fernwärme der HKW

⁴¹ Nach eigenen Angaben [HKW 2013] ist HKW Mainz heute schon in der Lage, mit dem vorhandenen Erzeugerpark den gesamten Wärmebedarf der Siedlung über die Fernwärmetrasse zum Lerchenberg zu decken. Ob auch für den Stadtteil (inkl. ZDF) ein so hoher Anteil von Wärme aus KWK realisiert werden kann, ist nicht Gegenstand des vorliegenden Konzeptes.

Abbildung 53 fasst die entsprechenden Kenngrößen⁴² zusammen. In der Abbildung stehen NN für die Summe aus (Netto-)Wärmeverbrauch der Gebäude und Netzverlust, EW für eingespeiste Wärme und PE für Primärenergie.

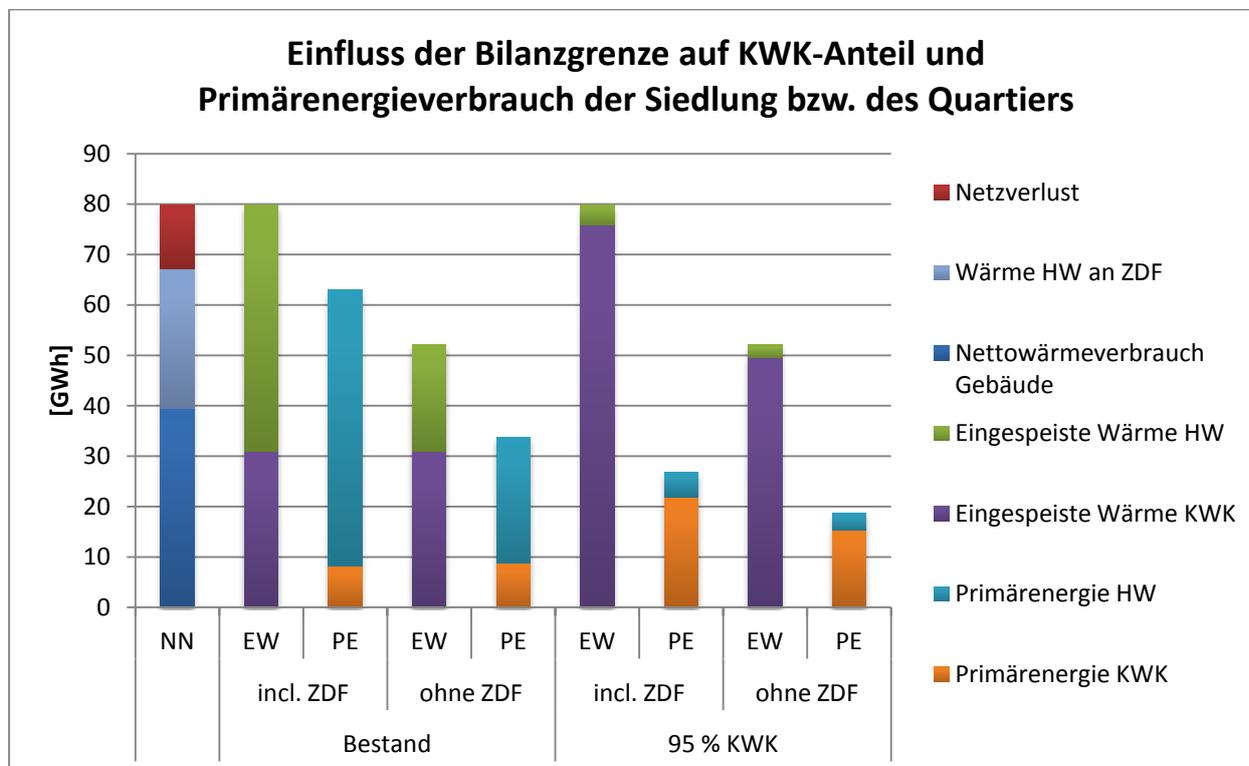


Abbildung 53: Einfluss der Bilanzgrenze des Fernwärmesystems Lerchenberg auf den KWK-Anteil der eingespeisten Wärme und den Primärenergieverbrauch; Daten aus [HKW 2013], [RWE 2013], [ZDF 2013] und eigener Berechnung

Diese Vergleichsbetrachtung ist insofern interessant, als dass die Bestandssituation der Gebäude und des Wärmenetzes unverändert bleiben und folglich die Größe der in der Siedlung eingesetzten Primärenergie ausschließlich vom Primärenergiefaktor beeinflusst wird. In den hier dargestellten Beispielen ist der größte angegebene (und momentan gültige) Faktor etwa 2,4-mal so groß wie der kleinste Faktor. Allein die Änderung der Bilanzgrenze hat zu einem Rückgang des Primärenergiefaktors von 9 % geführt, ohne dass sich an der Wärmeversorgung und dem Energiebedarf der Siedlung etwas geändert hätte. An der Vergleichsbetrachtung wird weiterhin besonders deutlich, dass zwar eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs durch eine veränderte Erzeugerstruktur erreicht werden kann. An der Größe der eingespeisten Wärme⁴³, die ja zur Erreichung der Klimaschutzziele⁴⁴ um 20 % bis 2020 zurückgehen muss, ändert sich hingegen fast nichts. Es sind also zwingend auch Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung der Gebäude und des Wärmenetzes nötig.

⁴² Die Darstellung der eingespeisten Wärme dient der Illustration der Anteile der Wärme aus dem Heizwerk und von HKW. Die (elektrische) Hilfsenergie ist hier nicht enthalten. Auf Primärenergieebene ist die Hilfsenergie (insbesondere Pumpenstrom) mit enthalten.

⁴³ Eingespeiste Wärme und eingesetzte Endenergie sind nicht deckungsgleich. Der Endenergieeinsatz der von der HKW GmbH Mainz bereitgestellten Wärme konnte im Rahmen der Konzepterstellung aufgrund fehlender Angaben nicht ermittelt werden.

⁴⁴ Im Energiekonzept der Bundesregierung [BMWi/BMU 2010] wird nicht eindeutig definiert, ob eingesetzte Endenergie oder eingespeiste Wärme um 20 % zurückgehen soll.

In Abbildung 54 werden Kennwerte für die Siedlung im Bestand angegeben. Anders als in Abbildung 53 (Einspeisedaten) werden hier die berechneten Kenngrößen aus den Abschnitten 5.1.1 und 5.1.2 eingesetzt. Links in der Abbildung bei der Bestandssituation einschließlich ZDF ist der Kennwert der eingespeisten Wärme kleiner als im Bestand ohne ZDF. Das liegt darin begründet, dass ein Teil des Netzverlustes dem Abnehmer ZDF zugeordnet wird. Dass in der Variante ohne ZDF trotz steigenden Kennwertes der eingespeisten Wärme der Primärenergiekennwert der Siedlung sinkt, zeigt nochmals die Auswirkungen eines steigenden KWK-Anteils in der Wärmeerzeugung.

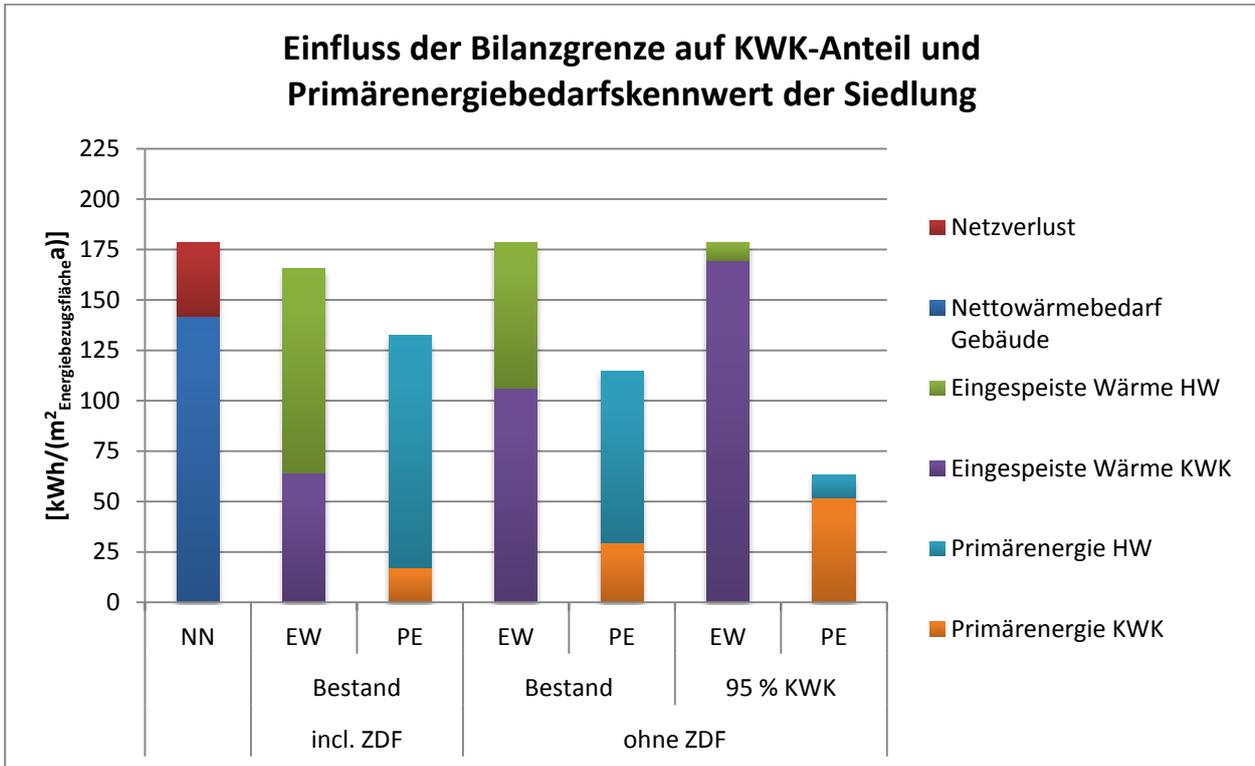


Abbildung 54: Einfluss der Bilanzgrenze für die Siedlung Lerchenberg und des KWK-Anteils der an die Siedlung gelieferten Wärme auf die Primärenergiekennwerte

5.2 Optionen für die zukünftige Wärmeversorgung

Der Energiebedarf der Siedlung wird von den Gebäuden und deren Wärmeversorgung bestimmt. Gegenüber der Errichtungszeit der Siedlung ist der energetische Zustand der Gebäude durch einzelne Sanierungsmaßnahmen – wie etwa dem Austausch von Fenstern oder der Sanierung einzelner Gebäude – verbessert worden. Durch weitere Modernisierungsaktivitäten wird der Fernwärmebedarf der Siedlung künftig weiter sinken. Wie in den Kapiteln 4 und 6 dargelegt, ist zur Erreichung der Klimaschutzziele eine weitreichende Reduktion des derzeitigen Energieverbrauchs erforderlich. Dem ist durch adäquate Anpassung der Wärmeversorgung Rechnung zu tragen. Sowohl auf Gebäudeebene als auch die Wärmeversorgung betreffend gibt es eine Reihe von Parametern mit deutlichem Einfluss auf die eingespeiste Wärme bzw. den Primärenergiebedarf. Aus der Variation dieser Parameter würde schnell eine unübersichtlich große Anzahl an Versorgungsvarianten entstehen. In den nachfolgenden Betrachtungen wird deshalb ein anderer Weg gegangen. Ausgehend von einem Startzustand wird nach Möglichkeit jeweils nur ein Parameter geändert, um die energetische Verbesserung hin zu einem Zielzustand deutlich zu machen. Für einige Parameter werden zwei Varianten gebildet, die ein eher „moderates“ bzw. „ambitioniertes“ Vorgehen bei der Modernisierung widerspiegeln sollen. Bedingt durch die siedlungstypologischen Unterschiede zwischen Lerchenberg-Mitte auf der einen sowie Lerchenberg-Süd und -Nord auf der anderen Seite erscheint es angebracht, einzelne Parameter nicht auf Ebene der Siedlung, sondern auf Ebene der Bezirke zu untersuchen.

5.2.1 Künftige Entwicklung der Energiekennwerte der Gebäude und des Wärmenetzes

In diesem Abschnitt werden die Energiekennwerte verwendet, die aus den Szenarienbetrachtungen der Gebäude für die Bezirke und die Siedlung hervorgegangen sind. Darüber hinaus sind die in diesem Projekt berechneten Kennwerte für das Wärmenetz für mögliche Modernisierungszustände angegeben. Bei der Berechnung der Kennwerte wird unterstellt, dass alle Gebäude auch zukünftig mit Fernwärme versorgt werden. Die Anzahl der versorgten Gebäude bzw. die Energiebezugsfläche bleibt unverändert. Ebenso wird an der Ausdehnung des Wärmenetzes (Trassenlänge) keine Veränderung vorgenommen.

5.2.1.1 Entwicklung des Gebäudebestandes

Über Varianten des künftigen energetischen Zustandes des modernisierten Gebäudebestandes auf dem Lerchenberg liegen Energiekennwerte aus Abschnitt 4.3 vor. In diesen Betrachtungen wird die mögliche Bandbreite des Modernisierungsfortschrittes in einem TREND- und einem ZIEL-Szenario abgebildet. Das TREND-Szenario basiert auf der Annahme, dass die Modernisierungsraten für den Wärmeschutz gegenüber den heutigen unverändert bleiben und dabei unterschiedliche Sanierungstiefen umgesetzt werden. Das ambitioniertere ZIEL-Szenario geht von erhöhten Modernisierungsraten unter Verwendung von Passivhauskomponenten aus und bildet damit einen stärkeren Rückgang der Energiekennwerte der Gebäude ab. Zu welchem Anteil welcher Standard realisiert wird und welchen Modernisierungsfortschritt es im zeitlichen Verlauf geben wird, ist stark von den Eigentümern der Gebäude abhängig. Um zu verdeutlichen, in welcher Größenordnung sich die Energiekennwerte der Gebäude innerhalb der Bandbreite der beiden Szenarien im zeitlichen Verlauf verändern können, werden zunächst vier Modernisierungszustände gebildet.

Tabelle 43: Nettowärmebedarf der Gebäude in kWh/(m²a) – Varianten der Modernisierungszustände für TREND- und ZIEL-Szenario für die Jahre 2030 und 2050

Gebäude TREND 2030		Gebäude TREND 2050	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
139	120	125	109
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
135	129	122	116
Gebäude ZIEL 2030		Gebäude ZIEL 2050	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
126	111	61	55
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
123	117	62	58

Die Gebäudekennwerte des TREND- und des ZIEL-Szenarios sind für die Jahre 2030 und 2050 in Tabelle 43 dargestellt. Es ist unmittelbar erkennbar, dass die Kennwerte für das TREND-Szenario für 2050 und das ZIEL-Szenario für 2030 sowohl auf Siedlungsebene als auch in jedem der Bezirke sehr ähnlich sind. Diese Modernisierungszustände können deshalb für die Versorgungsvarianten zu einem Kennwertsatz zusammengefasst werden. Dabei werden die Kennwerte für das TREND-Szenario 2050 verwendet.

Tabelle 44 zeigt die Gegenüberstellung des Nettowärmebedarfes der Gebäude im Bestand im Quadranten links oben und der möglichen Modernisierungszustände in den übrigen Quadranten. Demnach geht der Nettowärmebedarf auf Siedlungsebene bis 2030 zunächst um moderate 13 kWh/(m²a) (TREND) bis 26 kWh/(m²a) (ZIEL) zurück. Langfristig – hier abgebildet durch die Modernisierungszustände für 2050 – ist mit deutlichen Rückgängen auf Siedlungsebene um 26 kWh/(m²a) (TREND) bis 84 kWh/(m²a) (ZIEL) zu rechnen. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass im TREND-Szenario bundesweit mittlere Modernisierungsraten angesetzt sind, die zur Folge haben, dass nach diesem Szenario im Jahr 2050 noch nicht alle Bauteile der im Quartier vorhandenen Gebäude energetisch modernisiert sind. Somit sind auch im TREND-Szenario langfristig noch geringere als die hier für 2050 angegebenen Energiekennwerte für den Gebäudebestand denkbar.

Tabelle 44: Nettowärmebedarf der Gebäude in kWh/(m²a) – Bestand und Varianten der Modernisierungszustände für TREND- und ZIEL-Szenario für die Jahre 2030 und 2050

Gebäude Bestand		Gebäude TREND 2030	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
154	133	139	120
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
150	142	135	129
Gebäude TREND 2050 ZIEL 2030		Gebäude ZIEL 2050	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
125	109	61	55
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
122	116	62	58

Tabelle 45 zeigt den prozentualen Rückgang des Nettowärmebedarfes der Gebäude bezogen auf den Ausgangszustand. Demnach geht der Bedarf sowohl auf Ebene der Bezirke als auch der Siedlung bis zum Jahr 2030 um 10 % (TREND) bis 19 % (ZIEL) zurück, bis zum Jahr 2050 um 19 % bis 59 %.

Tabelle 45: Prozentualer Rückgang des Nettowärmebedarfs der Gebäude für die Modernisierungszustände ausgehend vom Bestand

Gebäude Bestand		Gebäude TREND 2030	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
0%	0%	-9%	-9%
<hr/>		<hr/>	
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
0%	0%	-10%	-10%
<hr/>			
Gebäude TREND 2050 ZIEL 2030		Gebäude ZIEL 2050	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
-19%	-18%	-60%	-59%
<hr/>		<hr/>	
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
-19%	-19%	-59%	-59%

5.2.1.2 Entwicklung des Wärmenetzes

In Abschnitt 5.1.2 wurde bereits deutlich, dass das vorhandene Wärmenetz vergleichsweise hohe anteilige Verluste bezogen auf den heutigen Gebäudebestand aufweist. Mit der zu erwartenden Modernisierungstätigkeit der Gebäude würde sich diese Situation weiter verschärfen. Für eine langfristig energieeffiziente Wärmeversorgung ist eine energetische Ertüchtigung des Wärmenetzes unabdingbar. Für das Gesamtnetz werden zwei Varianten des energetisch verbesserten Wärmenetzes untersucht, die mit intensiven baulichen Eingriffen in das Wärmenetz einhergehen. Die untersuchten Varianten haben zum Ziel, die Verluste des Wärmenetzes deutlich zu verringern. Gleichzeitig sollen sie den perspektivisch zu erwartenden Rückgang des Wärmebedarfes der Siedlung berücksichtigen. Dies geschieht im Falle des Austauschs von Leitungen durch die pauschale Annahme, dass die ausgetauschten Leitungen um eine Dimensionierungsstufe kleiner⁴⁵ sind. Mit dem Rückgang des Wärmebedarfes ist langfristig auch von einem Rückgang der Netztemperaturen auszugehen. In den hier abgebildeten Netzvarianten bleiben die Temperaturen zunächst unverändert. Damit wird hauptsächlich der Tatsache Rechnung getragen, dass die mehr oder minder große Zahl nicht modernisierter Gebäude auch künftig die heutigen Vorlauftemperaturen benötigen. Den energetischen Auswirkungen abgesenkter Netztemperaturen widmet sich Abschnitt 5.2.1.2.3.

5.2.1.2.1 Netzvariante „Standard“

Die mit Standard bezeichnete Modernisierungsvariante des Wärmenetzes bildet ein vergleichsweise moderates Vorgehen zur Verringerung der Netzverluste ab, wenngleich auch hier umfangreiche bauliche Maßnahmen notwendig werden. Die Modernisierungsvariante setzt sich aus zwei Maßnahmen zusammen. Die baulich aufwendigere Maßnahme ist der Austausch aller Leitungen im Haubenkanal. Primäres Ziel ist die Verbesserung der Wärmedämmung. Die hier vorhandene Wärmedämmung der Dämmreihe 1

⁴⁵ Der Durchmesser einer um eine Stufe kleineren Leitung beträgt etwa 80 % des ursprünglichen Durchmessers, der Querschnitt entsprechend etwa 64 %. Berücksichtigt man im Hinblick auf die Druckverluste, dass die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten auch leicht zurückgehen sollen, ergibt sich ein Rückgang der Wärmeleistung in Abschnitten mit verringerter Dimensionierung auf etwa 60 % bzw. um etwa 40 % der ursprünglichen Leistung. Dieser Rückgang um 40 % entspricht der Größenordnung des langfristigen Rückgangs des Wärmebedarfes der Gebäude.

mit einem Faserdämmstoff der 1970er Jahre mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,050 \text{ W/(mK)}$ wird durch ein vorgefertigtes, mit Dämmschaum gedämmtes Rohr der Dämmreihe 2 und $\lambda = 0,030 \text{ W/(mK)}$ ersetzt. Gleichzeitig sind die neu eingebauten Leitungen um eine Dimension kleiner. Dadurch wird die wärmeübertragende Fläche der Leitung reduziert und damit auch der Wärmeverlust nochmals verringert. Weiterhin wird aber auch die Praktikabilität dieser Maßnahme aus baulicher Sicht gewahrt, da die Vergrößerung der Dämmschichtdicke bei gleichzeitiger Verkleinerung des Medienrohres zu einer gleich bleibenden Größe des Mantelrohres führt. Damit findet die besser gedämmte Leitung in jedem Fall im bestehenden Haubenkanal Platz. Als zweite Maßnahme wird angenommen, dass die Dämmung⁴⁶ der Leitungen in den Kellern ausgetauscht wird. Hierbei kommen heute erhältliche Dämmschalen mit Faserdämmstoffen $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ und einer Dämmreihe 2 entsprechenden Dämmschichtdicke zum Einsatz. Tabelle 46 enthält eine Gegenüberstellung der Dämmstandards aller Netzvarianten. Unverändert zum Bestand werden die vergleichsweise jungen Leitungen in Lebit, Casaflex und KMR betrachtet. Sie nehmen zusammen mit 7 % der Trassenlänge einen geringen Anteil am Netz ein. Im Falle der Casaflex- und KMR-Leitungen wird von Dämmschäumen mit heute üblicher Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,030 \text{ W/(mK)}$ ausgegangen. Ein Austausch dieser Leitungen durch Dämmreihe 2 würde zu einem vergleichsweise geringen Rückgang des Netzverlustes führen, da lediglich die größere Dämmschichtdicke wirksam wird.

Tabelle 46: Dämmstandards der Varianten des Wärmenetzes nach Verlegeart

	Bestand	Standard	Ambitioniert
Haubenkanal und Keller	Dämmreihe 1 Faserdämmstoff $\lambda = 0,050 \text{ W/mK}$	Dämmreihe 2 Schaum/Faser $0,030/0,035 \text{ W/mK}$	Dämmreihe 3 Dämmschaum $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$
Lebit	Dämmschicht 8 cm Leichtbitumen $\lambda = 0,115 \text{ W/mK}$	Dämmschicht 8 cm Leichtbitumen $\lambda = 0,115 \text{ W/mK}$	Dämmreihe 3 Dämmschaum $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$
Casaflex und KMR	Dämmreihe 1 Dämmschaum $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$	Dämmreihe 1 Dämmschaum $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$	Dämmreihe 1 Dämmschaum $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$

In den Bezirken Nord und Süd wird durch die zwei Maßnahmen fast das gesamte Wärmenetz energetisch verbessert. Dementsprechend ist der Rückgang des Netzverlustes am größten. Der auf die Energiebezugsfläche bezogene Netzverlust geht um $24 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (Nord) bzw. $27 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (Süd) zurück (siehe Tabelle 47), was einem prozentualen Rückgang von 44 % bzw. 41 % (siehe Tabelle 48) entspricht. Im Bezirk Mitte ist der Rückgang aufgrund des hohen Anteils der – energetisch nicht verbesserten – Lebit-Leitungen geringer. Auf Siedlungsebene geht der Netzverlust deutlich um $15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ bzw. 40 % zurück. Der Rückgang des Netzverlustes liegt damit in der Größenordnung zwischen den in den Szenarien für 2030 ermittelten Werten für den Rückgang des Nettowärmebedarfes der Gebäude (TREND - $13 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, ZIEL - $26 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$).

⁴⁶ Analog zum Austausch der Dämmung in den Kellern wäre gleichermaßen auch ein Nachdämmen der bestehenden Medienrohre im Haubenkanal denkbar. Diese Variante wurde aber nicht untersucht, da bei gleich bleibender Dämmschichtdicke lediglich die Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ verringert worden wäre. Der Wärmeverlust wäre im Fall des Austausches der Dämmung um etwa 25 % im Haubenkanal zurückgegangen. Durch den Austausch der Leitungen wie oben beschrieben liegt der Rückgang des Wärmeverlustes im Haubenkanal bei etwa 50 %.

Tabelle 47: Netzverlust des Wärmenetzes bezogen auf die Energiebezugsfläche des jeweils versorgten Gebietes im Bestand und in den Modernisierungsvarianten in kWh/(m²a)

Wärmenetz Bestand		Wärmenetz Standard		Wärmenetz Ambitioniert	
Nord	Mitte	Nord	Mitte	Nord	Mitte
54	15	30	10	25	6
<hr/>		<hr/>		<hr/>	
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
65	37	38	22	32	17

Tabelle 48: Prozentualer Rückgang des Netzverlustes für die Modernisierungsvarianten ausgehend vom Bestand

Wärmenetz Bestand		Wärmenetz Standard		Wärmenetz Ambitioniert	
Nord	Mitte	Nord	Mitte	Nord	Mitte
0%	0%	-44%	-31%	-53%	-59%
<hr/>		<hr/>		<hr/>	
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
0%	0%	-41%	-40%	-52%	-54%

5.2.1.2.2 Netzvariante „Ambitioniert“

Die zweite Variante der Modernisierung des Wärmenetzes hat einen größeren Maßnahmenumfang und weist einen höheren Dämmstandard innerhalb der drei Maßnahmen auf. Wie auch schon in der Variante „Standard“ werden die Leitungen des Haubenkanals vollständig ausgetauscht. Hier kommen allerdings Leitungen der Dämmreihe 3 zum Einsatz. Bei gleichzeitiger Verkleinerung des Medienrohres um eine Dimension bedeutet dies eine Vergrößerung des Mantelrohres um eine Dimension. Ob der dafür benötigte Platz in jedem Abschnitt des Haubenkanals zur Verfügung stehen würde, ist im Rahmen einer Vorplanung zu klären. Die zweite Maßnahme besteht im Austausch aller Leitungen im Keller durch vorgefertigte Leitungen der Dämmreihe 3. Diese Leitungen werden ebenfalls um eine Dimension verkleinert. Die dritte Maßnahme besteht im Austausch der Leitleitungen durch vorgefertigte, mit Dämmschaum gedämmte Leitungen der Dämmreihe 3 bei unveränderter Dimension.

Die Netzverluste der Bezirke Nord und Süd gehen verglichen mit der Variante Standard um weitere 5 und 6 kWh/(m²a) bzw. je 9 % gegenüber der Bestandsvariante zurück. Deutlicher ist der prozentuale Rückgang im Bezirk Mitte mit 28 %. Dort wirkt sich der Austausch der im Bezirk relativ langen Leitleitungen aus. Auf Ebene der Siedlung ist festzuhalten, dass der Netzverlust gegenüber dem Bestand auf weniger als die Hälfte zurückgegangen ist. Der auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte sinkt von 37 kWh/(m²a) auf 17 kWh/(m²a). Der Rückgang der Netzverluste um 20 kWh/(m²a) entspricht nahezu dem Rückgang des Nettowärmebedarfes aller Gebäude nach dem ZIEL-Szenario bis 2030.

5.2.1.2.3 Sensitivität der Modernisierungsvarianten des Wärmenetzes

Beide Netzvarianten „Standard“ und „Ambitioniert“ wurden unter der Annahme gleichbleibender Randbedingungen gebildet. Im zeitlichen Verlauf des künftigen Betriebes ist davon auszugehen, dass mit fortschreitender Modernisierungstätigkeit der Gebäude auch tendenziell mit geringeren Systemtemperaturen im Wärmenetz zu rechnen ist. Weiterhin wird hier der Fall betrachtet, dass Restriktionen den oben angenommenen vollständigen Austausch der Leitungen behindern.

In der ersten der beiden Nebenvarianten werden ausgehend von der Modernisierungsvariante Standard die Netztemperaturen abgesenkt. Für den Sommer wird nach wie vor von 70/55 °C ausgegangen. Im

Winter werden die Temperaturen deutlich von 95/70°C auf 80/55°C abgesenkt⁴⁷. Die Dauer der Heizperiode beträgt in dieser Betrachtung unverändert 220 Tage. Analog zum Rückgang der Temperaturdifferenz zwischen Medientemperatur und Umgebung geht auch der Wärmeverlust zurück. Er geht auf Bezirks- wie Siedlungsebene um etwa 15 % zurück und erreicht in den Bezirken Süd und Nord beinahe die Größe, die sich bei unveränderten Netztemperaturen nach der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“ für den Wärmeverlust ergibt. Abbildung 55 zeigt die Veränderungen.

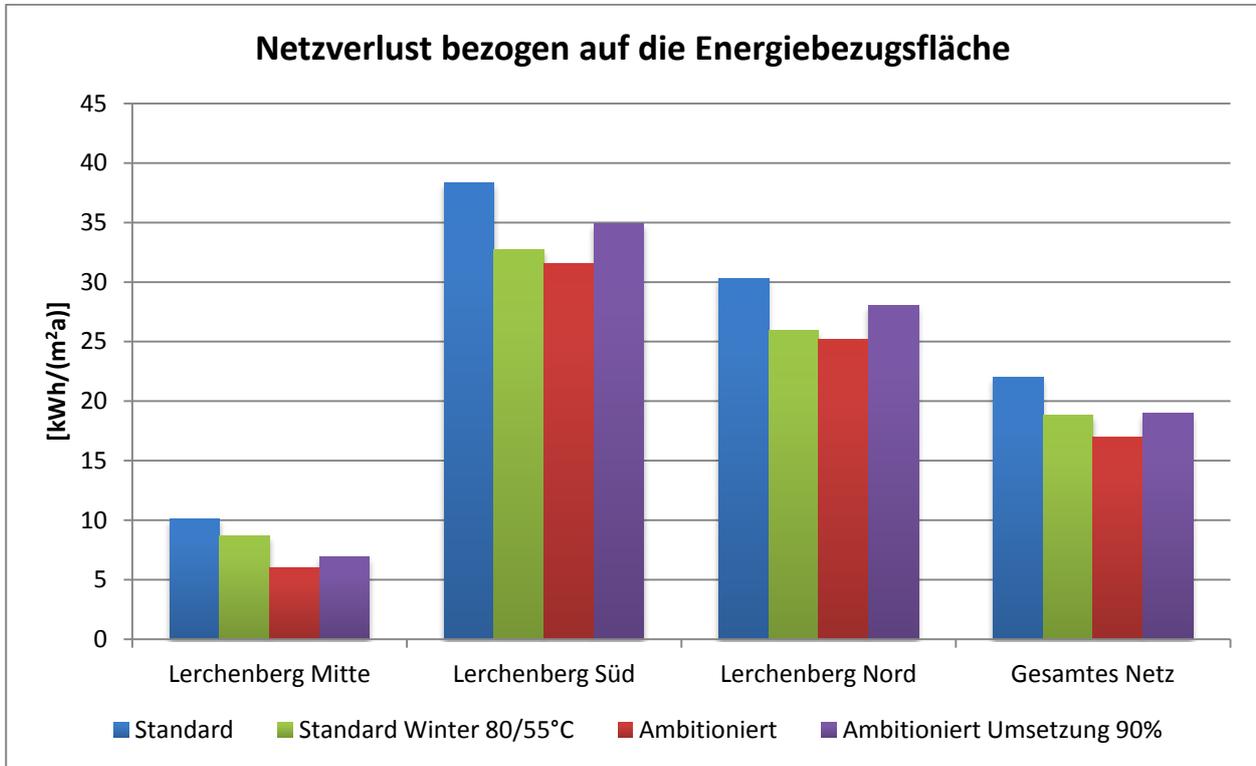


Abbildung 55: Netzverlust für die Modernisierungsvarianten des Wärmenetzes und je eine Nebenvariante mit abgesenkten Systemtemperaturen bzw. unvollständigem Austausch der Leitungen

In der zweiten Nebenvariante wird ausgehend von der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“ unterstellt, dass ein Austausch der Leitungen nicht in vollem Umfang realisiert worden ist. Es wird angenommen, dass 10 % der auszutauschenden Leitungen⁴⁸ im ursprünglichen Zustand verbleiben. Damit liegt der Wärmeverlust in den Bezirken um 11 % bis 16 % gegenüber dem vollständigen Austausch höher. In den Bezirken Süd und Nord wird dadurch etwa die Hälfte des Einspareffektes von der Modernisierungsvariante Standard hin zur Variante „Ambitioniert“ wieder aufgezehrt. Auf Siedlungsebene liegt der Wärmeverlust um 12 % gegenüber vollständiger Umsetzung der Variante „Ambitioniert“ höher und damit etwa bei der Größe des Wärmeverlustes, der sich für die Nebenvariante „Standard“ mit abgesenkten Netztemperaturen ergibt.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass eine langfristig zu erwartende Temperaturabsenkung einen positiven Effekt auf die Größe des Wärmeverlustes hat. In ähnlicher Größe wirkt eine 90 %ige und damit nicht vollständige Umsetzung der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“ negativ auf den Wärmeverlust.

⁴⁷ Eine so deutliche Absenkung der Systemtemperaturen setzt eine Modernisierungstätigkeit bei vielen der versorgten Gebäude voraus. Das Netz ließe sich zum heutigen Zeitpunkt vermutlich nicht mit diesen Temperaturen betreiben, da die Versorgung mit Heizwärme für viele der Bestandsgebäude in Frage gestellt würde.

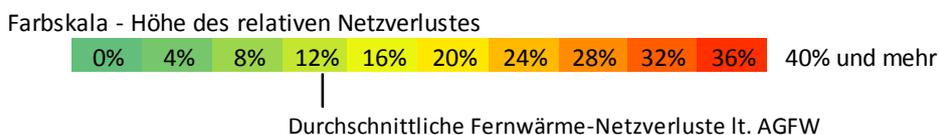
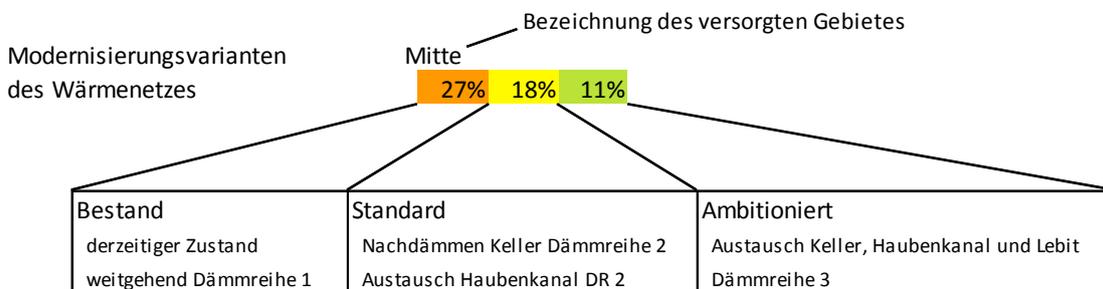
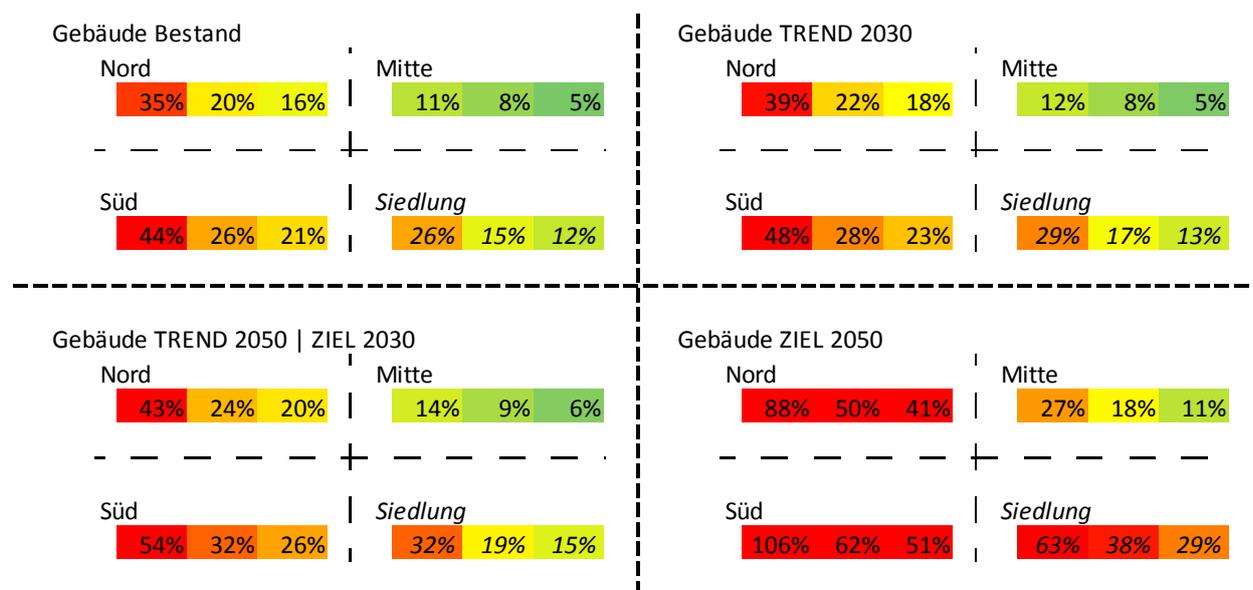
⁴⁸ Das betrifft die Leitungen in Kellern, Haubenkanal und Lebit zum gleichen Längenteil.

5.2.1.3 Überlagerung von Kennwerten der Gebäude und des Wärmenetzes

Die Betrachtung der mittel- und langfristigen Entwicklung der Gebäudeenergiekennwerte und möglicher Modernisierungsvarianten respektive Zielzustände des Wärmenetzes soll mit einer Überlagerung dieser Kennwerte abgeschlossen werden. In Tabelle 49 wird der Netzverlust des Wärmenetzes bezogen auf den Nettowärmebedarf der Gebäude angegeben. In den Zeilen sind die drei Wärmenetzvarianten (Bestand, Standard, Ambitioniert) nebeneinander gestellt. Analog zu Tabelle 44 werden innerhalb eines Quadranten Angaben zu den einzelnen Bezirken bzw. der Siedlung gemacht und stehen die Quadranten für die gewählten Modernisierungszustände der Gebäude. Im Quadranten links oben können also die Werte des relativen Netzverlustes für die Bestandssituation entnommen werden.

In Tabelle 49 wird unmittelbar ersichtlich, dass sich die Situation – wie oben bereits beschrieben – bezüglich des relativen Netzverlustes bei fortschreitender Modernisierungstätigkeit der Gebäude bei Erhalt des Wärmenetzes im derzeitigen Zustand verschärft. Schon mittelfristig übersteigt der relative Verlust in den Bezirken Süd und Nord die 50 %-Marke. Langfristig könnte der Netzverlust für das ZIEL-Szenario dann einen zusätzlichen Wärmebedarf zum Betrieb der Wärmeversorgung der Gebäude darstellen, der in diesen Bezirken etwa so groß wäre wie der eigentliche Bedarf der Gebäude.

Tabelle 49: Netzverlust des Wärmenetzes bezogen auf den Nettowärmebedarf der Gebäude des jeweils versorgten Gebietes für Bestand und künftige Modernisierungszustände der Gebäude und des Netzes



5.2.2 Varianten und Energiekennwerte für die künftige Wärmeversorgung

Nachdem in Abschnitt 5.2.1 die mögliche Entwicklung der Bedarfskennwerte für Gebäude und Wärmenetz für verschiedene Modernisierungszustände aufgezeigt wurde, soll in diesem Abschnitt untersucht werden, welche energetischen Auswirkungen verschiedene Versorgungssysteme zur Deckung dieses Bedarfes haben. Dazu werden Energiekennwerte der Versorgungssysteme für die eingespeiste Wärme und auf Primärenergieebene gebildet. Im Fokus der Erreichung der Klimaschutzziele steht hier insbesondere eine deutliche Reduzierung des Primärenergieeinsatzes. Deshalb werden neben den Abbildungen, die neben den Primärenergiekennwerten auch die eingespeiste Wärme⁴⁹ enthalten, zusätzlich Tabellen mit Primärenergiekennwerten und dem Rückgang der Kennwerte gegenüber der Ausgangssituation erstellt.

Für zukünftige Versorgungsvarianten wird nachfolgend zunächst davon ausgegangen, dass die Anteile der Wärme, die von HKW Mainz und vom Heizwerk Lerchenberg eingespeist werden, unverändert bleiben. Demnach kommt rund 60 % der Wärme für die Siedlung aus KWK-Prozessen von HKW Mainz. Am Ende dieses Abschnittes findet sich eine Betrachtung, in der ausgewählte Versorgungsvarianten unter dem Blickpunkt einer geänderten Wärmeerzeugerstruktur mit hohem KWK-Anteil beleuchtet werden.

Die Skalierung der Energiekennwerte auf Bezirks- und Siedlungsebene in Abschnitt 5.2 (von 0 bis 225 kWh/m²a) ist in allen Abbildungen gleich. Das soll die visuelle Vergleichbarkeit der Varianten erleichtern.

5.2.2.1 Vollversorgung der Siedlung durch Fernwärme und moderate energetische Verbesserungen auf der Bedarfsseite (TREND-Szenario & Netzmodernisierung „Standard“)

Ausgehend von den Primärenergiebedarfswerten für den Bestand der Gebäude und des Wärmenetzes wird die langfristige Entwicklung der Kennwerte bei moderater Modernisierungstätigkeit betrachtet. Unterstellt ist hier, dass die energetische Modernisierung entsprechend dem TREND-Szenario voranschreitet und das Wärmenetz vollständig nach den in der Modernisierungsvariante Standard beschriebenen Maßnahmen (Nachdämmung Leitungen Keller, Austausch Leitungen Haubenkanal) modernisiert wird. Tabelle 50 fasst die Ergebnisse zusammen. Es werden die Auswirkungen auf die Primärenergiekennwerte der Bezirke und der Siedlung für die alleinige Modernisierung des Wärmenetzes (Quadrant oben rechts) bzw. der Gebäude (Quadrant unten links) wie auch die Überlagerung der Modernisierungsaktivitäten an Gebäuden und Netz (Quadrant unten rechts) dargestellt.

Der Rückgang der Primärenergiekennwerte bei alleiniger Umsetzung der Netz-Modernisierungsvariante „Standard“ führt in den Bezirken zu Rückgängen der Primärenergiekennwerte an der Grenze vom ein- zum zweistelligen Prozentbereich. Der geringe Rückgang im Bezirk Mitte ist mit dem ohnehin relativ geringen anteiligen Netzverlust des Bestandsnetzes und dem hohen Anteil an Lebit-Leitungen, die in dieser Variante nicht ausgetauscht werden, begründet. Würden – bei unverändertem Wärmenetz – die Kennwerte der Gebäude entsprechend dem Trendszenario zurückgehen, so würde der Primärenergiebedarf der Bezirke – wiederum nur geringfügig – um 12 % bis 15 % abnehmen. Auch für den Fall, dass sowohl die Gebäude den Modernisierungsfortschritt nach dem TREND-Szenario erreicht haben als auch die Maßnahmen der Netz-Modernisierungsvariante Standard vollständig umgesetzt wurden, ergeben sich geringe Primärenergieeinsparungen von 17 % bis 24 % in den Bezirken bzw. 21 % auf Siedlungsebene. Neben Abbildung 56, die die Entwicklung der Energiekennwerte für die beschriebenen Fälle auf Siedlungsebene zeigt, ist in Anhang G mit Abbildung 88 eine entsprechende Darstellung der Kennwerte auf Bezirksebene enthalten.

⁴⁹ Die Kennwerte der eingespeisten Wärme in den Abbildungen enthalten – wie oben in der Bestandsanalyse – nicht die elektrische Hilfsenergie. Der Hilfsenergiekennwert bleibt über alle Fernwärmevarianten unverändert bei ca. 4 kWh/m²a, was einer mittleren elektrischen Leistung für das gesamte System von etwa 150 kW entspricht. Auf Primärenergieebene wird die Hilfsenergie anteilig auf die Wärmeerzeuger verteilt.

Tabelle 50: Entwicklung der Primärenergiekennwerte für moderate Modernisierung der Gebäude und des Wärmenetzes ausgehend vom Bestand

Bestand Bestand		Bestand Standard	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
132	97	118	94
0%	0%	-11%	-3%
Süd		Süd	
<i>Siedlung</i>		<i>Siedlung</i>	
136	115	120	106
0%	0%	-12%	-7%
TREND 2050 Bestand		TREND 2050 Standard	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
115	83	101	80
-13%	-15%	-23%	-17%
Süd		Süd	
<i>Siedlung</i>		<i>Siedlung</i>	
120	100	104	91
-12%	-13%	-24%	-21%

Zustand der Gebäude

Zustand des Wärmenetzes

TREND 2050 | Bestand

Nord

115

-13%

versorgtes Gebiet

Primärenergiekennwert in kWh/m²a bezogen auf die Energiebezugsfläche

Rückgang des Primärenergiebedarfes bezogen auf den Ausgangszustand der Gebäude und des Wärmenetzes

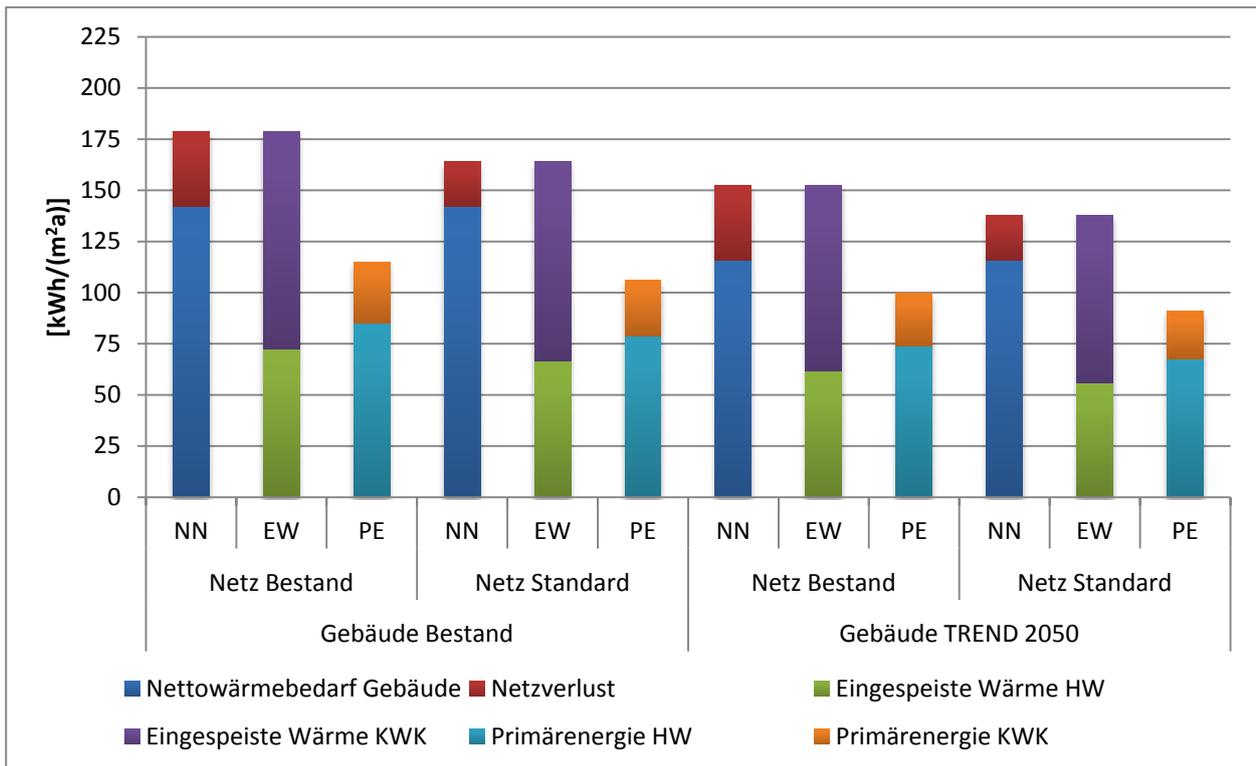


Abbildung 56: Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Siedlungsebene für das TREND-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante „Standard“ des Wärmenetzes

5.2.2.2 Vollversorgung der Siedlung durch Fernwärme und ambitionierte energetische Verbesserungen auf der Bedarfsseite (ZIEL-Szenario & Netzmodernisierung „Ambitioniert“)

Gegenüber der vorangegangenen Betrachtung wird hier davon ausgegangen, dass eine ambitionierte Modernisierungstätigkeit vorliegt. Für die Gebäude liegen also die Annahmen nach dem ZIEL-Szenario zugrunde, die höhere Modernisierungsraten und einen verbesserten Wärmeschutz der modernisierten Bauteile aufweisen. Im Wärmenetz kommen – wie in der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“ festgelegt – Leitungen der Dämmreihe 3 zum Einsatz. Neben dem Haubenkanal werden hier zusätzlich die Leitungen in den Kellern und die in Lebit verlegten Leitungen ausgetauscht.

Der Darstellung der Entwicklung der Primärenergiekennwerte bei ambitionierter Modernisierungstätigkeit dient Tabelle 51. Die alleinige Modernisierung des Wärmenetzes führt in den von Einfamilienhäusern dominierten Bezirken Süd und Nord zu der beachtenswerte Tatsache, dass der Rückgang der Primärenergiekennwerte gleich (Nord) bzw. größer (Süd) ist als nach alleiniger moderater Modernisierung des Gebäudebestandes nach dem TREND-Szenario bis 2050. Auf Siedlungsebene führt die ambitionierte Modernisierung des Wärmenetzes zu einem Rückgang des Primärenergiekennwertes von 10 %. Der langfristige Rückgang der Primärenergiekennwerte bei vollständiger Modernisierung der Gebäude nach dem ZIEL-Szenario bis 2050 führt mit um die 40 % zu deutlich kleineren Primärenergiekennwerten. Es wird erkennbar, dass eine derart ambitionierte Modernisierungstätigkeit einen größeren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten kann. Die Überlagerung der Effekte aus ambitionierter Modernisierung von Gebäuden und Wärmenetz führen schließlich zu einem Rückgang der Primärenergiekennwerte auf Bezirks- und Siedlungsebene von mehr als 50 %. Abbildung 57 fasst wiederum die Entwicklung der Kennwerte für die Siedlung zusammen, Abbildung 89 Anhang G analog auf Bezirksebene.

Tabelle 51: Entwicklung der Primärenergiekennwerte für ambitionierte Modernisierung der Gebäude und des Wärmenetzes ausgehend vom Bestand

Bestand Bestand		Bestand Ambitioniert	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
132	97	115	92
0%	0%	-13%	-5%
<hr/>		<hr/>	
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
136	115	116	103
0%	0%	-14%	-10%
<hr/>			
ZIEL 2050 Bestand		ZIEL 2050 Ambitioniert	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
78	51	61	46
-41%	-47%	-54%	-52%
<hr/>		<hr/>	
Süd	<i>Siedlung</i>	Süd	<i>Siedlung</i>
85	66	65	54
-38%	-43%	-52%	-53%

Zustand der Gebäude

|

Zustand des Wärmenetzes

|

ZIEL 2050 | Bestand

Nord

|

versorgtes Gebiet

78 — Primärenergiekennwert in kWh/m²a bezogen auf die Energiebezugsfläche

-41% — Rückgang des Primärenergiebedarfes bezogen auf den Ausgangszustand der Gebäude und des Wärmenetzes

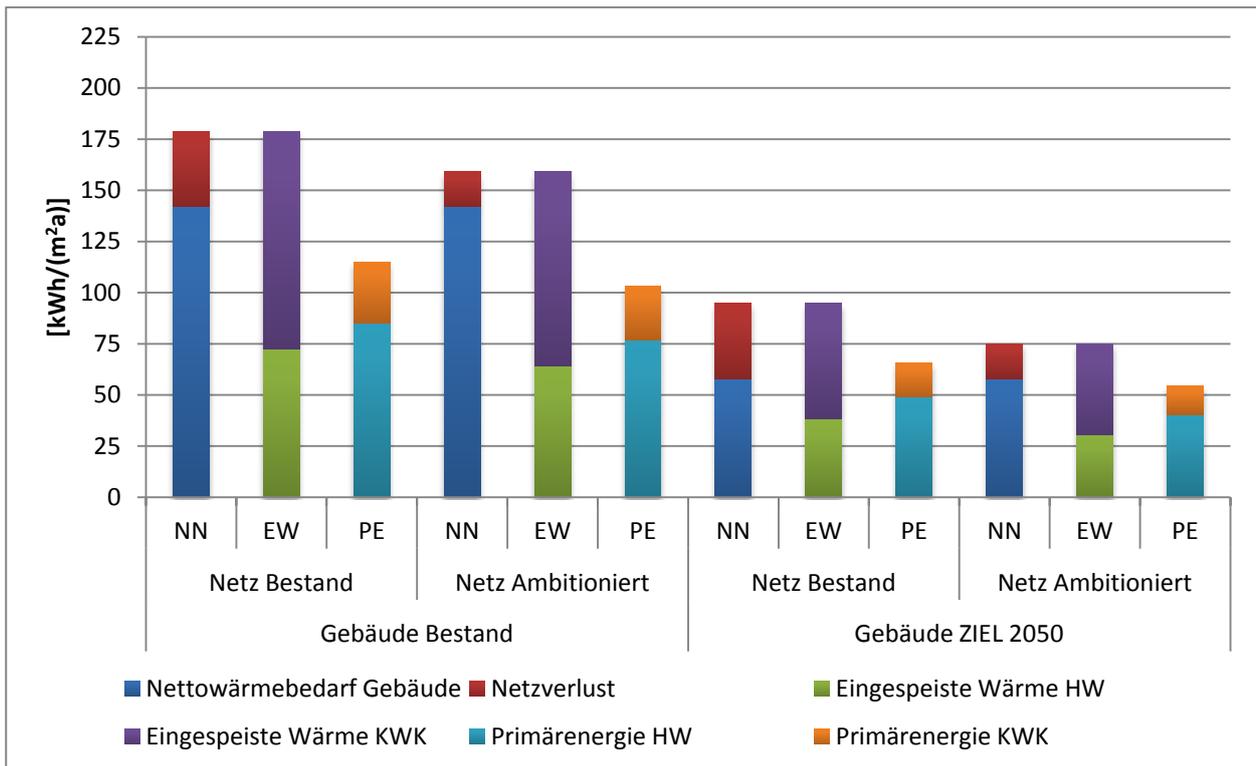


Abbildung 57: Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Siedlungsebene für das ZIEL-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“

5.2.3 Auswirkungen dezentral versorgter Gebäude und bei Bildung von Nahwärmeinseln

5.2.3.1 Dezentral versorgte Gebäude

Würde der Anschluss- und Benutzungszwang für ein mit Fernwärme versorgtes Gebiet entfallen, so ist davon auszugehen, dass einige Wärmeabnehmer eine separat dezentrale Wärmeversorgung betreiben. Der Wegfall von Fernwärmeabnehmern führt gewöhnlich dazu, dass der spezifische, auf die Energiebezugsfläche bezogene Netzverlust der weiterhin versorgten Gebäude ansteigt. Das liegt daran, dass die vorhandene Infrastruktur nicht mit dem Wegfall einiger Abnehmer in den entsprechenden Abschnitten gleichzeitig stillgelegt oder – durch Anpassung der Netztemperaturen – anders betrieben werden könnte. In der vorliegenden Betrachtung wird davon ausgegangen, dass der absolute Netzverlust beim Vergleich der Versorgungsvarianten mit verschiedenem Anschlussgrad auf Bezirksebene⁵⁰ gleich bleibt. In den Gegenüberstellungen der Versorgungsoptionen zentraler und dezentraler Wärmeerzeugung in Abbildung 58 und Abbildung 60 wird der Netzverlust allerdings so angegeben, als wären alle Abnehmer an das Wärmenetz angeschlossen. Im Falle eines geringeren Anschlussgrades muss der spezifische Netzverlust obiger Festlegung folgend mit dem Reziprokwert des Anschlussgrades multipliziert werden. In der Folge steigt auch der Primärenergiekennwert der mit Fernwärme versorgten Gebäude durch die spezifisch höheren Netzverluste.

Für eine zukunftsweisende Wärmeerzeugung wünschenswert sind ein möglichst hoher Anteil regenerativer Energieträger bzw. Kraft-Wärme-Kopplung und geringe technische Verluste. Anlagen, die auf Basis fester Biomasse betrieben werden, scheiden aufgrund der Zielsetzung der Stadt Mainz zur Luftreinhaltung [Stadtverwaltung Mainz 1996] aus. Unter den möglichen Technologien wurden in Abstimmung mit

⁵⁰ Dementsprechend ist der absolute Netzverlust wie auch der auf die gesamte Energiebezugsfläche (der von Fernwärme und dezentral versorgten Gebäude) unverändert zum Fall der vollständigen Fernwärmeversorgung.

dem Auftraggeber zwei ausgewählt, die im Sinne einer nachträglichen Installation im Gebäudebestand praktikabel und energetisch sinnfällig erschienen. Zum einen handelt es sich dabei um eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Sie weist einen geringen Platzbedarf auf und ist mit dem vorhandenen Heizsystem mit Heizkörpern zu betreiben. Zum anderen wurde ein Flüssiggas-Brennwertkessel mit Solarthermie gewählt. Der Wahl von Flüssiggas ist der Tatsache geschuldet, dass in der Siedlung kein Gasnetz zur Versorgung der Gebäude vorhanden ist. Die nachfolgende Betrachtung der Versorgungsvarianten wird exemplarisch für den Bezirk Süd durchgeführt. Die Ergebnisse sind wegen der ähnlichen Siedlungstypologie grundsätzlich auf den Bezirk Nord übertragbar. Für den Bezirk Mitte sind aufgrund der Gebäudegröße beide hier betrachteten dezentralen Versorgungsoptionen als unüblich anzusehen.

5.2.3.1.1 Moderate Modernisierung und dezentrale Wärmeerzeugung nach Stand der Technik

Für den Gebäudebestand wird davon ausgegangen, dass die Bebauung dem Zustand nach TREND-Szenario für 2050 entspricht. Im Falle der Fernwärmeversorgung wird der Nettowärmebedarf der Gebäude mit dem spezifischen Netzverlust nach Modernisierungsvariante „Standard“ beaufschlagt. Dieser Wärmebedarf – in Höhe der Wärmeeinspeisung – ist dann von den Wärmeerzeugern der Fernwärmeversorgung zu decken.

Im Falle der dezentralen Versorgungsoptionen ergibt sich ein geringerer Nettowärmebedarf der Gebäude. Der Wärmebedarf der Hausstation entfällt, sodass der Nettowärmebedarf um etwa 5 kWh/(m²a) abnimmt. Im Falle des Brennwertkessels mit Solarthermie geht der Nettowärmebedarf zusätzlich um das Maß der nutzbaren Solarwärme zurück. Für die Berechnung wurden hier 16 kWh/(m²a) angesetzt, was einem Kennwert⁵¹ der Solarthermie für Warmwasser und eine geringe Heizungsunterstützung entspricht. Damit sinkt der Nettowärmebedarf der mit Fernwärme versorgten Gebäude von 122 kWh/(m²a) auf 116 kWh/(m²a) bei Einsatz der Wärmepumpe (WP) und auf 100 kWh/(m²a) bei Brennwertkessel mit Solarthermie (BWK).

Zur Gegenüberstellung der Versorgungsoptionen wird anstelle der Wärmeeinspeisung (NN) im Fall der Fernwärmeversorgung für die dezentralen Optionen der Kennwert der „bereitgestellten Wärme“ angegeben. Er entspricht dem Nettowärmebedarf der dezentral versorgten Gebäude. Zum Vergleich der Optionen auf Primärenergieebene ist zunächst der Endenergiebedarf der dezentral versorgten Gebäude zu bestimmen. Hierzu ist der Nettowärmebedarf mit der zum Wärmeerzeuger gehörenden Erzeugeraufwandszahl zu multiplizieren. Beide dezentralen Erzeuger bilden den Stand der Technik ab. Im Fall der Wärmepumpe hängt die Arbeitszahl weiterhin vom baulichen Wärmeschutz des Gebäudes ab. Für die Wärmepumpe⁵² wurde hier eine Erzeugeraufwandszahl von $e_g = 0,357$ angesetzt, was einer Arbeitszahl der Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2,8 entspricht. Die Erzeugeraufwandszahl des Brennwertkessels⁵³ wurde mit 1,06 angesetzt. Schließlich wird der Endenergiebedarf primärenergetisch bewertet. Dazu finden die Primärenergiefaktoren von 2,6 für elektrische Energie und 1,1 für Gas Anwendung.

⁵¹ In [Diefenbach et al. 2005] werden Anhaltswerte für Solaranlagen angegeben. Im Falle reiner Warmwasserbereitung beträgt der Anhaltswert 12 kWh/(m²a), bei zusätzlicher Heizungsunterstützung 20 kWh/(m²a). Der hier angesetzte Fall spiegelt also eine mittlere Situation wider, bei der nur einige der mit Solarthermie ausgestatteten Gebäude auch auf eine Heizungsunterstützung zurückgreifen bzw. die Heizungsunterstützung relativ gering ausfällt.

⁵² In DIN V 4701-10 sind in Anhang C typische Erzeugeraufwandszahlen getrennt nach Warmwasserbereitung und Heizung enthalten. Für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ist für die Heizung mit Heizkreistemperaturen von 55/45°C eine Erzeugeraufwandszahl von 0,37 angegeben, zur Warmwasserbereitung generell 0,30. Bei einem Nettowärmebedarf des Gebäudes von 116 kWh/(m²a) entfällt der Größte Anteil des Wärmepumpenbetriebs auf die Heizung. Folglich wurde eine Gesamt-Erzeugeraufwandszahl nahe am Wert für die Heizung von 0,357 gewählt, was einer Arbeitszahl von 2,8 entspricht.

⁵³ Die Erzeugeraufwandszahl wird wiederum in Anlehnung an DIN V 4701-10 bestimmt. Dort wird e_g der Brennwertkessel neben den Heizkreistemperaturen noch nach dem Aufstellort und der beheizten Nutzfläche differenziert. Für ein kleines Gebäude mit Heizkreistemperaturen von 55/45°C ergibt sich eine Erzeugeraufwandszahl von 1,01 bis 1,05 für Heizung und 1,15 bis 1,17 für die Warmwasserbereitung. Daraus wird die Gesamt-Erzeugeraufwandszahl von 1,06 abgeschätzt.

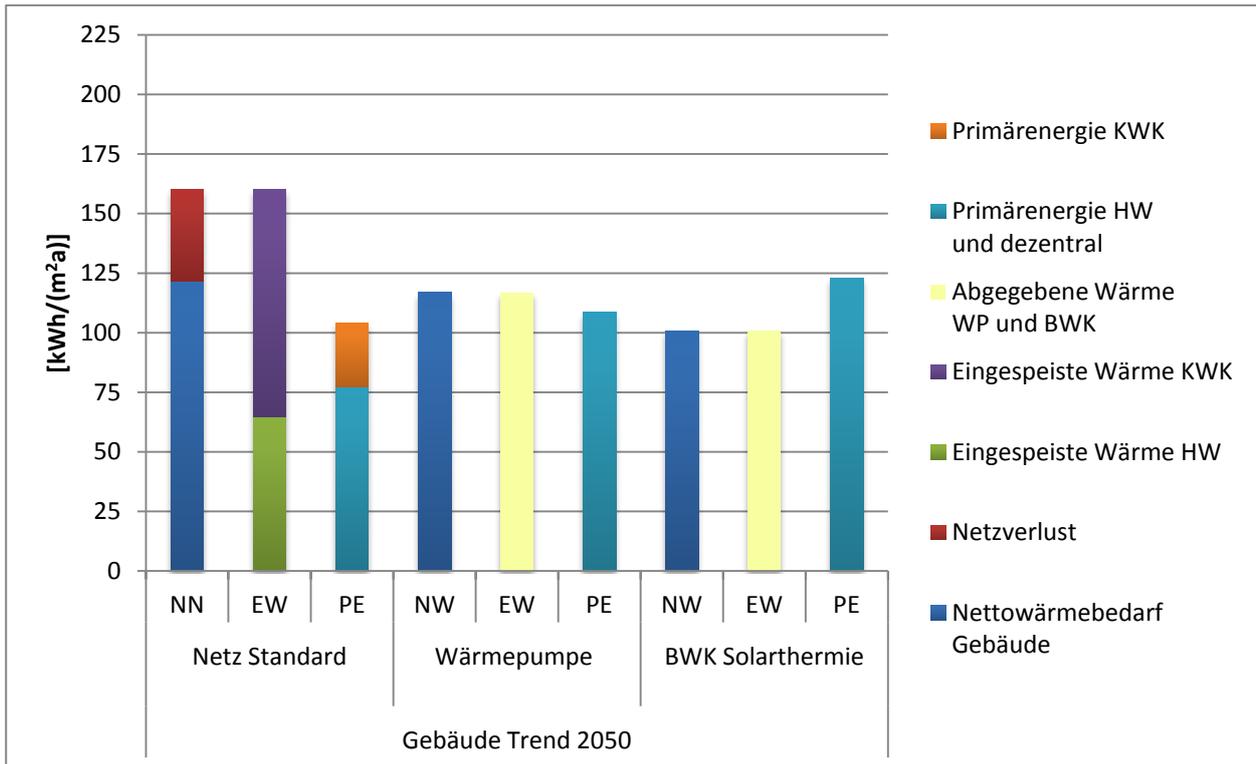


Abbildung 58: Gegenüberstellung von Fernwärme und dezentralen Versorgungsoptionen – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach TREND-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Standard“

Abbildung 58 zeigt den Rückgang des Nettowärmebedarfs der Gebäude wie auch den Wegfall des Netzverlustes im Falle der dezentralen Versorgungsvarianten. Auf Primärenergieebene zeigt sich ein leichter Anstieg des Bedarfs der dezentralen Versorgungsoptionen gegenüber der Fernwärme.

Die Auswirkungen eines rückläufigen Anschlussgrades bei Einsatz der eben beschriebenen dezentralen Versorgungsoptionen für den Bezirk Süd zeigt Abbildung 59. Hier werden der Versorgungsvariante mit Vollversorgung durch Fernwärme (100 % Netz) zwei Varianten mit reduziertem Anschlussgrad gegenübergestellt. Die beiden oben beschriebenen dezentralen Versorgungsoptionen werden je Versorgungsvariante zu gleichen Anteilen angesetzt. Der Anschlussgrad der Varianten wurde mit 90 % bzw. 70 % angenommen, was bedeutet, dass je 5 % bzw. 15 % der Gebäude in diesen Varianten durch eine Wärmepumpe oder einen Brennwertkessel mit Solarthermie versorgt werden.

Der Nettowärmebedarf der Gebäude geht bei einer Reduzierung des Anschlussgrades leicht zurück. Hier überlagern sich zwei gegenläufige Effekte. Die mit Fernwärme versorgten Gebäude sind bei einer Reduzierung des Anschlussgrades von ansteigenden spezifischen Netzverlusten betroffen⁵⁴. Die Nettowärmebedarfe der Gebäude mit dezentralen Optionen liegen unter dem Kennwert für Fernwärmeeinsparung, was gleichzeitig auch die Ursache für den leichten Rückgang des gesamten Wärmebedarfs auf Bezirksebene ist. Entscheidend zur Erreichung der Klimaschutzziele sind allerdings die Auswirkungen auf Primärenergieebene. Hier ist zu erkennen, dass die KWK-basierte Wärme mit fallendem Anschlussgrad zurückgeht. Durch die Verdrängung von KWK-Wärme und die höheren Primärenergiekennwerte der dezentralen Optionen steigt der Primärenergiekennwert des Bezirks von 104 kWh/(m²a) auf 114 kWh/(m²a) an. Der Anstieg des Kennwertes entspricht mehr als der Hälfte der Primärenergieeinsparung, die durch Gebäudemodernisierung nach dem TREND-Szenario bis 2050 oder durch die Umsetzung der Netzmodernisierung Standard erreicht werden kann.

⁵⁴ Die spezifischen Netzverluste steigen in diesem Beispiel von 38 kWh/(m²a) bei Vollversorgung mit Fernwärme auf 43 kWh/(m²a) bei 90 % Anschlussgrad und 55 kWh/(m²a) bei 70 % Anschlussgrad. Der absolute Netzverlust bleibt annahmegemäß unverändert.

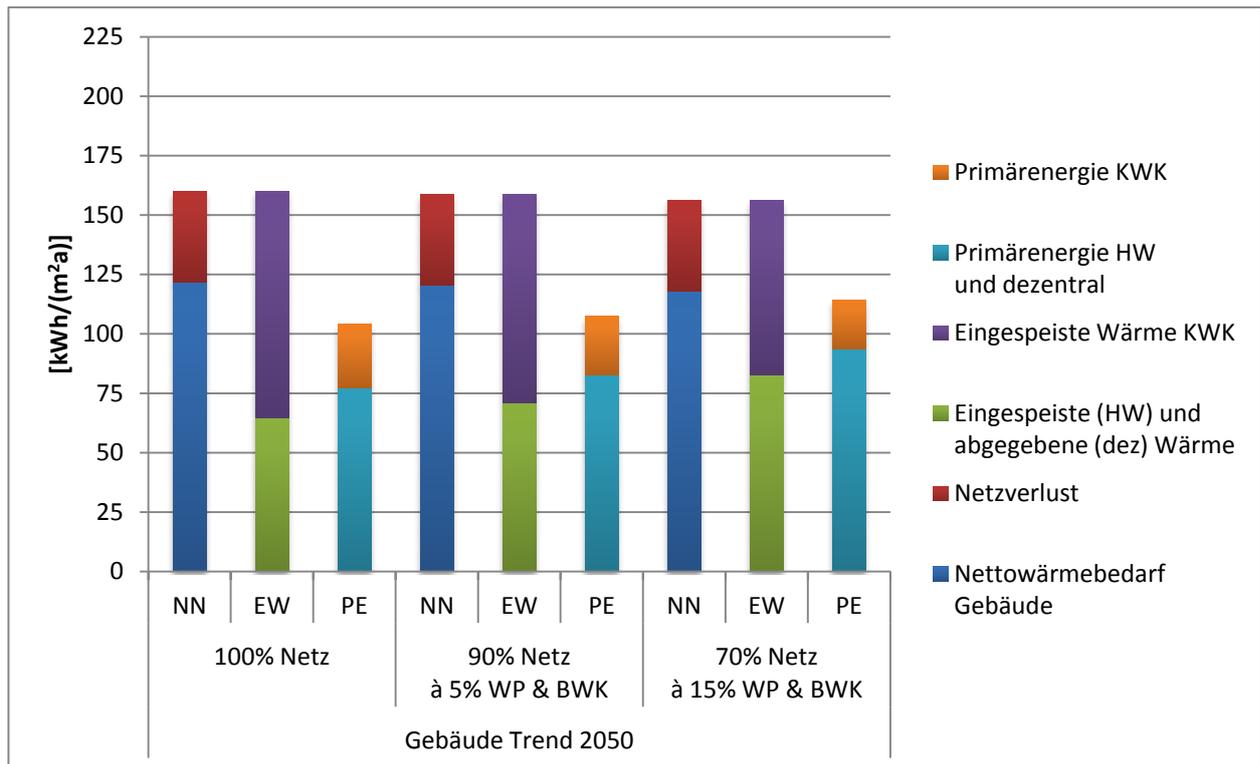


Abbildung 59: Auswirkungen eines abnehmenden Anschlussgrades auf End- und Primärenergieebene – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach TREND-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Standard“

5.2.3.1.2 Ambitionierte Modernisierung und dezentrale Wärmeerzeugung mit verbesserter Technologie

Analog zum vorangegangenen Fall sollen hier dezentrale Versorgungsoptionen mit Wärmepumpe bzw. Brennwertkessel untersucht werden. Allerdings wird hier für alle Versorgungsfälle eine ambitionierte Modernisierungstätigkeit unterstellt. Die Gebäude des Bezirks Süd sind nach dem ZIEL-Szenario modernisiert und auch am Wärmenetz sind umfangreiche bauliche Maßnahmen nach der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“ durchgeführt worden. Dementsprechend soll auch für die dezentralen Versorgungsoptionen eine höhere Effizienz angenommen werden.

Die Wärmepumpe wird hier mit einer verbesserten Arbeitszahl angenommen. Dabei ist nicht zwangsläufig ein effizienteres Gerät erforderlich. Vielmehr wird die Tatsache abgebildet, dass durch den deutlich verbesserten Wärmeschutz der Gebäude auch von so geringen Systemtemperaturen des Heizsystems ausgegangen werden kann, dass eine Arbeitszahl von 3,4 bzw. eine Erzeugeraufwandszahl von 0,294 für die Wärmepumpe⁵⁵ als praktisch erreichbar angesehen wird. Der hier angesetzte Brennwertkessel⁵⁶ ist hingegen technologisch verbessert. Dies soll hier mit einer Erzeugeraufwandszahl von 1,02 abgebildet werden.

⁵⁵ DIN V 4701-10 enthält in Anhang C mit Erzeugeraufwandszahlen von jeweils 0,30 für Heizkreistemperaturen von 35/28°C und auch für die Warmwasserbereitung nahezu identische Angaben.

⁵⁶ Die Erzeugeraufwandszahl für Heizung liegt nach DIN V 4701-10 bei geringen Systemtemperaturen bei etwa 0,95, für Warmwasser bei etwa 1,14. Da der größere Teil der bereitgestellten Wärme der Heizung zuzuschreiben ist, erscheint die Abschätzung der Gesamt-Erzeugeraufwandszahl von 1,02 als sinnfällig.

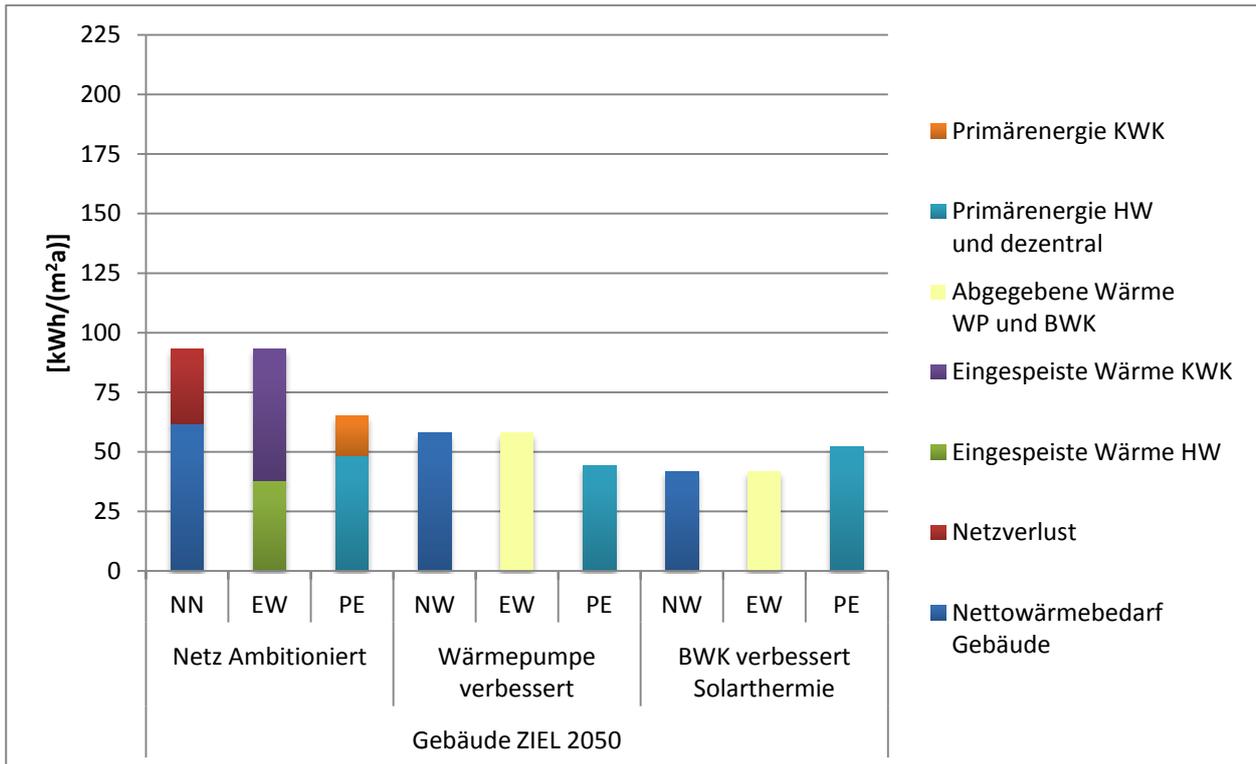


Abbildung 60: Gegenüberstellung von Fernwärme und dezentralen Versorgungsoptionen – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach ZIEL-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“

Wie in Abbildung 60 zu erkennen, geht auch hier der Nettowärmebedarf bei den dezentralen Optionen zurück. Maßgeblich für die primärenergetische Bewertung der Versorgungsoptionen ist allerdings der – trotz rückläufigen Kennwertes – höhere anteilige Netzverlust. In dem hier dargestellten Fall ist der Primärenergiekennwert der Fernwärmeversorgung am größten.

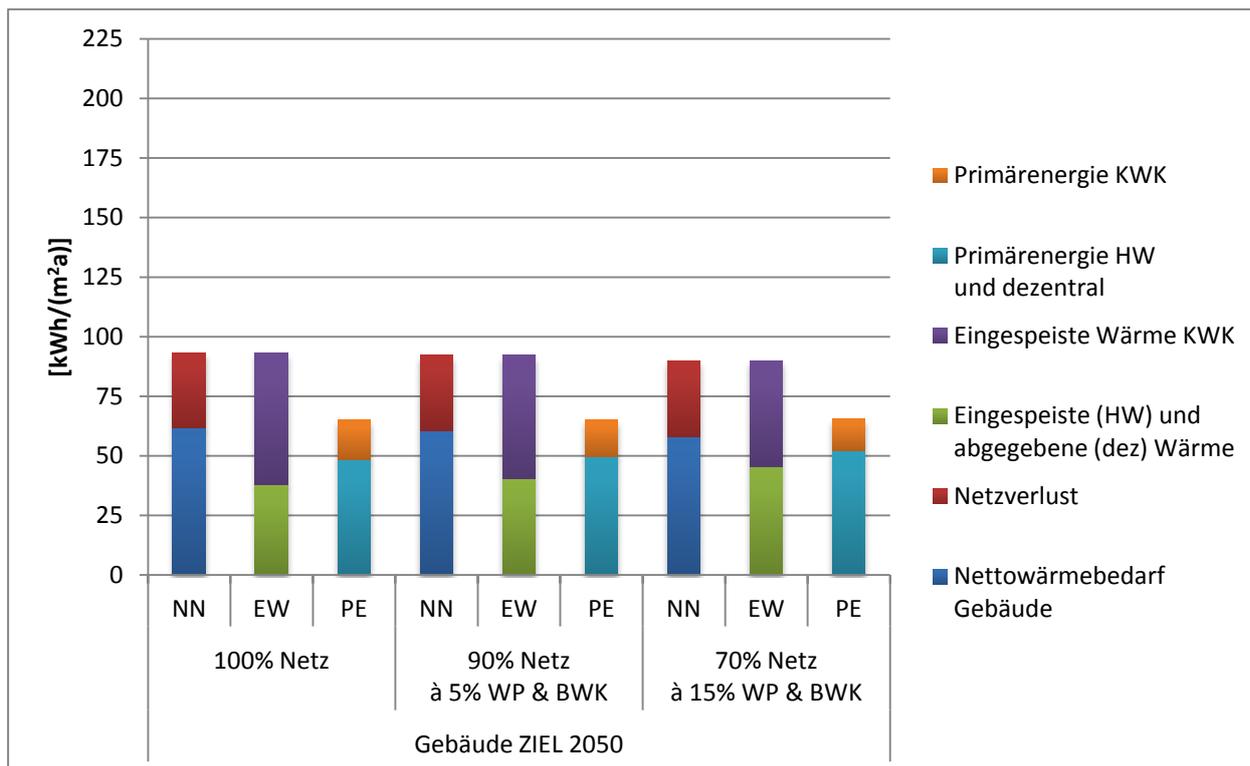


Abbildung 61: Auswirkungen eines abnehmenden Anschlussgrades auf End- und Primärenergieebene – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für den Bezirk Süd mit Gebäuden nach ZIEL-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“

Die Überlagerung der Versorgungsoptionen in Abbildung 61 zeigt einen geringfügigen Rückgang des KWK-Anteils bei sinkendem Anschlussgrad. Die entscheidende Erkenntnis im Sinne der Klimaschutzziele ist, dass der Primärenergiekennwert des Bezirks Süd nahezu unabhängig vom Anschlussgrad ist. Dies gilt für den Fall einer ambitionierten Modernisierungstätigkeit in der Siedlung und der damit verbundenen Möglichkeit, effiziente dezentrale Versorgungsoptionen betreiben zu können. Im Beispiel führen ansteigende spezifische Netzverluste von 32 kWh/(m²a) auf 45 kWh/(m²a) bei sinkendem Anschlussgrad von 100 % auf 70 % zum Ansteigen des Primärenergiebedarfs der Fernwärmeversorgung, was durch die geringeren Primärenergiebedarfe der dezentralen Versorgungsoptionen vollständig kompensiert wird.

5.2.4 Teilung des Wärmenetzes in Inselnetze

Die Betrachtung von Inselnetzen beschränkt sich auf die Bezirke Süd und Nord, weil hier aufgrund der feinteiligen Bebauung angenommen wird, dass der Betrieb von Inselnetzen zu energetisch relevanten Veränderungen im System führen kann. Eine Teilung des Wärmenetzes in Inselnetze hat Auswirkungen auf die Energieeffizienz von Wärmenetz und Wärmeerzeuger. Die Bildung von Wärmeinseln mit zugehörigem Wärmenetz wird hier in eher größeren Einheiten⁵⁷ verstanden, die durch Wegfall großer Transportleitungen und teilweise geringere Dimensionierung gekennzeichnet sind. Durch Rückgang von Trassenlänge und Dimension geht der Netzverlust zurück. Als Wärmeerzeuger der Inselnetze werden Gas-BHKWs und Spitzenlast-Gaskessel angenommen. Auch hier geht es – wie schon in Abschnitt 5.2.3 losgelöst von der rechtskräftigen Satzung zum Anschluss- und Benutzungszwang – darum, die energetische Effizienz des alternativen Systems zu betrachten. Betrachtungen zur Infrastruktur und zu den Kosten werden nicht angestellt.

⁵⁷ In diesem Sinne sind Wärmeinseln nicht als gemeinsame Versorgung von zusammenhängenden Reihen-, Ketten- bzw. Einfamilienhäusern entlang eines Weges definiert. Derartige Inseln würden durch eine einstellige Anzahl von Gebäuden und sehr geringe Netzlängen und Dimensionen bis etwa DN 40 beschrieben werden. Stattdessen werden die Gebäude hier zu größeren Einheiten zusammengefasst, sodass eine Insel aus einer höheren zweistelligen Anzahl an Gebäuden gebildet wird mit moderatem Rückgang der Trassenlänge und Dimensionierung.

Das Wärmenetz wird ausgehend vom vorhandenen Netz zunächst entsprechend der Modernisierungsvarianten „Standard“ bzw. „Ambitioniert“ modifiziert (kleinere Dimensionierung, Nachdämmen bzw. Austausch der jeweiligen Leitungen). Anschließend werden längere Leitungsabschnitte der Transportleitungen, die im bestehenden Netz der Verbindung zwischen Straßenzügen oder den Bezirken dienen, dem Netz entnommen und so die Inseln gebildet. Verbleibende Transportleitungen mit einer Dimension größer als DN 65 werden auf DN 65 verkleinert. Die Trassenlänge wird so um 10 % (Süd) bzw. 12 % (Nord) verringert. Der Wärmeverlust im Bezirk wird neben der kleineren Trassenlänge zusätzlich durch die kleinere Dimensionierung einiger Transportleitungen weiter reduziert. Gegenüber dem Netzverlust der jeweiligen Modernisierungsvariante für die vorhandene Ausdehnung des Wärmenetzes ergibt sich in den betrachteten Bezirken durch die Bildung von Inselnetzen ein Rückgang von ca. 21 % für die Variante „Standard“ und ca. 16 % für die Variante „Ambitioniert“. Tabelle 52 enthält neben den Angaben zu den Modernisierungsvarianten aus Tabelle 47 für das Netz in der heutigen Ausdehnung die Kennwerte und den Rückgang des Netzverlustes der Inselnetze in den Bezirken Süd und Nord.

Tabelle 52: Inselnetze der Bezirke Süd und Nord – Rückgang und Kennwerte für den Netzverlust des Wärmenetzes in kWh/(m²a) für die Modernisierungsvarianten

Wärmenetz Standard		Wärmenetz Ambitioniert	
Nord	Mitte	Nord	Mitte
30	10	25	6
<hr/>		<hr/>	
Süd	Siedlung	Süd	Siedlung
38	22	32	17
<hr/>		<hr/>	
Inselnetz Standard		Inselnetz Ambitioniert	
Nord		Nord	
24		21	
-22%		-17%	
<hr/>		<hr/>	
Süd		Süd	
30		27 — Kennwert	
-21%		-16% — Rückgang	

Die Parameter der Wärmeerzeuger der Varianten mit Inselnetzen werden in Anlehnung an die in [Erdmann 2010] beschriebenen Nahwärmesysteme gewählt. Demnach wird ein Gas-BHKW mit einem thermischen Nutzungsgrad von 56 % und einem elektrischen Nutzungsgrad von 34 % angenommen. Als Spitzenlastwärmeerzeuger wird ein Gaskessel mit einem Nutzungsgrad von 90 % angesetzt. Der Deckungsgrad des Wärmebedarfes durch den Spitzenlastkessel liegt bei 30 %. Für die Wärme des BHKWs ergibt sich nach der Stromgutschriftmethode ein Primärenergiefaktor⁵⁸ von 0,143. Der Nutzungsgrad des Gas-

⁵⁸ In der Bilanz wird das BHKW (analog zur KWK-Wärme von HKW für das Wärmenetz) als Wärme aus einer Vorkette angesetzt. Der Betriebsstrom ist hier nicht enthalten. Es wird angenommen, dass der Betriebsstrom des Gesamtsystems für das Inselnetz gegenüber dem Wärmenetz geringfügig zurückgeht und dass der Betriebsstrom des Gas-BHKWs diesen Rückgang vollständig kompensiert. Für die Varianten mit Inselnetz wird deshalb der Betriebsstrom des Gesamtsystems gegenüber den Varianten mit Wärmenetz unverändert mit ca. 4 kWh/(m²a) angesetzt, schließt jedoch den Strombedarf des BHKWs mit ein.

kessels ist mit 90 % kleiner als der Nutzungsgrad der Kessel des Heizwerkes Lerchenberg mit 103 %. Somit sind bei der primärenergetischen Bewertung gegenläufige Effekte erkennbar. Der leicht zurückgegangene Bedarf an einzuspeisender Wärme wird durch einen größeren Anteil an KWK-Wärme gedeckt. Die KWK-Wärme für Inselnetze wird zudem primärenergetisch günstiger bewertet als die KWK-Wärme für das Wärmenetz. Diese Änderungen führen zu einem Rückgang des Primärenergiebedarfes bei Betrieb von Inselnetzen. Demgegenüber nimmt der Primärenergieeinsatz bei Betrieb der Spitzenlastkessel in den Inselnetzen spezifisch gegenüber den Kesseln des Wärmenetzes zu. Da insgesamt unter den für die Inselnetze gesetzten Annahmen aber deutlich weniger Wärme durch die Spitzenlastkessel bereitgestellt wird, tritt der auf Primärenergieebene nachteilige Effekt des geringeren Nutzungsgrades hinter den Einsparungen durch die KWK-Wärme der BHKWs zurück.

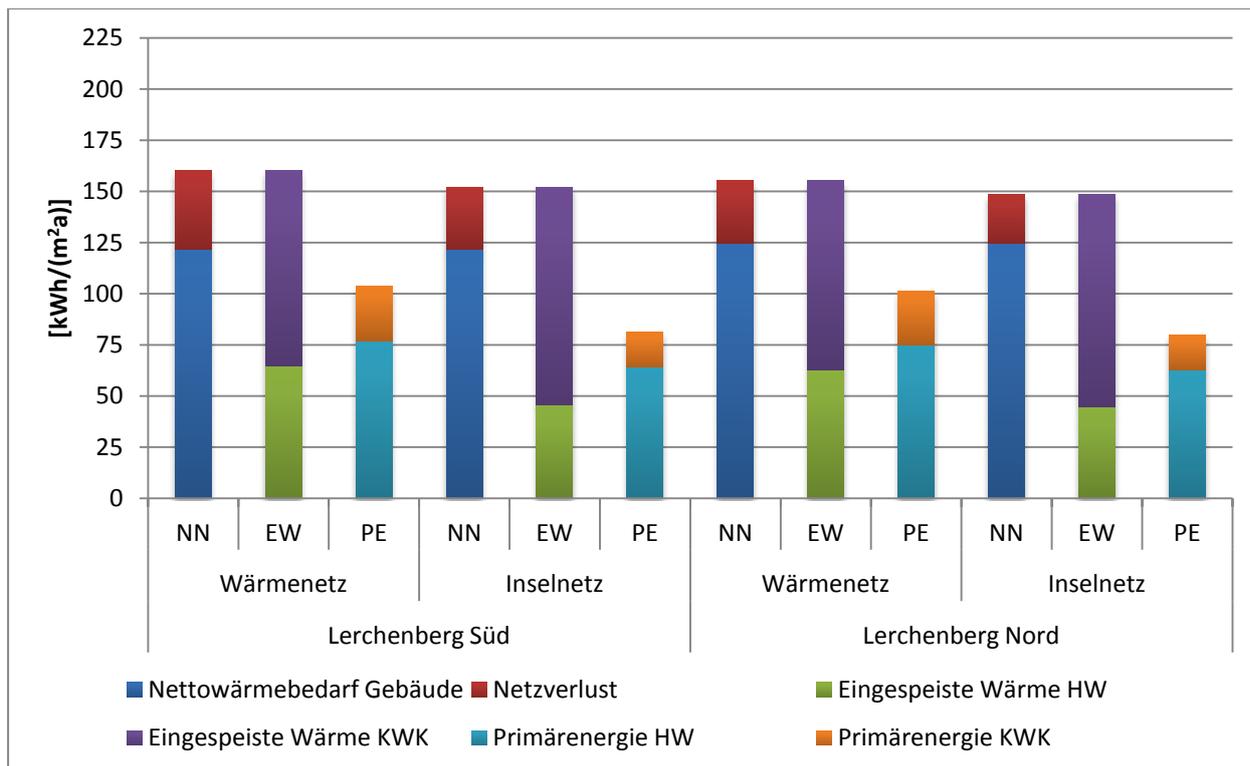


Abbildung 62: Auswirkungen eines Inselbetriebes – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für die Bezirke Süd und Nord mit Gebäuden nach TREND-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Standard“

Die Auswirkungen eines Inselbetriebes sind für die oben bereits beschriebenen moderaten Modernisierungsaktivitäten (Gebäude TREND2050 und Netz Standard) in Abbildung 62 und für die ambitionierten Modernisierungsaktivitäten (Gebäude ZIEL2050 und Netz Ambitioniert) in Abbildung 63 dargestellt. Deutlich erkennbar ist der ähnlich große Rückgang des Primärenergiebedarfes für beide Bezirke. Er liegt für die moderaten Modernisierungsaktivitäten bei 21 kWh/(m²a) und die ambitionierten Aktivitäten bei 12 kWh/(m²a). Dieser deutliche Rückgang gilt für den Vergleich der Inselnetze mit dem Wärmenetz für den aktuellen Anteil der KWK-Wärme von 60 %. Steigt der KWK-Anteil für das Wärmenetz – bei gleich bleibendem KWK-Anteil des Gas-BHKWs von 70 % für die Inseln – auf Werte oberhalb 77 %, wird die Variante mit Wärmenetz primärenergetisch gleich bzw. besser bewertet als die Insellösung. Anders formuliert muss die Variante mit Wärmenetz aufgrund des etwas höheren Netzverlustes und der etwas ungünstigeren KWK-Bewertung einen etwas höheren KWK-Anteil an der Wärmeeinspeisung aufweisen als die Gas-BHKWs der Inseln, um primärenergetisch gleich bewertet zu werden.

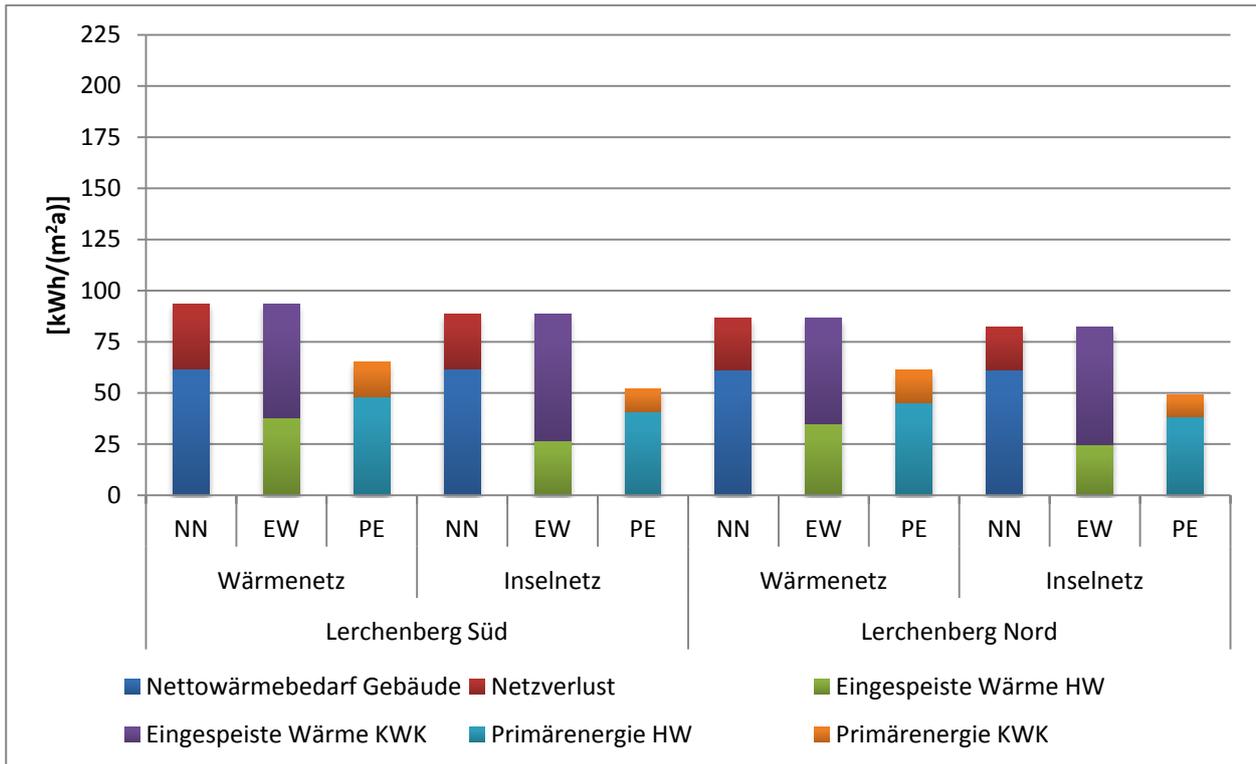


Abbildung 63: Auswirkungen eines Inselbetriebes – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für die Bezirke Süd und Nord mit Gebäuden nach ZIEL-Szenario 2050 und der Modernisierungsvariante des Wärmenetzes „Ambitioniert“

Im nachfolgenden Abschnitt 5.2.5.2 wird auch die primärenergetische Bewertung von KWK-Wärme nach der Finnischen Methode diskutiert. Nach dieser Methode ergibt sich für das hier abgebildete Gas-BHKW ein Primärenergiefaktor von 0,82. Er liegt damit über dem nach der Finnischen Methode für die KWK-Wärme abgeschätzten Wert.

5.2.5 Auswirkungen einer veränderten Wärmeerzeugerstruktur

5.2.5.1 Steigerung des KWK-Anteiles

In den bisherigen Betrachtungen wurde durchgängig davon ausgegangen, dass die Wärme für die Siedlung zu den Anteilen, die aktuell vom Heizwerk Lerchenberg (rund 40 %) und von HKW Mainz (rund 60 %) eingespeist werden, auch künftig in diesen Anteilen geliefert wird. Nach Auskunft von HKW Mainz [HKW 2013] reicht die Transportleistung der Leitung zum Lerchenberg heute schon aus, um den Wärmebedarf der Siedlung (ohne das ZDF) weitgehend zu decken. Lediglich zur Deckung der Lastspitzen der Siedlung ist der Betrieb von Gaskesseln erforderlich. Der mögliche KWK-Deckungsanteil wird zu 95 % abgeschätzt. Diese Größe war oben schon bei der Betrachtung des bestehenden Fernwärmesystems beispielhaft angesetzt worden. Sie wird auch für den nachfolgend beschriebenen Vergleichsfall einer veränderten Wärmeerzeugerstruktur angesetzt. Die von HKW eingespeiste Wärme wird aktuell mit dem Primärenergiefaktor 0,253 bewertet, die Wärme des Heizwerkes mit dem Primärenergiefaktor für Gas mit 1,1. Mit steigendem Anteil der Wärme von HKW (die fast ausschließlich aus KWK-Prozessen bereitgestellt wird), sinkt der Primärenergiefaktor der Siedlung.

Tabelle 53: Entwicklung von Primärenergiekennwert und -faktor der Siedlung für verschiedene Zustände der Modernisierung in Abhängigkeit vom KWK-Anteil der eingespeisten Wärme

	Bestand	Moderate Modernisierung	Ambitionierte Modernisierung
Zustand Gebäude Nettowärmebedarf	Bestand 142	TREND 2050 116	ZIEL 2050 58
Zustand Wärmenetz Netzverlust	Bestand 37	Standard 22	Ambitioniert 17
KWK-Anteil	60% / 95%	60% / 95%	60% / 95%
Primärenergiebedarf	115 / 63	91 / 51	54 / 33
Primärenergiefaktor	0,81 / 0,44	0,79 / 0,44	0,93 / 0,56
für Nettowärmebedarf, Netzverlust und Primärenergiebedarf Kennwerte in kWh/(m ² a)			

In Tabelle 53 ist ein deutlicher Rückgang des Primärenergiefaktors bei steigendem KWK-Anteil zu erkennen. Allein durch die Änderung der anteiligen Einspeisung von Wärme der bestehenden Wärmeerzeuger an Gebäude und Wärmenetz der Siedlung im Bestand würde der errechnete Primärenergiekennwert von 115 kWh/(m²a) auf 63 kWh/(m²a) zurückgehen. Damit wird beinahe die Größe des Primärenergiekennwertes bei ambitionierter Modernisierung der Gebäude (ZIEL 2050) und des Netzes (Ambitioniert) erreicht, der oben bei der Betrachtung der Versorgungsvarianten mit derzeitiger Wärmeerzeugerstruktur (KWK-Anteil von 60 %) zu 54 kWh/(m²a) berechnet wird. Dort war der Rückgang verbunden mit einem Rückgang des Wärmebedarfs der Siedlung. Dieser Vergleich führt deutlich vor Augen, dass es sich beim Primärenergiebedarf um einen rechnerisch bestimmten Kennwert handelt, der hilfreich ist, die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Erreichung von Klimaschutzzielen zu beurteilen. Aussagen zum Umfang tatsächlich eingespeister Wärme lassen sich aus dem Primärenergiekennwert jedoch nicht ableiten⁵⁹.

Der Tabelle 53 kann man weiterhin entnehmen, dass mit abnehmenden Kennwerten für Nettowärmebedarf und Netzverlust die Primärenergiefaktoren tendenziell steigen. Ausgehend vom Bestand ist für das Beispiel der moderaten Modernisierung der prozentuale Rückgang der Netzverluste stärker als der Rückgang des Nettowärmebedarfs⁶⁰. Die in ihrer Größe unverändert angesetzte Hilfsenergie kommt jetzt durch ihren größer werdenden Anteil am Gesamtprimärenergiebedarf deutlicher zur Geltung. Der zurückgegangene relative Netzverlust wird durch diesen Effekt fast vollständig aufgezehrt. Es ergeben sich im Vergleich zwischen Bestand und moderater Modernisierung für die jeweiligen KWK-Anteile quasi gleiche Primärenergiefaktoren. Ähnliche Beobachtungen lassen sich bei der Gegenüberstellung von Bestand und ambitionierter Modernisierung anstellen. Der relative Netzverlust steigt leicht von 26 % auf 29 %, die Primärenergiefaktoren jedoch deutlich von 0,81 auf 0,93 (KWK-Anteil von 60 %) bzw. von 0,44 auf 0,56 (KWK-Anteil von 95 %). Auch hier schlägt sich der steigende Anteil der Hilfsenergie am Gesamtbedarf nieder.

⁵⁹ Die eingespeiste Wärme bleibt im Beispiel der alleinigen Erhöhung des KWK-Anteils auf 95 % unverändert (Gebäude 142 kWh/(m²a) und Netz 37 kWh/(m²a) und führt primärenergetisch zu 63 kWh/(m²a). Ginge die eingespeiste Wärme bei ambitionierter Modernisierung auf weniger als die Hälfte der derzeitigen Größe zurück (Gebäude 58 kWh/(m²a) und Netz 17 kWh/(m²a)), führte das bei einem KWK-Anteil von 95 % zu einem Primärenergiekennwert von 33 kWh/(m²a).

⁶⁰ Das führt tendenziell zu kleineren Primärenergiekennwerten.

5.2.5.2 Methoden der KWK-Bewertung

Bei KWK-Prozessen werden durch den Einsatz von Brennstoffen zwei Produkte – Wärme und Strom – bereitgestellt. Damit entsteht gegenüber dem Fall getrennter Erzeugung dieser Produkte sofort das Problem, welcher Anteil der Brennstoffe welchem Produkt zugeordnet werden soll. Die KWK-Bewertungsmethoden unterscheiden sich dabei in der Gewichtung der Zuordnung der Brennstoffe. In allen bisher angestellten Betrachtungen auf Primärenergieebene wurde die aus KWK-Prozessen bereitgestellte Wärme nach der von der Fernwärmewirtschaft angewandten Methode der Stromgutschrift bewertet. Vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklung zum Thema KWK-Bewertung soll hier vergleichend auf eine Methode eingegangen werden, die in den letzten Jahren in Deutschland und auf EU-Ebene Eingang in Energiebilanzen und Effizienzbetrachtungen gefunden hat.

Im Fall der Stromgutschrift wird zunächst die Menge der eingesetzten Brennstoffe zur Stromproduktion zugeordnet, die auch bei getrennter Stromproduktion in einer Referenzanlage erforderlich wäre. Der Rest der Brennstoffe wird dann dem sogenannten „Nebenprodukt“ Wärme zugeordnet. Je nach Wahl der Referenzanlage zur Stromproduktion wird der Wärme ein mehr oder weniger großer Brennstoffrest zugeordnet. Die Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft München stellt in [Mauch et al. 2010] fest, dass das „Nebenprodukt“ (hier Wärme) systematisch zu günstig bewertet⁶¹ wird. Das Referenzsystem zur Berechnung der Primärenergiefaktoren für Wärme aus KWK der deutschen Fernwärmesysteme hat einen Primärenergiefaktor von 3,0 [AGFW 2010]. Die Produktion des KWK-Stromes wird demnach mit der Effizienz eines Kohlekraftwerkes belegt. Dementsprechend groß ist nach diesem Ansatz der Anteil der im KWK-Prozess eingesetzten Brennstoffe, der der Stromproduktion zugeordnet werden kann. Ein Beispiel aus [Pfeifroth/Beer 2009] verdeutlicht den Zusammenhang. Dort verteilt sich ein Energieeinsatz von 100 Einheiten auf die Produkte Wärme zu 50 Einheiten und Strom zu 30 Einheiten, daneben 20 Einheiten Verluste. Je nach Wahl des Referenzsystems zur Stromproduktion mit einem Primärenergiefaktor von 2,7 bzw. 3,0 ergibt sich ein Primärenergiefaktor für die KWK-Wärme in Höhe von 0,58 bzw. 0,40. Abbildung 90 illustriert das Beispiel aus [Pfeifroth/Beer 2009] und ist in Anhang G enthalten. Entscheidend für die primärenergetische Bewertung der Wärme aus KWK nach der Stromgutschriftmethode ist also die Wahl der Referenzanlage zur entkoppelten Stromproduktion.

Nach dem Ansatz der Finnische Methode wird eine rechnerische Primärenergieeinsparung ermittelt, die sich für den KWK-Prozess gegenüber der getrennten Produktion von Wärme und Strom mit den besten Wärme- und Stromerzeugungsanlagen bei Einsatz vergleichbarer Technologien ergibt. Diese Primärenergieeinsparung wird dann den Koppelprodukten des KWK-Prozesses je nach Wirkungsgrad der Einzelprozesse (Wärme- bzw. Stromproduktion) gegenüber dem vergleichbaren Einzelprozess der getrennten Produktion zugeordnet. Bei dieser Methode ist also neben dem Wirkungsgradverhältnis⁶² der KWK-Anlage auch die Effizienz der KWK zu vergleichbaren Einzelanlagen ausschlaggebend. Das führt zu Ergebnissen, die Aussagen über die Gesamteffizienz der gekoppelten Wärme- und Stromproduktion zulassen. Die Finnische Methode ist in den EU-Richtlinien 2004/8/EG (KWK) und 2012/27/EG (Gesamteffizienz) beschrieben. In Deutschland wird sie von der AG Energiebilanzen zur Erstellung der deutschen Energiebilanz angewendet. Auch im Bereich des Normwesens werden derzeit Überlegungen angestellt, nach denen ein Einsatz dieser Methode erwogen wird. Auf europäischer Ebene wird die Finnische Methode beispielsweise von der Österreichischen Energieagentur eingesetzt, um Primärenergiefaktoren für Strom und Fernwärme aus KWK-Prozessen zur Abbildung von Primärenergieeinsparungen zu ermitteln.

Eine Schwierigkeit besteht bei der Finnischen Methode in der Auswahl der zutreffenden Referenzanlagen. Hier fehlen oft statistische Angaben. Die nachfolgende Betrachtung der KWK-Prozesse des Fern-

⁶¹ Dort wird die Verteilung von CO₂-Emissionen diskutiert. Die Aussage gilt analog aber auch bei der primärenergetischen Bewertung.

⁶² Nach Stromgutschriftmethode genügt ein elektrischer Wirkungsgrad der rein mit Gas betriebenen KWK-Anlage von knapp 37 % bei einem Primärenergiefaktor von 3,0 der Referenzanlage, um die Wärme primärenergetisch mit Null bewerten zu können, da der eingesetzte Brennstoff vollständig der Stromproduktion zugeordnet wird.

wärmesystems Lerchenberg kann aus diesem Grund nur als Abschätzung einer möglichen KWK-Bewertung nach der Finnischen Methode verstanden werden. Neben der Abschätzung von Wirkungsgraden von Referenzanlagen sind weiterhin die Wirkungsgrade der KWK-Prozesse von HKW Mainz nicht bekannt, sodass eine Abweichung der hier angesetzten Primärenergiefaktoren von 10 bis 15 % nach oben oder unten durchaus möglich ist. Unter den Annahmen⁶³ für die KWK-Prozesse von HKW und die Referenzanlagen wird der Primärenergiefaktor für die Wärme zu 0,72 abgeschätzt. Der Primärenergiefaktor für Strom aus KWK liegt nach der Finnischen Methode für die gleichen Annahmen bei 1,6. Zum Vergleich: Nach Stromgutschrift hatte der Primärenergiefaktor für KWK-Strom 3,0 betragen.

Für die Wärmeversorgung der Siedlung Lerchenberg hätte die Bewertung der KWK-Wärme nach der Finnischen Methode zur Folge, dass beim derzeitigen Wärmeerzeugermix ein Primärenergiefaktor größer als 1 zu deutlich höheren Primärenergiekennwerten führen würde. Für den Fall der 95 %igen Versorgung mit KWK-Wärme läge der Primärenergiefaktor etwa bei 1. Damit ergäben sich Primärenergiekennwerte, die größer wären als nach Stromgutschriftmethode, auch bei Ansatz des heutigen KWK-Anteils von 60 %. In Abbildung 64 ist auf der Primärenergieebene der Einfluss der Bewertungsmethode für Wärme aus KWK für die Bestandssituation gut zu erkennen. Im Anhang befinden sich entsprechende Darstellungen für Gebäude nach TREND2050 und Netz „Standard“ (Abbildung 91) sowie Gebäude nach ZIEL2050 und Netz „Ambitioniert“ (Abbildung 92). Die aus der Bewertung nach der Finnischen Methode resultierenden Primärenergiekennwerte werden hier wegen der Unschärfe bei der Abschätzung der Eingangsdaten nicht diskutiert. An dieser Stelle muss die qualitative Aussage genügen, dass Primärenergiefaktor und -kennwert nach der Finnischen Methode für die KWK-Wärme auf dem Lerchenberg im Vergleich zur Bewertung nach der Stromgutschriftmethode deutlich ansteigen.

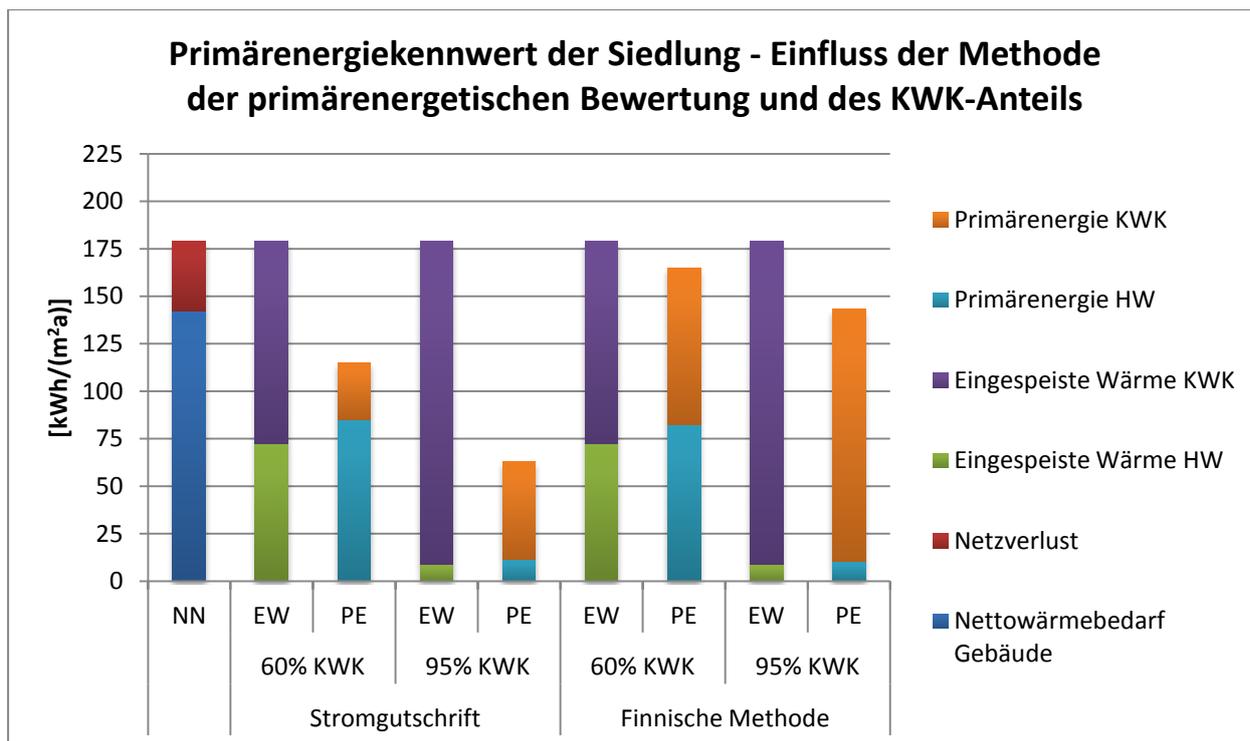


Abbildung 64: Auswirkungen der KWK-Bewertungsmethode für verschiedene Anteile an KWK-Wärme auf den Primärenergiekennwert der Siedlung – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für Gebäude und Wärmenetz im Bestand

⁶³ Für die KWK-Prozesse von HKW werden ein thermischer Nutzungsgrad von 42 % und ein elektrischer Nutzungsgrad von 45 % angenommen. Weiter wird der Netznutzungsgrad des HKW-Wärmenetzes mit 93 % angesetzt. Für die Nutzungsgrade der Referenzanlagen werden thermisch 90 % und elektrisch 38 % angenommen. Der Primärenergiefaktor der eingesetzten Brennstoffe (s. oben Gas 90-95 %, der Rest Müllverbrennung) wurde mit 1,0 abgeschätzt.

5.2.6 Qualitative Betrachtungen zu Energieeffizienz und Primärenergiebewertung der künftigen Wärmeversorgung

Im nun folgenden Abschnitt werden die oben diskutierten Parameter mit Einfluss auf die Energieeffizienz und Primärenergiebewertung in der Weise dargestellt, dass zunächst die wesentlichen Aspekte der energetischen Wirkung der Parameter stichpunktartig aufgeführt werden. Anschließend werden Hemmnisse und Restriktionen benannt, die die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bzw. das Erreichen einer primärenergetischen Zielsetzung behindern.

Tabelle 54: Qualitative Betrachtungen zu Energieeffizienz und Primärenergiebewertung der künftigen Wärmeversorgung

Modernisierung der Gebäude	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Größtes Energieeinsparpotential • Beratung (Quartiersmanager, Energieberater) und Förderung (Bund, Land, Kommune, Versorger) bezüglich ambitionierter Modernisierung kann den Anteil der ambitionierten Maßnahmen an der gesamten Modernisierung deutlich erhöhen • Erreichbare Energieeinsparung von Bündelung aller Einzelmaßnahmen im Modernisierungspaket abhängig (Quartiersmanager kann beratend unterstützen)
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Energieeinsparpotentiale sind erst mittel- bis langfristig zu heben • Künftig erreichter Gesamt-Modernisierungsgrad und Reduktion des Wärmebedarfs werden durch die Entscheidungen vieler Einzeleigentümer beeinflusst und sind damit schwer abzuschätzen • Teile der für Einzelgebäude erwarteten Einsparungen werden durch geändertes Nutzerverhalten oder geänderte Nutzung möglicherweise nicht realisiert Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> ○ Nutzerverhalten: Deutlich geringere Heizkosten durch verbesserte Wärmedämmung führen zu einem Verzicht auf das Abdrehen von Heizkörperventilen ○ Geänderte Nutzung: Durch Besitzerwechsel steigt die Anzahl der Bewohner des Gebäudes verbunden mit einem Anstieg des Warmwasserbedarfs bzw. mit dem Wegfall der Teilbeheizung des Gebäudes
Wärmenetz	
Infrastruktur allgemein	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Netzverlust in der Bestandssituation, weitere Verschärfung mit voranschreitender Gebäudemodernisierung • Durch Verlegung des Wärmenetzes in der Siedlung in den Kellern bezogen auf die Siedlungsstruktur relativ kompakt bzgl. Trassenlänge
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen zur Reduzierung des Netzverlustes bisher im Ermessen des Versorgers, keine vertragliche Pflicht zur Reduzierung vorhanden • Bei Änderungen des Versorgungsumfanges (z. B. Neubauaktivitäten) Infrastruktur starr, Dimensionierungsänderung aufwendig

Fortsetzung Tabelle 54

Wärmenetz	
Bauliche Modernisierungsmaßnahmen	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Zugänglichkeit in Kellern gut im Falle des Nachdämmens • Nachdämmen im Keller kann nach örtlichen Platzverhältnissen auch besser als Dämmreihe 3 ausfallen; für kleine Nennweiten sind Dämmschalen mit großer Dämmschichtdicke erhältlich • Fortschritt der Modernisierung richtet sich nach den Aktivitäten des Versorgers und kann damit zu deutlich kürzeren Umsetzungszeiträumen führen als Modernisierung der Gebäude
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen an Leitungen im Haubenkanal bzw. Erdreich aufwendig <ul style="list-style-type: none"> ○ Viele kurze Leitungsabschnitte mehrheitlich auf privaten Grundstücken erfordern hohen organisatorischen Aufwand ○ Häufiger Wechsel von Kellern und Haubenkanal kann durchgängige Erreichung des gewünschten energetischen Zielzustandes beeinträchtigen (Wärmebrücken) ○ Kommunikation mit großer Anzahl an Einzeleigentümern kann auf den Fortschritt der Netzmodernisierung dämpfend wirken
Wärmenetz	
Wahl des Dämmstandards bzw. der Modernisierungsvariante	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Austausch von Leitungen nach Dämmreihe 2 und eine Nennweite kleiner ist räumlich in jedem Fall möglich, da Durchmesser Mantelrohr unverändert bleibt • Dies gilt für Austausch nach Dämmreihe 3 und zwei Nennweiten kleiner analog (im Bericht nicht diskutiert; Restriktion – zu liefernde Spitzenleistung, siehe Hemmnisse) • Nachdämmen von Kellerleitungen für kleine DN – Einsatz von Dämmschalen mit Dämmschichtdicken größer als nach Dämmreihe 3 denkbar (auf dem Markt erhältlich) • Auf möglichst vollständige Umsetzung der Netzmodernisierung achten (in der diskutierten Variante hatte Umsetzungsrate von 90 % zum Anstieg des Netzverlustes um 11 bis 16 % gegenüber vollständiger Modernisierung geführt)
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Gegebenheiten im Haubenkanal aber auch in den Kellern können restriktiv auf Austausch der Leitungen nach Dämmreihe 3 und eine DN kleiner wirken (größeres Mantelrohr); Dann sollte Umsetzung mit Dämmreihe 2 und eine Nennweite kleiner oder Dämmreihe 3 und zwei Nennweiten kleiner geprüft werden • Zu liefernde Spitzenleistung einer Leitung kann kleinere Dimensionierung verhindern (Wahrscheinlichkeit nimmt zu, wenn Vorlauftemperatur im Netz deutlich abgesenkt werden soll) • Brandschutz und räumliche Unzugänglichkeiten können zu Wärmebrücken führen (Fehlstellen in der Wärmedämmung) • Leerstand bzw. Interessen von Einzeleigentümern können Fortschritt der Modernisierung behindern.

Fortsetzung Tabelle 54

Wärmenetz	
Modernisierung Wärmenetz und Gebäude – Auswirkungen auf Netzbetrieb	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Modernisierung auf Dämmreihe 2 und insbesondere auf Dämmreihe 3 führt zu einem deutlich langsameren Auskühlen des Wassers während des Transports auch bei kleiner werdender Dimensionierung, was Lieferung der vereinbarten Temperatur an der Hausstation vereinfacht • Modernisierung der Gebäude und damit verbunden der Rückgang der Leistungsspitzen im Winter eröffnet Möglichkeiten, langfristig zu geringeren Netztemperaturen zu gelangen
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Schreitet Modernisierung der Gebäude (erwartungsgemäß) dispers voran, wird Absenkung der Netztemperaturen durch (wiederum dispers im Versorgungsgebiet verteilte) noch nicht modernisierte Gebäude behindert
Primärenergiebewertung der Wärmeversorgung	
Erhöhung des KWK-Anteils	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Primärenergiebewertung verbessert sich durch Deckung hoher Anteile des Wärmebedarfs durch regenerative Energieträger und auf dem Lerchenberg insbesondere durch Erhöhung des KWK-Anteils • Deutlicher Rückgang des Wärmebedarfs der Gebäude bei gleichzeitig mäßiger Modernisierung des Wärmenetzes führt zu schlechterer primärenergetischer Bewertung bis hin zur Größenordnung der Bewertung fossil betriebener Einzelkessel (Bewertung nach Stromgutschrift) • KWK-Wärme primärenergetisch stark abhängig von Bewertungsmethoden (hier Stromgutschrift vs. Finnische Methode); Bewertung im Normalfall jedoch besser als fossil bereitgestellte Wärme aus Kesseln • Bewertung nach Finnischer Methode führt Notwendigkeit (im Hinblick auf zu erreichende Klimaschutzziele) des Rückgangs des Wärmebedarfs (durch ungünstigere Bewertung der KWK-Wärme) deutlicher vor Augen als Stromgutschriftmethode •
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • KWK-Anteil lässt sich momentan durch Randbedingungen seitens des ZDF nicht beliebig erhöhen • Unterschiedliche Interessen der Versorger (z. B. Betriebsführung und Betriebswirtschaft) können Erhöhung des KWK-Anteils entgegenstehen

Fortsetzung Tabelle 54

Alternative Wärmeversorgungsvarianten	
Dezentrale Versorgung von Gebäuden	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Bezirksebene bereitzustellende Wärme bei vergleichbarem Wärmebedarf der Gebäude gegenüber Vollversorgung mit Fernwärme quasi unverändert (Annahme, dass absoluter Netzverlust bei anteiliger dezentraler Versorgung gleich bleibt) • KWK-Wärme wird verdrängt – in den untersuchten Beispielen durch elektrische Energie für Wärmepumpen, weiterhin durch Flüssiggas und Solarwärme • Auf Primärenergieebene je nach technischen Standards der Gebäude und der dezentralen Wärmeerzeugung – geringer bzw. kein Anstieg der Primärenergiekennwerte (für Finnische Methode kann von einem Rückgang der Primärenergiekennwerte ausgegangen werden) im Konzept nicht untersucht • Rückt Konkurrenzfähigkeit der Fernwärmepreise deutlicher ins Blickfeld.
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere spezifische Netzverluste für weiter mit Fernwärme versorgte Gebäude • Fehlende Infrastruktur für dezentrale Wärmeerzeugung <ul style="list-style-type: none"> ○ Anteil Wärmepumpen durch Stromnetz vermutlich praktisch begrenzt ○ Gasnetz nicht vorhanden ○ Ausnahme (i. S. der betrachteten Varianten) Solarthermie • Unsichere Situation für Versorger <ul style="list-style-type: none"> ○ Schwankender Anschlussgrad ○ Erschwerter Betrieb durch ungleich ausgelastetes Netz, zunehmende Transportzeiten etc. • Wirtschaftlicher Betrieb/Planbarkeit für Versorger riskanter
Alternative Wärmeversorgungsvarianten	
BHKW-Inselnetze	
Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> • Netzlänge und teilweise Dimensionierung gehen zurück, was zu geringeren Netzverlusten und damit zu geringerer Wärmeeinspeisung führt • BHKW-Wärme primärenergetisch nach Stromgutschrift etwas besser bewertet als momentan verfügbare KWK-Wärme, nach Finnischer Methode etwas schlechter • Erreichung vergleichbarer Primärenergiekennwerte erfordert für das Wärmenetz etwas höheren KWK-Anteil (HKW) im Vergleich zu den Inselnetzen (BHKW)
Hemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Infrastruktur (Gasnetz) • Organisation und Eigentumsverhältnisse für Betrieb von Inselnetzen sind zu klären • Verfügbarkeit geeigneter Standorte für Wärmeerzeuger der Inselnetze (auch unter dem Blickpunkt Lärmschutz) fraglich

5.3 Kosten der Modernisierung des Wärmenetzes und der Wärmeübergabe an die Gebäude

Anhand der vorliegenden Angaben des Fernwärmeversorgers sowie den zuvor ausgeführten eigenen Betrachtungen und Ermittlungen werden im Folgenden die Kosten für eine Modernisierung des Wärmenetzes und der Wärmeübergabe an die Gebäude abgeschätzt. Insbesondere die Kostenschätzung für die Modernisierung des bestehenden Fernwärmenetzes sind dabei mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Eine wirtschaftliche Machbarkeitsprüfung aus Sicht eines Energieversorgers wurde im Rahmen der Konzepterstellung nicht durchgeführt und ist Teil der sich an das Konzept anschließenden Maßnahmen (siehe Abschnitt 8.2).

5.3.1 Technische Anschlussbedingungen

Die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) für die Siedlung Lerchenberg [FAVORIT 2000] schreiben grundsätzlich einen indirekten Anschluss vor. Das bedeutet den Einsatz eines Wärmeübertragers zur hydraulischen Trennung des Wärmenetzes von der Hausanlage. Weiter wird bei neuen Hausstationen zwischen Anlagen für „Mehrfamilienhäuser“ und Anlagen für „Einfamilienhäuser“ und „öffentlich-gewerbliche Anschlussnehmer“ unterschieden, die sich technisch durch die Art der Verbrauchsmessung im Bereich der Warmwasserbereitung unterscheiden. In Mehrfamilienhäusern erfolgt die Verbrauchserfassung für Warmwasser dezentral über Wasserzähler in den Verbrauchseinheiten und getrennt von der Wärmemengenzählung für Raumheizung. Bei Einfamilienhäusern und öffentlich-gewerblichen Anschlussnehmern wird der Warmwasserverbrauch zusammen mit dem Verbrauch an Raumwärme über den Wärmemengenzähler erfasst. In bestehenden Hausstationen mancher Einfamilienhäuser⁶⁴ wird der Warmwasserverbrauch ebenfalls über Wasserzähler erfasst.

Der Zuständigkeitsbereich des Wärmeversorgers endet gemäß TAB nach der Übergabestation, die die Netzabsperrarmaturen, Schmutzfänger, Wärmezähler und Differenzdruckregler enthält. Die Installationen danach, wie Wärmeübertrager, Temperaturregler, Druck- und Temperaturabsicherung, Ausdehnungsanlage, Heizungspumpen, Schmutzfänger und Absperreinrichtungen gegenüber der Hausanlage sowie die Warmwasserbereitung mit Zirkulationseinrichtungen, entweder im Durchflussprinzip mit Wärmeübertrager oder alternativ mit Trinkwasserspeicher, jeweils einschließlich Regel- und Sicherheitseinrichtungen gehören zur Hauszentrale und gemäß TAB zum Zuständigkeitsbereich des Kunden.

Die Aufteilung der Kostentragung bei Erstinvestition und unseres Erachtens auch bei Ersatzinvestition geht aus den TAB nicht hervor und ist gesondert vertraglich zu vereinbaren.

5.3.2 Modernisierungskosten der Wärmeversorgung innerhalb der Gebäude

Wie in Abschnitt 5.1 dargestellt, ist das Lerchenberger Wärmenetz in etwa zur Hälfte innerhalb von Kellern in den Gebäuden der Siedlung verlegt. Abgesehen von den aus energetischer Sicht erforderlichen Arbeiten an diesen Leitungen ist davon auszugehen, dass in nächster Zeit auch ein Modernisierungsbedarf in Bezug auf die Hausstationen ansteht.

5.3.2.1 Hausstationen

Die Abschätzung der Kosten der Hausstationen erfolgt für das Segment der Eigenheimanschlüsse. Die kleinsten, am Markt erhältlichen Fernwärme-Kompaktstationen decken eine Leistung bis 30 kW ab. Aus der Aufschlüsselung in Leistungsklassen aus den Angaben des Versorgers geht hervor, dass die meisten Anschlüsse in diesem Leistungsbereich liegen. Kompaktstationen mit Gehäuse sind bis zu einer Raum-

⁶⁴ Aus den vorliegenden Angaben lässt sich die Anzahl der Einfamilienhäuser mit Wasserzähler für Warmwasser nicht abschätzen.

wärmeleistung von ca. 60 kW am Markt verbreitet. Darüber hinaus gehende Leistungen sind als vorgefertigte Stationen auf Grundrahmen montiert, ohne Gehäuse, in allen Ausführungsvarianten erhältlich.

Kompaktstationen beinhalten die im Zuständigkeitsbereich des Wärmeversorgers befindliche Übergabestation und auch die zur Hauszentrale gehörenden Einrichtungen, für die der Kunde zuständig ist. Die Kostenanteile werden bei Kompaktstationen nicht getrennt ausgewiesen und liegen grob geschätzt bei 40 % für die Übergabe und 60 % für die Hauszentrale. In der Ausführungsphase sind diese Anteile mit dem Versorger zu verhandeln.

Die nachstehende Tabelle gibt grobe Anhaltswerte für den Kostenrahmen, in dem sich eine Modernisierung der Hausstationen bewegen kann. Die Angaben für die Kosten der Einbindung der neuen Anlagen in den Bestand sind im Rahmen dieser Ausarbeitung noch mit Unsicherheiten von bis zu +/- 30 % behaftet, da sie von den örtlichen Gegebenheiten abhängen. Hier spielen technische Randbedingungen, wie Art und Einbau der alten Station etc. genauso eine Rolle wie z. B. die Zugänglichkeit der Räume und zeitliche Behinderungen im Montageablauf.

Tabelle 55: Grobe Anhaltswerte für Kosten der Hausstation in Einfamilienhäusern und kleinen gemischt genutzten Gebäuden bzw. Mehrfamilienhäusern

Kosten inkl. MwSt.	Anschlussleistung bis 30 kW	Anschlussleistung bis 50 kW
Kompaktstation mit Gehäuse, Wärmeübertrager für Raumwärme, Netzabsperrarmaturen, Schmutzfänger, Wärmezähler-Passstück und Differenzdruckregler, Temperaturregler, Druck- und Temperaturabsicherung, Ausdehnungsgefäß für die Station, Heizungspumpe, Thermometer, Schmutzfänger und Absperr-einrichtungen gegenüber der Hausanlage	4.300 €	5.400 €
Einbau der Station mit Demontage der alten Anlagenteile, Anschlüsse herstellen, Anpassung der Rohrleitungen an die neue Station, Dämmung ergänzen, Füllen / Entleeren / Spülen, Dokumentation	3.200 €	3.500 €
Mehrkosten für Kompaktstation mit Warmwasserspeicher, 150 Liter, ohne Zirkulation	1.500 €	2.100 €
Alternativ Mehrkosten für Kompaktstation mit Wärmetauscher im Durchflussprinzip, ohne Zirkulation	(700 €)	(--)
<u>Summe Hausstation inkl. Warmwasser ca.</u>	<u>9.000 € bis 9.700 €</u>	<u>11.000 €</u>
Anteil Wärmeversorger an Hausstation ca.	40 bis 45 %	40 bis 45 %

Der Modernisierungsbedarf bezüglich der Hausstationen der Einfamilienhäuser beträgt damit in der Summe brutto rund 10 Mio. €, wobei davon etwa 4,5 Mio. € vom Versorger und 5,5 Mio. € von den Kunden zu finanzieren wäre. Diese Angaben können aufgrund der oben erwähnten Unsicherheiten vornehmlich bezüglich des Einbaus der Stationen noch um 10 bis 15 % nach oben oder unten abweichen.

Die Kosten der Modernisierung der Hausstationen in großen Mehrfamilienhäusern kann nur auf einer noch größeren Basis abgeschätzt werden. Hierzu wurden die Kosten für eine Übergabestation bei einem durchschnittlichen Hausanschluss ermittelt. Laut Recherchen des IWU gibt es 31 Anschlüsse für große Mehrfamilienhäuser⁶⁵ im Versorgungsgebiet, für die sich rechnerisch eine durchschnittliche Anschlussleistung von ca. 490 kW ergibt. Vorgefertigte Stationen dieser Leistungsklasse kosten etwa 11.000 € (brutto) zuzüglich geschätzt 2.400 € bis 6.000 € für Einbau, Anpassung der Rohrleitungen etc. ohne Erneuerung der Trinkwasserbereitung. Mit einem kalkulatorischen Ansatz von etwa 16.000 € pro Gebäude betragen die Modernisierungskosten in diesem Gebäudesegment in Summe etwa 0,5 Mio. € und bei gleichem Aufteilungsschlüssel rd. 0,23 Mio. € für den Versorger und 0,27 Mio. € für den Kunden.

Wegen der Auswirkung der Anschlussleistung auf den Grundbetrag in der Abrechnung sollte im Rahmen einer Erneuerung der Übergabestation eine Nachrechnung der Heizungs- und Warmwasseranlagen erfolgen. Im Zuge der energetischen Modernisierung des Gebäudes muss das Heizsystem ohnehin neu berechnet werden. Die Warmwasserbereitung sollte dann mit einbezogen werden. Vermutlich können bei Mehrfamilienhäusern auch die Investitionskosten dann noch gesenkt werden.

In der Summe belaufen sich die Modernisierungskosten der Hausstationen der Siedlung auf etwa 10,5 Mio. €. Davon entfallen auf den Versorger etwa 4,7 Mio. € und auf die Kunden etwa 5,8 Mio. € bei einer Unsicherheit der Schätzung von 30 %.

5.3.2.2 Kellerleitungen

Die Kosten für den Austausch der Kellerleitungen setzen sich zusammen aus Materialkosten durch die Erneuerung der Wärmedämmung (Nachdämmen, Dämmreihe 2) bzw. dem Ersatz der Kellerleitungen (Austausch, kleiner dimensioniert und Dämmreihe 3), Planung und Organisation der Maßnahmen und schließlich den Arbeiten bei Umsetzung der Maßnahmen. Diese Arbeiten schließen Stemmarbeiten, Anliegen des Brandschutzes, Einbau neuer Dämmung bzw. Leitungen und Anschlüsse ein. Kosten für Provisorien zur Aufrechterhaltung der Versorgung von Anschlüssen, die von der Modernisierung betroffen werden, sind in diesem Rahmen nicht kalkulierbar. Auch hier haben örtliche Gegebenheiten z. B. Zugänglichkeit der Räume und technische Randbedingungen, wie Länge und Dimension der Kellerleitung, Einfluss auf die Kosten der Modernisierung. Die Trassenlänge der Kellerleitung liegt bei 7 bis 15 m pro Keller. Die Kosten werden je nach Dimension und Länge auf 3.500 bis 5.000 € (brutto) je Keller⁶⁶ abgeschätzt. Für den Austausch der Kellerleitungen⁶⁷ ergeben sich Gesamtkosten in der Größenordnung von 4,5 Mio. €. Für den Fall der Nachdämmung der Kellerleitungen⁶⁸ werden die Gesamtkosten auf etwa 2 bis 4 Mio. € geschätzt⁶⁹.

Die Modernisierung der Kellerleitungen der 31 Anschlüsse in großen Mehrfamilienhäusern wird auf 5.000 bis 8.000 € geschätzt. Hier sind auch Leitungen der Dimensionen DN 100 und DN 150 zu finden. In der Summe ergeben sich dann 0,15 bis 0,2 Mio. €, wiederum mit einer Unsicherheit von 30 % nach oben oder unten.

Über alle Gebäude ergeben sich Modernisierungskosten der Kellerleitungen von etwa 4,7 Mio. € beim Austausch der Leitungen entsprechend den Annahmen der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“. Werden die Leitungen entsprechend Modernisierungsvariante „Standard“ nachgedämmt, belaufen sich die Kosten auf etwa 2,2 bis 4,2 Mio. €. Die Unsicherheit der Angaben liegt für beide Varianten bei 30 %.

⁶⁵ In der Regel haben jeweils mehrere der in Abschnitt 2.2.1.2 aufgeführten Gebäude einen gemeinsamen Anschluss.

⁶⁶ Unter sehr günstigen Bedingungen (wenige Formstücke, sehr gute Zugänglichkeit etc.) können die Kosten auch bei ca. 1.500 € liegen. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass derartige Bedingungen häufig vorzufinden sind.

⁶⁷ Dies entspricht dem Ansatz der Modernisierungsvariante „Ambitioniert“, bei der die Leitungen um eine Dimension verkleinert und in Dämmreihe 3 ausgeführt werden.

⁶⁸ Hier liegt Modernisierungsvariante „Standard“ zugrunde, bei der die Medienrohre in den Kellern erhalten bleiben und Dämmschalen aus Mineralfaser der Dämmreihe 2 verbaut werden.

⁶⁹ Die Gesamtkosten hängen stark von der vorhandenen Dämmung sowie den Kosten für deren Demontage und Entsorgung ab.

5.3.3 Modernisierungskosten des Wärmenetzes außerhalb der Gebäude

Die Kosten der Modernisierung des außerhalb der Gebäude befindlichen Netzes sind je Nennweite und durch das IWU ermittelte Trassenlängen mit Demontage der alten Leitungen, Montage neuer Fernleitungen, durchgehend als Kunststoffmantelrohr mit der dicksten, am Markt erhältlichen Dämmung (Dämmreihe 3) sowie den mittleren Tiefbaukosten für befestigte und unbefestigte Flächen kalkuliert. Da die kleineren Nennweiten häufiger in unbefestigtem Gelände verlegt sind, liegen die spezifischen Baukosten hier im unteren Bereich von Literaturangaben und nähern sich mit zunehmender Nennweite den oberen Grenzwerten in der Literatur.

Tabelle 56: Schätzung der Kosten für den Austausch der erdverlegten Fernleitungen (Dämmreihe 3)

Trasse		Demont. Altleitung		Neumontage KMR NR3		Tiefbau		Summe
[DN]	[m]	EP (brutto) [€/m]	GP (brutto) [Mio. €]	EP (brutto) [€/m]	GP (brutto) [Mio. €]	EP (brutto) [€/m]	GP (brutto) [Mio. €]	(brutto) [Mio. €]
20 bis 300	12.872	16 bis 42	0,35	107 bis 631	2,75	137 bis 428	2,63	5,72

In der Summe ergibt sich ein Finanzbedarf brutto von rund 5,7 Mio. € (brutto). Auch diese Angaben sind Schätzungen und können mit Unsicherheiten von etwa 30 % behaftet sein.

Für die Maßnahmen der Modernisierungsvariante „Standard“ ergibt sich eine Brutto-Summe von 5,0 Mio. € (geringere Länge durch Wegfall Lebit und um 15 % reduzierte Preise für Montage).

5.3.4 Modernisierungskosten Wärmenetz gesamt

Zusammenfassend sind die geschätzten Kosten für die Netz-Modernisierungsvarianten „Standard“ und „Ambitioniert“ in Tabelle 57 dargestellt. Wie zuvor, beträgt auch hier die Unschärfe etwa 30 %.

Tabelle 57: Schätzung der Gesamtkosten (brutto) für die Netzmodernisierungs-Varianten „Standard“ und „Ambitioniert“

Kosten inkl. MwSt.	Modernisierungsvariante	
	„Standard“	„Ambitioniert“
Kellerleitungen	ca. 2,2 bis 4,2 Mio. €	4,7 Mio. €
Leitungen außerhalb der Keller	5,0 Mio. €	5,7 Mio. €
Summe	ca. 7,2 bis 9,2 Mio. €	10,4 Mio. €

5.4 Tarifstruktur und Wärmepreis

Es ist davon auszugehen, dass sich die in Zukunft zu erwartenden sinkenden Fernwärmebedarfe der Gebäude sowie die mit einer Netzsanierung verbundenen reduzierten Netzverluste und Kosten auch auf die künftige Preisstruktur der Wärmeversorgung auswirken. Aus Sicht der Anschlussnehmer ist in Bezug auf Tarife und Preise der Wärmeversorgung von Relevanz, dass diese vergleichbar hohe bzw. möglichst niedrigere Kosten verursachen als eine alternative Versorgungsvariante. Im Hinblick auf unterschiedliche Wärmeschutzstandards sind dabei auch die Anteile von Grund- und Verbrauchskosten von Interesse. Nachfolgend werden deshalb zunächst allgemein die Kostenkomponenten der Fernwärmeversorgung erläutert und zu Vergleichszwecken beispielhaft die Größenordnung des Wärmepreises einer Gas-Brennwert-basierten Versorgung für ein zweigeschossiges Reihenendhaus aufgezeigt.

5.4.1 Tarifstruktur

Zur Aufteilung der Kosten für die Wärmeerzeugung- und Verteilung muss das Versorgungsunternehmen seine Preisregelungen bestimmen und offen legen. In der Regel orientieren sie sich an den vorhandenen Kostenstrukturen, die grundsätzlich in die Bereiche kapitalgebundene, betriebsgebundene und verbrauchsgebundene Kosten aufgeteilt werden können.

Kapitalkosten entstehen durch Investitionen in z. B. Kessel, Gebäude, Fernleitungen, Übergabestationen etc. und fallen (rechnerisch als Annuitäten) über die Lebensdauer der Anlagenteile unabhängig von der produzierten Wärme in jährlich gleicher Höhe an. Wenn unterstellt wird, dass ein Anlagenteil nach Ablauf seiner Lebensdauer (Zinsänderungen und Preissteigerungen unberücksichtigt) erneuert wird, bleibt diese Kostenposition auch nach dem ersten Lebensdauerzyklus gleich.

Zu den betriebsgebundenen Kosten gehören Personal, Wartungskosten, Mess- und Abrechnungskosten. Betriebskosten fallen nur zum Teil verbrauchsabhängig, zum größeren Teil aber fix an.

Verbrauchsgebundene Kosten entstehen durch die eingesetzten Brennstoffe und sonstige Verbrauchsstoffe und sind von den Brennstoffpreisen sowie der Brennstoffmenge abhängig.

Diese Betrachtungsweise gilt für jede Unternehmung in der Wärmeversorgung, unabhängig von der Größe der Maßnahme. Auch die Investition in einen Heizkessel im Einfamilienhaus hat z. B. Kapitalkosten zur Folge und muss ca. alle 15 Jahre wiederholt werden.

In jeder Kostenstruktur sind daher Anteile enthalten, die unabhängig vom Verbrauch jährlich relativ gleich hoch wiederkehren und solche, die vom Verbrauch abhängen. Wie hoch die fixen und variablen Kostenanteile sind, hängt von der Art der Anlage und der Anlagengröße ab. Tendenziell sinken die fixen Kosten mit der Größe der Anlage.

Im vorliegenden Fall sind die Investitionen und internen Kostenstrukturen des Wärmeversorgers nicht bekannt, so dass die Aufteilung in Grundpreise und Messpreise als feste Anteile und die Arbeitspreise als variable Anteile allenfalls vergleichend mit Tarifstrukturen in anderen Versorgungsgebieten beurteilt werden können.

Da ein Tarifsysteem jedoch relativ frei gestaltbar ist, ließe es sich auch aus Sicht der Anschlussnehmer aufbauen. Dabei müsste die Konkurrenzfähigkeit zu alternativen Heizsystemen im Vordergrund stehen. Tatsächlich muss in Gebieten ohne Anschluss- und Benutzungszwang die Überlegung eines Versorgers auch sein, neue Anschlussnehmer durch attraktive Preise zu gewinnen. Konkurrenzfähig ist die Fernwärme dann, wenn sie niedrigere Wärmekosten verursacht, als z. B. eine alternative Wärmeerzeugung mit einem Brennwertkessel oder einer Wärmepumpe. Maßgebend dabei ist die Berücksichtigung aller anfallenden Kostenkomponenten, wie oben erläutert, und der Vergleich mit den gesamten Fernwärmekosten aus Grund- und Arbeitspreisen.

Aufgrund höherer spezifischer Investitionskosten bei kleineren Anlagen liegen die konkurrenzfähigen spezifischen Wärmekosten in kleinen Einheiten, wie Einfamilienhäusern und insbesondere auch im Vergleich mit höher investiven Energiesparmaßnahmen zwangsläufig höher als bei großen Einheiten, so dass Fernwärme auch in weniger verdichteten Gebieten noch wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll betrieben werden kann. Voraussetzung sind hinreichend geringe Netzverluste und eine energetisch bessere zentrale Technik, als sie dezentral zu realisieren wäre (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung, oder Biomasse als Brennstoff etc.).

Aber auch mit einer Tarifstruktur nach dem Prinzip der Konkurrenz wird es nicht möglich sein, ein einheitliches Tarifsysteem für alle Gebäudetypen und -größen zu finden, das durchgängig günstigere Werte als die konkurrierende Versorgungsvariante liefert. Man kann aber durch unterschiedliche Tarife für verschiedene Anschlusswerte versuchen, eine möglichst gute Annäherung an das Optimum zu erreichen, um Ungerechtigkeiten gering zu halten.

Je nach Tarif wird der Grundpreis in der Siedlung Mainz-Lerchenberg entweder leistungs- oder quadratmeterbezogen abgerechnet. Bei leistungsbezogenen Grundpreisen würde sich eine Leistungsreduzierung direkt in einer Senkung des Grundbetrags niederschlagen. Wird der Grundbetrag nach der beheizten Fläche berechnet, hätte eine Leistungsanpassung hier keinen Einfluss auf die Abrechnung. Zusätzlich zu dem ohnehin vorhandenen Hemmnis für Sanierungsmaßnahmen, das bei vermietetem Wohnraum solange besteht, wie sich Wohnungen mit niedrigerem Standard am Markt noch gewinnbringend vermieten lassen, käme dann noch das Hemmnis, dass Einsparungen finanziell schlechter durchschlagen. Es wäre daher zu prüfen, ob sich die Tarife auf eine echte Leistungsmessung umstellen ließen⁷⁰. Schon lange bieten übliche Wärmemengenzähler die technische Möglichkeit, die maximal gemessene Leistung für die Abrechnung zu speichern.

Zusammenfassend halten wir ein Tarifsystem für gerecht und damit am besten akzeptierbar, wenn:

- die Preise von konkurrierenden Heizsystemen widergespiegelt werden
- neben der Wärmemengemessung auch eine echte Leistungsmessung durchgeführt wird.

5.4.2 Vergleichskosten bei Erdgasversorgung

Zu Vergleichszwecken werden im Folgenden exemplarisch die Gesamtkosten einer Erdgasversorgung für ein zweigeschossiges Reihenhäuser mit Steildach aufgezeigt⁷¹. Die hierfür verwendeten Energiebilanzdaten entsprechen denen des Gebäudetyps „RH2.SD.E“. Hinsichtlich der untersuchten Varianten (Energiebedarfe) wird auf den Ist-Zustand sowie die Modernisierungspakete 1 bis 3 (siehe Kapitel 3) zurückgegriffen und der Endenergieaufwand wie in Abschnitt 5.2.3.1.1 bewertet. Dabei werden die folgenden Kostenkategorien unterschieden:

- **Kapitalgebundene Kosten**

Für den Ausgangszustand entstehen kapitalgebundene Kosten für Wärmeerzeuger, -speicher, -verteilung, den Gasanschluss und weitere Installationen. Nach [Bettgenhäuser/Boermans 2011] betragen diese Kosten für ein Einfamilienhaus ca. 11.700 € oder annuitätisch ca. 749 €/a (Betrachtungszeitraum 25 Jahre; Kalkulationszinssatz 4 %). Für die Modernisierungspakete 1 bis 3 werden ebenfalls diese Kosten verwendet. Modernisierungskosten für die thermische Hülle und die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung werden nicht berücksichtigt.

- **Betriebsgebundene Kosten**

Als Grundpreis für Erdgas werden 120 €/a, 100 €/a für den Schornsteinfeger sowie pauschal 100 €/a für Wartung und Instandhaltung angenommen [Bettgenhäuser/Boermans 2011].

- **Verbrauchsgebundene Kosten**

Die Ermittlung der jeweiligen verbrauchsgebundenen Kosten basiert auf den in Abschnitt 3.3 für das zweigeschossige Reihenhäuser mit Steildach (Typ „RH2.SD.E“) dargestellten Energiekennwerten für Heizung und Warmwasser. Sie werden mit einem angenommenen Arbeitspreis für Erdgas von 6,5 Cent/kWh bewertet.

Die Ergebnisse der annuitätischen Gesamtkostenbetrachtungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst. Tabelle 58 zeigt dabei die Gesamtkosten (brutto) zu aktuellen Preisen, in Tabelle 59 werden die mittleren Preise über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren dargestellt. Dabei werden Preissteigerungen in Höhe von 3,5 %/a (nominal) für Erdgas und Strom sowie 2 %/a (nominal) für Wartung und Instandhaltung (einschließlich Schornsteinfeger) berücksichtigt. Zusätzlich dargestellt sind je-

⁷⁰ Im Zuge der Auswertung der Gebietsdaten ist insbesondere bei den Mehrfamilienhäusern eine Diskrepanz zwischen der angegebenen Anschlussleistung und dem angegebenen Verbrauch aufgefallen, die eine Überdimensionierung der Anlagen vermuten lässt. Dies kann sowohl die Warmwasserbereitung, als auch die Raumheizung betreffen.

⁷¹ Der Vergleich wird hier nur für die Einfamilienhäuser aufgezeigt. Für andere Gebäudegrößen und Nutzungen sind abweichende Ergebnisse zu erwarten, da für diese von unterschiedlichen Rahmenbedingungen ausgegangen werden muss.

weils die Gesamtkosten pro kWh sowie die Anteile der Summe aus kapital- und betriebsgebundenen Kosten bzw. den verbrauchsgebundenen Kosten.

Tabelle 58: Gesamtkosten erdgasversorgtes Reihenhendhaus (zu aktuellen Preisen)

Gas	Kapitalgebundene Kosten	Betriebsgebundene Kosten	Verbrauchsgebundene Kosten	Gesamtkosten	Gesamtkosten pro kWh	Anteil kapital- und betriebsgebundene Kosten	Anteil verbrauchsgebundene Kosten
	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[Ct/kWh]		
Ist	749 €	320 €	1.760	2.829	10,8	38 %	62 %
MP 1	749 €	320 €	1.317	2.386	12,0	45 %	55 %
MP 2	749 €	320 €	1.114	2.183	12,9	49 %	51 %
MP 3	749 €	320 €	430	1.499	21,4	71 %	29 %

Tabelle 59: Gesamtkosten erdgasversorgtes Reihenhendhaus (zu mittleren Preisen)

Gas	Kapitalgebundene Kosten	Betriebsgebundene Kosten	Verbrauchsgebundene Kosten	Gesamtkosten	Gesamtkosten pro kWh	Anteil kapital- und betriebsgebundene Kosten	Anteil verbrauchsgebundene Kosten
	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[Ct/kWh]		
Ist	749 €	432 €	2.647	3.828	14,6	31 %	69 %
MP 1	749 €	432 €	1.982	3.162	15,9	37 %	63 %
MP 2	749 €	432 €	1.676	2.856	16,9	41 %	59 %
MP 3	749 €	432 €	647	1.828	26,1	65 %	35 %

Der Anteil an kapital- und betriebsgebundenen Kosten, die in etwa mit den Grundkosten der Fernwärmeversorgung vergleichbar sind, betragen in allen betrachteten Varianten mindestens ca. ein Drittel der Gesamtkosten und liegen damit relativ hoch. Mit verbessertem Wärmeschutz nimmt dieser Anteil auf bis zu 70 % zu, verliert jedoch bei steigenden Energiepreisen wieder geringfügig an Relevanz.

Anzumerken ist jedoch, dass auf dem Markt verschiedene Gastarife mit unterschiedlich hohen Grund- und Verbrauchspreisen angeboten werden, sodass die oben aufgeführten Ergebnisse je nach gewähltem Tarif variieren können.

5.5 Fazit

Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist eine weitreichende Reduktion des derzeitigen Energieverbrauchs notwendig. Dies erfordert erhebliche Anstrengungen sowohl bei der Umsetzung von Wärmeschutzmaßnahmen als auch bei der Realisierung einer effizienten Wärmeversorgung.

Das auf dem Lerchenberg vorhandene Fernwärmenetz weist vergleichsweise hohe anteilige Verluste bezogen auf den heutigen Gebäudebestand auf. In den durch Einfamilienhausbebauung geprägten Bezirken Süd und Nord haben die Netzverluste pro m² Wohnfläche etwa die Größenordnung des Nettowärmebedarfes energieeffizienter Neubauten. Bei fortschreitender Gebäudemodernisierung wird die relative Bedeutung der Netzverluste noch weiter zunehmen. Schon mittelfristig könnte der relative Netzverlust in den Bezirken Nord und Süd bei mehr als der Hälfte des Nettowärmebedarfes der Gebäude liegen. Für eine zukunftsfähige, energieeffiziente Wärmeversorgung ist die grundlegende energetische Ertüchtigung des Wärmenetzes deshalb unabdingbar.

Grundsätzlich hängt der Wärmeverlust des Wärmenetzes maßgeblich von dem Dämmstandard der Leitungen und deren Dimensionierung, den Netztemperaturen sowie der Trassenlänge ab:

- Mit der Modernisierung des Wärmenetzes durch Nachdämmen und Minimieren der Leitungsquerschnitte können die Netzverluste deutlich gesenkt werden; mit den untersuchten Netzmodernisierungsvarianten „Standard“ und „Ambitioniert“ geht der Netzverlust um 40 % bzw. 54 % zurück.
- Eine relevante Absenkung der Netztemperaturen während der Heizperiode ist erst bei weitgehend verbessertem energetischen Dämmstandard des Gebäudebestandes möglich.
- Aufgrund der kleinteiligen Bebauung weisen die Bezirke Nord und Süd im Vergleich zu dem Bezirk Mitte große spezifische Trassenlängen auf. Bezogen auf die vorhandene Siedlungsstruktur ist die Trassenführung durch die Verlegung in den Kellern jedoch insgesamt relativ kompakt und weist kaum Optimierungspotenziale auf. Mit Kürzungen der Trassenlänge durch Bildung von Inselnetzen in den Bezirken Nord und Süd könnten die Netzverluste um 10 bis 12 % gesenkt werden. Je nach Dämmstandard ginge der Netzverlust durch die vergleichsweise geringere Dimensionierung um weitere 6 bis 10 % zurück.

Für eine zukunftsweisende Wärmeerzeugung sind nicht nur geringe technische Verluste im Netz und bei der Wärmeübergabe, sondern auch ein möglichst hoher Anteil regenerativer Energieträger bzw. Kraft-Wärme-Kopplung bei der Wärmeerzeugung erforderlich.

Die Möglichkeiten einer künftigen Wärmeerzeugerstruktur wurden unter Berücksichtigung der Zielsetzungen der Stadt Mainz zur Luftreinhaltung untersucht. Bei den Optionen mit dezentraler Versorgung wurden strombetriebene Luftwärmepumpen und Flüssiggas-Brennwert-Kessel mit solarer Unterstützung einer Fernwärmeversorgung mitzeitigem KWK-Anteil von 60 % gegenübergestellt. Erst bei durchgeführten ambitionierten Sanierungstätigkeiten im Gebäudebestand und bei Einsatz technologisch hochwertiger dezentraler Wärmeerzeugungssysteme führen die dezentralen Wärmeversorgungsoptionen auch zu einer Senkung der Primärenergiebedarfe der so versorgten Gebäude.

Ein abnehmender Anschlussgrad an die Fernwärmeversorgung durch stellenweise dezentrale Wärmeerzeugung in den Bezirken Süd und Nord wirkt sich nach ambitionierter Gebäudemodernisierung und Einbau technisch hochwertiger dezentraler Wärmeerzeuger auf Primärenergieebene gegenüber einer Fernwärmevervollständigung nicht oder nur geringfügig aus, da steigende spezifische Netzverluste zu einem Anstieg des Primärenergiebedarfs der mit Fernwärme versorgten Gebäude führen, der durch die geringeren Primärenergiebedarfe der dezentralen versorgten Gebäude kompensiert wird.

Die primärenergetische Bewertung von Wärme aus KWK-Prozessen hängt entscheidend von der gewählten Bewertungsmethode ab. Grundsätzlich wird durch die Steigerung des Anteils der Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) der Primärenergiefaktor und in der Folge der Primärenergiebedarf reduziert. Eine Erhöhung des Anteils der Wärme aus KWK von derzeit ca. 60 % auf bis zu 95 % auf Siedlungsebene (ohne ZDF) scheint prinzipiell möglich. Bei Betrieb von Inselnetzen wäre der Anteil der Wärme aus

Blockheizkraftwerken (BHKWs) auf etwa 70 % begrenzt. Der Vergleich der untersuchten Inzellösungen in den Bezirken Nord und Süd mit reduzierten Trassenlängen mit der Vollversorgung mit Fernwärme lässt je nach Bewertungsmethode und KWK-Anteil die eine oder die andere Variante als vorteilhaft erscheinen.

Eine wirtschaftliche Machbarkeitsprüfung aus Sicht eines Wärmeversorgers wurde im Rahmen der Untersuchungen zur Optimierung der Wärmeversorgung nicht durchgeführt. Dies ist daher noch in einer eigenständigen Studie seitens Wärmeversorgern zu prüfen. Gleiches gilt für die Wirtschaftlichkeit der Modernisierungsvarianten des Wärmenetzes, deren Kosten vom Wärmeversorger getragen werden müssen. Eine grobe Abschätzung der Investitionskosten liegt je nach Modernisierungsvariante in einer Größenordnung von ca. 7,2 bis 10,4 Mio. Euro.

Zu den Untersuchungen hinsichtlich eines Tarifsystems für eine zentrale Fernwärmeversorgung lässt sich zusammenfassend darstellen, dass grundsätzlich ein Tarifsystem für Fernwärme relativ frei gestaltbar ist und sich auch aus Sicht der Anschlussnehmer aufbauen ließe. In diesem Fall stünde die Konkurrenzfähigkeit zu alternativen Wärmeversorgungen im Vordergrund. Konkurrenzfähig ist die Fernwärme dann, wenn sie für die Bewohner niedrigere oder gleich hohe Kosten verursacht als eine alternative Wärmeversorgung, z. B. mit einem dezentralen Brennwertkessel. In Bezug auf den Grundpreis kann eine quadratemeterbezogene Abrechnung ein Hemmnis für die Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen an den Gebäuden darstellen, da sich eine Leistungsreduzierung nicht in einer Senkung des Grundbetrags niederschlägt. Vor diesem Hintergrund ist eine leistungsbezogene Abrechnung, bei der neben der Wärmemengenmessung auch eine Leistungsmessung durchgeführt wird, zu bevorzugen. Um den verschiedenen Randbedingungen unterschiedlicher Gebäudetypen, -größen und Modernisierungszustände gerecht zu werden, ist es erforderlich, diese bei einer detaillierten Ausgestaltung eines Tarifsystems entsprechend zu berücksichtigen.

6 Quartiersbilanz

Auf der Grundlage der Ergebnisse der vorausgehenden Analysen zu Wärmebedarfen und Wärmeversorgung und den Einspeisedaten der Energieversorger für das Jahr 2011 werden nachfolgend die Gesamtenergie- und CO₂-Bilanzen des Quartiers Mainz-Lerchenberg für den Ausgangszustand dargestellt. Aufgezeigt werden dabei die Anteile der verschiedenen Gebäudekategorien (Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, gemischt genutzte und Nichtwohngebäude) sowie unterschiedliche Anwendungen (Raumwärme, Warmwasser, Netzverluste). Anschließend werden die auf Quartiersebene ermittelten Einsparpotenziale in Bezug zu den Zielen des Energiekonzepts der Bundesregierung gesetzt. Als Vergleichsjahre werden deshalb hier die im Energiekonzept genannten Zeitpunkte 2020 und 2050 herangezogen.

Die Ergebnisse der Quartiersbilanz können als Grundlage für eine Fortschreibung und somit als Monitoring-Instrument für das Erreichen gesetzter Ziele genutzt werden.

6.1 Energie- und CO₂-Bilanz für den Ausgangszustand

Laut den Angaben des Fernwärmeversorgers wurden im Jahr 2011 rund 51,2 GWh Fernwärme in die Siedlung Mainz-Lerchenberg eingespeist. In dieser Angabe enthalten ist sowohl die an den Hausstationen der Gebäude abgenommene Wärmemenge als auch der Netzverlust. Die jeweiligen Anteile dieser beiden Komponenten gehen aus den zur Verfügung stehenden Daten nicht hervor und sind deshalb nicht genau bekannt. Vergleicht man die Summe aus den mit den Klimadaten für das Jahr 2011 berechneten Endenergiebedarfen für Raumwärme und Warmwasser in Höhe von 44,8 GWh und dem errechneten Netzverlust in Höhe von 11,6 GWh liegen die errechneten Bedarfe um 10 % über den Verbrauchswerten. Diese Abweichung entspricht der beim Vergleich der Bedarfswerte mit dem gemessenen Verbrauch der Einfamilienhausbebauung ermittelten Größenordnung (siehe Abschnitt 4.2.4.2) und kann auf unzureichend bekannte Randbedingungen wie z. B. den Modernisierungszustand der Einfamilienhäuser und Nichtwohngebäude, das Nutzerverhalten der Bewohner (z. B. Innentemperaturen, unbeheizte Räume) und die vereinfachte Bilanzierung der gemischt genutzten und Nichtwohngebäude zurückgeführt werden.

Geht man davon aus, dass bei den berechneten Werten der Endenergiebedarf der Gebäude und der Netzverlust jeweils um 10 % überschätzt wurden⁷², kann die in die Siedlung eingespeiste Menge an Fernwärme in ca. 40,7 GWh für Raumwärme und Warmwasser und ca. 10,5 GWh Netzverlust aufgeteilt werden. Abbildung 65 zeigt die auf diese Weise abgeschätzten End- und Primärenergieverbräuche der Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011. Neben dem Fernwärmeverbrauch für Raumwärme und Warmwasser sind auch der Netzverlust und der vom Stromnetzbetreiber angegebene Gesamtstromverbrauch der Siedlung mit angegeben. Abbildung 66 zeigt die daraus resultierenden CO₂- und CO_{2e}-Emissionen.⁷³ Der Primärenergiefaktor für Fernwärme wurde der vom AGFW veröffentlichten Liste der f_P -Bescheinigungen nach FW 309-1 [AGFW 2012b] bzw. den Angaben des Versorgers entnommen und beträgt für das Versorgungsgebiet Lerchenberg 0,94. Der Primärenergiefaktor für Strom entspricht dem gemäß der derzeit gültigen Energieeinsparverordnung von 2009 zu verwendendem Wert in Höhe von 2,6. Die CO₂- und CO_{2e}-Emissionsfaktoren basieren auf dem Programm GEMIS (Version 4.8.1, Stand Februar 2013)⁷⁴, Werte für den deutschen Strom-Mix im Jahr 2011⁷⁵ wurden [Fritsche/Greß 2013, S. 4] ent-

⁷² Real kann die Abweichung dieser beiden Anteile jeweils deutlich über oder unter diesem Wert liegen, wobei die entsprechenden Werte in Abhängigkeit zueinander stehen. Steigt beispielsweise die Überschätzung des Anteils an Raumwärme und Warmwasser, sinkt die Überschätzung des Netzverlustes und umgekehrt.

⁷³ In den Darstellungen und Angaben zur Primärenergie sowie den CO₂- und CO_{2e}-Emissionen der Fernwärmeversorgung sind die Netzverluste jeweils mit eingeschlossen.

⁷⁴ Angaben zu den realen CO₂- und CO_{2e}-Faktoren der Fernwärmeversorgung auf dem Lerchenberg liegen nicht vor. Die hier verwendeten Faktoren wurden deshalb aus den zur Verfügung stehenden Angaben zur Wärmeversorgung abgeleitet.

nommen. Für direkte CO₂-Emissionen ohne Berücksichtigung von Vorketten und anderen Treibhausgasen wurden 0,178 kg/kWh_{End} für die Fernwärmeversorgung und 0,597 kg/kWh_{End} für den Strom-Mix angesetzt. Neben den reinen CO₂-Emissionen sind auch die CO₂-Äquivalente (CO_{2e})⁷⁶ mit in- und ausländischen Vorketten dargestellt. Dabei wurden CO_{2e}-Faktoren in Höhe von 0,205 kg/kWh_{End} für die Fernwärmeversorgung und 0,626 kg/kWh_{End} für den Strom-Mix verwendet.

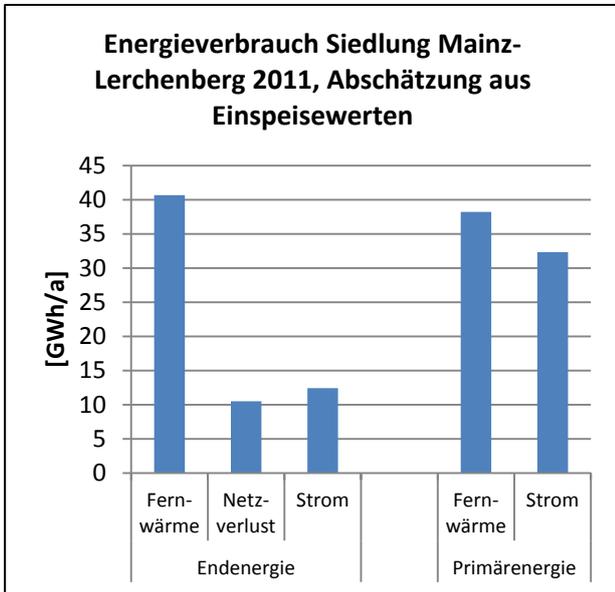


Abbildung 65: Energieverbrauch Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011

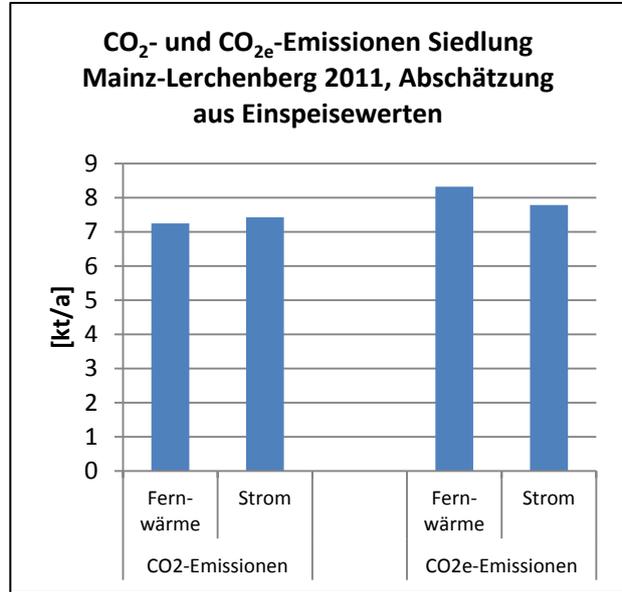


Abbildung 66: CO₂- und CO_{2e}-Emissionen Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011

Gemäß den Angaben des Stromnetzbetreibers wurden im Jahr 2011 rund 112 MWh Strom (ca. 1 % des Verbrauchs) über Photovoltaik-Anlagen produziert. Die Einspeisung des im Quartier erzeugten Stromes nimmt damit einen so geringen Anteil ein, dass sie bilanziell nicht ins Gewicht fällt. Trotz des relativ milden Winters im Jahr 2011 lag der Wärmeverbrauch mehr als dreimal so hoch wie der Stromverbrauch (77 % Fernwärme, 23 % Strom).

Aufgrund des derzeit im Vergleich zur Fernwärme 2,8-fach höheren Primärenergiefaktors für Strom ergibt sich bei der primärenergetischen Betrachtung ein verändertes Bild. Der fernwärmebezogene Primärenergieverbrauch macht mit 38,2 GWh einen Anteil von nur noch 54 % aus, während der strombezogene Primärenergieverbrauch bei 32,3 GWh liegt (46 %).

Aus den vorgenannten Verbräuchen resultieren CO₂-Emissionen in Höhe von 7,2 kt für Fernwärme (49 %) und 7,4 kt für Strom (51 %) sowie CO_{2e}-Emissionen in Höhe von 8,3 kt aus der Fernwärmeversorgung (52 %) und 7,8 kt für die Stromversorgung (48 %).

Zu Vergleichszwecken werden für die weiteren Betrachtungen die Ergebnisse der Gebäudebilanzierungen basierend auf dem Standardklimatensatz der Wetterstation Frankfurt/M-Flughafen (langjähriges Mittel) [IWU 2013] herangezogen. In Abbildung 67 werden die zuvor genannten Endenergieverbräuche für Fernwärme und Strom im Jahr 2011 den errechneten Bedarfen für Fernwärme und Hilfsstrom gegenübergestellt. Die mittlere Säule gibt dabei die mit den mittelsten Klimadaten des Jahres 2011 ermittelten Bedarfe wieder, die rechte die mit den Standardklimadaten ermittelten Ergebnisse.

⁷⁵ Aufgrund der sich stetig verändernden Erzeugerstruktur des deutschen Strom-Mixes sind die diesbezüglichen CO₂ und CO_{2e}-Faktoren von Jahr zu Jahr unterschiedlich.

⁷⁶ Um die Emission aller Treibhausgasen mit einem Wert quantifizieren zu können, wird die Klimawirksamkeit von Gasen wie Methan oder Lachgas in die von Kohlendioxid umgerechnet. Dieser Wert wird als CO₂-Äquivalentwert (CO_{2e}) bezeichnet.

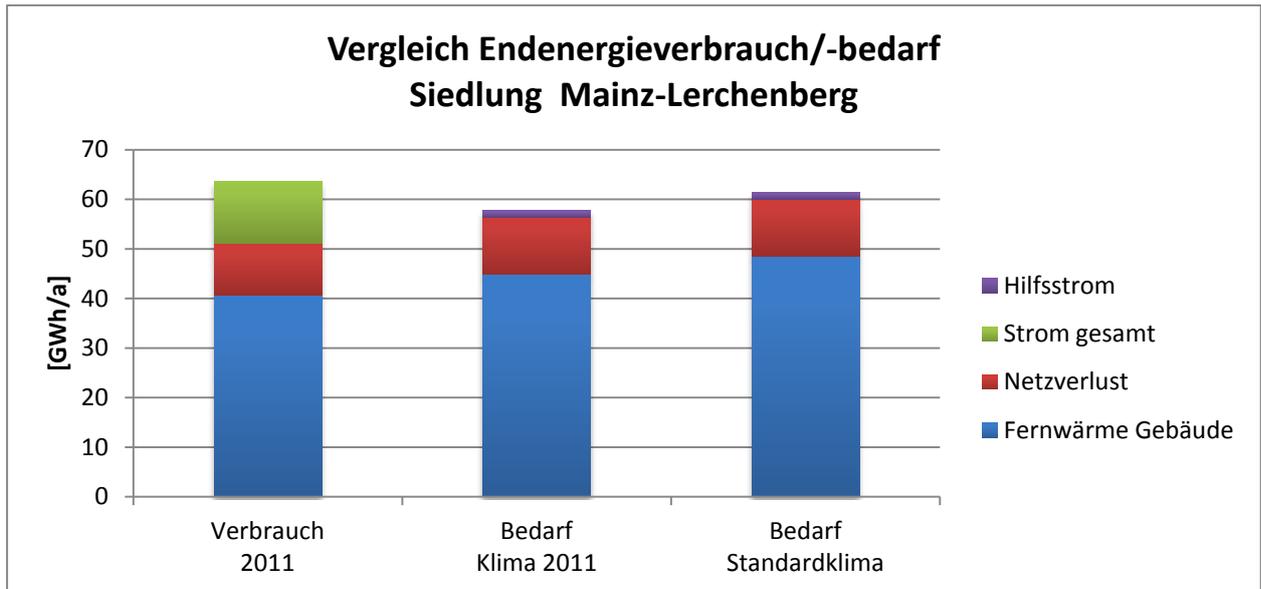


Abbildung 67: Energieverbrauch Siedlung Mainz-Lerchenberg im Jahr 2011

Wie bereits erwähnt, liegt der mit den Klimadaten des Jahres 2011 berechnete Fernwärmebedarf (Gebäude + Netzverlust) 10 % über den abgeschätzten Verbrauchswerten. Aufgrund der relativ milden Klimadaten für das Jahr 2011 liegt der mit dem Standardklimadatensatz berechnete Bedarfswert nochmals 6 % über den Ergebnissen für das Jahr 2011. Der errechnete Wert des Hilfsstrombedarfs entspricht ca. 11 % des Gesamt-Strombedarfs im Quartier.

Abbildung 68 zeigt die Aufteilung der Fernwärmebedarfe nach Anwendungen, basierend auf den mit dem Standardklimadatensatz errechneten Bedarfswerten. In den Angaben zu Raumheizung und Warmwasser sind dabei die im Gebäude auftretenden Verteilverluste mit berücksichtigt.

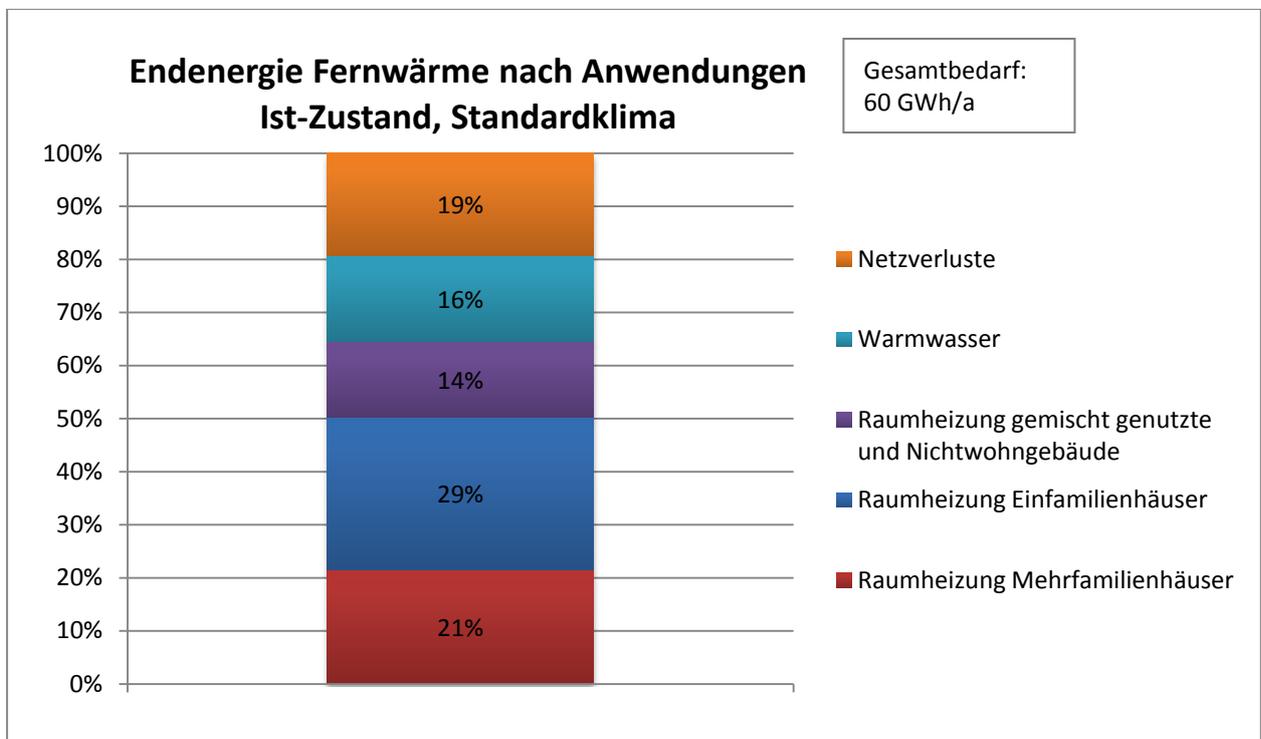


Abbildung 68: Fernwärme nach Anwendungen Bedarfswerte, Ist-Zustand, Standardklima

Mit einem Anteil von 29 % am Gesamtwärmebedarf der Siedlung nimmt der Raumwärmebedarf der Einfamilienhäuser den größten Posten ein. Der Raumwärmebedarf der Mehrfamilienhäuser liegt mit 21 % an zweiter Stelle, gefolgt von den Netzverlusten (19 %) und dem Warmwasserbedarf (16 %). Aufgrund der geringen Anzahl an gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden im Quartier nimmt der Raumwärmebedarf dieser Gebäudegruppe mit 14 % den geringsten Anteil des Gesamtbedarfs ein.

6.2 Einsparpotentiale Gesamtquartier

Aufbauend auf den Ergebnissen aus den Kapiteln 4 (Szenarien künftiger Modernisierungsaktivitäten im Gebäudebestand) und 5 (Wärmeversorgung) sind in Tabelle 60 die möglichen Einsparpotenziale für die Fernwärmeversorgung und die damit einhergehenden Mehrbedarfe für Hilfsstrom und Strom für Lüftungsanlagen aufgeführt. Die in Abschnitt 4.3.3 dargestellten Werte für die aktuell bereits vorgesehenen Neubauten sind dabei berücksichtigt.

Tabelle 60: Einsparpotenziale Gebäude- und Netzmodernisierung, inkl. Neubauten Le-1 und Le-2

	Bedarf Fernwärme [GWh/a]	Bedarf Hilfsstrom und Strom für Lüftungsanlagen [GWh/a]	Einsparung Fernwärme gegenüber Ist-Zustand	Mehrbedarf Strom gegenüber Ist-Zustand
Gebäudemodernisierung				
Ist Standardklima	48,5	1,3		
Trend 2020	46,2	1,4	2,3 GWh/a (5 %)	0,09 GWh/a (-6 %)
Ziel.Mod.PH.2020	44,4	1,4	4,0 GWh/a (8 %)	0,10 GWh/a (-7 %)
Trend 2050	37,6	1,5	10,9 GWh/a (22 %)	0,17 GWh/a (-13 %)
Ziel.Mod.PH.2050	19,0	2,6	29,5 GWh/a (61 %)	1,24 GWh/a (-94 %)
Netzmodernisierung				
Ist	11,6			
Dämmreihe 2	6,7		4,9 GWh/a (43 %)	
Dämmreihe 3	5,3		6,2 GWh/a (54 %)	

Unter den getroffenen Annahmen beträgt die maximale Einsparung an Endenergie (Bedarf Fernwärme – Gebäudemodernisierung Ziel.Mod.PH.2050 + Netzmodernisierung mit Dämmreihe 3) bezogen auf das Jahr 2011 bis zum Jahr 2050 35,7 GWh/a bzw. 60 %.

In Tabelle 61 sind die absoluten Einsparpotenziale der Gebäudesanierung nach Gebäudenutzungen zusammengefasst. Abbildung 69 zeigt die jeweiligen prozentualen Anteile der Nutzungskategorien. Die größten Potenziale sind im Bereich der Wohnbebauung, insbesondere bei den Ein- und Zweifamilienhäusern, und damit im Sektor private Haushalte vorhanden.

Tabelle 61: Einsparpotenziale nach Gebäudenutzungen bezogen auf den Ist-Zustand

[GWh/a]	Ein- und Zweifamilienhäuser	Mehrfamilienhäuser	Gemischt genutzte Gebäude	Nichtwohngebäude	Gesamt
Trend 2020	0,98	0,58	0,03	0,68	2,26
Ziel.Mod.PH.2020	1,82	1,24	0,04	0,92	4,02
Trend 2050	4,73	3,56	0,10	2,47	10,85
Ziel.Mod.PH.2050	12,90	10,17	0,25	6,18	29,49

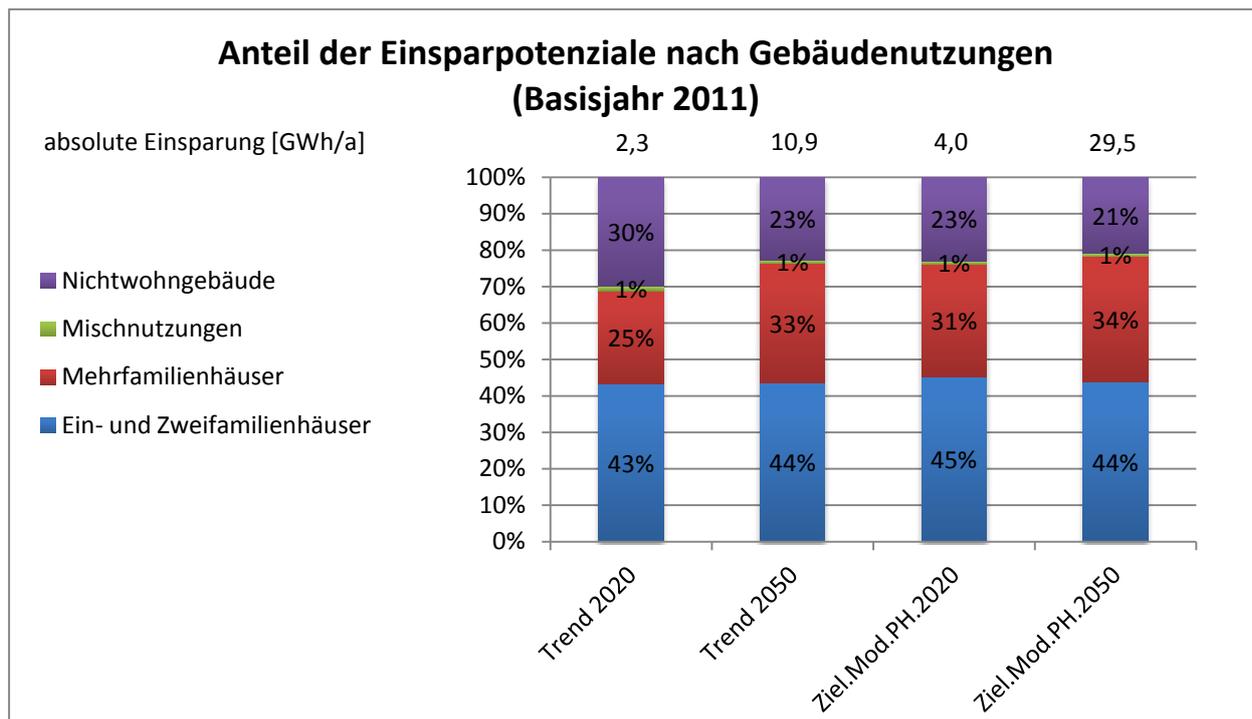


Abbildung 69: Anteil der Einsparpotenziale verschiedener Gebäudenutzungen, bezogen auf das Basisjahr 2011

Je nach Sanierungsvariante stellt sich auch die Verteilung der Anteile der einzelnen Anwendungen unterschiedlich dar. Betrachtet man beispielsweise die Kombination des Trend-Szenarios der Gebäude mit einer Standardsanierung des Netzes mit Dämmreihe 2 (siehe Abbildung 70), so nehmen die Netzverluste aufgrund des nur mäßig verbesserten Zustands der Gebäude einen nur noch geringen Anteil am Gesamtwärmeverbrauch ein. Bei der Kombination der ambitionierten Gebäudesanierung Ziel.Mod.PH.2050 und der ambitionierten Netzsanierung mit Dämmreihe 3 hingegen, steigt der Netzverlust auf 23 % (siehe Abbildung 71). Bei dieser Variante nimmt die Warmwasserbereitung den größten Anteil des Fernwärmebedarfs ein, da dieser in nur sehr geringem Umfang von den baulichen Modernisierungsmaßnahmen beeinflusst wird.

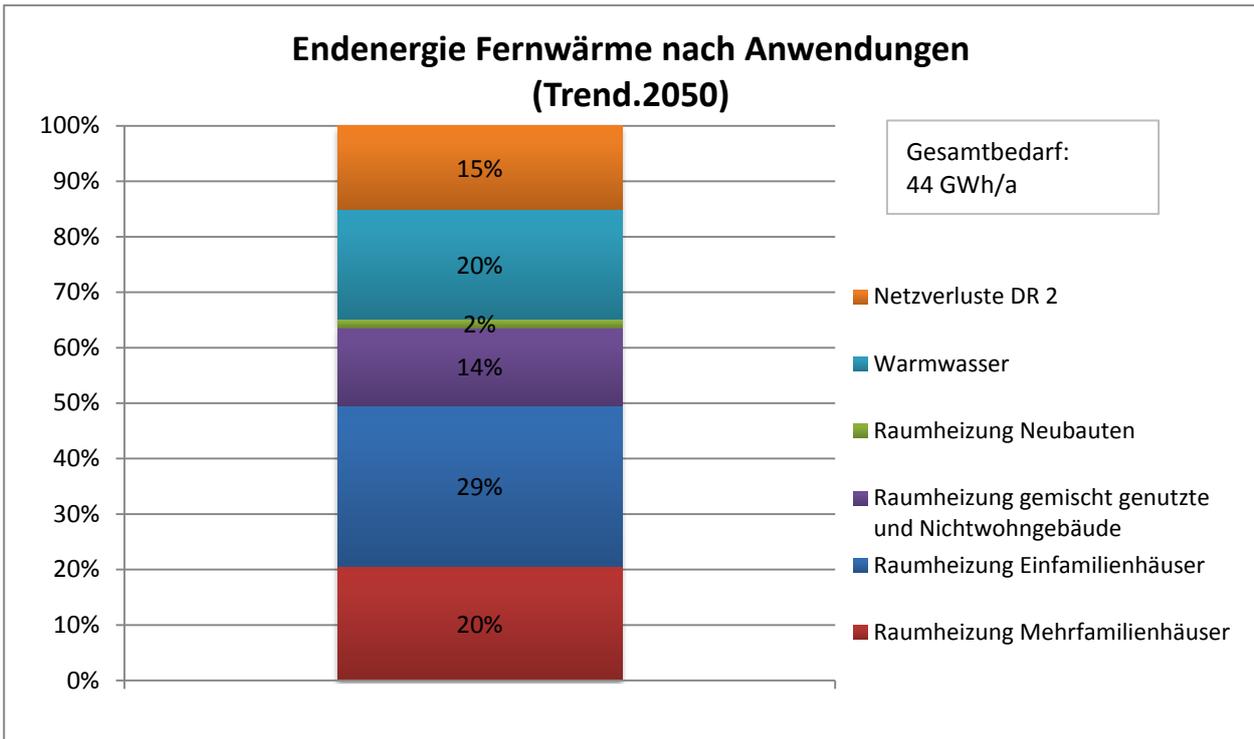


Abbildung 70: Fernwärme nach Anwendungen Bedarfswerte, Gebäudemodernisierung Trend.2050, Netzmodernisierung mit Dämmreihe 2

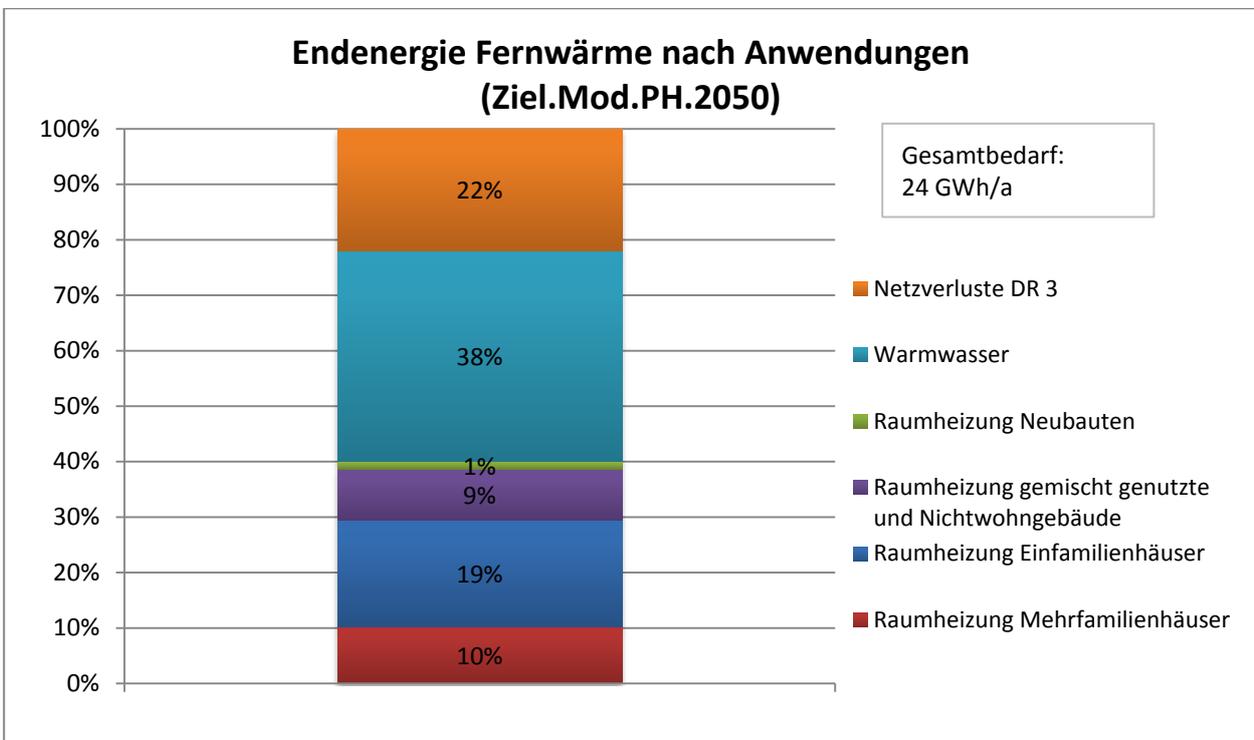


Abbildung 71: Fernwärme nach Anwendungen Bedarfswerte, Gebäudemodernisierung Ziel.Mod.PH.2050, Netzmodernisierung mit Dämmreihe 3

6.3 Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung

Nachfolgend werden die auf Quartiersebene ermittelten Einsparpotenziale in Bezug zu den Zielen des Energiekonzepts der Bundesregierung gesetzt. Hierfür werden die für die Siedlung Mainz-Lerchenberg ermittelten Ergebnisse mit den Angaben für den bundesdeutschen Wohngebäudebestand aus [Diefenbach et al. 2013] verglichen. Vereinfachend wird dabei angenommen, dass diese Zielwerte im Mittel auch für die im Quartier vorhandenen Nichtwohngebäude gelten.

Für den hierbei zu betrachtenden langen Zeithorizont bis zum Jahr 2050 können keine präzisen Prognosen erstellt werden. Die hier erörterten Angaben sind als Anhaltswerte zu verstehen, die die unter den jeweils genannten Randbedingungen zu erreichenden Größenordnungen widerspiegeln. Dies gilt sowohl für die benannten Zielwerte als auch für die quartiersbezogenen Aussagen.

Gemäß Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 soll der bundesdeutsche Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 nahezu klimaneutral sein. Für die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor sind in diesem Zusammenhang die folgenden Ziele benannt [BMW/BMU 2010, S. 22]:

- **20 %ige Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudebestand bis 2020**

Bis zum Jahr 2020 soll der Wärmebedarf im Gebäudebestand gegenüber 2008 um 20 % reduziert werden. Genauere quartiersbezogene Aussagen können anhand der vorliegenden Daten nicht getroffen und sollten im Rahmen eines gezielten Quartiers-Monitoring (siehe Kapitel 9.3) ermittelt werden. Ein Vergleich mit bundesweiten Werten zeigt jedoch das Erfordernis größerer Einsparungen⁷⁷ und damit erhöhter Modernisierungstätigkeiten im Gebäudebereich.
- **80 %ige Reduktion des Primärenergiebedarfs im Gebäudebestand bis 2050**

In Bezug auf den Primärenergiebedarf im Gebäudebestand wird bis 2050 eine Minderung um 80 % gegenüber dem Jahr 2008 angestrebt. Gemäß [Diefenbach et al. 2013] entspricht dies in etwa einer wohnflächenbezogenen Anforderung von 35 kWh/(m²a). Geht man wie [ebd., S. 78] von einem Primärenergiefaktor für Strom im Jahr 2050 von 1,57 aus, so würde der Zielwert bei Umsetzung des Trend-Szenarios der Gebäudesanierung erreicht, wenn die Fernwärmeversorgung einen Primärenergiefaktor von $\leq 0,24 \text{ kWh}_{\text{Prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ aufweist. Bei Umsetzung des Ziel.Mod.PH-Szenarios wäre ein Primärenergiefaktor von $\leq 0,39 \text{ kWh}_{\text{Prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ erforderlich. Zur Erreichung dieses Zieles ist also neben der Sanierung des Gebäudebestandes auch eine primärenergetische Verbesserung der Wärmeerzeugung, z. B. durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger oder – je nach Bewertungsmethodik (siehe Abschnitt 5.2.5.2) – ggf. die Erhöhung des KWK-Anteils, erforderlich. Auch Sanierungsmaßnahmen am Netz und die damit einhergehende Verringerung des Netzverlustes würden zur Senkung des Primärenergiefaktors der Wärmeerzeugung beitragen.
- **Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40 % bis 2020 bzw. 80 % bis 2050**

Ein sektorspezifisches Ziel für die Reduktion von Treibhausgasen im Gebäudebereich ist im Energiekonzept der Bundesregierung nicht enthalten. Allerdings besteht ein sektorübergreifendes, deutschlandweites Ziel der Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 % und bis 2050 um 80 %, jeweils bezogen auf das Basisjahr 1990. Ähnlich wie bei der Reduktion des Wärmebedarfs können anhand der vorliegenden Daten an dieser Stelle keine quartiersbezogenen Aussagen zur Erreichung des Zielwerts für das Jahr 2020 getroffen werden.⁷⁸

⁷⁷ Basierend auf den Berechnungen aus [Diefenbach et al. 2013] wird der im Bundesmittel zu erreichende wohnflächenbezogene Zielwert auf ca. 126 kWh/(m²a) abgeschätzt. Für den Gebäudebestand des Lerchenbergs wird im Trend-Szenario ein Wert in Höhe von 141 kWh/(m²a), im Ziel-Szenario ein Wert in Höhe von 114 kWh/(m²a) erreicht.

⁷⁸ Basierend auf den Berechnungen aus [Diefenbach et al. 2013] wird der im Bundesmittel im Jahr 2020 zu erreichende wohnflächenbezogene Zielwert auf ca. 29 kg/(m²a) abgeschätzt. Die für den Ist-Zustand ermittelten CO₂-Emissionen für Raumwärme, Warmwasser und Hilfsstrom aller Gebäude in Mainz-Lerchenberg liegen bei rund 32 kg/(m²a).

Der wohnflächenbezogene Zielwert für das Jahr 2050 entspricht gemäß [Diefenbach et al. 2013] in etwa $9 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$. Geht man wie [ebd., S. 78.] von einem CO_2 -Faktor für Strom im Jahr 2050 von $0,39 \text{ kg}/\text{kWh}_{\text{End}}$ aus, so würde der Zielwert bei Umsetzung des Trend-Szenarios der Gebäudesanierung erreicht, wenn die Fernwärmeversorgung einen CO_2 -Faktor von $\leq 0,064 \text{ kg}/\text{kWh}_{\text{End}}$ aufweist. Bei Umsetzung des Ziel.Mod.PH-Szenarios wäre ein CO_2 -Faktor von $\leq 0,105 \text{ kg}/\text{kWh}_{\text{End}}$ erforderlich. Der derzeitige Faktor von $0,178 \text{ kg}/\text{kWh}_{\text{End}}$ müsste demnach um ca. 40 bis 65 % reduziert werden. Die oben genannte primärenergetische Verbesserung der Wärmeerzeugung bis 2050 sollte deshalb auch mit einer Reduktion der CO_2 -Emissionen einhergehen.

- **Verdopplung der Sanierungsrate**

Im Energiekonzept weiterhin benannt ist das Erfordernis, die energetische Sanierungsrate für den Gebäudewärmeschutz von derzeit jährlich etwa 1 % auf 2 % des gesamten Gebäudebestandes zu erhöhen. Zwar stellt diese Angabe nicht unbedingt ein eigenes klimapolitisches Ziel dar, sie ist aber ein relevantes „Mittel zum Zweck“, um die übergeordneten Ziele des Energiekonzeptes zu erreichen.

Da die derzeitigen Sanierungsraten im Quartier nicht bekannt sind, wurde im Rahmen dieser Studie von bundesdeutschen Mittelwerten ausgegangen (siehe Kapitel 4.3.5). Ausgehend von dieser Annahme ist für die vor dem Jahr 1978 errichteten Gebäude zur Erreichung der Werte des Ziel.Mod.PH-Szenarios eine Steigerung der Gesamt-Modernisierungsrate von $1,06 \text{ \%/a}$ im Trend-Szenario auf $1,97 \text{ \%/a}$ erforderlich. Von den 1.031 Gebäuden dieser Altersklasse müssten demnach im Mittel 20,3, davon 18,5 Einfamilienhäuser, pro Jahr bezogen auf den Wärmeschutz vollständig saniert oder eine entsprechend höhere Anzahl an Gebäuden teilsaniert werden.

Hierbei wird deutlich, dass die Erhöhung der Modernisierungsraten beim Wärmeschutz insbesondere im Hinblick auf die langfristigen Ziele des Energiekonzeptes von erheblicher Bedeutung ist. Wie die zuvor aufgeführten Ergebnisse zeigen, geht es dabei nicht nur um eine Umsetzung in der Breite, sondern auch um die Tiefe der umgesetzten Maßnahmen. Deshalb sollten Regelungen getroffen bzw. Anreize zur Umsetzung von Modernisierungsstandards geschaffen werden, die über die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung hinausgehen. Gemäß [Diefenbach et al. 2013, S. 97] können auf diese Weise „die notwendigen Fortschritte sowohl bei der Qualität als auch bei der Quantität von Wärmeschutzmaßnahmen erreicht und denkbare Konflikte zwischen diesen beiden Zielen weitgehend aufgelöst werden.“

Erstrebenswert, wenn nicht gar erforderlich wäre in diesem Zusammenhang die Ermittlung von realen quartiersbezogenen Modernisierungsraten, wie sie im Rahmen dieser Studie lediglich für einige Mehrfamilienhäuser vorgenommen werden konnte. Die Feststellung und Fortschreibung dieser Angaben sind als wesentlicher Bestandteil einer Erfolgskontrolle der in Bezug auf die Erreichung der Klimaschutzziele anzusehen (siehe Kapitel 9.3).

Die oben aufgeführten Erläuterungen machen deutlich, dass zur Erreichung der im Energiekonzept bis 2050 festgelegten Ziele beträchtliche Anstrengungen erforderlich sind, und eine Umsetzung nur durch das Zusammenspiel einer Effizienzverbesserung auf Gebäudeebene mit einer effizienten und umweltverträglichen Wärmeversorgungslösung erreicht werden kann. In Bezug auf die Modernisierungstätigkeit im Gebäudebestand erscheint ein quartiersbezogenes Monitoring sinnvoll, um die Größenordnung der erzielten Fortschritte festzustellen und bei Bedarf regulierend eingreifen zu können. Idealerweise sollte ein solches Konzept in Kooperation mit dem Wärmeversorger umgesetzt werden. Bei der Neuordnung und Optimierung der Wärmeversorgung ist zudem zumindest mittelfristig zu beachten, dass auch bei einem weitgehend modernisierten Gebäudebestand die Primärenergie- und Emissionsziele nur durch eine in diesen Bereichen verbesserte Wärmeerzeugung umgesetzt werden können.

7 Analyse von Akteuren, möglichen Umsetzungshemmnissen und Maßnahmen zu deren Überwindung

Das nachfolgende Kapitel widmet sich der Untersuchung von Hemmnissen, die bei der Umsetzung des integrierten Quartierskonzeptes zur Energetischen Stadtsanierung auf dem Lerchenberg auftreten können. In diesem Zusammenhang werden zunächst die wesentlichen Akteursgruppen benannt sowie die Gesamtsiedlung und die Bezirke Lerchenberg-Mitte, -Süd und -Nord hinsichtlich ihrer Sozialstruktur näher betrachtet. Im Anschluss daran werden mögliche Umsetzungshemmnisse dargelegt und Maßnahmen zu deren Überwindung vorgestellt.

7.1 Wesentliche Akteursgruppen

Basierend auf den Ergebnissen der Gebäudeanalyse und der Wärmeversorgung ergeben sich im Hinblick auf die Umsetzung der energetischen Stadtsanierung als wesentliche Akteure folgende drei Gruppen:

Akteure der energetischen Gebäudesanierung:

- Individuelle Gebäude- und Wohnungseigentümer,
- Institutionelle Gebäude- und Wohnungseigentümer,
- Individuelle Eigentümer von Nichtwohngebäuden und gewerblich betriebenen Einheiten,
- die Stadt Mainz als Eigentümer der städtischen Gebäude.

Akteure im Bereich eines effizienten Nutzerverhaltens:

- Wohnungs- bzw. Gebäudenutzer (Eigentümer und Mieter),
- Gewerbetreibende in den Bereichen Gastronomie, Einzelhandel, Dienstleistung u. ä. (Eigentümer und Mieter),
- die Stadt Mainz als Betreiber und Nutzer von Sozial-, Bildungs- oder Verwaltungsimmobilien (Schulzentrum, Bürgerhaus).

Akteure im Bereich der effizienten (zentralen) Wärmeversorgung:

- der Fernwärmeversorger bzw. dessen Zulieferungsunternehmen,
- die Stadt Mainz, von der die Konzession vergeben und einige Rahmenbedingungen (z. B. Anschluss- und Benutzungszwang) für die Fernwärmeversorgung gestaltet werden können.

Wie in den Kapitel 5 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargelegt ist vorgesehen, die die verschiedene Wärmeversorgungsvarianten betreffenden Ergebnisse im Rahmen des Projektes „Mainzer Wärmemasterplan“ durch eine gesonderte Machbarkeitsstudie zu ergänzen. Die nachfolgende Analyse der Akteursgruppen konzentriert sich deshalb auf die Eigentümer und Nutzer der in der Siedlung vorhandenen Gebäude und Wohnungen. Da der Anteil selbst-genutzten Wohneigentums in den Bezirken Süd und Nord überdurchschnittlich hoch ist, beeinflussen die Quartiersbewohner den Energieverbrauch nicht nur durch ihr Nutzerverhalten, sondern auch als Akteure der energetischen Gebäudesanierung. Ihnen kommt deshalb eine Schlüsselfunktion zu. Bei der Analyse von Umsetzungshemmnissen ist deshalb vor allem die Charakteristik der Bevölkerungs- und Sozialstruktur im Quartier zu berücksichtigen, die im Folgenden näher erläutert wird.

7.2 Charakteristik der Bevölkerungs- und Sozialstruktur

Tabelle 62 und Tabelle 63 geben einen Überblick über die soziodemographischen Daten für die Siedlung Lerchenberg. Die Angaben sind nach Bezirken unterschieden und zu Vergleichszwecken den Werten der Gesamtstadt gegenübergestellt. Die Zahlen stammen vorrangig aus der Sozialraumanalyse Mainz [Pfeiffer et al. 2012], [Schlereth 2013b], die auf den Datensätzen des Jahres 2009 basiert. Ergänzend angege- ben sind die Einwohnerzahlen des Jahres 2012 [Landeshauptstadt Mainz 2013d], die sowohl im Stadtteil Lerchenberg als auch in der Gesamtstadt Mainz seit 2009 geringfügig angestiegen sind.

Tabelle 62: Strukturdaten Einwohner Mainz-Lerchenberg;
Quellen: [Landeshauptstadt Mainz 2013d], [Pfeiffer et al. 2012], [Schlereth 2013b]

	Mitte	Süd	Nord	Siedlung Mainz-Lerchenberg	Gesamtstadt Mainz	Quartier im Vergleich zur Gesamtstadt
Einwohner mit Haupt- und Nebenwohnsitz 2012				6.305	204.846	Im Quartier wohnen 3% der Bevölkerung der Gesamtstadt
Einwohner mit Hauptwohnsitz 2012				6.014	201.961	
Einwohner mit Haupt- und Nebenwohnsitz 2009*	3.276	1.550	1.388	6.214	199.752	
Einwohner mit Hauptwohnsitz 2009	3.077	1.534	1.365	5.976	196.692	
Kinder und Jugendliche 0-18 Jahre	23 %	13 %	12 %	18 %	15 %	Sehr hoher Anteil Kinder- und Jugendliche im Bezirk Mitte
Erwachsene Erwerbsalter 18-60 Jahre	54 %	40 %	47 %	48 %	62 %	Stadtweit geringster Anteil der 18-60jährigen, vor allem im Bezirk Süd
Senioren über 60 Jahre	23 %	47 %	41 %	34 %	23 %	Stadtweit höchster Anteil an Senioren über 60 Jahre, vor allem in den Bezirken Süd und Nord
Senioren über 60-75 Jahre	16 %	30 %	27 %	22 %	15%	Stadtweit höchster Anteil an Senioren über 60 Jahre, vor allem in den Bezirken Süd und Nord
Senioren über 75 Jahre	7 %	17 %	14 %	11 %	8 %	Anteil vor allem im Bezirk Süd deutlich höher als im städtischen Durchschnitt
Altenquotient ü60 zu 18-60	43	118	87	68	37	Stadtweit höchster Altenquotient im Bezirk Süd sowie im Stadtteil
Alt-Jung-Quotient ü60 zu 0-18	104	354	356	190	154	Stadtweit dritthöchster Alt-Jung-Quotient
Ausländerinnen	25 %	3 %	9 %	16%	15 %	Stadtweit dritthöchster Anteil an Einwohnern ohne deutsche Staatsbürgerschaft; stadtweit einer der höchsten Anteile im Bezirk Mitte und einer der niedrigsten im Bezirk Süd
Einwohner mit Migrationshintergrund	52 %	13 %	22 %	35 %	28 %	Stadtweit zweithöchster Anteil an Einwohnern mit Migrationshintergrund

Tabelle 63: Strukturdaten Bevölkerungsentwicklung, Haushaltsgrößen, Transferleistungsbezug, Wohnen & Lebenslagenindex Mainz-Lerchenberg; Quellen [Pfeiffer et al. 2012], [Schlereth 2013b]

	Mitte	Süd	Nord	Siedlung Mainz- Lerchen- berg	Gesamt- stadt Mainz	Quartier im Vergleich zur Gesamtstadt
Bevölkerungsentwicklung						
Saldo Geburten und Sterbefälle pro 1000 Einwohner	4	-6	-2	0,3	0,4	Unterdurchschnittliche Ge- burtenrate in Süd und Nord sowie überdurchschnittliche Sterbequote in Süd und in Lerchenberg gesamt führen zu ausgeglichenem Saldo für den Stadtteil
Wanderungssaldo (Zuzüge abzügl. Fortzüge) pro 1000 Einwohner	-14	-17	-4	-12	0,6	Insgesamt negatives Wande- rungssaldo
Haushaltsgröße						
Anteil Einpersonenhaushalte	36 %	29 %	42 %	36 %	50 %	Deutlich unter dem städti- schen Durchschnitt
Single-Haushalte Senioren	46 %	70 %	37 %	48 %	26 %	Anteil alleinlebender Senioren an den Single-Haushalten in allen Lerchenberger Bezirken überdurchschnittlich
Anteil Haushalte mit 2 Personen	30 %	42 %	38 %	35 %	29 %	In Süd und Nord deutlich über dem städtischen Durchschnitt
Anteil Haushalte mit 3 und mehr Personen	35 %	29 %	20 %	29 %	23 %	In Mitte, aber auch in Süd deutlich über dem städtischen Durchschnitt
Erwerbstätigkeit und Transferleistungsbezug						
Erwerbsquote	49 %	42 %	52 %	48 %	49 %	In Nord über, insgesamt unter dem städtischen Durchschnitt
Arbeitslosenquote	15 %	2 %	10 %	12 %	8 %	Eine der stadtweit höchsten Arbeitslosenquoten in Mitte; stadtweit niedrigste Arbeits- losenquote in Süd
SGBII-Empfänger (Grundsicherung für Arbeitssuchende)	23 %	< 1 %	7 %	14 %	8 %	Stark überdurchschnittliche Zahl an SGB II und SGB XII- Empfängern im Bezirk Mitte; Stadtweit niedrigste Zahl an Empfängern von Transferleis- tungen im Bezirk Süd
SBGXII-Empfänger (Sozialhilfe)	2 %	< 1 %	1 %	1 %	1 %	
Wohnen						
Anteil Sozialwohnungen pro 1000 Einwohner	190	0	59	111	29	Stadtweit mit Abstand höch- ster Anteil an Sozialwohnun- gen je 1.000 Einwohner; 1/10 aller Sozialwohnungen im Stadtgebiet befinden sich im Bezirk Mitte
Bewertung der Wohnlage	einfach	mittel	mittel	k. A.	k. A.	
Lebenslagenindex						
Lebenslagenindex	-5	6	0	-3	0	Stadtweit schlechtester Wert in Mitte und bester Wert in Süd

7.2.1 Altersstruktur

Auffällig ist der Stadtteil Lerchenberg insbesondere bezüglich seiner Altersstruktur. Während der Anteil der Altersgruppe über 60 Jahren mit 34 % der höchste im ganzen Mainzer Stadtgebiet ist, ist der Anteil der Einwohner im erwerbsfähigen Alter mit lediglich 48 % mit Abstand der geringste aller Stadtteile. Die Betrachtung der Altersstruktur der einzelnen Bezirke zeigt, dass hier eine starke Differenz herrscht. In den Bezirken Süd und Nord liegt der Anteil der Personen über 60 Jahren bei 47 bzw. 41 % und damit in etwa doppelt so hoch wie im Mainzer Durchschnitt. Der Anteil der Kinder und Jugendlichen unter 18 Jahren liegt dabei in diesen Bezirken unter dem Wert der Gesamtstadt (15 %), im Bezirk Mitte hingegen bei rund 23 %. Der Anteil der Erwachsenen im Erwerbsalter (18 bis 60 Jahre) ist in allen Bezirken mit Werten zwischen 40 % und 54 % gering, der Durchschnitt der Gesamtstadt Mainz beträgt hier 62 % [Pfeiffer et al. 2012, S. 24].

Betrachtet man den Altenquotient, d. h. das Verhältnis der über 60-jährigen zur Erwerbsbevölkerung von 18 bis 60 Jahren, so zeigt sich, dass sowohl der Stadtteil Mainz-Lerchenberg insgesamt als auch der Bezirk Süd speziell stadtweit den höchsten Altenquotient aufweisen, während Lerchenberg-Mitte nahe am Wert der Gesamtstadt Mainz liegt. Auch der Alt-Jung-Quotient, der das Verhältnis der über 60-Jährigen zu Kindern und Jugendlichen bis 18 Jahren ausdrückt, ist in Nord und Süd mehr als doppelt so hoch wie der Mainzer Durchschnitt, wohingegen er in Mitte sogar unter dem Wert der Gesamtstadt Mainz liegt [ebd., S. 107].

Mit einem Anteil von mehr als einem Fünftel der Einwohner ist die Altersklasse der „jungen Alten“ zwischen 60 und 75 Jahren überdurchschnittlich vertreten. In Lerchenberg Süd- und Nord liegt dieser Anteil bei rund 30 %. Auch der Anteil an „alten Alten“ ist in Lerchenberg insgesamt und speziell in den Bezirken Süd und Nord mit 30 bzw. 27 % überdurchschnittlich hoch [ebd., S. 113].

7.2.2 Migrationshintergrund und Staatsbürgerschaft

Insbesondere der Anteil der Einwohner mit Migrationshintergrund, aber auch der Anteil der Ausländer, d. h. der Personen ohne deutsche Staatsbürgerschaft, ist in Lerchenberg-Mitte deutlich höher als in der Mainzer Gesamtstadt und liegt in Summe bei 77 %. Hingegen sind beide Werte in Lerchenberg-Süd und -Nord deutlich unter dem Durchschnittswert der Gesamtstadt. Bei den Bewohnern dieser beiden Bezirke handelt es sich also vor allem um Personen mit deutscher Staatsbürgerschaft und ohne Migrationshintergrund.

Im Quartier leben Menschen aus ungefähr 25 Nationen. Sowohl bei der ausländischen Bevölkerung als auch bei den Personen mit Migrationshintergrund stammen dabei die meisten Einwohner (27 % bzw. 20 %) aus der Türkei. Insgesamt 74 % der Ausländer und 66 % der Bewohner mit Migrationshintergrund kommen aus europäischen Ländern, 8 % bzw. 11 % aus Afrika, 3 % bzw. 4 % aus Amerika und 14 % bzw. 19 % aus Asien [Landeshauptstadt Mainz 2013d] (die Angaben beziehen sich auf das Jahr 2012). Die unterschiedlichen sprachlichen und kulturellen Hintergründe der Bewohner sollten insbesondere bei Maßnahmen zur Mobilisierung von Mietern und Mieterinnen in den Bezirken Mitte und Nord berücksichtigt werden.

7.2.3 Bevölkerungsentwicklung

Endsprechend des hohen Durchschnittsalters in Lerchenberg-Süd und -Nord ist die Geburtenrate in diesen Bezirken unterdurchschnittlich, die Sterbequote überdurchschnittlich und das natürliche Bevölkerungssaldo negativ. Die hohe Geburtenrate bei durchschnittlicher Sterberate in Lerchenberg-Mitte führt in diesem Bezirk hingegen zu einem natürlichen Bevölkerungsgewinn im Stadtteil und zu einer insgesamt ausgeglichenen Gesamtentwicklung.

Unter den Mainzer Stadtteilen weist Lerchenberg die geringste Mobilitätsziffer auf. Es findet keine Zuwanderung außerhalb der Stadtgrenzen, jedoch eine starke Abwanderung ab. In den Bezirken Nord und

Mitte finden zudem mehr Fortzüge als Zuzüge innerhalb der Stadtgrenzen statt. Auch wenn im Bezirk Süd mehr innerstädtische Zuzüge als Fortzüge zu verzeichnen sind, ist das Gesamtwanderungssaldo des Quartiers zurzeit negativ [Pfeiffer et al. 2012, S. 226-227]

7.2.4 Haushaltsgrößen

Bei den meisten Haushalten auf dem Lerchenberg handelt es sich um 1- oder 2-Personen-Haushalte, wobei der größte Anteil an 1-Personenhaushalten in Lerchenberg-Nord vorzufinden ist (42 %). Der Anteil an 1-Personen-Haushalten im Seniorenalter (über 60 Jahren) liegt im gesamten Stadtteil über dem Mainzer Durchschnitt. Auffällig ist hier der mit 70 % besonders hohe Anteil dieser Haushalte in Lerchenberg-Süd.

Der Anteil der 3-und-mehr-Personen-Haushalte liegt vor allem in Lerchenberg-Mitte über dem Durchschnittswert der Stadt Mainz. Auch der Lerchenberg insgesamt weist einen überdurchschnittlichen Anteil dieser Haushaltsgrößen auf.

7.2.5 Erwerbstätigkeit und Transferleistungsbezug

Die Erwerbsquote, d. h. der Anteil der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten an der erwerbstätigen Bevölkerung von 15 bis 65 Jahren, liegt mit 49 % in Mainz-Lerchenberg ganz leicht unter dem Durchschnitt der Gesamtstadt. Im Bezirk Mitte entspricht sie genau dem städtischen Durchschnitt, in Lerchenberg-Nord (52 %) liegt sie darüber und in Süd deutlich darunter (42 %).

Betrachtet man die Arbeitslosenquote, so zeigt sich, dass Lerchenberg-Mitte einen der stadtweit höchsten Werte (15 %), Lerchenberg-Süd hingegen den stadtweit niedrigsten Wert erreicht (2 %). Die Differenz zwischen diesen beiden Bezirken ist hier äußerst hoch, gerade auch im Vergleich zur Mainzer Gesamtstadt (8 %).

Auch die Betrachtung des Transferleistungsbezugs durch die Bewohner der einzelnen Bezirke zeigt große Unterschiede. Der Anteil der Bezieher solcher Leistungen in Lerchenberg-Süd ist mit je unter 1 % äußerst gering (stadtweit niedrigste Zahl), in Nord entspricht er ungefähr dem Mainzer Durchschnitt (in Summe 8 % bzw. 9 %), in Lerchenberg-Mitte hingegen ist er im Vergleich äußerst hoch (in Summe 25 %).

7.2.6 Wohnen

Während die Anzahl der Sozialwohnungen je 1.000 Einwohner im Stadtteil Mainz-Lerchenberg deutlich höher ist als in der Gesamtstadt Mainz, weisen die einzelnen Bezirke erhebliche Unterschiede auf. In Lerchenberg-Süd existieren keine Sozialwohnungen und in -Nord ist der Anteil relativ gering (59 pro 1.000 Einwohner), in -Mitte mit 190 pro 1.000 Einwohner hingegen überdurchschnittlich hoch (städtischer Durchschnitt: 29). Damit nimmt insbesondere der Bezirk Mitte für die Gesamtstadt eine wichtige Funktion in der Bereitstellung kostengünstigen Wohnraums ein. Andererseits ist davon auszugehen, dass in diesem Gebiet verstärkte Ressourcen benötigt werden, um die damit verbundenen belegungsbedingten Integrationsprobleme zu lösen.

In der Sozialraumanalyse wird die Wohnlage auf der Basis der Mikrolage, d. h. der direkten Hausumgebung, und der Makrolage, d. h. dem gesamten Quartier und Stadtteil, bewertet. Ausschlaggebende Kriterien hier sind die Bebauungsdichte, der Wohnumfeldstatus, die Infrastrukturausstattung, die Zentralität sowie die Beeinträchtigung durch Lärm und Geruch. Auf einer Skala einfach bis gut (einfach, einfach/mittel, mittel, mittel/gut, gut) wurde die Wohnlage in Lerchenberg-Mitte als einfach, Lerchenberg-Nord und -Süd als mittel bewertet.

7.2.7 Lebenslagenindex

In der Sozialraumanalyse Mainz 2012 wird für den Stadtteil Lerchenberg und seine einzelnen Bezirke ein Lebenslagenindex berechnet. Hierbei werden die wichtigsten Indikatoren, bei denen Zusammenhänge zwischen den Merkmalsausprägungen und der Benachteiligung eines Gebietes bestehen, ausgewählt und zu einem gewichteten Lebenslagenindex zusammengefasst. Der Durchschnitt der Stadt Mainz wird hierbei mit 0 gekennzeichnet und dient so als Referenzwert. Die ausgewählten Indikatoren sind den Gruppen Beschäftigung/Erwerbsleben, Bildung, soziale Situation/Heterogenität und Wohnen/Wohnumfeld zugehörig [Pfeiffer et al. 2012, S. 258-277], [Schlereth 2013b, S. 6].

Es zeigt sich, dass der Bezirk Lerchenberg-Nord hierbei insgesamt dem Mainzer Durchschnitt entsprechend abschneidet. Die Bezirke Süd und Mitte hingegen weisen deutliche Diskrepanzen auf: während im Bezirk Mitte in allen Bereichen hohe Belastungen offenbar werden (Index: -5), ist die Situation in Lerchenberg-Süd äußerst positiv (Index: 6). Bezüglich der Kategorie Wohnen liegen Lerchenberg-Nord und -Süd oberhalb des Durchschnitts der Stadt Mainz.

7.2.8 Fazit zur Bevölkerungs- und Sozialstruktur

Die Analyse der soziodemographischen Daten zeigt, dass die sich die Sozial- und Bevölkerungsstruktur in den von Ein- und Zweifamilienhäusern geprägten Bezirken Süd und Nord von der des durch große Mehrfamilienhäuser dominierten Bezirks Nord unterscheidet.

Die vorgenannten Daten lassen jedoch auch darauf schließen, dass sich die soziodemographische Beschaffenheit der Bezirke Lerchenberg-Süd und -Nord mit der Zeit wandeln wird. Vor allem im Bezirk Süd zeichnet sich deutlich eine altersbedingte Bevölkerungsveränderung ab. Es ist zu vermuten, dass die Gebäude vor allem für junge Familien mit Kindern attraktiv sind, was mittelfristig eine starke Veränderung der Bevölkerungs- und Haushaltsstruktur zur Folge hätte, was für die Umsetzung des Konzeptes zu berücksichtigen ist.

7.3 Gebäude-Eigentümer- und -Nutzerstruktur

Entscheidend für die Umsetzung des Quartierskonzeptes wird sein, wie aktuelle und künftige Gebäudeeigentümer und -nutzer im weiteren Verlauf des Prozesses angesprochen und eingebunden werden können. Als Akteure der energetischen Gebäudesanierung werden deshalb nachfolgend die verschiedenen Gruppen der Gebäudeeigentümer, als Akteure im Bereich des effizienten Nutzerverhaltens auf die im Quartier auszumachenden Bewohnergruppen eingegangen.

7.3.1 Gebäude- und Wohnungseigentümer

Im Rahmen der nachfolgenden Analyse von Umsetzungshemmnissen werden fünf Gruppen von Eigentümern unterschieden: selbst nutzende Eigentümer von Wohngebäuden, Wohnungseigentümergeinschaften, private Kleinanbieter vermieteten Wohnraums, die institutionelle Wohnungswirtschaft und Eigentümer von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden:

- **Selbst nutzende Eigentümer von Wohngebäuden**

Mit Anteilen von über 50 % ist die Quote des selbstgenutzten Wohneigentums in Lerchenberg-Süd und -Nord überdurchschnittlich hoch (städtischer Durchschnitt 19 %), wobei der Bezirk Süd stadtwweit den höchsten Anteil eigengenutzter Wohnungen aufweist [Landeshauptstadt Mainz 2009, S. 35]. Senioren, die Ende der 1960er/Anfang der 1970er Jahre im Rahmen des Demonstrativbauprogramms Grundstücke und Häuser auf dem Lerchenberg erworben und deren Kinder den Haushalt inzwischen verlassen haben, bilden den überwiegenden Teil der Eigentümer- und Bewohnerschaft. Aufgrund der vorliegenden Altersstruktur ist in gegebener Zeit mit Besitzerwechseln zu rechnen, die in Bezug auf die Umsetzung des Konzeptes zur energetischen Stadtsanierung insofern relevant sind, als dass gerade kurz nach dem Erwerb eines Hauses Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden und auch die Umsetzung energetisch umfassender Maßnahmen eher wahrscheinlich sind [Stieß et al. 2010, S. 45 ff.].

- **Wohnungseigentümergeinschaften**

Neben den von Eigentümern selbst genutzten Ein- und Zweifamilienhäusern, sind in den Bezirken Lerchenberg-Mitte und -Nord einige Eigentumswohnungen vorhanden, die in der Regel in der Obhut von Wohnungseigentumsverwaltungen liegen (Regerstraße 4 - Hausverwaltung Hagenkötter; Regerstraße 6 - Hausverwaltung Immerheiser, Smetanaweg 1-7 sowie Silcherweg 1-7 + 9-15 - Bilfinger Real Estate Wohnen GmbH).

- **Private Kleinanbieter vermieteten Wohnraums**

Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass bezirksübergreifend sowohl einige der Eigentumswohnungen als auch einige der Ein- und Zweifamilienhäuser von privaten Kleinanbietern vermietet werden.

- **Institutionelle Wohnungswirtschaft**

Der größte Anteil an Mietwohnungen befindet sich jedoch in den im Besitz der institutionellen Wohnungswirtschaft angesiedelten Geschosswohnungsbauten in den Bezirken Mitte und Nord. Mit 673 Wohneinheiten ist die Wohnbau Mainz GmbH der größte Eigentümer im Gebiet. 80 davon befinden sich im Bezirk Nord, die Übrigen in Lerchenberg-Mitte. Für die Aufrechterhaltung preisgünstiger Wohnungsangebote im Quartier ist dieser Bestand besonders relevant, da es sich überwiegend um mietpreis- und belegungsgebundene Sozialwohnungen handelt. 368 Wohnungen in Lerchenberg Mitte befinden sich im Besitz der SOKA-Bau.

- **Eigentümer von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden**

Die gemischt genutzten und Nichtwohngebäude im Quartier sind entweder im Besitz privater, gewerblicher, kirchlicher oder kommunaler Eigentümer. Die entsprechenden Gebäude konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Bezirk Mitte und weisen unterschiedliche Baualter und Sanierungszustände auf.

Das Integrierte Entwicklungskonzept „Soziale Stadt“ geht u.a. auf die Eigentümer der Ladenlokale in der Hindemithstraße genauer ein: „Die Eigentümer- und Nutzerstruktur ist kleinteilig fragmentiert. Die 25 Ladenlokale des ersten Bauabschnitts verteilen sich auf 21 unterschiedliche Eigentümer. Diese sind bei den Geschäftsbauten auf der Nordseite zur Regenerstraße zumeist auch Eigentümer der darüber liegenden Wohnungen. Teilweise sind die Eigentümer auch Betreiber der Ladenlokale im Erdgeschoss, ein weiterer Teil der Ladenlokale ist fremdvermietet.“ [Landeshauptstadt Mainz 2009, S. 49].

7.3.2 Wohnungs- und Gebäudenutzer

Wie bereits erwähnt, wird ein hoher Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser in den Bezirken Süd und Nord von ihren Eigentümern bewohnt. Die übrigen im Quartier vorhandenen Gebäude und Wohnungen sind entweder an Privatpersonen oder Gewerbetreibende vermietet oder werden als kirchliche oder öffentliche Einrichtung genutzt.

Mieter, Pächter und Betreiber haben auf die energetische Gebäudesanierung nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss. Sie können diese aber im besten Fall sowohl mit initiieren als auch – in begrenztem Umfang – in Art und Gestalt der Ausführung mit einbezogen werden.

Zudem wirken alle Gebäudenutzer im Quartier über ihr Verhalten auf den Energieverbrauch ein. Ihre Mitwirkungsbereitschaft ist deshalb ebenfalls ausschlaggebend für die reibungslose Umsetzung der energetischen Gebäudemassnahmen, so dass sie bei der nachfolgenden Betrachtung von Umsetzungshemmnissen als Akteursgruppe mit berücksichtigt werden.

7.4 Analyse von eigentümer- und nutzerspezifischen Umsetzungshemmnissen

Die vorangegangene Analyse zeigt, dass in Mainz-Lerchenberg sowohl in baulicher als auch in soziodemographischer Hinsicht große Unterschiede bestehen. Dementsprechend sind auch die Hemmnisse verschieden, die für die einzelnen Zielgruppen bei der Umsetzung energetischer Gebäudesanierung auftreten.

7.4.1 Hemmnisse für selbst nutzende Gebäudeeigentümer

Die Eigentümer von selbst genutzten Einfamilien-, Doppel-, Reihen- und Kettenhäusern sehen sich einigen Hemmnissen bei der energetischen Sanierung gegenüber. Stieß et al. identifizieren in ihrer Studie folgende Punkte [Stieß et al. 2010, S. 45-47]:

- Einschätzung des Hauses als in einem energetischen guten Zustand befindlich
- Kein Interesse an Sanierungsmaßnahmen, die über das Notwendige hinausgehen
- Mangelnde Zeit, um sich mit dem Thema zu beschäftigen
- Angst vor Überforderung bei der Planung und Durchführung der Maßnahmen
- Angst vor Bauschäden
- Angst vor unseriösen Anbietern
- Ungewissheit über die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen
- Fehlende finanzielle Mittel
- Keine Bereitschaft zur Aufnahme eines (weiteren) Kredits zur Finanzierung energetischer Maßnahmen
- Überschaubarkeit der eigenen Zukunft ist nicht gegeben
- Selbsteinschätzung des eigenen Alters (auf Grund des eigenen Alters wird eine Sanierung als nicht mehr rentabel eingeschätzt)

Aus den Gesprächen im Rahmen der Stadtteilforen sind ergänzend aufzuführen:

- Keine Kreditgewährung im Alter
- Absprache mit Nachbarn erforderlich (Reihen-, Ketten- und Doppelhäuser)
- Gestaltungssatzung (festgeschriebene Trauf- und Firsthöhen der geneigten Dächer)
- Bereits durchgeführte Maßnahmen
- Tarifstruktur der Fernwärmeversorgung.

Insbesondere das auf dem Lerchenberg im Februar 2013 durchgeführte 1. Stadtteilforum hat deutlich gemacht, dass die von Stieß et al. genannten Befürchtungen auch von Seiten der Bewohner des Stadtteils Mainz-Lerchenberg bestehen. So wurden der finanzielle Aufwand sowie der „Handwerker-Stress“ als Probleme genannt. Des Weiteren fühlen sich einige Bewohner bei der Beantragung von Zuschüssen (bspw. KfW) überfordert, dieser Prozess wird als zu kompliziert angesehen. Die Kreditaufnahme zur Finanzierung der Sanierungsmaßnahmen stellt ein weiteres Hemmnis dar. Einige Bewohner haben sich schon über mögliche Kredite informiert, sehen die monatliche Belastung dann aber als zu hoch an. Zudem besteht die Befürchtung, dass die durch die Sanierung erreichte Energieeinsparung die Kosten der Finanzierung nicht deckt. Diese ökonomischen Überlegungen sind für viele Bewohner ein Hindernis hinsichtlich umfassender energetischer Sanierungsmaßnahmen [Burger 2013a, S. 3]. Die mangelnde Bereitschaft Kredite aufzunehmen wird auch durch den Umstand verstärkt, dass vor allem ältere Personen unter Umständen auf Grund ihres Alters von den Banken keine (langfristigen) Kredite mehr erhalten.

Auch im Anschluss an das 2. Stadtteilforum wurden einige Befürchtungen von Seiten der Bewohner geäußert. Vor allem die Aspekte der befürchteten Überforderung, die unzureichenden Kenntnisse über den Zustand des eigenen Hauses und mögliche Maßnahmen sowie die durch das eigene Alter als nicht gegeben empfundene ökonomische Rentabilität der Sanierung wurden von einigen Bewohnern angemerkt.

Neben diesen Hemmnissen, die direkt mit den Befürchtungen und der Situation der Bewohner zusammenhängen, stellen auch bestimmte bauliche Gegebenheiten ein Hemmnis dar. Beispielsweise ist dies bei dem Sanierungszustand der einzelnen Gebäude der Fall. Teilweise wurden an den Häusern bereits einzelne energetische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, eine umfassende systematische Sanierung ist jedoch nicht erfolgt. Hierdurch ist die Umsetzung kompletter Maßnahmenpakete schwieriger und der Aspekt der Überschätzung des energetischen Zustands des eigenen Hauses, wie ihn [Stieß et al. 2010] in ihrer Studie benennen, kann zum Tragen kommen. Das Eigenheim wird dann auf Grund einzelner Sanierungsmaßnahmen (wobei es sich auch nur um Maßnahmen der Instandhaltung mit einem geringen energetischen Einschluss handeln kann) energetisch besser bewertet als dies tatsächlich der Fall ist.

Da der größte Teil der Ein- und Zweifamilienhäuser im Quartier aus Reihen-, Doppel- und Kettenhäusern besteht, ist bei der Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen für viele Eigentümer auf dem Lerchenberg eine Abstimmung mit den direkt angrenzenden Nachbarn erforderlich (z. B. aufgrund von Überbauungen oder zur Optimierung von Anschlussdetails und Wärmebrücken). Sowohl die durch die Sanierung einzelner Gebäude entstehende ungleiche Optik als auch der Abstimmungsprozess mit den Nachbarn können Hindernisse zur Umsetzung darstellen.

Für einige Gebäudeeigentümer stellt zudem die Fernwärmeversorgung ein Hemmnis dar. Die hier bestehende Tarifstruktur setzt sich aus einem weitgehend verbrauchsunabhängigen Grundpreis und einem verbrauchsabhängigen Arbeitspreis zusammen. Der Umstand, dass der Grundpreis jedoch festgelegt und damit in jedem Fall zu entrichten ist, hält viele Personen von einer energetischen Sanierung ihrer Häuser ab. Der Grundpreis wird von vielen Bewohnern des Lerchenbergs als zu hoch empfunden und die Einsparungen durch eine Sanierung, die sich nur hinsichtlich des Arbeitspreises bemerkbar machen, als zu gering empfunden.

7.4.2 Hemmnisse für Wohnungseigentümergeinschaften

Aufgrund unterschiedlicher Interessen der verschiedenen Wohnungseigentümer stellt für Wohnungseigentümergeinschaften die energetische Sanierung ihres Gebäudes häufig eine große technische und organisatorische Herausforderung dar. Die Durchführung größerer Baumaßnahmen erfordert nicht nur einen mit einer mindestens dreiviertel Mehrheit erwirkten gültigen Beschluss in der Eigentümerversammlung, sondern in der Regel auch aufwändige Voruntersuchungen und einen längeren Willensbildungsprozess innerhalb der Gemeinschaft der Wohnungseigentümer.

Ein weiteres Hindernis stellt oftmals die Finanzierung der Maßnahmen dar, da in vielen Eigentümergeinschaften die angesparten Rücklagen nicht ausreichen und in der Regel zumindest einige der Eigentümer nicht willens oder in der Lage sind größere Sonderumlagen zu leisten. Eine Kreditaufnahme ist ebenfalls mit größerem organisatorischem Aufwand verbunden (einstimmige Beschlussfassung, Erfordernis von Unterschriften aller Eigentümer, Haftungsrisiken für bonitätsstarke Eigentümer). Sind im Rahmen einer Eigentümergeinschaft sowohl von den Eigentümern selbst genutzte als auch vermietete Wohnungen vorhanden, stehen sich unter Umständen verschiedene Interessen dieser beiden Akteursgruppen – wie der Wunsch nach erhöhtem Wohnkomfort, einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz zu leisten und die geringeren Nebenkosten der Selbstnutzer den wirtschaftlichen Interessen der vermietenden Eigentümer gegenüber.

Darüber hinaus sind die Wohnungseigentümer über die Vorteile energetischer Modernisierungen sowie über Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten nicht bzw. nicht ausreichend informiert.

7.4.3 Hemmnisse für private Kleinanbieter

Private Kleinanbieter sehen sich mit ähnlichen Hemmnissen konfrontiert wie selbst nutzende Gebäudeeigentümer. Hinzu kommt, dass der Gebäudeeigentümer nicht von den erzielbaren Einsparungen selbst, sondern vorrangig durch eine Mieterhöhung von der Umsetzung der Modernisierungsmaßnahmen profitiert. Der hiermit verbundene Aufwand und die Auseinandersetzung mit den Mietern kann ein Hindernis für die Umsetzung umfangreicher Modernisierungsmaßnahmen dieser Eigentümergruppe sein.

7.4.4 Hemmnisse für die institutionelle Wohnungswirtschaft

In der institutionellen Wohnungswirtschaft besteht mehr als bei selbst nutzenden Eigentümern der Anspruch, die Kosten der energetischen Sanierung zu refinanzieren. Dies ist jedoch auf Grund nicht in allen Fällen (z. B. im sozialen Wohnungsbau) ohne weiteres möglich. Hier kommt das so genannte Investor-Nutzer-Dilemma zum Tragen: insofern die Vermieter die Kosten für die Sanierung nicht direkt über die Miete einholen können, ist die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme nicht gegeben, es sei denn es ergibt sich hierdurch ein Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Anbietern. Dies betrifft insbesondere den hohen Anteil an mietpreisgebundenen Sozialwohnungen in Lerchenberg-Mitte, wobei für die entsprechenden Mieter die Senkung der Energiekosten besonders relevant ist.

Hinzu kommt, dass das vermietete Wohneigentum auf dem Lerchenberg teilweise schon in unterschiedlichem Umfang saniert wurde, wobei Umfang und Qualität der Sanierungen in energetischer Hinsicht unterschiedlich sind. Wurden bereits Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, so ist die Durchsetzung einer erneuten Sanierung mit energetischem Schwerpunkt nur schwerlich möglich, sowohl von ökonomischen Gesichtspunkten her als auch in Bezug auf die Toleranz der Mieter.

7.4.5 Hemmnisse für Eigentümern von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden

Bei den Eigentümern der gemischt genutzten und Nichtwohngebäude im Quartier handelt es sich um gewerbliche Institutionen oder Privatpersonen, die Kirche sowie die öffentliche Hand. Die Flächen werden entweder von den Eigentümern selbst genutzt oder sind vermietet. Insofern treffen viele der für die zuvor behandelten Eigentümergruppen genannten Hemmnisse auch für die Eigentümer der Nichtwohngebäude zu.

7.4.6 Hemmnisse für Wohnungs- und Gebäudenutzer

Auf Initiation, Art und Umfang energetischer Gebäudesanierungen haben Mieter nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss. Allerdings wirken sie über ihr Nutzerverhalten auf den Energieverbrauch im Quartier ein. Sowohl bei Umsetzung der Maßnahmen als auch in Bezug auf das Nutzerverhalten ist als größtes Hemmnis unzureichende Kenntnis über Einsparpotenziale und Maßnahmen anzusehen. Zu berücksichtigen ist hierbei auch der hohe Anteil an Migranten und Ausländern dieser Nutzergruppe, die ggf. einer anderen Ansprache bedarf.

7.5 Lösungsvorschläge und Handlungsoptionen zur Überwindung von Umsetzungshemmnissen

Generell lassen sich unabhängig von den nachfolgend aufgeführten Vorschlägen zur Begegnung der Hemmnisse der einzelnen Zielgruppen Motive ausmachen, die für eine energetische Sanierung sprechen. Bei diesen handelt es sich um:

- die Steigerung des Verkehrswertes
- die Steigerung des Wohnwertes und des Komforts⁷⁹
- den Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz
- die Senkung des Energieverbrauchs und der Energiekosten

Zudem existiert die Möglichkeit Sanierungsmaßnahmen an ohnehin zu tätige Instandhaltungsprozesse zu koppeln. Hierdurch lassen sich die Kosten für Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung des energetischen Niveaus eines Hauses minimieren, was in den meisten Fällen zu wirtschaftlich durchführbaren Maßnahmen führt.

Aus der Perspektive des Klimaschutzes jedoch, sollten insbesondere auch Anreize für vorgezogene Sanierungen und Maßnahmen, die über die Mindestanforderungen der EnEV hinausgehen, geschaffen werden.

⁷⁹ Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die Lerchenberger dauerhaft Fluglärm ausgesetzt sind, dessen Belastung durch die Verbesserung des akustischen Komforts bei der Durchführung von Sanierungen gemindert werden kann.

7.5.1 Selbst nutzende Wohnungseigentümer

Generell lassen sich einige Möglichkeiten aufzeigen, mit denen man den Hemmnissen von selbst nutzenden Wohnungseigentümern begegnen und sie ggf. auch abbauen kann. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

Tabelle 64: Hemmnisse und mögliche Maßnahmen bei selbst nutzenden Wohnungseigentümern (von Einfamilien-, Doppel-, Reihen- und Kettenhäusern); Quelle: [Stieß et al. 2010] sowie eigene Ergänzungen

Hemmnis	Mögliche Maßnahme
Einschätzung des Hauses als in einem energetischen guten Zustand befindlich	(möglichst kostenfreie) Beratungsangebote zur Bewertung des energetischen Zustands des eigenen Hauses, Verdeutlichung von Schwachstellen durch thermografische Aufnahmen
Kein Interesse an Sanierungsmaßnahmen, die über das Notwendige hinausgehen	Information und Beratung: Aufklärung über mögliche Komfortverbesserungen, das Kopplungsprinzip und Fördermittel
Mangelnde Zeit, um sich mit dem Thema zu beschäftigen	Informationen kurz und prägnant anbieten, z. B. Gebäude-Übersichtsblätter (Langfassungen gesondert)
Angst vor Überforderung bei der Planung und Durchführung der Maßnahmen	Information und Unterstützung: Ansprechpartner benennen; Handwerkerbetriebe empfehlen; Zeit- und Kostenpläne erstellen
Angst vor Bauschäden	Planer, Baubegleiter und Handwerkerbetriebe empfehlen; Sanierungsgemeinschaften gründen, denkbar wären ggf. Zusammenschlüsse von Planern/Handwerkern/Energieberatern, die spezielle Angebote für das Quartier entwickeln
Angst vor unseriösen Anbietern	
Ungewissheit über die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen	Information und Berechnung der einzelnen Maßnahmen (siehe Gebäude-Übersichtsblätter bzw. ergänzende Informationen zur Wirtschaftlichkeit)
Fehlende finanzielle Mittel	Information über Fördermöglichkeiten und Unterstützung bei der Beantragung; über geringinvestive Maßnahmen informieren
Keine Bereitschaft zur Aufnahme eines (weiteren) Kredits zur Finanzierung energetischer Maßnahmen	Über günstige Kredite, Fördermöglichkeiten und geringinvestive Maßnahmen informieren
Überschaubarkeit der eigenen Zukunft ist nicht gegeben	Erstellung von Zeit- und Kostenplänen, um Planungssicherheit zu geben; über geringinvestive Maßnahmen informieren
Keine Kreditgewährung im Alter	Über geringinvestive Maßnahmen informieren, ggf. Erben mit einbeziehen
Absprache mit Nachbarn erforderlich	Beratung über rechtliche Erfordernisse, Mediation, Hilfestellung bei der Bildung von Sanierungsgemeinschaften
Gestaltungssatzung (festgeschriebene Trauf- und Firsthöhen geneigter Dächer)	Prüfung der Veränderung der Gestaltungssatzung
Bereits durchgeführte Maßnahmen	Sanierungszustand ermitteln und dementsprechend Maßnahmen und Maßnahmenpakete vorschlagen
Tarifstruktur der Fernwärmeversorgung	Information und (ggf. rechtliche) Beratung wie Grundpreis geprüft und ggf. angepasst werden kann

Für einige der derzeitigen Eigentümer kommen größere Maßnahmen mit höheren Investitionen zur Erhöhung der Energieeffizienz ggf. nicht in Frage. Hier wäre eine Unterstützung bei der Durchführung geringinvestiver Maßnahmen sinnvoll, die sowohl zur Energieeinsparung als auch zur Komforterrhöhung beitragen.

Wichtig ist sowohl eine umfassende Beratung als auch eine praktische Unterstützung bei der konkreten Umsetzung von Maßnahmen, die den aktuellen, aber auch den künftigen Eigentümern zur Verfügung stehen sollten.

7.5.2 Wohnungseigentümergeinschaften, private Kleineigentümer, institutionelle Wohnungswirtschaft, Eigentümer von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden

Ergänzend bzw. anstelle der für selbst nutzende Gebäudeeigentümer aufgezeigten Vorschläge zur Hemmnisbegegnung sind in der nachfolgenden Tabelle Anregungen für Wohnungseigentümergeinschaften, private Kleineigentümer, die institutionelle Wohnungswirtschaft sowie die Eigentümer von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden aufgeführt:

Tabelle 65: Mögliche Maßnahmen zur Hemmnisbegegnung bei Wohnungseigentümergeinschaften, privaten Kleineigentümern und der institutionellen Wohnungswirtschaft

Hemmnis	Mögliche Maßnahme
Wohnungseigentümergeinschaften	Information und Beratung zu Sanierungs- und Einsparmöglichkeiten sowie speziell zu Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten
Private Kleineigentümer vermieteten Wohnraums	Information und Beratung zu Finanzierung und Fördermitteln sowie rechtlichen Rahmenbedingungen etc., Hilfe bei der Information der Mieter
Institutionelle Wohnungswirtschaft	Wenn möglich: finanzielle Anreize für die Umsetzung erhöhter Wärmeschutzstandards setzen, ggf. gemeinsame Ansprache der Mieter
Eigentümer von gemischt genutzten und Nichtwohngebäuden	Information und Beratung zu Sanierungs- und Einsparmöglichkeiten sowie zu Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten, Hilfe bei der Stellung von Förderanträgen und bei der Kommunikation mehrerer Akteure (z. B. Ladenzeile)

7.5.3 Gebäude- und Wohnungsnutzer

Auch in Bezug auf das Nutzverhalten der im Quartier vorhandenen Akteure ist insbesondere durch gezielte Information und Beratungsangebote zu den Themenbereichen Heizen, Lüften und Stromsparen einzuwirken. Für die Mieterhaushalte in den Geschosswohnungsbauten wäre die Einführung eines Informationsportals (z. B. als Web-Angebot) denkbar, welches den Mietern ihren individuellen Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser rückmeldet und zudem Vergleichswerte sowie Energiespartipps bereitstellt. Hierdurch könnten die Mieter für ihre individuellen Verbräuche sensibilisiert und durch die Bereitstellung von Energiespar-Tipps über dieses Thema informiert und zur Umsetzung derselben angeregt werden.

7.5.4 Fazit zu den Handlungsoptionen zur Überwindung von Umsetzungshemmnissen

Die vorangegangene Analyse zeigt, dass einige Hemmnisse energetischen Sanierungen im Wege stehen, jedoch auch Möglichkeiten existieren, diesen zu begegnen. Zudem weist der Stadtteil Mainz-Lerchenberg einige Potenziale auf, die eine Chance für die Umsetzung von Maßnahmen zur energetischen Sanierung bieten. So ist beispielsweise die Identifikation mit dem Stadtteil vor allem bei der älteren Bevölkerung in den Bezirken Lerchenberg-Süd und -Nord äußerst hoch. Dies führt zu einem großen bürgerlichen Interesse und Engagement in allen Fragen, die den Stadtteil betreffen. Einen Hinweis hierauf gibt die rege Teilnahme an den Foren zur Stadtteilsanierung sowie das Engagement der Bewohner insgesamt (z. B. Bürgerinitiativen).

Neben diesen Aspekten, die durch die derzeitigen Bewohner des Stadtteils gegeben sind und eine positive Auswirkung auf die Umsetzung von energetischen Sanierungsmaßnahmen haben können, bieten auch künftige Eigentümerwechsel eine solche Möglichkeit. Hier besteht insbesondere die Chance auf die Umsetzung umfangreicherer Maßnahmenpakete.

Es gilt daher, die bestehenden Potentiale des Stadtteils, wie beispielsweise das Interesse und Engagement der Bewohner, entsprechend zu nutzen und zu fördern. Wenn die bestehenden Hemmnisse abgebaut und die Potenziale ausgebaut werden, bietet dies eine gute Grundlage, um die Rate der energetischen Sanierungen im Stadtteil Mainz-Lerchenberg zu erhöhen und somit einen positiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

8 Maßnahmenkatalog

Für die beiden Handlungsfelder „Energetische Sanierung von Gebäuden“ und „Energieeffiziente Wärmeversorgung“ werden nachfolgend konkrete energetische Sanierungsmaßnahmen genannt und deren Ausgestaltung erläutert. Soweit wie möglich wurden dabei

- die Messbarkeit der zu erreichenden Ziele
- die jeweiligen Energieeinspareffekte
- die Kosten sowie
- die wesentlichen Akteure und Kooperationspartner mit angegeben.

Folgende Maßnahmen werden vorgeschlagen:

Energetische Sanierung von Gebäuden

- 1-1 Bautechnische Maßnahmen zur energetischen Modernisierung
- 1-2 Optimierung von Heizungsanlagen
- 1-3 Muster-Sanierungen
- 1-4 Überprüfung und Änderung der vorhandenen Gestaltungssatzung
- 1-5 Aufbau eines Arbeitskreises zur Energetischen Stadtsanierung
- 1-6 Runder Tisch Einkaufszentrum
- 1-7 Effizienz-Monitoring
- 1-8 Öffentlichkeitsarbeit

Effiziente Wärmeversorgung

- 2-1 Machbarkeitsstudie zur Wärmeversorgung
- 2-2 Festlegung von vertraglich zu regelnden Aspekten

8.1 Handlungsfeld Energetische Gebäudesanierung

HF 1 – Nr. 1

Bautechnische Maßnahmen zur energetischen Modernisierung

Handlungsfeld

Priorität

Energetische Gebäudesanierung

Hohe Priorität

Beschreibung der Maßnahme

Da die Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle den größten Teil des Energiebedarfs von Bestandsgebäuden verursachen, kann durch Dämmung der opaken Bauteile und den Einbau hochwertiger Fenster der Energiebedarf in erheblichem Umfang reduziert werden. Für Modernisierungspakete mit Passivhaus-Komponenten ist zudem der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich (siehe Abschnitt 3.3.3).

Neben der Energieeinsparung steigt zudem der Wohnkomfort (z. B. Reduktion von Zuglufterscheinungen, höherer akustischer Komfort).

Messbare und nachprüfbare Ziele

Gesamt-Modernisierungsrate (siehe Abschnitt 4.3.5)

Einspareffekte

Siehe Abschnitte 3.3.4 – Darstellung von Energiebedarfen und Einsparpotenzialen der Beispielgebäude und Abschnitt 4.3 – Szenarien zukünftiger Modernisierungstätigkeit im Gebäudebestand sowie Anhang D – Gebäude-Übersichtsblätter

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Siehe Anhang E – Kosten und Wirtschaftlichkeit der Beispielgebäude

Einzubeziehende Akteure

Kooperationspartner

Sämtliche im Quartier vorhandene Gebäudeeigentümer (Einzeleigentümer und Institutionelle Wohnungswirtschaft)

Energieberater, Planer, Handwerksbetriebe

HF 1 – Nr. 2	
Optimierung von Heizungsanlagen	
Handlungsfeld	Priorität
Energetische Gebäudesanierung	Mittlere Priorität bei unsanierten Gebäuden, Höhe Priorität bei sanierten Gebäuden
Beschreibung der Maßnahme	
<p>Der hydraulische Abgleich ist eine technische Maßnahme, die bewirkt, dass genau die benötigte Menge Wasser durch die Rohre der Heizungsanlage strömt. Nicht hydraulisch abgeglichenen Heizungssysteme können den Heizenergieeinsatz nicht bedarfsgerecht regeln. In diesem Fall werden einzelne Räume ggf. nicht ausreichend beheizt während nahe der Umwälzpumpe gelegene Heizkörper mit Heizwasser überversorgt werden. Oftmals werden dadurch nicht in allen Räumen behagliche Raumtemperaturen erreicht. Der hydraulische Abgleich umfasst eine Berechnung der Heizungseinstellung und die entsprechende Justierung der Thermostatventil-Voreinstellungen. Eine solche Optimierung der Heizungsanlage ist besonders nach der Durchführung von anderen baulichen Maßnahmen relevant, da aufgrund eines geringen Gesamtverbrauchs die Wärmeverluste der Anlagentechnik stärker ins Gewicht fallen und Überschüsse nicht mehr genutzt werden können. Weitere Optimierungspotenziale bieten die Einstellung von Pumpen oder Differenzdruckreglern auf die Anforderungen des nachgeschalteten Netzes sowie die Einstellung der Regelung.</p> <p>Umwälzpumpen in Heizungsanlagen sorgen für die Warmwasserzirkulation durch Rohre in Heizkörper und Wasserhähne. Alte Pumpen sind häufig überdimensioniert, laufen in der Heizzeit 24 Stunden am Tag und verbrauchen dabei unnötig viel Strom.</p> <p>Weitere Potenziale liegen in der Verbesserung der Heizungsregelung, z. B. in der Kombination mit automatischer Fensteröffnung.</p> <p>Auch die Dämmung von Warmwasser führenden Rohrleitungen, ohnehin in den Nachrüstverpflichtungen der EnEV genannt, ist oft noch nicht vollständig ausgeführt.</p>	
Messbare und nachprüfbare Ziele	
Anzahl der durchgeführten Maßnahmen / Höhe der Investitionen in effiziente Haustechnik	
Einspareffekte	
Hydraulischer Abgleich:	je nach Höhe des Heizenergieverbrauchs ca. 4 kWh/(m ² a) bis 12 kWh/(m ² a) [OPTIMUS-Gruppe o.J., S. 14]
Erneuerung der Umwälzpumpe:	in Einfamilienhäusern bis zu 400 kWh/a
Kosten	
Hydraulischer Abgleich:	Die Kosten variieren je nach Gebäudegröße und Anzahl der Heizkörper in der Anlage. Grob kann mit einer Größenordnung von etwa 2 bis 6 Euro/m ² beheizter Wohnfläche gerechnet werden [OPTIMUS-Gruppe o.J., S. 17].
Erneuerung der Umwälzpumpe:	in Einfamilienhäusern ca. 300 bis 500 Euro
Einzubeziehende Akteure	Kooperationspartner
Gebäudeeigentümer	Dienstleister im Bereich Energietechnik

HF 1 – Nr. 3**Muster-Sanierungen****Handlungsfeld**

Energetische Gebäudesanierung

Priorität

Hohe Priorität

Beschreibung der Maßnahme

Durch beispielhafte Muster-Sanierungen sollen insbesondere die Eigentümer der typisierten Einfamilienhäuser Anreize zur Modernisierung des eigenen Gebäudes erhalten. Die Muster-Sanierungen sollen als praktische Beispiele Hauseigentümern konkrete Anregungen zur Umsetzung bautechnischer Maßnahmen geben.

Messbare und nachprüfbare Ziele

Anzahl der durchgeführten Mustersanierungen

Einspareffekte

Siehe Abschnitte 3.3.4 – Darstellung von Energiebedarfen und Einsparpotenzialen der Beispielgebäude und Abschnitt 4.3 – Szenarien zukünftiger Modernisierungstätigkeit im Gebäudebestand sowie Anhang D – Gebäude-Übersichtsblätter

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Siehe Anhang E – Kosten und Wirtschaftlichkeit der Beispielgebäude

Einzubeziehende Akteure

Gebäudeeigentümer der im Quartier vorhandenen typisierten Einfamilienhäuser (siehe Abschnitt 3.1)

Kooperationspartner

Energieberater, Planer, Handwerksbetriebe

HF 1 – Nr. 4	
Überprüfung und Änderung der vorhandenen Gestaltungssatzung	
Handlungsfeld	Priorität
Energetische Gebäudesanierung	Hohe Priorität
Beschreibung der Maßnahme	
<p>Die Gestaltungssatzung Lerchenberg vom 01.12.2000 gibt für Reihenhäuser die Einhaltung der bestehenden Trauf- und Firsthöhe vor [Stadtverwaltung Mainz 1998], was einer außenseitigen Erhöhung von Sparren zum Einbau größerer Dämmstärken entgegensteht. Um die Umsetzung weitergehender energetischer Sanierungsmaßnahmen zu erleichtern, sollte diese Regelung überprüft und ggf. entsprechend verändert werden.</p>	
Messbare und nachprüfbare Ziele	
Einspareffekte	
Nicht bezifferbar	
Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Nicht bezifferbar	
Einzubehandelnde Akteure	Kooperationspartner
Stadtverwaltung Mainz	

HF 1 – Nr. 5**Aufbau eines Arbeitskreises zur Energetischen Stadtsanierung****Handlungsfeld**

Energetische Gebäudesanierung

Priorität

Mittlere Priorität

Beschreibung der Maßnahme

Zum Zwecke eines regelmäßigen Informationsaustausches soll ein Arbeitskreis zur Energetischen Stadtsanierung etabliert werden. Dieser ist als lockerer Zusammenschluss interessierter Akteure angedacht, die sich ca. vierteljährlich treffen, um sich untereinander auszutauschen und zu informieren, ggf. auch um gemeinsame Aktivitäten, Aktionen und Kampagnen zu koordinieren. Der Arbeitskreis soll allen Interessierten offenstehen, die sich dauerhaft oder temporär, aktiv oder rein aus Informationszwecken mit Themen der Energieeffizienz im Gebäudebereich beschäftigen wollen. Bei den Treffen können zu bestimmten Schwerpunkten Impulsvorträge und Diskussionsrunden abgehalten werden. Auf diese Weise sollen auf kurzem Weg Anreize und Hilfestellungen bei privaten Vorhaben zur Gebäudesanierung Energieeinsparung gegeben werden. Die Kooperation ist durch Öffentlichkeitsarbeit nach außen sichtbar zu machen (Bekanntgabe von Terminen, ggf. Veröffentlichung von Protokollen etc.).

Messbare und nachprüfbare Ziele

Anzahl der durchgeführten Treffen / Anzahl der Teilnehmer pro Treffen

Einspareffekte

Nicht bezifferbar

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Nicht bezifferbar

Einzubeziehende Akteure

Sanierungsmanager, Gebäudeeigentümer und Gebäudenutzer im Quartier

Kooperationspartner

Handwerker, Energieberater, Planer

HF 1 – Nr. 6	
Runder Tisch Einkaufszentrum	
Handlungsfeld	Priorität
Energetische Gebäudesanierung	Hohe Priorität
Beschreibung der Maßnahme	
<p>Die Idee des im Integrierten Entwicklungskonzept „Soziale Stadt“ benannten Leitprojektes „Runder Tisch“ Einkaufszentrum [Landeshauptstadt Mainz 2009, S. 51] soll aufgegriffen und mit der energetischen Modernisierung der Ladenzeile verknüpft werden. Mit dieser Maßnahme sollen die Eigentümer und Mieter der Ladenzeile animiert werden, gemeinsame Perspektiven für die städtebauliche, bauliche und ökonomische Profilierung der Ladenzeile zu entwickeln.</p> <p>In diesem Zusammenhang sollten die möglichen Energieeinsparungen und ggf. vorhandene Synergieeffekte bei der energetischen Modernisierung der Ladenzeile untersucht und die Umsetzung von Maßnahmen mit zeitgemäßer Nutzung und Gestaltung der Flächen verbunden werden.</p>	
Messbare und nachprüfbare Ziele	
Abgehaltene Treffen / Zahl der umgesetzte Sanierungsaktivitäten	
Einspareffekte	
Nicht bezifferbar	
Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Nicht bezifferbar	
Einzubehandelnde Akteure	Kooperationspartner
Sanierungsmanager, Gebäudeeigentümer und Gebäudenutzer der Ladenzeile	Quartiersmanagerin „Soziale Stadt“, Energieberater

HF 1 – Nr. 7**Effizienz-Monitoring****Handlungsfeld**

Energetische Gebäudesanierung

Priorität

Hohe Priorität

Beschreibung der Maßnahme

Um Fortschritte und umgesetzte Aktivitäten des Quartierskonzeptes zu dokumentieren, sollte ein Energieeffizienz-Monitoring etabliert werden, das folgende Aspekte beinhaltet (siehe Abschnitt 9.3):

- Erhebung des derzeitigen Modernisierungszustandes der im Quartier vorhandenen Gebäude; Erfassung des Grads der energetischen Modernisierung nach Bauteilen sowie nach Gebäudeart und Baualtersklasse
- Jährliche Fortschreibung durch Erfassung möglichst aller durchgeführten Sanierungsmaßnahmen
- Jährliche Ermittlung des Fernwärmeverbrauchs aller Gebäude im Quartier für Heizung und Warmwasser sowie Bildung von Verbrauchs-Benchmarks.

Messbare und nachprüfbare Ziele

Regelmäßige Veröffentlichungen der Monitoringergebnisse

Einspareffekte

Nicht bezifferbar

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Nicht bezifferbar

Einzubeziehende AkteureSanierungsmanager, Gebäudeeigentümer,
Fernwärmeversorger**Kooperationspartner**

HF 1 – Nr. 8	
Öffentlichkeitsarbeit	
Handlungsfeld	Priorität
Energetische Gebäudesanierung	Hohe Priorität
Beschreibung der Maßnahme	
<p>Zur Aktivierung von Eigentümern, Bewohnern und Gewerbetreibenden sollen verschiedene Formen der Öffentlichkeitsarbeit genutzt werden (siehe Kapitel 8) , z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einrichtung eines Internetportals - Sprechstunden - Informationsbroschüren - Informationsveranstaltungen. 	
Messbare und nachprüfbare Ziele	
Durchgeführte Maßnahmen in der Öffentlichkeit	
Einspareffekte	
Nicht bezifferbar	
Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Variiert je nach Umfang der Leistungen	
Einzubeziehende Akteure	Kooperationspartner
Sanierungsmanager, Gebäudeeigentümer und Gebäudenutzer im Quartier	

8.2 Handlungsfeld Energieeffiziente Wärmeversorgung

HF 2 – Nr. 1

Machbarkeitsstudie zur Wärmeversorgung

Handlungsfeld

Effiziente Wärmeversorgung

Priorität

Hohe Priorität

Beschreibung der Maßnahme

Wie in Kapitel 5 dargelegt, wurde das vorliegende Konzept bewusst ohne Einbeziehung der Sichtweise eines Energieversorgungsunternehmens erstellt. Die die verschiedenen Wärmeversorgungsvarianten und die Modernisierungsmaßnahmen am Netz betreffenden Ergebnisse sind deshalb durch eine gesonderte Machbarkeitsstudie aus Versorgersicht zu ergänzen.

Messbare und nachprüfbare Ziele

Vorlage von Studienergebnissen in Form eines entsprechenden Berichts

Einspareffekte

Nicht bezifferbar

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Nicht bezifferbar

Einzubeziehende Akteure

Stadtverwaltung Mainz

Kooperationspartner

potenzielle Wärmeversorger

HF 2 – Nr. 2	
Festlegung von vertraglich zu regelnden Aspekten	
Handlungsfeld	Priorität
Effiziente Wärmeversorgung	Hohe Priorität
Beschreibung der Maßnahme	
<p>Die Ergebnisse des Quartierskonzeptes und der vorgenannten Machbarkeitsstudie (siehe HF 2- Nr. 1) bilden für die Stadtverwaltung wesentliche Grundlagen für die Festlegung der vertraglich zu regelnden Aspekte für die künftige Wärmeversorgung. Auf dieser Basis sind weitergehende politischen Entscheidungen für die vertraglich festzulegenden Randbedingungen (Netzmodernisierung, Erzeugung, Anschluss- und Benutzungszwang, Tarifstruktur, Monitoring der Versorgeraktivitäten, Monitoring des Energieverbrauchs im Quartier) zu präzisieren, zu definieren und zu verabreden.</p>	
Messbare und nachprüfbare Ziele	
Einspareffekte	
Nicht bezifferbar	
Kosten und Wirtschaftlichkeit	
Nicht bezifferbar	
Einzubeziehende Akteure	Kooperationspartner
Stadtverwaltung Mainz	

9 Organisatorische Umsetzung des Sanierungskonzeptes

Neben der Konzepterstellung werden von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für die Dauer von maximal 3 Jahren die Kosten für einen Sanierungsmanager gefördert, der als Anlaufstelle für alle beteiligten Akteure zur Verfügung stehen soll. Er hat die Aufgabe, den Umsetzungsprozess des Konzeptes zu planen und zu begleiten, Schritte zur Zusammenarbeit und Vernetzung der verschiedenen Akteure in die Wege zu leiten, deren Maßnahmen zu koordinieren und zu kontrollieren sowie in Fragen der Finanzierung und Förderung zu beraten.

Bei einem im Rahmen des zweiten Forums zur energetischen Stadtsanierung in Juni 2013 durchgeführten Workshops wurde deutlich, dass von den Bewohnern des Quartiers hohe Erwartungen an den Sanierungsmanager gestellt werden [Burger 2013c]. Über fachliche Kompetenzen bei der bautechnischen Grundlagen- und Finanzierungsberatung hinaus ist hier vor allem auch eine Vertrauensperson gewünscht. In diesem Zusammenhang ist es von Relevanz, dass die Neutralität bei der Beratung gewährleistet bleibt und dass diese für die Hauseigentümer und Mieter kostenfrei angeboten wird. Zudem sollte die Person im Stadtteil bekannt sein. Vor dem Hintergrund der Altersstruktur in den Bezirken Süd und Nord ist wichtig, dass ältere Menschen keine Angst haben, den Sanierungsmanager ins Haus zu lassen.

Wie aus den vorherigen Kapiteln hervorgeht, sind die zu bearbeitenden Aufgabenfelder sehr vielschichtig, sodass empfohlen wird, mindestens zwei Bearbeiter mit den Aufgaben des Sanierungsmanagers zu betrauen. Somit kann auf die jeweiligen Kompetenzfelder eingegangen werden. Es sollten Fachkenntnisse in Bezug auf die energetische Gebäudesanierung und Erfahrungen mit partizipativen stadtplanerischen Umsetzungsprozessen vorhanden sein.

9.1 Aufgaben des Sanierungsmanagers

Auf der Grundlage der Vorschläge zur Überwindung von Umsetzungshemmnissen und des entwickelten Maßnahmenkataloges soll der Sanierungsmanager folgende Aufgaben wahrnehmen:

Organisatorische Maßnahmen

- Eigene Aufbereitung und Fortschreibung von Informationsmaterialien (z. B. Gebäudetypologie-Broschüre für den Lerchenberg, Aktualisierung der Daten zu Einsparpotenzialen, Kosten und Wirtschaftlichkeit der dargestellten Maßnahmen) sowie Bereitstellung weiterer allgemeiner Informationen zu Fördermitteln, Ansprechpartnern (Energieberater, Planer, Handwerker, Baubegleiter), Sanierungsmaßnahmen, einsetzbaren Materialien sowie zum Heizen, Lüften, Energie- und Stromsparen und altersgerechten Umbauten
- Einrichtung von Sprechzeiten
- Einrichtung eines Internetportals
- Evaluation des Projektfortschritts in Form eines Gebäude-Monitorings auf dem Lerchenberg (siehe Abschnitt 9.3)

Zielgruppenspezifische Information und Beratung von Gebäudeeigentümern und -nutzern

- Beratung von Eigentümern zu energetischen Gebäudesanierungen und deren Finanzierung, z. B. bei Anträgen auf Sanierungsgenehmigung oder bei Eigentumsübergang
- Information zur Inanspruchnahme von Fördermitteln (KfW, Landesmittel, BAFA)
- Vermittlung weiterer Ansprechpartner (Energieberater, Architekten, Handwerker)
- Hilfestellung bei der Gründung von Sanierungsgemeinschaften
- Organisation, Durchführung sowie Bekanntmachung von Muster-Sanierungen
- Organisation und Durchführung von Informationsveranstaltungen und Quartiersrundgängen
- Kooperation mit dem Schulzentrum zur Durchführung zusätzlicher Infoveranstaltung für Kinder und Jugendliche

Information und Beratung in Bezug auf die Wärmeversorgung

- Ansprechpartner bei Fragen zur Fernwärmeversorgung, zu Heizkostenabrechnungen und Tarifverträgen
- Organisation und Durchführung von Informationsveranstaltungen zu den Entwicklungen der Fernwärmeversorgung

Netzwerkaktivitäten

- Aufbau von Kontakten zu allen Schlüsselakteuren der Quartiersentwicklung (sämtliche Gebäudeeigentümer, Gebäudenutzer und -betreiber, Stadt Mainz, Fernwärmeversorger)
- Aufbau eines Arbeitskreises zur Energetischen Stadtsanierung
- Kooperation mit der Quartiersmanagerin des Projektes „Soziale Stadt“, z. B. Etablierung eines „Runden Tisches“ mit den Eigentümern und Nutzern der Ladenzeile
- Ansprache möglicher Kooperationspartner z. B. Mieterverein, Eigentümerverband, Verbraucherzentrale, Stromversorger, Banken etc.

Öffentlichkeits- und Pressearbeit

- Erstellung von Pressemitteilungen
- Entwicklung verschiedener, zielgruppenspezifischer Formen der Ansprache (z. B. Flyer, Plakate etc.)
- Promotion von Muster-Sanierungen

9.2 Zeitplan für die Aktivitäten des Sanierungsmanagers

Gemäß den KfW-Förderrichtlinien zur Energetischen Stadtsanierung steht für den Sanierungsmanager ein Zeitfenster von 3 Jahren zur Verfügung. Nachfolgend werden die umzusetzenden Maßnahmen in den zur Verfügung stehenden zeitlichen Rahmen eingeordnet. Eine Übersicht bietet Tabelle 66.

1. Jahr

Im ersten Jahr soll insbesondere mit den Informations- und Beratungstätigkeiten zur energetischen Gebäudemodernisierung begonnen werden, da sich hier der größte Handlungsbedarf ergibt und sich die Planungs- und Umsetzungsprozesse dieser Maßnahmen zum Teil über längere Zeiträume erstrecken. Zu Beginn der Arbeiten des Sanierungsmanagers sowie im Rahmen von Informationsveranstaltungen sollten presse- und öffentlichkeitswirksame Tätigkeiten vorgesehen werden. Die Aktivitäten im ersten Jahr umfassen insbesondere:

- die Installation des Sanierungsmanagers vor Ort; Einrichtung von Büro, Präsenzzeiten, Internetportal, Einarbeitung, Aufbau von Netzwerken, Zusammenstellung allgemeiner Beratungsunterlagen sowie Ausarbeitung des Monitoringkonzeptes zur Erfolgskontrolle
- Einzelberatungen und Informationsveranstaltungen zur energetischen Gebäudesanierung. Im Mittelpunkt stehen dabei zunächst die Einzeleigentümer der Ein- und Zweifamilienhäuser, im Laufe der Zeit sollten die weiteren Gebäudeeigentümer im Quartier bzw. deren Vertreter (Wohnungsunternehmen, WEG-Verwalter, Stadt, Eigentümer von Nichtwohngebäuden) gezielt angesprochen werden.
- Vorbereitungen zur Durchführung von Muster-Sanierungen
- Aufbau des Arbeitskreises zur Energetischen Stadtsanierung und des „Runden Tisches“ mit Gebäudeeigentümern und Nutzern der Ladenzeile
- bei Bedarf: Beratung zu Heizkostenabrechnungen.

2. Jahr

Im zweiten Jahr wird das Beratungsangebot zur Energetischen Gebäudemodernisierung kontinuierlich fortgeführt. Auch werden die diesem Jahr voraussichtlich Entscheidungen über die künftige Fernwärmeversorgung getroffen, über die die Bewohner des Stadtteils zu informieren sind. Zudem soll die Themenvielfalt erweitert sowie weitere Akteure und Kooperationspartner eingebunden werden, z. B. durch:

- Informationsveranstaltungen für Mieter
- Informationsveranstaltungen für Kinder und Jugendliche
- Informationen über Entscheidungen zur künftigen Wärmeversorgung.

3. Jahr

Im dritten Jahr soll das bereits etablierte Beratungsangebot intensiviert und aufrechterhalten werden. Da sich voraussichtlich in diesem Jahr die vertragliche Grundlage der Stadt mit dem Fernwärmeversorger verändern wird, ist zu erwarten, dass diesem Themenbereich bei den Informations- und Beratungsangeboten besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Da die Energetische Stadtsanierung eine Langfristaufgabe ist, sind vor Ablauf der KfW-Förderung Überlegungen anzustellen, wie die wesentlichen Aktivitäten des Sanierungsmanagers zukünftig weitergeführt und verstetigt werden können. Eine wesentliche Rolle werden dabei die Maßnahmen zur Erfolgskontrolle des Quartierskonzeptes spielen, die im Folgenden näher erläutert werden.

Tabelle 66: Übersicht des Zeitplans für die Aktivitäten des Sanierungsmanagers

	1. Jahr				2. Jahr Quartal				3. Jahr			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Einrichtung Sanierungsmanagement im Stadtteilbüro	■											
Netzwerkaufbau	■	■										
Entwicklung und Pflege von zielgruppenspezifischen Kommunikationsformen	■	■	■									
Entwicklung, Aufbereitung und Aktualisierung von zielgruppen- und quartiersbezogenen Informationsmaterialien	■	■	■									
Vorbereitung und Durchführung Einzelberatungen und Informationsveranstaltungen, Quartiersrundgängen etc.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Organisation, Durchführung sowie Bekanntmachung von Muster-Sanierungen			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Durchführung regelmäßiger Netzwerktreffen			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Erhebung und Evaluation quartierspezifischer Kennzahlen / Monitoring	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Berichterstattung				■				■				■
Schwerpunkttätigkeiten / Meilensteine	■											
Laufende Tätigkeiten	■											

9.3 Maßnahmen der Erfolgskontrolle: Monitoring der Energieeffizienz auf dem Lerchenberg

Wie im Abschnitt 6.3 dargelegt, ist ein hochwirksamer Wärmeschutz Voraussetzung für das Erreichen der Klimaschutz-Ziele. Das durch Maßnahmen an der Gebäudehülle erschließbare technische Potenzial wurde in den Szenarien-Berechnungen ausgewiesen. Wie dort dargestellt wäre eine energetische Gesamtmodernisierungsrate von ca. 2 % pro Jahr erforderlich, um bis 2050 alle noch nicht sanierten Bauteile energetisch zu optimieren. Für die Einfamilien- und Reihenhäuser auf dem Lerchenberg heißt das: Um die Ziele zu erreichen muss ein Äquivalent von jährlich ca. 20 Häusern wärmetechnisch komplett modernisiert werden (bei Teil- oder Bauteilmodernisierungen wären entsprechend mehr Gebäude jährlich betroffen).

Verlässliche Aussagen zur tatsächlichen energetischen Modernisierungsrate gibt es bisher nur auf Bundesebene: In der Erhebung „Datenbasis Gebäudebestand“ wurde für das Jahr 2005 bis 2008 ein Wert von jährlich 1,1 % für Gebäude bis Baujahr 1978 ermittelt. Für das hier untersuchte Quartier sind weder der aktuelle Modernisierungszustand noch die jährliche Umsetzungsrate bekannt.

Deshalb wäre es wünschenswert, wenn nicht gar erforderlich, im Rahmen der Konzeptumsetzung die Entwicklung der Modernisierungsrate, die Qualität der Maßnahmen und die Auswirkungen auf den Energieverbrauch kontinuierlich zu verfolgen und zu dokumentieren.

Die Erfassung von Modernisierungsaktivitäten bietet nach Einschätzung der Autoren im Zusammenhang mit den genannten Aufgaben verschiedene positive Verstärkungswirkungen: Insbesondere können laufende oder abgeschlossene energetische Modernisierungen als greifbare Vorbilder in der Öffentlichkeitsarbeit verwendet werden. Die öffentliche Darstellung und Dokumentation von Energiesparmaßnahmen könnte gleichzeitig auch den Anreiz bei den Modernisierungswilligen und Handwerksbetrieben erhöhen, gute, weit über die Mindestanforderungen nach EnEV hinaus gehende energetische Standards umzusetzen und auf die Qualität der Ausführung zu achten.

Neben der Verfolgung der Maßnahmenumsetzung würde ein weiteres wichtiges Element des Energieeffizienz-Monitorings darin bestehen, den Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser für das gesamte Quartier jährlich zu erfassen und in Form von „Verbrauchs-Benchmarks“ nach Gebäudetypen und Modernisierungszuständen differenziert darzustellen. Langfristig können nur auf diesem Weg die erzielten Einsparerfolge nachgewiesen und in der Öffentlichkeit kommuniziert werden. Kurzfristig erlaubt eine Differenzierung nach dem Modernisierungszustand die Kontrolle der Verbrauchszielerreichung zumindest für die Teilmenge der bereits energetisch modernisierten Gebäude. Der Nutzen bestünde zum einen darin, dass im Fall einer Verfehlung des anvisierten Verbrauchsniveaus entsprechend gesteuert werden kann. Zum anderen können die gemessenen und damit nachweislich erreichten niedrigen Verbrauchswerte das Vertrauen der bisher unentschlossenen Gebäudeeigentümer in die energetische Modernisierung stärken.

Die konkreten Ziele für den energetischen Zustand und für den Energieverbrauch sollten so kommuniziert werden, dass der Gebäudeeigentümer den Erreichungsgrad für sein eigenes Gebäude leicht nachvollziehen kann.

9.3.1 Indikatoren – Ermittlung und Vergleich mit Zielwerten

Das oben skizzierte Monitoring-Schema kann sicherlich nicht aus dem Stand heraus umgesetzt, sondern muss schrittweise angegangen werden. Um dies zielgerichtet zu tun, wird im Folgenden ein Konzept ausformuliert, das aus unserer Sicht im Zusammenspiel seiner Bausteine die gewünschte Transparenz im Hinblick auf den Sanierungsfortschritt und die tatsächliche Energieeinsparung vor dem Hintergrund der klimapolitischen Zielsetzungen herstellt. Dabei hilft es, Diskrepanzen zwischen dem Ist und dem Soll aufzuzeigen und durch zielgerichtete Maßnahmen entsprechend gegenzusteuern.

Die Vision eines langfristig angelegten Energieeffizienz-Monitoring auf dem Lerchenberg beinhaltet die regelmäßige Aufbereitung von verschiedenen Indikatoren und den Vergleich mit innerhalb des Quartierskonzepts entwickelten Zielwerten, wie in den folgenden Abschnitten gezeigt wird.

9.3.1.1 Verbrauchs-Benchmarks

Auf jährlicher Basis wird der gemessene Energieverbrauch (Fernwärme) für Heizung und Warmwasser aller Gebäude ermittelt sowie in Form von Energiekennwerten (Verbrauch pro m² Energiebezugsfläche) aufbereitet und veröffentlicht. Als Energiebezugsfläche dient dabei im Grundsatz die Abrechnungsfläche, die bei Wohngebäuden der beheizten Wohnfläche entsprechen sollte. Die Verbrauchsbenchmarks sollten nach folgenden Kriterien differenziert werden:

- nach Gebäudeart und Baualtersklasse (siehe Gebäudetypen in der Szenarienbetrachtung);
- nach Modernisierungszustand (z. B. entsprechend der energetischen Gesamt-Modernisierungsrate).

9.3.1.2 Grad der energetischen Modernisierung und jährliche Modernisierungsrate

Die Aktivitäten der energetischen Modernisierung in der Siedlung werden durch Zusammenführen verschiedener Informationen erfasst. Anlässe für konkretes Nachfragen nach Art und Umfang der Maßnahme durch den Sanierungsmanager könnte z. B. das Wahrnehmen des Beratungsangebot durch Einfamilienhausbesitzer sein, Hinweise aus der Kooperation mit örtlichen Handwerksunternehmen oder die Inanspruchnahme von Fördermitteln. Falls dieses Vorgehen keine sichere Erfassung der Modernisierungen gewährleistet, könnte gegebenenfalls in mehrjährigem Abstand eine Befragung realisiert werden (z. B. auch in Kombination mit einer Haus-zu-Haus-Beratungsaktion). Der erreichte Grad der energetischen Modernisierung und die Zunahme pro Jahr könnten differenziert nach den folgenden Kriterien dargestellt werden:

- nach Bauteilen und in (gewichteter) Summe (Gesamtmodernisierungsgrad bzw. -rate)
- nach Gebäudeart und Baualtersklasse (siehe Gebäudetypen in der Szenarienbetrachtung).

9.3.1.3 Vergleich der Monitoring-Indikatoren mit den Zielwerten gemäß ZIEL.MOD.PH

Die oben dargestellten Indikatoren können mit den für das Quartier abgeleiteten Zielwerten verglichen werden. Dies sind insbesondere:

- Zielwert des Verbrauchs an Endenergie für Heizung & Warmwasser (Fernwärme) - Kennwert 2050
- Zielwert der jährlichen Modernisierungsrate bzw. des erreichten Grads der energetischen Modernisierung (2050: 100 % Gesamtmodernisierungsgrad).

9.3.2 Mögliche Schritte zur Umsetzung

9.3.2.1 Pflege und Ausbau der „Gebäudedaten-Tabelle“

Ein Ausgangspunkt für den schrittweisen Ausbau des Energieeffizienz-Monitorings in der Siedlung ist die im Rahmen des Quartierskonzepts erarbeitete „Gebäudedaten-Tabelle“. Sie enthält je Gebäude die folgenden Angaben:

- Gebäude-Adresse;
- per GIS bzw. per Satellitenbild erhobene Basisdaten (Gebäudegrundfläche, Anzahl Geschosse, Nachbarsituation, ...);
- Baujahr des Gebäudes;
- gesamte Wohnfläche (vom Gebäudeeigentümer angegeben oder gemäß [Loga et al. 2005] geschätzt) bzw. Nutzfläche (im Fall von Nichtwohngebäuden);
- Hüllfläche (gemäß [Loga et al. 2005] geschätzt).

Die Fortführung und Pflege dieser Tabelle durch den Sanierungsmanager ist eine wichtige Voraussetzung für die Möglichkeit auch in Zukunft Gebäude zu klassifizieren und Datensätze für „mittlere Gebäude“ zu bilden, die als Grundlage für Vergleichswerte oder Benchmarks dienen. Hier könnten auch die Informationen über nachträgliche energetische Verbesserungen an den einzelnen Gebäuden aufgezeichnet werden.

9.3.2.2 Zusatz-Information zur Fernwärme-Abrechnung

Ein erster Schritt auf dem Weg in Richtung der oben skizzierten Verbrauchsbenchmarks könnte die Bildung von Vergleichskennwerten für die Information von Gebäudeeigentümern im Zusammenhang mit der jährlichen Fernwärmeabrechnung sein. Darin könnten folgende Energiekennwerte in grafischer Form anschaulich dargestellt werden:

- Endenergieverbrauch des Gebäudes für das Abrechnungsjahr
- Endenergieverbrauch des Gebäudes für das Vorjahr
- Endenergieverbrauch des Mittelwerts aller Gebäude des gleichen Typs in der Siedlung (Minstdifferenzierung nach Einfamilien- und Mehrfamilienhaus, später ggf. feiner)

jeweils als Jahresverbrauch Fernwärme für Heizung & Warmwasser pro m² Wohnfläche.

Sofern in der Gebäudedaten-Tabelle genügend Informationen über den Modernisierungszustand der Siedlungsgebäude vorliegen (siehe oben), könnte dies noch ergänzt werden durch:

- Mittelwerte des Energieverbrauchs des gleichen Gebäudetyps, differenziert nach Modernisierungsgrad.

9.3.2.3 Energie-Check

Ein weiterer Schritt ist die Einbeziehung des Modernisierungszustands des konkreten Einzelgebäudes in den Verbrauchsvergleich – z. B. innerhalb eines Informationsangebots des Sanierungsmanagers. Liegen diese Informationen vor, so ist eine Einordnung des Gebäudes im Vergleich mit Gebäuden mit gleichem oder ähnlichem Modernisierungszustand möglich: Der Vergleichskennwert zeigt dann dem Gebäudeeigentümer, welchen Verbrauch ein Gebäude der vorliegenden energetischen Qualität im Durchschnitt erreicht. Hat er bereits Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt, so liefert dieser Kennwert auch einen Orientierungspunkt für das Erreichen des Einsparziels bzw. – im Fall von erheblichen Diskrepanzen – Hinweise auf eventuellen Handlungsbedarf (Überprüfung der Einstellung der Heizungsregelung, Nutzerverhalten, Nachbesserung beim Wärmeschutz, ...).

Sofern die notwendigen Informationen über das Gebäude, insbesondere bezüglich nachträglich durchgeführter Wärmeschutzmaßnahmen, nicht in der Gebäudedaten-Tabelle enthalten sind, müssen sie vom Gebäudeeigentümer abgefragt werden. Eine Kampagne für einen solchen „Energie-Check“ würde also zunächst aus einer Fragebogen-Aktion bestehen, in der Grunddaten der Gebäude, Modernisierungszustände und die Jahresverbrauchswerte (sofern nicht direkt vom Fernwärmeversorger übermittelt) beim Eigentümer abgefragt werden (Beispiel: Fragebogen des Kurzverfahren Energieprofil [Loga et al. 2005]). Die Analyse dieser Daten liefert für die Einzelgebäude den rechnerischen Energiebedarf, für die Gesamtheit der Gebäude Aussagen über den mittleren Verbrauch in Abhängigkeit von den Gebäudeparametern (Gebäudegröße, Nachbarsituation, Modernisierungszustand, ...). Das Ergebnis des Energie-Checks wird jedem Gebäudeeigentümer ausgehändigt: Es besteht aus der Einordnung des eigenen Verbrauchs im Vergleich zu den differenzierten Verbrauchsbenchmarks. Im Fall bisher gar nicht oder nur geringfügig verbesserter Gebäude wird dem Eigentümer ferner aufgezeigt, welche Einsparungen bereits modernisierte Gebäude in der Siedlung erzielen und welche Maßnahmen dafür erforderlich sind.

10 Zusammenfassung / Fazit

Baulich und städtebaulich stehen sich im Quartier Mainz-Lerchenberg unterschiedliche Strukturen gegenüber. Während in den Bezirken Süd und Nord freistehende Einfamilien-, Reihen-, Doppel- und Kettenhäuser dominieren, ist der Bezirk Mitte durch verdichteten Geschosswohnungsbau mit Scheiben- und Punkthochhäusern charakterisiert. In Bezug auf die Potenziale der energetischen Gebäudesanierung lag im Rahmen der Konzepterstellung der Schwerpunkt auf der Gruppe der Ein- und Zweifamilienhäuser.

Die exemplarischen Betrachtungen von Typvertretern dieser Gebäudegruppe zeigen, dass bei bisher unmodernisierten Gebäuden nach vollständiger Modernisierung je nach realisiertem Wärmeschutzstandard Energieeinsparungen zwischen 20 und 70 % erzielt werden können. Wenn einzelne Bauteile oder das gesamte Gebäude ohnehin instandgesetzt werden müssen, ist die Umsetzung der Maßnahmen in der Regel wirtschaftlich. Bei Inanspruchnahme von Fördermitteln (derzeitige KfW-Investitionszuschüsse) lassen sich auch die Umsetzungen von energetischen Standards, die über eine Standardsanierung nach EnEV hinausgehen, wirtschaftlich darstellen. Im Sinne der Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele ist jedoch die vorgezogene Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen erforderlich (d. h. ohne Kopplung an ohnehin stattfindende Instandsetzungsarbeiten). Die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass Gebäudeeigentümer in diesem Fall nicht nur ein vorbildliches Klimaschutzengagement zeigen, sondern auch durchaus ökonomisch rational handeln, da die zusätzlichen Belastungen für die Hauseigentümer relativ gering ausfallen, insbesondere wenn Förderung in Anspruch genommen wird und die Energiepreise zukünftig etwas stärker steigen als angenommen. Dabei sind mögliche Wertsteigerungen oder ein verbesserter Wiederverkaufswert der Immobilie sowie Komfortgewinne durch die energetische Modernisierung noch nicht berücksichtigt.

Im Rahmen von Szenarienberechnungen wurden Einsparpotenziale aller Gebäude im Quartier bis zum Jahr 2050 aufgezeigt. Aufgrund bereits modernisierter Gebäude und Bauteile liegen diese etwas geringer als bei der Betrachtung der unsanierten Einzelgebäude, zwischen 22 und 61 %. Hier wird deutlich, dass bautechnische Modernisierungen ein wichtiger Baustein zur Umsetzung der im Energiekonzept der Bundesregierung angestrebten Primärenergieeinsparung in Höhe von 80 % sind. Ambitionierte Ziele können jedoch nur in Verbindung mit einer effizienten Wärmeversorgung erreicht werden.

Ausgehend vom derzeitigen Energiebedarf der Gebäude und des Wärmenetzes sowie der heutigen Wärmeerzeugerstruktur wurden Varianten möglicher künftiger Zustände der Wärmeversorgung für verschiedene energetische Standards für Gebäude, Wärmenetz und Wärmeerzeuger gebildet. Den langfristig größten Beitrag zur Reduzierung des Primärenergiebedarfes kann die ambitionierte Modernisierung des Gebäudebestandes leisten. Gleichwohl liefert auch die energetische Modernisierung des Wärmenetzes einen unverzichtbaren Beitrag zur Verringerung der einzuspeisenden Wärme und zur Erreichung der angestrebten Primärenergieeinsparung.

Zur Senkung des Primärenergiebedarfs können ein steigender Anteil von Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bzw. der denkbare Einsatz von erneuerbaren Energieträgern beitragen. Die Größe des Primärenergiekennwertes ist dabei stark abhängig vom angewandten KWK-Bewertungsverfahren. Eine nahezu vollständige Deckung des Wärmebedarfs des Quartiers durch KWK bei gleichzeitig moderater Modernisierung des Gebäude und des Wärmenetzes führt nicht zu einem – im Sinne der Klimaschutzziele – ausreichenden Rückgang des Primärenergiebedarfs.

Die Teilung des bestehenden Wärmenetzes in mehrere größere Inselnetze in den Bezirken Süd und Nord führt unter Einsatz von Gas-BHKWs und -Spitzenkesseln zu ähnlichen Primärenergiekennwerten wie im voll ausgedehnten Wärmenetz. Die Größe der Kennwerte liegt, wiederum abhängig vom KWK-Bewertungsverfahren, ober- oder unterhalb der Kennwerte der entsprechenden Versorgungsvarianten mit voll ausgedehntem Wärmenetz.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass umfangreiche Anstrengungen unternommen werden müssen, um die Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung zu erreichen. Selbst bei der (theoretischen) Annahme einer vollständigen Umsetzung des Ziel-Szenarios bei der energetischen Gebäudesanierung wäre eine deutliche Verbesserung der Wärmeerzeugung erforderlich, um die angestrebte Reduktion des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen einzuhalten.

Hemmnisse, die energetischen Sanierungen entgegenstehen, basieren häufig auf geringem Wissen über dieses Thema, Desinteresse und allgemeinen Vorurteilen. Die Bereitschaft zur Durchführung energetischer Maßnahmen verringert sich zudem, wenn die Arbeiten am Haus als Belastung empfunden werden, Angst vor Überforderung oder falscher Beratung besteht, unzureichende finanzielle Mittel vorhanden sind bzw. keine Bereitschaft vorhanden ist, einen Kredit aufzunehmen.

Zur Überwindung dieser Hemmnisse kommt einem gezielten Kommunikations- und Beratungsangebot eine zentrale Bedeutung zu. Hier soll die Arbeit des für die nächsten drei Jahre im Quartier zu beschäftigenden Sanierungsmanagers ansetzen. Dieser soll als Anlaufstelle für alle beteiligten Akteure zur Verfügung stehen und hat die Aufgabe, den Umsetzungsprozess des Konzeptes zu planen und zu begleiten, Schritte zur Zusammenarbeit und Vernetzung der verschiedenen Akteure in die Wege zu leiten, deren Maßnahmen zu koordinieren und zu kontrollieren sowie in Fragen der Finanzierung und Förderung zu beraten. An die Aufgabe des Sanierungsmanagers werden hohe Erwartungen gestellt. Über fachliche Kompetenzen bei der bautechnischen Grundlagen- und Finanzierungsberatung hinaus ist hier vor allem auch eine Vertrauensperson gewünscht. In diesem Zusammenhang ist es von Relevanz, dass die Neutralität bei der Beratung gewährleistet bleibt und dass diese für die Hauseigentümer und Mieter kostenfrei angeboten wird.

Potenziale für eine aktive Mitwirkung der Bewohner bestehen aufgrund der hohen Identifikation mit dem Stadtteil, die vor allem bei der älteren Bevölkerung in den Bezirken Süd und Nord vorhanden ist und zu einem großen bürgerlichen Interesse und Engagement führt. Auch bieten die aus demographischer Sicht künftig zu erwartenden Eigentümerwechsel die Chance auf eine verstärkte Sanierungstätigkeit, da gerade kurz nach Erwerb einer Immobilie umfangreichere Maßnahmen durchgeführt werden.

Abschließend ist zu sagen, dass es gilt die bestehenden Potentiale des Quartiers, wie beispielsweise das Interesse und Engagement der Bewohner, entsprechend zu nutzen und zu fördern. Wenn die bestehenden Hemmnisse abgebaut und die Potentiale ausgebaut werden, bietet dies eine gute Grundlage um sowohl die Rate der Gebäudesanierungen im Stadtteil Mainz-Lerchenberg zu erhöhen als auch die künftige Wärmeversorgung im Quartier effizient auszugestalten und somit einen positiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Quellenverzeichnis

- [AGFW 2012a] AGFW (2012): AGFW-Hauptbericht 2011, Frankfurt/Main. Online verfügbar unter: https://www.agfw.de/index.php?eID=tx_nawsecured1&u=0&file=fileadmin/agfw/content/linkes_menu/zahlen_und_statistiken/Version_1_HB2011.pdf&t=1383604541&hash=bbbf9750d641f84f53fc4e9caff423fd3d68e04 [Zugriff am 21.10.2013]
- [AGFW 2012b] AGFW (Hrsg.) (2012): Liste der f_p-Bescheinigungen nach FW 309-1 nach Städten sortiert. Stand 24.10.2012
- [AGFW 2010] AGFW (Hrsg.) (2010): AGFW-Arbeitsblatt FW 309 Teil 1: Energetische Bewertung von Fernwärme – Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme, Frankfurt/Main
- [Bettgenhäuser/Boermans 2011] Bettgenhäuser, K./Boermans, T. (2011): Umweltwirkungen von Heizungssystemen in Deutschland. Ecofys Germany GmbH, herausgegeben vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4070.pdf> [Zugriff am 17.10.2013]
- [BMVBS 2009] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2009): Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand. Vom 30. Juli 2009., Berlin. Online abrufbar unter http://www.bbsr-energieeinsparung.de/cdn_032/nn_1025012/EnEVPortal/DE/EnEV/Bekanntmachungen/Download/WGDatenaufnahme,templated=raw,property=publicationFile.pdf/WGDatenaufnahme.pdf [Zugriff am 10.10.2013]
- [BMWi/BMU 2010] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. 28. September 2010, mit Ergänzungen vom 06. Juni 2011. Berlin. Online abrufbar unter http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-im-port/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf [Zugriff am 04.10.2013]
- [Burger 2013a] Burger, I. (2013): Energetisches Sanierungskonzept Mainz-Lerchenberg. Protokoll zum 1. Forum am 27.2.2013 im Bürgerhaus Lerchenberg. Umweltamt der Stadtverwaltung Mainz, 5.3.2013. Online verfügbar unter http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/files/130301_ProtokollForum1.pdf/%24FILE/130301_ProtokollForum1.pdf [Zugriff am 29.10.2013]
- [Burger 2013b] Burger, I. (2013): Energetisches Sanierungskonzept Mainz-Lerchenberg. Dokumentation der Ideensammlung an den 4 The-

- menwänden. Umweltamt der Stadtverwaltung Mainz. Online verfügbar unter http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/files/130314_DokumentationIdeensammlungForum1_anonymisiert.pdf/%24FILE/130314_DokumentationIdeensammlungForum1_anonymisiert.pdf [Zugriff am 29.10.2013]
- [Burger 2013c] Burger, I. (2013): Energetisches Sanierungskonzept Mainz-Lerchenberg. Protokoll zum 2. Forum am 27.6.2013 im Bürgerhaus Lerchenberg. Umweltamt der Stadtverwaltung Mainz, 8.7.2013. Online verfügbar unter http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/files/130708_ProtokollForum2.pdf/%24FILE/130708_ProtokollForum2.pdf [Zugriff am 29.10.2013]
- [Diefenbach et al. 2013] Diefenbach, N./v. Malottki, C./Enseling, A./Loga, T./Cischinsky, H./Stein, B./Hörner, M./Grafe, M. (2013): Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzeptes im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario; BMVBS-Online-Publikation 03/2013
- [Diefenbach et al. 2012] Diefenbach, N./Enseling, A./Hinz, E./Loga, T. (2012): Evaluierung und Fortentwicklung der EnEV 2009: Untersuchung zu ökonomischen Rahmenbedingungen im Wohnungsbau; im Auftrag des BBSR; IWU/BBSR 2012
- [Diefenbach et al. 2010] Diefenbach, N./Cischinsky, H./Rodenfels, M./Clausnitzer, K.-D. (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Online abrufbar unter: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Endbericht_Datenbasis.pdf [Zugriff am 12.10.2013]
- [Diefenbach et al. 2005] Diefenbach, N./Loga, T./Born, R. (2005): Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Bewertungsschema. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt
- [Diefenbach/Loga 2012] Diefenbach, N./Loga, T. (Hrsg.) (2012): Application of Building Typologies for Modelling the Energy Balance of the Residential Building Stock. TABULA Thematic Report No 2. Online verfügbar unter: http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA_TR2_D8_NationalEnergyBalances.pdf [Zugriff am 16.10.2013]
- [EC 2012] Guidelines accompanying the document Commission Delegated Regulation No 244/2012 of 16 January 2012; supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) by establishing a comparative methodology framework for cost optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements
- [Enseling / Hinz 2008] Enseling, A./Hinz, E. (2008): Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Bestand vor dem Hintergrund der novellierten EnEV, Endbericht. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt

- [Erdmann 2010] Erdmann, G./Dittmar, L. (2010): Technologische und energiepolitische Bewertung der Perspektiven von Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland, TU Berlin
- [Förster 2002] Förster, B./Just, M. (2002): Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit aus der Dichte einer Lebit-Materialprobe; EUROHEAT & POWER, Fernwärme International Jg.: 31, Nr. 3, 2002
- [Fritsche/Greß 2013] Fritsche, U./Greß, H.-W. (2013): Kurzstudie: Der nichterneuerbare kumulierte Energiemix des deutschen Strommix im Jahr 2012. Bericht für die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. (HEA). Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien GmbH. Online verfügbar unter: http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/IINAS_2013_KEV-Strom-2012_HEA.pdf [Zugriff am 19.12.2013]
- [Hinz 2012] Hinz, E. (2012): Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden; im Auftrag des BBSR; BMVBS-Online-Publikation 07/2012. Online verfügbar unter: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL_ON072012.pdf?blob=publicationFile&v=2 [Zugriff am 04.11.2013]
- [HKW 2013] Gespräch im Rahmen der Konzepterstellung zwischen dem IWU und der Geschäftsführung von HKW Mainz zur Wärmeversorgung des Lerchenberges am 5.3.2013 in Mainz
- [IWU 2013] Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.) (2013): Klimadaten deutscher Stationen. Online verfügbar unter http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls [Zugriff am 14.10.2013]
- [Kandler et al. 2001] Kandler, O./Licht, W./ Rettinger, E.(2001): Die Stadt Main. Region und Unterricht. Pädagogisches Zentrum Rheinland-Pfalz Bad Kreuznach, Institut für Geschichtliche Landeskunde an der Universität Mainz e.V., PZ-Information 4/2001, Bad Kreuznach, S. 307-316. Online abrufbar unter <http://www.staff.uni-mainz.de/ambos/Ambos,%20Robert%20%282001%29%20Grosswohnsiedlung%20Lerchenber.pdf> [Zugriff am 06.09.2013]
- [KfW 2013a] Kreditanstalt für Wiederaufbau (Hrsg.) (2013): Merkblatt Kommunale und soziale Infrastruktur. Energetische Stadtsanierung. Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanage. Programmnummer 432. Stand 07/2013. Online abrufbar unter: <https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf> [Zugriff am 04.10.2013]
- [KfW 2013b] Kreditanstalt für Wiederaufbau (Hrsg.) (2013): Merkblatt Bauen, Wohnen, Energie sparen. Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss. Programmnummer 430. Stand 03/2013. Online abrufbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002721-M-430-Zuschuss.pdf> [Zugriff am 10.10.2013]

- [KfW 2013c] Kreditanstalt für Wiederaufbau (Hrsg.) (2013): Anlage zu den Merkblättern Energieeffizient Sanieren: Kredit (151/152), Investitionszuschuss (430). Technische Mindestanforderungen. Stand 03/2013. Online abrufbar unter: <https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002644-M-Anlage-151-152-430.pdf> [Zugriff am 10.10.2013]
- [Landeshauptstadt Mainz 2013a] Landeshauptstadt Mainz, Stadtplanungsamt (Hrsg.): „Seniorenzentrum Lerchenberg“ Le1, Bebauungsplan [Stand 07.02.2013]
- [Landeshauptstadt Mainz 2013b] Stadt Mainz (Hrsg.): Änderung Nr. 38 des Flächennutzungsplanes im Bereich des Bebauungsplanes „Nino-Erné-Straße (Le2), Bebauungsplanentwurf „Nino-Erné-Straße (Le 2), Begründung [Stand 09.08.2013]
- [Landeshauptstadt Mainz 2013c] Landeshauptstadt Mainz, Stadtplanungsamt (Hrsg.): „Nino-Erné-Straße“ Le2, Bebauungsplan, Planstufe II [Stand 15.08.2013]
- [Landeshauptstadt Mainz 2013d] Landeshauptstadt Mainz (Hrsg.) (2013): Statistische Informationen zur Stadtentwicklung 2012, Kapitel 1 Fläche und Bevölkerung. Online abrufbar unter: [http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/vwLookupImagesforLoad/Stat Info 2012 Kapitel 1.pdf/\\$FILE/Stat Info 2012 Kapitel 1.pdf](http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/vwLookupImagesforLoad/Stat Info 2012 Kapitel 1.pdf/$FILE/Stat Info 2012 Kapitel 1.pdf) [Zugriff am 13.09.2013]
- [Landeshauptstadt Mainz 2013e] Landeshauptstadt Mainz (Hrsg.) (2013): Statistische Informationen zur Stadtentwicklung 2012, Kapitel 2 Bauen und Wohnen. Online abrufbar unter: [http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/vwLookupImagesforLoad/Stat Info 2012 Kapitel 2.pdf/\\$FILE/Stat Info 2012 Kapitel 2.pdf](http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/vwLookupImagesforLoad/Stat Info 2012 Kapitel 2.pdf/$FILE/Stat Info 2012 Kapitel 2.pdf) [Zugriff am 13.09.2013]
- [Loga 2013] Loga, T. (2013): TABULA Calculation Method - Energy Use for Heating and Domestic Hot Water. Reference Calculation and Adaptation to the Typical Level of Measured Consumption. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Online verfügbar unter: http://building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA_CommonCalculationMethod.pdf [Zugriff am 16.10.2013]
- [Loga et al. 2011] Loga, T./Diefenbach, N./Born, R. (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Online abrufbar unter: http://building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf [Zugriff am 10.10.2013]
- [Loga et al. 2005] Loga, T./Diefenbach, N./Knissel, J./Born, R. (2005): Entwicklung eines vereinfachten statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Online abrufbar unter: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/iwu-kurzverfahren_energieprofil-endbericht.pdf [Zugriff am 08.10.2013]

- [Mauch et al. 2010] Mauch, W./Corradini, R./Wiesenmeyer, K./Schwentzek, M. (2010): Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen; Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 55. Jg. (2010) Heft 9, S. 12-14
- [Mühlenbeck 2013] Mühlenbeck, J. (2013): Soziale Stadt. Online abrufbar unter: [http://mainz-lerchenberg.de/download-soziale-stadt/Soziale Stadt 2013-05-22-Info SozialeStadt MZ-Lerchenberg.pdf](http://mainz-lerchenberg.de/download-soziale-stadt/Soziale%20Stadt%202013-05-22-Info%20SozialeStadt%20MZ-Lerchenberg.pdf) [Zugriff am 18.10.2013]
- [Pfeiffer et al. 2012] Pfeiffer, U./Vater, A./Kröger, K./Kemper, J./Scholze, S. (2012): Fortschreibung der Sozialraumanalyse Mainz. Im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz, Dezernat für Soziales, Kinder, Jugend, Schule und Gesundheit, empirica Forschung und Beratung, Berlin
- [Pfeifroth/Beer 2009] Pfeifroth, P./Beer, M. (2009): Primärenergetische Bewertung von Fernwärme aus KWK, Endbericht der Forschungsstelle für Energiewirtschaft im Auftrag der AGFW, München
- [OPTIMUS-Gruppe o.J.] OPTIMUS-Gruppe (o. J.): Umweltkommunikation in der mittelständischen Wirtschaft am Beispiel der Optimierung von Heizungssystemen durch Information und Qualifikation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotenzialen. Abschlussbericht Teil 1: Überblick und allgemeiner Teil. Online verfügbar unter http://optimus-online.de/pdf/151205_AB_1_allg.pdf [Zugriff am 29.10.2013]
- [Rencker o.J.] Rencker, H. (o.J.): Lerchenberg-Info.de/Historisches. Online abrufbar unter: <http://www.lerchenberg-info.de/geschichte/geschichte.html> [Zugriff am 07.09.2013]
- [RWE 2013] E-Mailverkehr und Gespräche im Rahmen der Konzepterstellung zwischen dem IWU und der Individualkundenbetreuung von RWE zur Wärmeversorgung des Lerchenberges im März und April 2013
- [Schlereth 2013a] Schlereth, P. (2013): Mainz-Lerchenberg - Aus der Geschichte. Online abrufbar unter: www.mainz-lerchenberg.de [Zugriff am 07.09.2013]
- [Schlereth 2013b] Schlereth, P. (2013): Sozialraumanalyse Mainz 2012 – Ergebnisse Lerchenberg. Online abrufbar unter: [http://mainz-lerchenberg.de/download-soziale-stadt/Soziale Stadt 2013-05-22-Sozialraumanalyse-Mainz%202012.pdf](http://mainz-lerchenberg.de/download-soziale-stadt/Soziale%20Stadt%202013-05-22-Sozialraumanalyse-Mainz%202012.pdf) [Zugriff am 14.10.2013]
- [SOKA-Bau 2013] E-Mail im Rahmen der Konzepterstellung von Herrn Wenz, Abteilungsleiter Projektplanung der SOKA-Bau vom 25.02.2013
- [Stadtverwaltung Mainz 2013] Amt für Stadtentwicklung, Statistik und Wahlen 2013 (Hrsg.) (2013): Einwohner der Landeshauptstadt Mainz laut Melderegister am 31.12.2012 (erstellt am 05.02.2013). Online abrufbar unter [http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/vwLookupImagesforLoad/einwohner-stadtteile.pdf/\\$FILE/einwohner-stadtteile.pdf](http://www.mainz.de/C1256D6E003D3E93/vwLookupImagesforLoad/einwohner-stadtteile.pdf/$FILE/einwohner-stadtteile.pdf) [Zugriff am 14.05.2013]
- [Stadtverwaltung Mainz 2009] Gewe, R./Koch, E./Lässig, S./Wüllner, L. (2009): Mainz-Lerchenberg. Integriertes Entwicklungskonzept „Soziale Stadt“. Freischlad + Holz in Zusammenarbeit mit Herwarth + Holz im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz, Darmstadt/Berlin

- [Stadtverwaltung Mainz 1998] Stadtverwaltung Mainz (1998): Satzung der Stadt Mainz gemäß § 86 LBauO Rheinland-Pfalz über die Gestaltung baulicher Anlagen in Mainz-Lerchenberg – Gestaltungssatzung Lerchenberg (B 30 S)
- [Stadtverwaltung Mainz 1996] Stadtverwaltung Mainz (1996): Beschränkung der Verwendung luftverunreinigender Stoffe gem. § 9 Abs. 1 Nr. 23 BauGB – VBS
- [Stadtverwaltung Mainz 1984] Stadtverwaltung Mainz (1984): Satzung über den Anschluß- und Benutzungszwang an die Fernheizung für das Gebiet Mainz-Lerchenberg und des Zweiten Deutschen Fernsehens vom 05.07.1984
- [Stieß et al. 2010] Stieß, I./van der Land, V./Birze-Harder, B./Deffner, J. (2010): Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanieren. Frankfurt am Main
- [FAVORIT 2000] FAVORIT Unternehmens-Verwaltungs-GmbH (Hrsg.) (2000): Technische Anschlussbedingungen Heizwasser – Ausgabe 2000, Fernheizwerk 123 Mainz Lerchenberg, Hamburg
- [ZDF 2013] Gespräch im Rahmen der Konzepterstellung zwischen dem IWU und dem Energiemanagement des ZDF zur Wärmeversorgung des ZDF am 8.3.2013 in Mainz

Anhang A – Fragebogen Mehrfamilienhäuser

Kurzverfahren Energieprofil
Formular Gebäude

Gebäude

Straße, Hausnummer:

PLZ: Ort:

Eigentümer

Name:

Straße, Hausnummer:

PLZ: Ort:

Anzahl Vollgeschosse:

Anzahl Wohnungen:

beheizte Wohnfläche: m²

Baujahr:

lichte Raumhöhe

niedrig unter 2,30m

normal 2,30m bis 2,70m

hoch 2,70m bis 3,20m

sehr hoch über 3,20m

direkt angrenzende Nachbargebäude

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

Grundriss

kompakt

langgestreckt oder gewinkelt oder komplex

Dach

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss unbeheizt

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss voll beheizt

Dachgauben oder andere Dachaufbauten vorhanden

Keller

nicht unterkellert

Kellergeschoss unbeheizt

Kellergeschoss teilweise beheizt

Kellergeschoss voll beheizt

Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung

	Konstruktionsart	massiv	Holz		
Dach		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nachträglich aufgebrachte Dämmung	
oberste Geschossdecke		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> cm	auf <input type="text"/> % der Fläche
Außenwände		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> cm	auf <input type="text"/> % der Fläche
Fußboden zum Keller oder Erdreich		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> cm	auf <input type="text"/> % der Fläche

Fenster

1 Scheibe

2 Scheiben

3 Scheiben

Jahr des Fenstereinbaus (ca.):

Wärmeschutzverglasung

Holzrahmen

Kunststoffrahmen

Alu- oder Stahlrahmen

Gebäude: ,

[Energy Profile.xls]form building
|
01.11.2012 13:55

Datenerhebung Details / EnEV-Vereinfachungen

Ermittlung der Hüllfläche ▼
 exakte Eingabe der Flächen

U-Werte ▼
 direkte Eingabe der U-Werte

Geometrie

aktiviert WAHR

Fläche

Dach m²

oberste Geschossdecke m²

Außenwände m²

Fußboden zum Keller oder Erdreich m²

Wände zum Keller oder Erdreich m²

Fenster m²

Rollladenkästen m²

Heizkörpermische m²

Volumen

Gebäudevolumen brutto m³

Geschosshöhe (für EnEV Bestand) m

Fenster

Fläche

Süd m²

Ost/West m²

Nord m²

Südwest/Südost m²

Nordwest/Nordost m²

Horizontal m²

g-Wert senkrecht

Reduktionsfaktor Verschattung und Verschmutzung

Reduktionsfaktor Rahmen

energet. Eigenschaften

aktiviert WAHR

U-Wert

W/(m²K)

W/(m²K)

W/(m²K)

W/(m²K)

W/(m²K)

W/(m²K)

W/(m²K)

W/(m²K)

Zusatzangaben für EnEV 2009 / vereinfachte Datenerhebung nach EnEV

Vereinfachungen Hüllfläche ▼
 keine

Anzahl Gauben

Länge einer Gaube m

überwiegend Fenster mit

Rollladen(-kästen)

Heizkörpermischen

Wärmebrücken

keine Besonderheiten bzw. nicht bekannt

starke Wärmebrücken
 (z.B. massive Geschossdecken UND Innendämmung der Wände)

Wärmebrücken minimiert (z.B. DIN 4108 Beiblatt eingehalten)

Gebäude-Dichtheit

offensichtliche Undichtigkeiten (z.B. bei Fenstern ohne funktionstüchtige Lippendichtungen, bei beheizten Dachgeschossen mit Dachflächen ohne luftdichte Ebene)

in den übrigen Fällen ohne Dichtheitsnachweis

bei Nachweis der Dichtheit (Blower-Door-Messung)

© Energieeffiziente Stadtform building
2
01.11.2012 14:09

Kurzverfahren Energieprofil		Formular Heizsystem	
Zentrale Beheizung			
Typ <input type="checkbox"/> Zentralheizung <input type="checkbox"/> Gas-Etagenheizung		Zentralheizung bzw. Gas-Etagenheizung versorgt: <input type="radio"/> das ganze Gebäude <input type="radio"/> Teile des Gebäudes, nämlich: <input type="radio"/> 75% <input type="radio"/> 50% <input type="radio"/> 25% der Wohnfläche	
		<input type="radio"/> nur raumweise Beheizung	
<input type="checkbox"/> Kessel oder Therme	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Flüssiggas	Kesseltyp <input type="radio"/> Konstanttemperatur <input type="radio"/> Niedertemperatur <input type="radio"/> Brennwertkessel	Baujahr <input type="radio"/> bis 1986 <input type="radio"/> 1987-1994 <input type="radio"/> ab 1995
<input type="checkbox"/> Holzkessel	Brennstoff <input type="radio"/> Pellets / Holzhaackschnitzel <input type="radio"/> Scheitholz		
<input type="checkbox"/> Elektro-Wärmepumpe	Wärmequelle <input type="radio"/> Außenluft <input type="radio"/> Erdreich/Grundwasser <input type="checkbox"/> zusätzl. elektr. Heizstab		Baujahr <input type="radio"/> bis 1994 <input type="radio"/> ab 1995
<input type="checkbox"/> Elektro-Speicher für Heizzwecke			
<input type="checkbox"/> Fern-/Nahwärme	Brennstoff <input type="radio"/> fossil <input type="radio"/> Biomasse <input type="radio"/> Biomasse + fossil	Wärmeerzeugung <input type="radio"/> Kessel / Heizwerk <input type="radio"/> Heizkraftwerk / BHKW <input type="checkbox"/> Anteil Kraft-Wärme-Kopplung > 50% <input type="radio"/> nicht bekannt	
Heizungsverteilung Verlaufen Heizungsrohre im unbeheizten Keller oder Dach? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		Baualter der Heizungsverteilung (im unbeh. Bereich) <input type="radio"/> bis 1978 <input type="radio"/> 1979 bis 1994 <input type="radio"/> bis 1978, nachtragl. gedämmt <input type="radio"/> ab 1995	
Raumweise Beheizung			
<input type="checkbox"/> Einzelöfen mit Brennstoff: <input type="checkbox"/> Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen		<input type="checkbox"/> Heizöl <input type="checkbox"/> Kohle <input type="checkbox"/> Holz <input type="checkbox"/> Gas <input type="checkbox"/> mit Nachtspeicher (Sondertarif)	
Warmwasserbereitung			
<input type="checkbox"/> kombiniert mit Zentralheizg. oder Etagenheizg. (s.o) <input type="checkbox"/> direkt mit Gas befeuerter Speicher <input type="checkbox"/> zentraler Elektro-Speicher <input type="checkbox"/> Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe <input type="checkbox"/> Gas-Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/> Elektro-Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/> Elektro-Speicher / -Kleinspeicher		zentrale Warmwasserber. <input type="checkbox"/> mit Warmwasserzirkulation <input type="checkbox"/> mit thermischer Solaranlage Baualter der Verteilung <input type="radio"/> bis 1978 <input type="radio"/> bis 1978, nachtragl. gedämmt <input type="radio"/> 1979 bis 1994 <input type="radio"/> ab 1995	Einbau Speicher bzw. Durchlauferhitzer <input type="radio"/> bis 1994 <input type="radio"/> ab 1995
Gemessener Jahres-Energieverbrauch bei zentral beheizten Gebäuden			
<input type="text"/> Liter Heizöl <input type="text"/> m ³ <input type="radio"/> kWh Erdgas <input type="text"/> Liter Flüssiggas	<input type="text"/> kWh Fernwärme <input type="text"/> kWh Heizstrom	<input type="text"/> kg Pellets <input type="text"/> Raummeter Holz <input type="text"/> Schüttekubikmeter Kohle	
Jahresverbrauch für <input type="radio"/> Heizung (ohne Warmw.) <input type="radio"/> Heizung und Warmwasser	Zeitraum der Erfassung Jahr: <input type="text"/> (bis Jahr: <input type="text"/> bei Mittelwert über mehrere Jahre)	Wurden in diesem Zeitraum energet. Verbesserungen durchgeführt? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
Gebäude:			

Lüftung / Lüftungsanlage

Eingabe Lüftungsdaten Typ Lüftung (Optionsfelder)

Optionsfelder

Lüftungsanlage

- keine
- Abluftanlage (kontinuierlich betrieben)
- Zu-/Abluft mit 60% Wärmerückgewinnung
- Zu-/Abluft mit 80% Wärmerückgewinnung

aktiviert

Kurzverfahren Energieprofil

Erläuterungen zum Fragebogen

Fragebogen Blatt 1 - Gebäudehülle

- ① **Adresse:** Daten für Gebäudeidentifikation. Bei verschiedenen Gebäuden mit gleicher Hausnummer bitte beim Straßennamen entsprechendes Kürzel ergänzen, z.B. Vorderhaus: VH, Seitenflügel links: SF-l, Hinterhaus: HH.
- ② **Eigentümer:** Bei mehreren Eigentümern oder Wohnungsbaugesellschaften bitte einen Ansprechpartner benennen.
- ③ **Anzahl Vollgeschosse:** ohne Dachgeschoss und ohne Kellergeschoss, auch wenn diese Wohnräume enthalten. Ein Dachgeschoss liegt vor, wenn Räume mit Dachschrägen vorhanden sind.
- ④ **Anzahl Wohnungen:** Anzahl der Wohnungen im Gebäude.
- ⑤ **beheizte Wohnfläche:** beheizter Teil der Wohnfläche; kann dem Bauantrag, den Mietverträgen oder der Heizkostenabrechnung entnommen werden. Sind Kellerräume beheizbar (d.h. mit Heizflächen ausgestattet), zählt die Nutzfläche dieser Räume auch zur "beheizten Wohnfläche".
- ⑥ **Baujahr:** Wenn das Baujahr des Gebäudes nicht genau bekannt ist, reicht eine Schätzung. Im Falle von späteren Erweiterungen ist das Jahr dieser Maßnahme anzugeben, sofern mehr als 50% der Wohnfläche in dem erweiterten Gebäudeteil liegt.
- ⑦ **lichte Raumhöhe:** gemessen von der Oberseite Fußboden bis zur Unterseite Decke. Liegen unterschiedliche lichte Raumhöhen vor, ist ein Mittelwert anzugeben. Ein Wert muss nur eingetragen werden, wenn die Raumhöhe über 2,70 m oder unter 2,30 m liegt.
- ⑧ **direkt angrenzende Nachbargebäude:** liegt vor, wenn die dem Nachbargebäude zugewandte Wandfläche zu mehr als 50 % unmittelbar an das Nachbargebäude grenzt. Steht das Nachbargebäude nicht in unmittelbarem Kontakt (Traufgasse), so gilt es nicht als direkt angrenzend.
- ⑨ **Grundriss:** kompakt ist ein Grundriss, wenn er etwa die Form eines Quadrats oder Rechtecks hat und die Gebäudelänge höchstens das Dreifache der Gebäudebreite beträgt.
- ⑩ **Dach:** Ist die Dachneigung kleiner als 30°, so muss "flachdach oder flach geneigtes Dach" angekreuzt werden. Ein "teilweise beheiztes" bzw. "voll beheiztes" Dachgeschoss liegt vor, wenn die nutzbaren Flächen im Dachgeschoss teilweise bzw. vollständig mit einer Beheizungsmöglichkeit ausgestattet sind. Ein unbeheizter Spitzboden wird bei dieser Bewertung vernachlässigt.
- ⑪ **Keller:** Ein "teilweise beheiztes" bzw. "voll beheiztes" Kellergeschoss liegt vor, wenn die nutzbaren Flächen im Kellergeschoss teilweise bzw. vollständig mit einer Beheizungsmöglichkeit ausgestattet sind. Die entsprechende Nutzfläche ist in diesem Fall der "beheizten Wohnfläche" hinzuzurechnen (siehe Erläuterung zur "beheizten Wohnfläche").
- ⑫ **Konstruktionsart:** gemeint ist die jeweils überwiegende Konstruktionsart. Zum Beispiel ist im Fall von Fachwerk- und Fertighauswänden, bei Holzbalkendecken, Steldächern (Pfeifen-/Sparrendach) jeweils "Holz" anzukreuzen. Im Fall von gemauerten Wänden oder Betonbauteilen ist dagegen jeweils "massiv" zu wählen.
nachträgliche Dämmung: Anrechenbar ist die Dicke von Dämmstoffen mit einer Wärmeleitfähigkeit von max. 0,05 W/(m·K) (WLG 050). Bei Mineralwolle, Styropor oder Zellulosedämmstoff ist dies in der Regel gegeben. Ist die Wärmeleitfähigkeit besser als der Standardwert von 0,04 W/(m·K), darf eine äquivalente Dämmstoffdicke berechnet und eingetragen werden.
- ⑬ **Bauart Fenster:** Bei Holzfenstern mit Isolierverglasung ist "Holzfenster, zwei Scheiben" zu wählen. Liegt Wärmeschutzverglasung vor, wird Isolierverglasung angekreuzt (Standardannahme: Isolierverglasung ab 1995 entspricht 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung).
Jahr des Fenstereinbaus: Wurden die Fenster noch nicht ersetzt, wird das Baujahr des Gebäudes eingetragen (s.o.). Wurden die Fenster nur teilweise oder sukzessive ersetzt, so ist das Jahr einzutragen, in dem der größte Teil der Fenster eingebaut wurde.

Fragebogen Blatt 2 - Heizungsanlage

- ⑭ **Kessel oder Therme**
Kesseltemperatur konstant: Kesseltemperatur bleibt die Heizperiode über gleich hoch (70 bis 90°C); zu wählen bei "Standardkesseln" bzw. "Konstanttemperaturkesseln"
Kesseltemperatur gleitend: Kesseltemperatur wird bei milder Witterung automatisch abgesenkt (auf ca. 30 bis 40 °C); zu wählen im Fall von "Niedertemperaturkesseln" oder "Brennwertkesseln"
 Ist bei einem Einfamilienhaus der Gaskessel bzw. die Therme in einem beheizten Raum installiert, kann "Gas-Etagenheizung" gewählt werden.

- ⑮ **Wärmeverteilung**
Baualter/Dämmstandard
50er bis 70er Jahre: zu wählen wenn die Rohrleitungen der Heizwärmeverteilung in den 50er, 60er oder 70er Jahren eingebaut wurden (erkennbar z.B. an der Gipsverkleidung), die Dämmstärke entspricht etwa dem halben Rohrdurchmesser
nachträglich gedämmt: ankreuzen, wenn die Leitungen im zugänglichen Bereich (unter der Kellerdecke) nachträglich gemäß Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) gedämmt wurden; die Dämmstärke entspricht dann etwa dem Rohrdurchmesser.
80er und 90er Jahre: die Dämmstärke entspricht etwa dem Rohrdurchmesser; sind jedoch Abschnitte der im unbeheizten Bereich verlegten Leitungen ungedämmt, muss "50er bis 70er" gewählt werden
gedämmt nach ENEV: gedämmt nach Energieeinsparverordnung; die Dämmstärke entspricht überall (auch Bögen, Verzweigungen...) mindestens dem Rohrdurchmesser.

Anhang B – Methodik der Bilanzierung

Für die Bilanzierung der Gebäude wurde das TABULA-Verfahren verwendet, das eine einfache, die wesentlichen Einflussgrößen berücksichtigende Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasser erlaubt. Grundlage der im Rahmen eines EU-Projekts entwickelten Methode sind die betreffenden europäischen Normen, insbesondere EN ISO 13790 für die Berechnung der Heizwärmebilanz auf der Basis der saisonalen Methode (Heizperiodenbilanz) und EN 15316 / Level B (tabellierte Werte für die Heizsystem-Komponenten). Das Rechenschema ist bewusst einfach gehalten, damit die Bilanzierung auch bei einer großen Anzahl von Gebäuden transparent und nachvollziehbar bleibt – insbesondere wenn im Zuge von Szenarienberechnungen diverse Parameter variiert werden müssen.⁸⁰

B.1 Eckdaten der Bilanzierung

Die energetische Bilanzierung basiert auf den folgenden Eckdaten:

- Raumtemperatur: 20°C
- Heizgrenztemperatur: 12°C
- Klimadaten: Heizperiodenlänge entsprechend Heizgrenze, mittlere Außentemperatur in der Heizperiode, Summenwerte der Globalstrahlung in der Heizperiode
- pauschaler Faktor für die Nachtabenkung, abhängig vom Gebäudestandard (0,8 bis 0,9 für EFH / 0,85 bis 0,95 für MFH)
- Nutzungsbedingungen: hygienischer Luftwechsel 0,4 1/h; interne Wärmequellen 3 W/m²; Verschattungsfaktor 0,6
- Warmwasserbedarf: 10 kWh/(m²a) für EFH / 15 kWh/(m²a) für MFH

jeweils bezogen auf die Nettogrundfläche der beheizten Geschosse (TABULA Bezugsfläche).

Die Kennwerte für die Bilanzierung der Anlagentechnik werden national bestimmt. Für Deutschland basieren sie auf den entsprechenden Tabellen des Kurzverfahrens Energieprofil [Loga et al. 2005], wobei eine Anpassung an die unterschiedliche Energiebezugsfläche vorgenommen wurde. Weiterhin wurden sämtliche Aufwandszahlen auf den H₀-Bezug umgerechnet, der bei TABULA als Standard festgelegt ist.

Die Nettogrundfläche wird innerhalb der Berechnung durchgängig auf die beheizte Nettogrundfläche bezogen, jedoch können sämtliche Ergebnisse durch pauschale Umrechnungsfaktoren auf die jeweils bekannte bzw. interessierende Fläche bezogen ausgegeben werden.

B.2 Anpassung an das typische Verbrauchsniveau

Die Berechnung nach dem oben dargestellten Referenz-Rechenverfahren erlaubt eine einfache Bewertung der energetischen Qualität und der möglichen Einsparung. Dabei wird von idealisierten Verhältnissen und Standard-Bedingungen ausgegangen. In der Praxis findet sich jedoch bei Einzelgebäuden eine große Bandbreite von Randbedingungen sowie von baulichen und anlagentechnischen Parametern, woraus sich eine erhebliche Unschärfe bezüglich der Energiekennwerte und der erzielbaren Einsparungen im Einzelfall ergibt. Aber auch die Mittelwerte des Energieverbrauchs einer großen Gebäudegesamtheit können systematisch von den theoretischen Werten abweichen. Ein Grund hierfür ist, dass beim Referenz-Rechenverfahren davon ausgegangen wird, dass die Bedingungen gewissen thermischen bzw. hygienischen Standards entsprechen (Raumtemperatur, Luftwechsel, Warmwasserbedarf). Werden im Gebäudebestand diese Standards nicht erreicht, so liegen die gemessenen Energiekennwerte systematisch niedriger als die unter Standardbedingungen ermittelten. Genauso ist es natürlich möglich, dass die Standard-Effizienzwerte für die baulichen und anlagentechnischen Komponenten systematisch von den real vorhandenen abweichen. Die Streubreite und systematische Abweichung der die Energiebilanz

⁸⁰ Um die Ergebnisse auf Siedlungsebene konsistent zu halten, wurden auch die gemischt und zu Nichtwohnzwecken genutzten Gebäude im Quartier mit dem TABULA-Verfahren bilanziert. Die Randbedingungen wurden dabei analog zu denen in Mehrfamilienhäusern gesetzt.

bestimmenden Größen ließe sich nur mit riesigem Aufwand empirisch ermitteln – lediglich für einzelne Größen wie die Raumtemperatur gibt es entsprechende Untersuchungen. Daher ist es umso wichtiger, dass zumindest der Zusammenhang zwischen dem berechneten und dem gemessenen Energieverbrauch für größere Gebäudegesamtheiten ermittelt wird.

Derartige Informationen sind integraler Bestandteil des TABULA-Verfahrens: Der mit Standard-Randbedingungen berechnete Energiebedarf wird durch Anwendung eines pauschalen Faktors auf das typische Verbrauchsniveau kalibriert. Sollen die Energiebilanzanteile einzelner Komponenten betrachtet werden, so werden auch hier die jeweiligen Jahreswerte der Energieströme mit dem gleichen Kalibrierungsfaktor multipliziert.

In der Broschüre zur Deutschen Gebäudetypologie [Loga et al. 2011] wurden Kalibrierungsfaktoren für deutsche Bestandsgebäude unterschiedlicher Standards dokumentiert, die durch Analyse von Energieberatungsdatensätzen gewonnen worden waren. Diese Faktoren werden auch in der vorliegenden Studie verwendet. Weiterhin wurde der Zusammenhang zwischen dem mit Standardrandbedingungen berechneten Bedarf und dem nach Straßenzügen vorliegenden Verbrauch für die Einfamilienhäuser analysiert. In Anbetracht der Unsicherheiten der Messwerte ist die Übereinstimmung befriedigend (siehe Abschnitt 4.2.4.2), so dass die Verwendung der im TABULA-Verfahren dokumentierten Kalibrierungsfaktoren gerechtfertigt erscheint.

B.3 Spezielle Ansätze für die Bilanzierung der Siedlung Mainz-Lerchenberg

A.1.1 Klimadaten

Für die Bilanzierung der verschiedenen Szenarien wurden die langjährigen Mittel der Außentemperatur für den Standort Frankfurt/Main Flughafen verwendet [IWU 2013].

Der Vergleich der Berechnung mit den Verbrauchsdaten in Abschnitt 4.2.4.2 erfolgte mit den entsprechenden Außentemperaturdaten des Jahres 2011 am Standort Frankfurt/Main Flughafen [IWU 2013].

A.1.2 Wärmebrücken

Für die Berücksichtigung von Wärmebrücken wurde auf pauschalisierte Ansätze zurückgegriffen. Dabei ist generell zu beachten, dass die Bilanzierungsansätze unter dem Blickwinkel gewählt werden, dass sie möglichst den Mittelwert einer größeren Gebäudegesamtheit wiedergeben. Dies steht im Gegensatz zum Ansatz der EnEV, dass vereinfachte pauschalisierte Werte tendenziell "auf der sicheren Seite" liegen müssen, um einen Anreiz für genauere Berechnungen zu bieten.

Für den Ist-Zustand wurde im Fall der Baualtersklasse bis 1978 ein Wärmebrückenzuschlag von 0,0 W/(m²K) angesetzt (TABULA Code_ThermalBridging = „Minimal“). Damit wird berücksichtigt, dass Bauteile mit hohen U-Werten durch den Außenmaßbezug tendenziell negative lineare Wärmebrückenverlustkoeffizienten an den Bauteilanschlüssen besitzen – zumindest sofern nicht Betonbauteile (Balkone/Loggien) die Hülle in größerem Umfang durchstoßen. Da die späteren Baualtersklassen niedrigere U-Werte aufweisen, wird der hüllflächenbezogene Zuschlag auf 0,05 W/(m²K) angesetzt (TABULA Code_ThermalBridging = „Low“).

Bei Umsetzung von Wärmeschutzmaßnahmen wird der Zuschlag pauschal auf 0,05 W/(m²K) gesetzt, was – sofern keine maßgeblichen konstruktiven Wärmebrücken vorliegen – in der Praxis realisierbar erscheint. Im Fall einer umfassenden Modernisierung mit Passivhauskomponenten wird ein Zuschlag von 0,03 W/(m²K) angesetzt (Code_ThermalBridging = „VeryLow“), was eine sorgfältige Planung und die Vermeidung von konstruktiven Wärmebrücken voraussetzt (eine unvermeidbare Wärmebrücke stellt bei der Modernisierung natürlich die Kellerdecke dar). Bei teilweiser Modernisierung wird nur der anteilige Wert des Modernisierungsniveaus verwendet (ausschlaggebend ist hier der Vollmodernisierungsgrad der Gebäudehülle (siehe Abschnitt 4.3.5)).

A.1.3 Luftwechsel / Infiltration

Bei der Berücksichtigung des Luftwechsels durch Infiltration wurde ebenfalls auf pauschalisierte Ansätze zurückgegriffen. Für den Ist-Zustand wurde der zusätzliche Luftwechsel durch Infiltration auf 0,2 1/h angesetzt (TABULA Code_Infiltration = „Medium“). Zusammen mit dem hygienisch notwendigen Luftwechsel (0,4 1/h) liegt der rechnerische Luftwechsel in der Heizzeit damit bei 0,6 1/h. Im Fall einer Modernisierung auf das Niveau der KfW-Standards wird ein Wert von 0,1 1/h angesetzt (Code_Infiltration = „Low“), bei Modernisierung mit Passivhaus-Standard ein Wert von 0,05 1/h (Code_Infiltration = „Minimal“).

Quellen

- [IWU 2013] Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.) (2013): Klimadaten deutscher Stationen. Online verfügbar unter http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls [Zugriff am 14.10.2013]
- [Loga et al. 2011] Loga, Tobias/Diefenbach, Nikolaus/Born, Rolf (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Online abrufbar unter: http://building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf [Zugriff am 10.10.2013]
- [Loga et al. 2005] Loga, Tobias/Diefenbach, Nikolaus/Knissel, Jens/Born, Rolf (2005): Entwicklung eines vereinfachten statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Online abrufbar unter: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/iwu-kurzverfahren_energieprofil-endbericht.pdf [Zugriff am 08.10.2013]

Anhang C – Energiebilanzdaten der Beispielgebäude

C.1 Energiebilanzdaten Beispielgebäude EFH.SD

Tabelle 67: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude EFH.SD

Gebäudetyp	EFH.SD	EFH.SD	EFH.SD	EFH.SD
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	699,9	699,9	699,9	699,9
Wohnfläche [m ²]	205,7	205,7	205,7	205,7
TABULA Referenzfläche [m ²]	226,3	226,3	226,3	226,3
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	205,7	205,7	205,7	205,7
Hüllfläche				
Dach [m ²]	164,9	164,9	164,9	164,9
Außenwand [m ²]	169,5	169,5	169,5	169,5
Kellerdecke [m ²]	136,0	136,0	136,0	136,0
Fenster [m ²]	30,2	30,2	30,2	30,2
Haustür [m ²]	2,3	2,3	2,3	2,3
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	2,24	1,06	0,63	0,48
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kennwerte Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,85	0,95	0,99	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	127,6	78,5	55,1	45,8
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	127,6	78,5	55,1	20,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,4	10,5	10,9	11,6
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	180,2	136,0	114,4	49,1
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,1	6,8	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,8	14,0	12,1	7,2

C.2 Energiebilanzdaten Beispielgebäude EFH.FD

Tabelle 68: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude EFH.FD

Gebäudetyp	EFH.FD	EFH.FD	EFH.FD	EFH.FD
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	375,4	375,4	375,4	375,4
Wohnfläche [m ²]	109,7	109,7	109,7	109,7
TABULA Referenzfläche [m ²]	120,7	120,7	120,7	120,7
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	109,7	109,7	109,7	109,7
Hüllfläche				
Dach [m ²]	136,5	136,5	136,5	136,5
Außenwand [m ²]	121,8	121,8	121,8	121,8
Kellerdecke [m ²]	136,5	136,5	136,5	136,5
Fenster [m ²]	17,3	17,3	17,3	17,3
Haustür [m ²]	3,0	3,0	3,0	3,0
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		16,0	26,0	30,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,60	0,20	0,13	0,11
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	3,00	1,29	0,89	0,68
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 3
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kenndaten Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,80	0,93	0,97	1,05
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	151,9	88,9	67,2	57,2
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	151,9	88,9	67,2	33,6
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	8,8	10,3	10,7	11,5
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	201,9	145,5	125,6	61,8
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	5,7	6,7	6,9	10,5
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	19,7	14,8	13,1	8,3

C.3 Energiebilanzdaten Beispielgebäude DHH.SD

Tabelle 69: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude DHH.SD

Gebäudetyp	DHH.SD	DHH.SD	DHH.SD	DHH.SD
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m³]	505,2	505,2	505,2	505,2
Wohnfläche [m²]	125,8	125,8	125,8	125,8
TABULA Referenzfläche [m²]	138,3	138,3	138,3	138,3
Flächenbezug für Energiekennwerte [m²]	125,8	125,8	125,8	125,8
Hüllfläche				
Dach [m²]	77,3	77,3	77,3	77,3
Außenwand [m²]	128,9	128,9	128,9	128,9
Kellerdecke [m²]	66,9	66,9	66,9	66,9
Fenster [m²]	25,4	25,4	25,4	25,4
Haustür [m²]	3,2	3,2	3,2	3,2
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m²K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m²K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m²K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m²K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m²K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m²K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m²K)]	2,42	1,09	0,69	0,53
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kenndaten Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m²a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m²a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,84	0,95	0,99	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	131,5	77,3	55,9	46,2
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m²a)]	131,5	77,3	55,9	21,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m²a)]	9,3	10,5	10,9	11,6
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m²a)]	183,7	134,9	115,2	50,2
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m²a)]	6,0	6,8	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m²a)]	18,1	13,9	12,2	7,3

C.4 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.SD.E

Tabelle 70: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.SD.E

Gebäudetyp	RH1.SD.E	RH1.SD.E	RH1.SD.E	RH1.SD.E
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	699,9	699,9	699,9	699,9
Wohnfläche [m ²]	205,7	205,7	205,7	205,7
TABULA Referenzfläche [m ²]	226,3	226,3	226,3	226,3
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	205,7	205,7	205,7	205,7
Hüllfläche				
Dach [m ²]	165,0	165,0	165,0	165,0
Außenwand [m ²]	120,4	120,4	120,4	120,4
Kellerdecke [m ²]	136,0	136,0	136,0	136,0
Fenster [m ²]	30,2	30,2	30,2	30,2
Haustür [m ²]	2,3	2,3	2,3	2,3
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	2,00	0,98	0,57	0,43
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 3
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kenndaten Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,87	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	118,8	75,6	52,0	43,1
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	118,8	75,6	52,0	17,9
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,6	10,5	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	172,4	133,3	111,5	46,2
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,2	6,8	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,1	13,8	11,9	6,9

C.5 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.SD.M

Tabelle 71: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.SD.M

Gebäudetyp	RH1.SD.M	RH1.SD.M	RH1.SD.M	RH1.SD.M
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	699,9	699,9	699,9	699,9
Wohnfläche [m ²]	205,7	205,7	205,7	205,7
TABULA Referenzfläche [m ²]	226,3	226,3	226,3	226,3
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	205,7	205,7	205,7	205,7
Hüllfläche				
Dach [m ²]	165,0	165,0	165,0	165,0
Außenwand [m ²]	75,2	75,2	75,2	75,2
Kellerdecke [m ²]	136,0	136,0	136,0	136,0
Fenster [m ²]	26,3	26,3	26,3	26,3
Haustür [m ²]	2,3	2,3	2,3	2,3
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	1,73	0,88	0,49	0,38
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kenndaten Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,89	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	109,0	72,7	48,9	40,6
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	109,0	72,7	48,9	15,0
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,8	10,6	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	163,6	130,7	108,7	43,3
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,4	6,9	7,2	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	16,4	13,5	11,6	6,7

C.6 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.FD.E

Tabelle 72: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.FD.E

Gebäudetyp	RH1.FD.E	RH1.FD.E	RH1.FD.E	RH1.FD.E
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	366,4	366,4	366,4	366,4
Wohnfläche [m ²]	107,6	107,6	107,6	107,6
TABULA Referenzfläche [m ²]	118,3	118,3	118,3	118,3
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	107,6	107,6	107,6	107,6
Hüllfläche				
Dach [m ²]	133,2	133,2	133,2	133,2
Außenwand [m ²]	90,0	90,0	90,0	90,0
Kellerdecke [m ²]	133,2	133,2	133,2	133,2
Fenster [m ²]	17,3	17,3	17,3	17,3
Haustür [m ²]	3,1	3,1	3,1	3,1
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		16,0	26,0	30,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,60	0,20	0,13	0,11
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	2,74	1,21	0,83	0,64
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 2	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.0 3
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kennwerte Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,82	0,94	0,98	1,05
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	144,1	85,1	64,6	54,9
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	144,1	85,1	64,6	31,0
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,0	10,3	10,7	11,5
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	195,0	142,1	123,2	59,3
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	5,8	6,7	7,0	10,5
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	19,1	14,5	12,9	8,1

C.7 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH1.FD.M

Tabelle 73: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH1.FD.M

Gebäudetyp	RH1.FD.M	RH1.FD.M	RH1.FD.M	RH1.FD.M
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m³]	366,4	366,4	366,4	366,4
Wohnfläche [m²]	107,6	107,6	107,6	107,6
TABULA Referenzfläche [m²]	118,3	118,3	118,3	118,3
Flächenbezug für Energiekennwerte [m²]	107,6	107,6	107,6	107,6
Hüllfläche				
Dach [m²]	133,2	133,2	133,2	133,2
Außenwand [m²]	64,9	64,9	64,9	64,9
Kellerdecke [m²]	133,2	133,2	133,2	133,2
Fenster [m²]	17,3	17,3	17,3	17,3
Haustür [m²]	3,1	3,1	3,1	3,1
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		16,0	26,0	30,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m²K)]	0,60	0,20	0,13	0,11
Außenwand [W/(m²K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m²K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m²K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m²K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m²K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m²K)]	2,51	1,13	0,77	0,59
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kenndaten Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m²a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m²a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,83	0,95	0,98	1,05
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	136,5	81,4	61,9	52,5
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m²a)]	136,5	81,4	61,9	28,3
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m²a)]	9,2	10,4	10,8	11,6
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m²a)]	188,1	138,6	120,7	56,6
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m²a)]	6,0	6,8	7,0	10,5
Energiekosten [Euro/(m²a)]	18,5	14,2	12,7	7,8

C.8 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH2.SD.E

Tabelle 74: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH2.SD.E

Gebäudetyp	RH2.SD.E	RH2.SD.E	RH2.SD.E	RH2.SD.E
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m ³]	523,2	523,2	523,2	523,2
Wohnfläche [m ²]	152,0	152,0	152,0	152,0
TABULA Referenzfläche [m ²]	167,1	167,1	167,1	167,1
Flächenbezug für Energiekennwerte [m ²]	152,0	152,0	152,0	152,0
Hüllfläche				
Dach [m ²]	85,7	85,7	85,7	85,7
Außenwand [m ²]	125,9	125,9	125,9	125,9
Kellerdecke [m ²]	74,7	74,7	74,7	74,7
Fenster [m ²]	24,7	24,7	24,7	24,7
Haustür [m ²]	3,1	3,1	3,1	3,1
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m ² K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m ² K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m ² K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m ² K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m ² K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m ² K)]	2,04	0,93	0,58	0,44
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kennwerte Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m ² a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m ² a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m ² a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m ² a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,87	0,96	1,00	1,06
Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	119,6	72,9	51,9	42,8
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m ² a)]	119,6	72,9	51,9	17,8
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]	9,6	10,6	11,0	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m ² a)]	173,1	130,8	111,4	46,1
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m ² a)]	6,2	6,9	7,1	10,6
Energiekosten [Euro/(m ² a)]	17,2	13,6	11,9	6,9

C.9 Energiebilanzdaten Beispielgebäude RH2.SD.M

Tabelle 75: Energiebilanzdaten für das Beispielgebäude RH2.SD.M

Gebäudetyp	RH2.SD.M	RH2.SD.M	RH2.SD.M	RH2.SD.M
Variante	Ist-Zustand	Modernisierungspaket 1	Modernisierungspaket 2	Modernisierungspaket 3
Gebäudevolumen [m³]	479,5	479,5	479,5	479,5
Wohnfläche [m²]	140,8	140,8	140,8	140,8
TABULA Referenzfläche [m²]	154,9	154,9	154,9	154,9
Flächenbezug für Energiekennwerte [m²]	140,8	140,8	140,8	140,8
Hüllfläche				
Dach [m²]	78,4	78,4	78,4	78,4
Außenwand [m²]	52,7	52,7	52,7	52,7
Kellerdecke [m²]	68,5	68,5	68,5	68,5
Fenster [m²]	21,2	21,2	21,2	21,2
Haustür [m²]	3,1	3,1	3,1	3,1
Dämmstärken (nominal / WLS 035)				
Dach [cm]		12,0	30,0	36,0
Außenwand [cm]		12,0	14,0	20,0
Kellerdecke [cm]		8,0	10,0	14,0
U-Werte				
Dach [W/(m²K)]	0,80	0,41	0,14	0,12
Außenwand [W/(m²K)]	1,00	0,22	0,20	0,15
Kellerdecke [W/(m²K)]	1,00	0,28	0,24	0,19
Fenster [W/(m²K)]	2,80	1,30	0,95	0,80
Haustür [W/(m²K)]	3,00	1,30	0,95	0,80
Thermische Hülle - Kenndaten				
Wärmebrückenzuschlag [W/(m²K)]	0,00	0,10	0,05	0,03
Wärmetransferkoeff. Transmission, bezogen auf Energiebezugsfläche [W/(m²K)]	1,55	0,76	0,45	0,35
Anlagentechnik				
Code_SysVent	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.-.Gen.01	DE.Bal_Rec.Gen.02
Code_SysH_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysH_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysH_S	0	0	0	0
Code_SysH_D	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Ext.SUH.02	DE.C_Int.Gen.01
Code_SysH_Aux	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01	DE.C.SUH.01
Code_SysW_G_1	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01	DE.TS.Gen.01
Code_SysW_EC_1	DH	DH	DH	DH
Code_SysW_S	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Ext.SUH.01	DE.S_C_Int.SUH.02
Code_SysW_D	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03
Code_SysW_Aux	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01	DE.C_NoCirc.SUH.01
Kenndaten Anlagentechnik (ohne Kalibrierung)				
Warmwasserbereitung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,1	1,1	1,1	1,1
Wärmeverluste Speicherung [kWh/(m²a)]	11,6	11,6	11,6	6,2
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	8,5	8,5	8,5	4,8
davon als Heizwärmebeitrag nutzbar [kWh/(m²a)]	4,2	4,2	4,2	5,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,4	0,4	0,4	0,4
Raumheizung				
Erzeugeraufwandszahl der Fernwärmeübergabestation	1,02	1,02	1,02	1,02
Wärmeverluste Verteilung [kWh/(m²a)]	26,8	26,8	26,8	6,8
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	6,7	6,7	6,7	6,7
Lüftungsanlage				
Temperaturbereitstellungsgrad des Wärmeübertragers	0,00	0,00	0,00	0,80
Strombedarf Hilfsenergie [kWh/(m²a)]	0,0	0,0	0,0	2,9
Energiebedarf bezogen auf Wohnfläche (kalibriert auf typisches Verbrauchsniveau)				
Anpassungsfaktor typisches Verbrauchs-Niveau	0,91	0,97	1,01	1,07
Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]	100,2	66,6	45,7	37,7
Heizwärmebedarf (netto) [kWh/(m²a)]	100,2	66,6	45,7	12,1
Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/(m²a)]	10,0	10,7	11,1	11,7
Endenergiebedarf (Fernwärme) [kWh/(m²a)]	155,7	125,0	105,7	40,4
Hilfsenergiebedarf [kWh/(m²a)]	6,5	7,0	7,2	10,7
Energiekosten [Euro/(m²a)]	15,7	13,1	11,4	6,4

Anhang D – Gebäude-Übersichtsblätter

Information für Gebäudeeigentümer

EFH.SD

EFH.SD

freistehendes EFH mit Steildach



EFH.FD

freistehendes EFH mit Flachdach



DHH.SD

Doppelhaushälfte mit Steildach



RH1.SD.E

Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach



RH1.SD.M

Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach



RH1.FD.E

Reihenendhaus mit Flachdach



RH1.FD.M

Reihenmittelhaus mit Flachdach



RH2.SD.E

Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach



RH2.SD.M

Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach



Beispielgebäude: freistehendes Einfamilienhaus mit Steildach



Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung



Dieses Informationsblatt zeigt beispielhaft Maßnahmen zur energetischen Modernisierung und deren Kosten für ein auf dem Lerchenberg typisches freistehendes Einfamilienhaus mit Steildach. Neben verringerten Verbrauchskosten und einem Beitrag zum Klimaschutz wird durch den guten Wärmeschutz insbesondere auch der Wohnkomfort erhöht. In der Praxis gibt es eine große Palette an Maßnahmen, die hier angeführt sind somit nur exemplarisch zu verstehen. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist eine qualifizierte Energieberatung erforderlich. Der dargestellte Energiebedarf für den Ist-Zustand entspricht dem eines typischen Einfamilienhauses dieser Gebäudekategorie. Je nach Nutzung und Modernisierungszustand können sich im konkreten Fall deutlich abweichende Verbräuche ergeben.

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre
Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg
EFH.SD

Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.

Erarbeitung dieser Informationsschrift: IWU Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz

Herausgeber:



Landeshauptstadt Mainz

Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg

EFH.SD

Ausgangsbedingungen



ähnliche Gebäudetypen:
(Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen)
RBW 110 S, 104 EL/S, 170 S, RBW 107



Beispielgebäude

freistehendes Einfamilienhaus mit Steildach

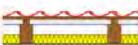
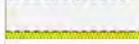
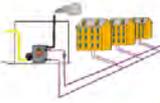
Baujahr	1967 bis 1978
beheizte Wohnfläche	206 m ²
Anzahl Wohnungen	1
Anzahl Vollgeschosse	1
Dachgeschoss	beheizt
Kellergeschoss	nicht beheizt

Wärmeversorgung

Heizung und Warmwasser aus **Fernwärme**

	Heizung	Warmwasser	
Jahresenergiebedarf	30.900	6.200	kWh/a
jährl. Verbrauchskosten	2.780	560	€/a

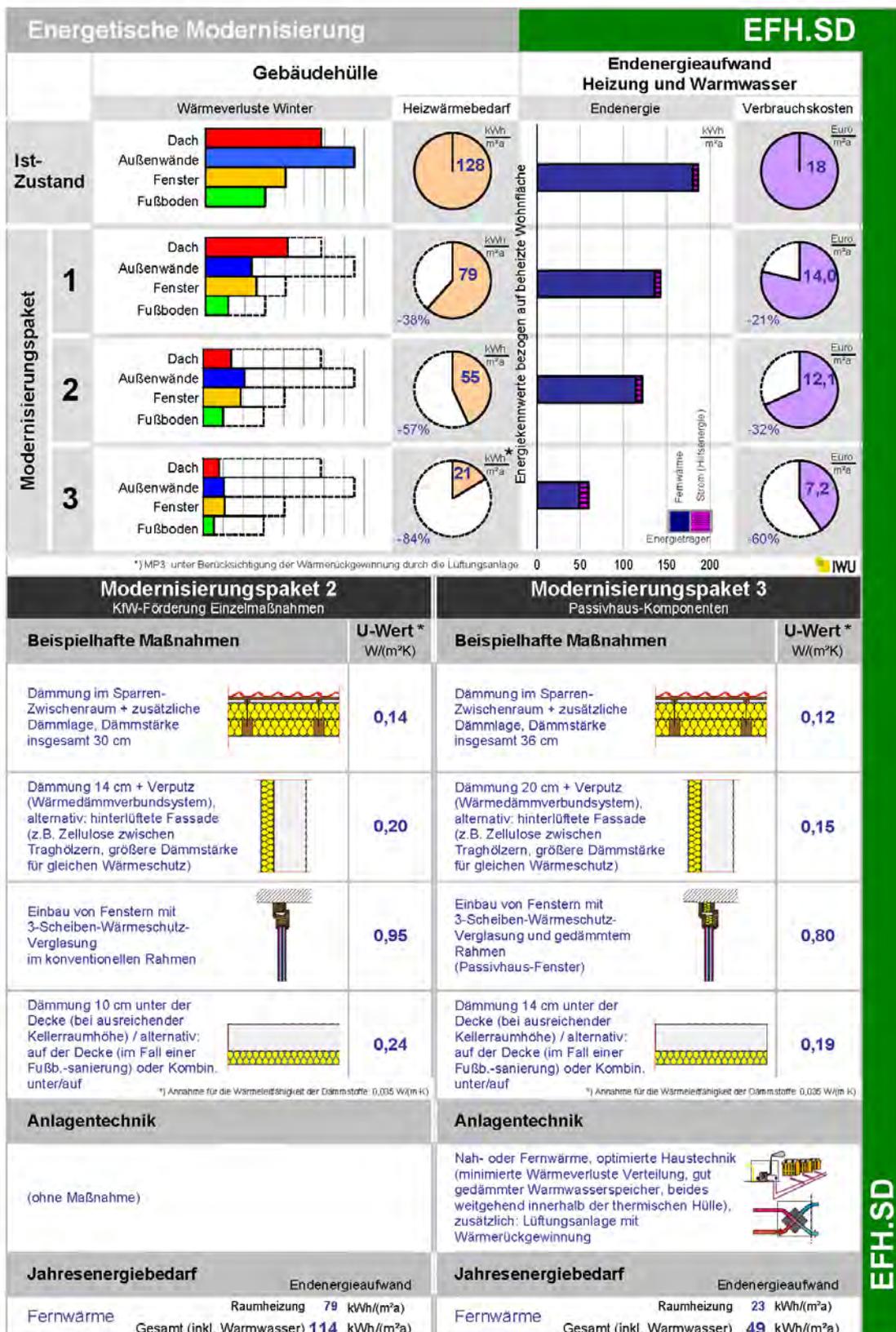
verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) IWU

Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung	
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)
Dach / oberste Geschossdecke Steildach mit 5 cm Dämmung 	0,8	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm 	0,41
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m K)			
Anlagentechnik		Anlagentechnik	
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)	
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf	
Endergieaufwand		Endergieaufwand	
Raumheizung 160 kWh/(m ² a)		Raumheizung 102 kWh/(m ² a)	
Fernwärme Gesamt (inkl. Warmwasser) 180 kWh/(m ² a)		Fernwärme Gesamt (inkl. Warmwasser) 136 kWh/(m ² a)	

EFH.SD

Gebäudetypologie Mainz-Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



Besondere typologische Merkmale sind:

© Institut für Energieeffiziente Bauweise (IEB) 1977/2017

EFH.SD			Kosten (ohne Fördergelder)					
			Investitionskosten (Brutto)		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)	
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten			Gesamtmaßnahme	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	vor Modernisierung	nach Modernisierung
Umfassende energetische Modernisierung			€	€	€	€	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1	73.437	357	17.339	84		1.900
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2	85.552	416	29.454	143	2.780	1.470
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	107.968	525	51.870	252		420*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz								
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)								
		Dämmstärke *	€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche	Hinweise zur Umsetzung	
Dach	M1	Entfernen der alten Dachziegel (und gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Dämmung im Sparren-Zwischenraum und auf den Sparren, Neueindeckung (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	35.274	214	3.822	23	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich! (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen
	M2		30 cm	42.700	259	11.248	68	
	M3		36 cm	44.949	273	13.498	82	
Außenwand	M1	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	21.829	129	8.287	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern)
	M2		14 cm	22.742	134	9.201	54	
	M3		20 cm	25.482	150	11.941	70	
Fenster	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)		11.106	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen.
	M2			14.569	449	3.464	107	
	M3			16.623	512	5.517	170	
Kellerdecke	M1	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	8 cm	5.229	38	5.229	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen. Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen.
	M2		10 cm	5.541	41	5.541	41	
	M3		14 cm	6.166	45	6.166	45	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung			€	€	€	€ pro Jahr		
Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		10.155		10.155		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 365
			zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser	4.593		4.593		
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSt durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen.								
• Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an annehmbare erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen.								
• Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!								
Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh								

Information für Gebäudeeigentümer		EFH.FD
EFH.SD	freistehendes EFH mit Steildach 	 Beispielgebäude: freistehendes Einfamilienhaus mit Flachdach
EFH.FD	freistehendes EFH mit Flachdach 	
DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach 	 Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung
RH1.SD.E	Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach 	
RH1.SD.M	Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach 	
RH1.FD.E	Reihenendhaus mit Flachdach 	
RH1.FD.M	Reihenmittelhaus mit Flachdach 	
RH2.SD.E	Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach 	
RH2.SD.M	Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach 	
Herausgeber:  Landeshauptstadt Mainz		

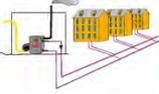
Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre

Dieses Informationsblatt zeigt beispielhaft Maßnahmen zur energetischen Modernisierung und deren Kosten für ein auf dem Lerchenberg typisches freistehendes Einfamilienhaus mit Flachdach. Neben verringerten Verbrauchskosten und einem Beitrag zum Klimaschutz wird durch den guten Wärmeschutz insbesondere auch der Wohnkomfort erhöht. In der Praxis gibt es eine große Palette an Maßnahmen, die hier angeführt sind somit nur exemplarisch zu verstehen. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist eine qualifizierte Energieberatung erforderlich. Der dargestellte Energiebedarf für den Ist-Zustand entspricht dem eines typischen Einfamilienhauses dieser Gebäudekategorie. Je nach Nutzung und Modernisierungszustand können sich im konkreten Fall deutlich abweichende Verbräuche ergeben.

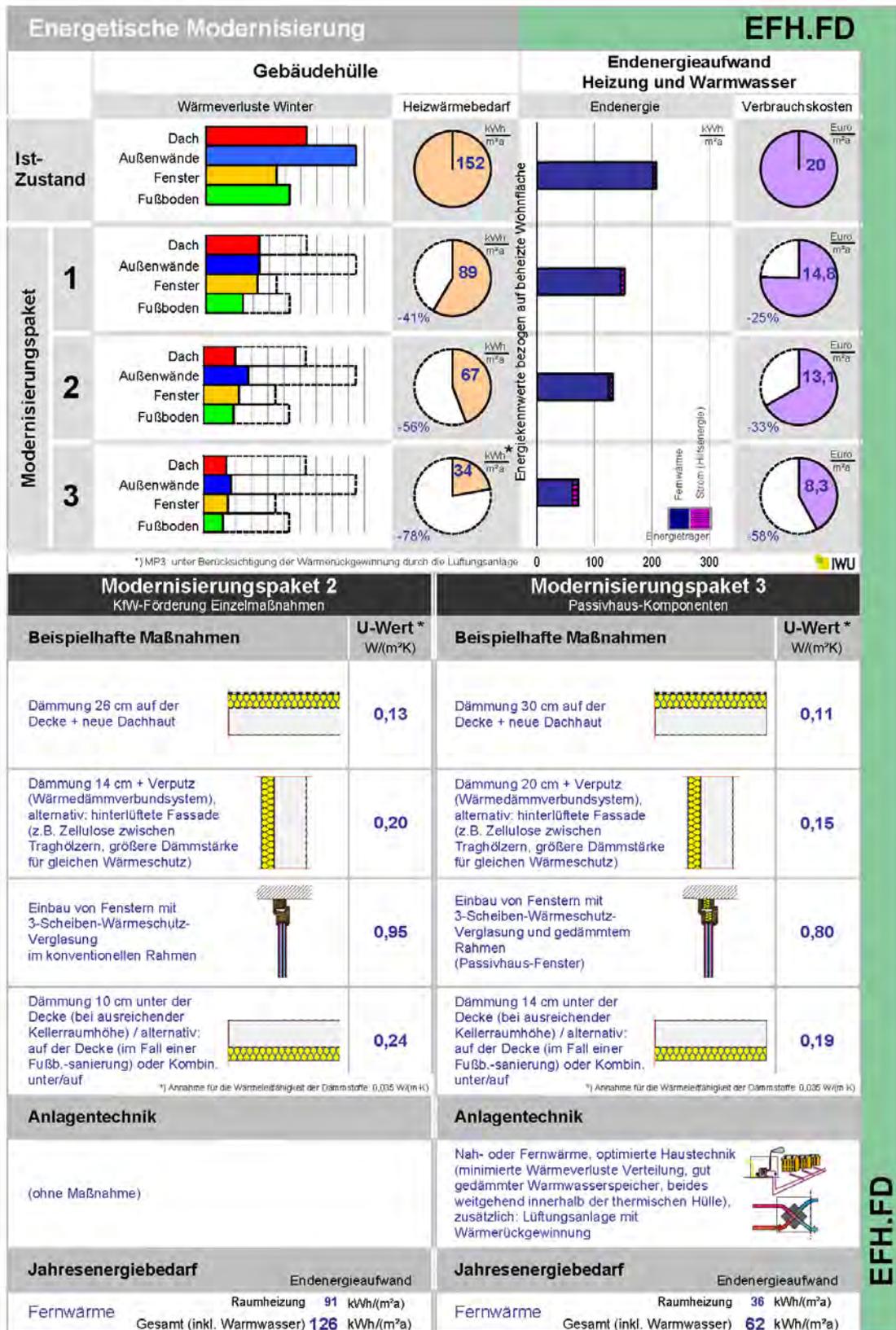
Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.

Erarbeitung dieser Informationsschrift:  IWU Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz

EFH.FD		Ausgangsbedingungen													
		<p>Beispielgebäude</p> <p>freistehendes Einfamilienhaus mit Flachdach</p> <p>Baujahr: 1967 bis 1978 beheizte Wohnfläche: 110 m² Anzahl Wohnungen: 1 Anzahl Vollgeschosse: 1 Dachgeschoss: nicht vorhanden Kellergeschoss: nicht beheizt</p> <p>Wärmeversorgung</p> <p>Heizung und Warmwasser aus: Fernwärme</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Heizung</td> <td style="text-align: center;">Warmwasser</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jahresenergiebedarf</td> <td style="text-align: center;">19.100</td> <td style="text-align: center;">3.100</td> <td style="text-align: right;">kWh/a</td> </tr> <tr> <td>jährl. Verbrauchskosten</td> <td style="text-align: center;">1.710</td> <td style="text-align: center;">280</td> <td style="text-align: right;">€/a</td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) IWU</p>			Heizung	Warmwasser		Jahresenergiebedarf	19.100	3.100	kWh/a	jährl. Verbrauchskosten	1.710	280	€/a
	Heizung	Warmwasser													
Jahresenergiebedarf	19.100	3.100	kWh/a												
jährl. Verbrauchskosten	1.710	280	€/a												
<p>ähnliche Gebäudetypen: (Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen) BE 135, RBW 117 F, 127 G, RBT 110, A</p> 															
Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung													
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)												
<p>Dach / oberste Geschossdecke</p> <p>belüftetes Flachdach mit 5 cm Dämmung</p> 	0,6	<p>Dämmung 16 cm auf der Decke + neue Dachhaut</p> 	0,20												
<p>Außenwand</p> <p>Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen</p> 	1,0	<p>Dämmung 12 cm + Verputz (Warmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z. B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)</p> 	0,22												
<p>Fenster</p> <p>Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung</p> 	2,8	<p>Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung</p> 	1,30												
<p>Kellerdecke</p> <p>(Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung</p> 	1,0	<p>Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)</p> 	0,28												
		*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)													
Anlagentechnik		Anlagentechnik													
<p>Nah- oder Fernwärme</p> 		<p>(ohne Maßnahme)</p>													
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf													
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand													
Raumheizung 174 kWh/(m ² a)		Raumheizung 113 kWh/(m ² a)													
Fernwärme Gesamt (inkl. Warmwasser) 202 kWh/(m ² a)		Fernwärme Gesamt (inkl. Warmwasser) 146 kWh/(m ² a)													

Gebäudetypologie Mainz-Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



© Bauzusammenfassung 2012/13 von E.ON Energy Research Center

© E.ON Energy Research Center für 1990-2013 von E.ON Energy Research Center

EFH.FD				Kosten (ohne Fördergelder)					
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten				Investitionskosten (Brutto)		jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)			
Umfassende energetische Modernisierung				Gesamtmaßnahme	davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)	vor nach Modernisierung			
				€	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1		52.877	482	17.084	156	1.110	
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2		58.275	531	22.482	205	900	
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung		73.033	666	37.239	339	350*	
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz				Dämmstärke *		Hinweise zur Umsetzung			
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe 0,035 W/mK				€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche		
Dach	M1	Abtragen des alten Daches (und Entfernen gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Aufbau des neuen Daches inkl. der Maßnahmen zur Wärmedämmung, neuer Dachrandbohlen, Blendrandprofile, Attikaabdeckungen und anderer Nebenarbeiten		16 cm	24.991	183	5.878	43	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden • Bei Holzkonstruktionen Konzept für Luftdichtheit erforderlich (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen
	M2			26 cm	27.251	200	8.139	60	
	M3			30 cm	28.156	206	9.044	66	
Außenwand	M1			12 cm	15.690	129	5.957	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verdrängen)
	M2	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)		14 cm	16.347	134	6.613	54	
	M3			20 cm	18.316	150	8.583	70	
Fenster	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)			6.948	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen.
	M2	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im konventionellen Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)			9.115	449	2.167	107	
	M3	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)			10.400	512	3.452	170	
Kellerdecke	M1			8 cm	5.248	38	5.248	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen, wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen.
	M2	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)		10 cm	5.562	41	5.562	41	
	M3			14 cm	6.189	45	6.189	45	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				€	€	€ pro Jahr			
Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		6.920		6.920		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 224	
		zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Wärnwasser		3.052		3.052			
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen				Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh					
• Die "energiebedingten Nettokosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an ohnehin erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachbedeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen				© IWU					
• Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW									

Information für Gebäudeeigentümer		DHH.SD	
EFH.SD	freistehendes EFH mit Steildach 	<p>Beispielgebäude: Doppelhaushälfte mit Steildach</p>  <p>Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg</p>	
EFH.FD	freistehendes EFH mit Flachdach 		
DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach 		
RH1.SD.E	Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.SD.M	Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.FD.E	Reihenendhaus mit Flachdach 		
RH1.FD.M	Reihenmittelhaus mit Flachdach 		
RH2.SD.E	Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
RH2.SD.M	Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
Herausgeber:  Landeshauptstadt Mainz			
Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m³ zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.		Erarbeitung dieser Informationsschrift: Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz	

DHH.SD

Ausgangsbedingungen



ähnliche Gebäudetypen:
(Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen)
RBW 107 S, DH 21



Beispielgebäude

Doppelhaushälfte mit Steildach

Baujahr: 1967 bis 1978

beheizte Wohnfläche: 126 m²

Anzahl Wohnungen: 1

Anzahl Vollgeschosse: 2

Dachgeschoss: beheizt

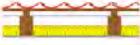
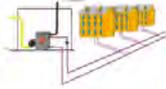
Kellergeschoss: nicht beheizt

Wärmeversorgung

Heizung und Warmwasser aus: Fernwärme

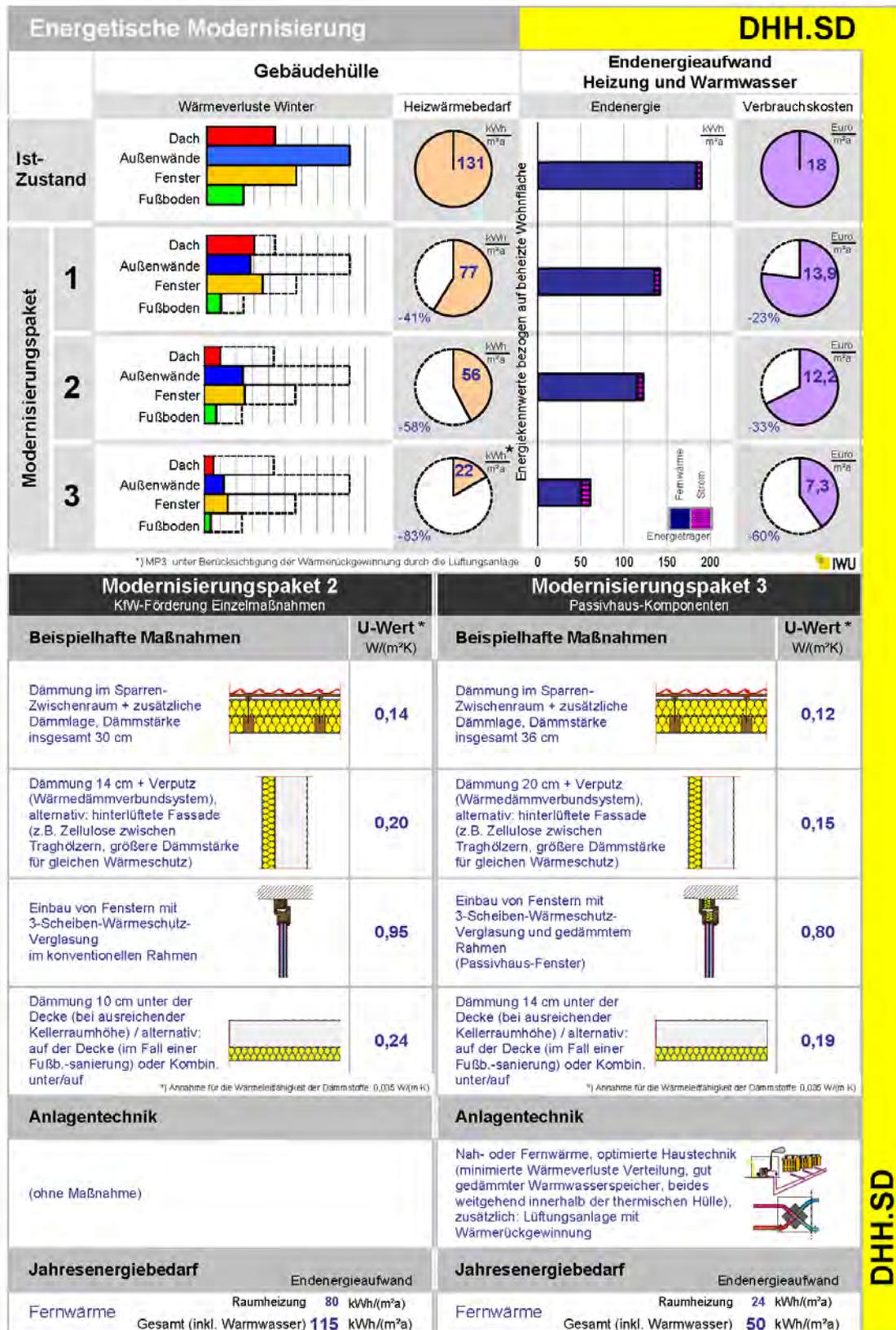
	Heizung	Warmwasser	
Jahresenergiebedarf	19.300	3.700	kWh/a
jährl. Verbrauchskosten	1.740	340	€/a

verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) IWU

Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 <small>Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung</small>	
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)
Dach / oberste Geschossdecke  Steildach mit 5 cm Dämmung	0,8	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm 	0,41
Außenwand  Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22
Fenster  Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30
Kellerdecke  (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m K)			
Anlagentechnik		Anlagentechnik	
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)	
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf	
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand	
Raumheizung 154 kWh/(m ² a)		Raumheizung 101 kWh/(m ² a)	
Gesamt (inkl. Warmwasser) 184 kWh/(m ² a)		Gesamt (inkl. Warmwasser) 135 kWh/(m ² a)	

Gebäudetypologie Mainz-Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



© Bauzeitschriftenverlag M+K & S. 2010

© Umweltbundesamt, 19.06.2019, 19.06.2019

DHH.SD

DHH.SD				Kosten (ohne Fördergelder)					
				Investitionskosten (Brutto)		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)	
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten				Gesamtmaßnahme	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	jährl. Verbrauchskosten vor nach Modernisierung	
Umfassende energetische Modernisierung				€	€	€	€	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1		45.491	362	10.664	85		1.140
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2		52.874	420	18.047	144	1.740	910
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung		68.985	549	34.157	272		270*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz				€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche	Hinweise zur Umsetzung	
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)									
Dach	M1	Entfernen der alten Dachziegel (und gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Dämmung im Sparren-Zwischenraum und auf den Sparren, Neueindeckung (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	16.530	214	1.791	23	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen 	
	M2		30 cm	20.010	259	5.271	68		
	M3		36 cm	21.064	273	6.325	82		
Außenwand	M1	Wäremdämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	16.594	129	6.300	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern) 	
	M2		14 cm	17.289	134	6.995	54		
	M3		20 cm	19.372	150	9.078	70		
Fenster	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)		9.794	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen. 	
	M2			12.849	449	3.055	107		
	M3			14.660	512	4.866	170		
Kellerdecke	M1	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	8 cm	2.572	38	2.572	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen, Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen. 	
	M2		10 cm	2.726	41	2.726	41		
	M3		14 cm	3.033	45	3.033	45		
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				€		€		€ pro Jahr	
Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		7.521		7.521		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung:	249
			zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser	3.335		3.335			
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer von IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen. • Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an andere erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen. • Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!				Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh				© 2014 IWU	

Information für Gebäudeeigentümer

RH1.SD.E

EFH.SD	freistehendes EFH mit Steildach
EFH.FD	freistehendes EFH mit Flachdach
DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach
RH1.SD.E	Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach
RH1.SD.M	Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach
RH1.FD.E	Reihenendhaus mit Flachdach
RH1.FD.M	Reihenmittelhaus mit Flachdach
RH2.SD.E	Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach
RH2.SD.M	Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach

Beispielgebäude:

Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach

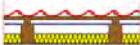
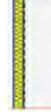
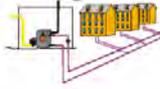
Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre
Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg
RH1.SD.E

Herausgeber: **Landeshauptstadt Mainz**

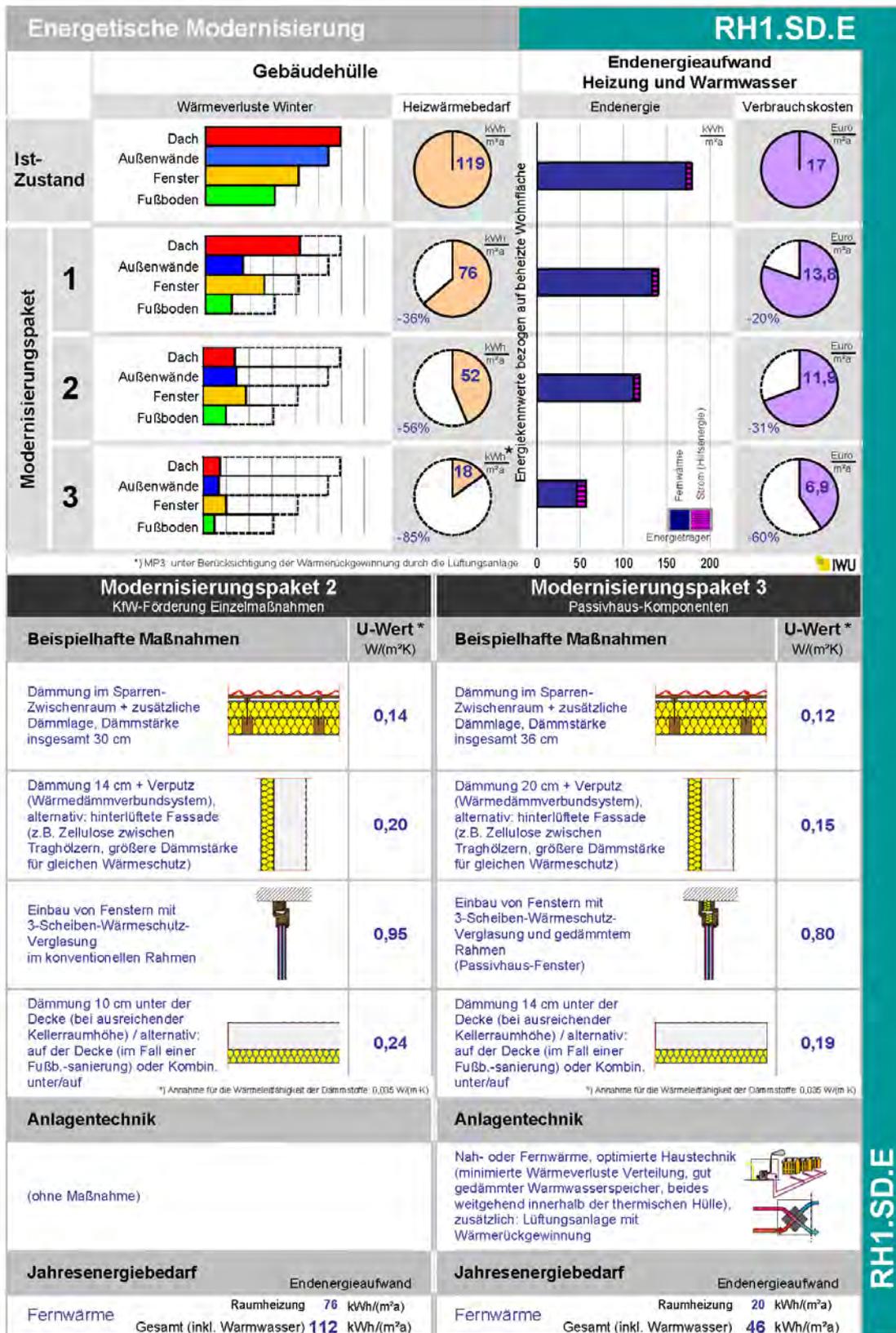
Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.

Erarbeitung dieser Informationsschrift: **IWU** Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz

RH1.SD.E		Ausgangsbedingungen													
		<p>Beispielgebäude</p> <p>Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach</p> <p>Baujahr: 1967 bis 1978</p> <p>beheizte Wohnfläche: 206 m²</p> <p>Anzahl Wohnungen: 1</p> <p>Anzahl Vollgeschosse: 1</p> <p>Dachgeschoss: beheizt</p> <p>Kellergeschoss: nicht beheizt</p> <p>Wärmeversorgung</p> <p>Heizung und Warmwasser aus: Fernwärme</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Heizung</td> <td style="text-align: center;">Warmwasser</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jahresenergiebedarf</td> <td style="text-align: right;">29.100</td> <td style="text-align: right;">6.300</td> <td style="text-align: right;">kWh/a</td> </tr> <tr> <td>jährl. Verbrauchskosten</td> <td style="text-align: right;">2.620</td> <td style="text-align: right;">570</td> <td style="text-align: right;">€/a</td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) </p>			Heizung	Warmwasser		Jahresenergiebedarf	29.100	6.300	kWh/a	jährl. Verbrauchskosten	2.620	570	€/a
	Heizung	Warmwasser													
Jahresenergiebedarf	29.100	6.300	kWh/a												
jährl. Verbrauchskosten	2.620	570	€/a												
<p>ähnliche Gebäudetypen: (Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen) RBW 110 S, 170 S, RBW 107 S</p> 															
Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 <small>Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung</small>													
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)												
<p>Dach / oberste Geschossdecke</p> <p>Steildach mit 5 cm Dämmung</p> 	0,8	<p>Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm</p> 	0,41												
<p>Außenwand</p> <p>Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen</p> 	1,0	<p>Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz)</p> 	0,22												
<p>Fenster</p> <p>Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung</p> 	2,8	<p>Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung</p> 	1,30												
<p>Kellerdecke</p> <p>(Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung</p> 	1,0	<p>Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)</p> 	0,28												
		*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)													
Anlagentechnik		Anlagentechnik													
<p>Nah- oder Fernwärme</p> 		<p>(ohne Maßnahme)</p>													
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf													
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand													
Raumheizung 142 kWh/(m ² a)		Raumheizung 99 kWh/(m ² a)													
Fernwärme Gesamt (inkl. Warmwasser) 172 kWh/(m ² a)		Fernwärme Gesamt (inkl. Warmwasser) 133 kWh/(m ² a)													

Gebäudetypologie Mainz-Lerchenberg

Einflüßlerhäuser vor 1950er und 1970er Jahre



© Bauzeitschriftenverlag Birkbeck & Co. Leipzig

© Umweltforschungsplan Nr. 1450-01/19/FW, 1998

RH1.SD.E

RH1.SD.E			Kosten (ohne Fördergelder)					
			Investitionskosten (Brutto)		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)	
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten			Gesamtmaßnahme	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	vor Modernisierung	nach Modernisierung
Umfassende energetische Modernisierung			€		€		€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1	67.146	326	14.942	73		1.840
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2	79.003	384	26.799	130	2.620	1.410
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	100.627	489	48.423	235		360*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz								
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)								
Dach			Dämmstärke *	€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche	Hinweise zur Umsetzung
	M1	Entfernen der alten Dachziegel (und gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Dämmung im Sparren-Zwischenraum und auf den Sparren, Neueindeckung (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	35.305	214	3.826	23	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen
	M2		30 cm	42.737	259	11.258	68	
	M3		36 cm	44.989	273	13.510	82	
Außenwand								
	M1	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	15.506	129	5.887	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern)
	M2		14 cm	16.155	134	6.536	54	
	M3		20 cm	18.101	150	8.482	70	
Fenster								
	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)		11.106	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen.
	M2			14.569	449	3.464	107	
	M3			16.623	512	5.517	170	
Kellerdecke								
	M1	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	8 cm	5.229	38	5.229	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen. Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen.
	M2		10 cm	5.541	41	5.541	41	
	M3		14 cm	6.166	45	6.166	45	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				€		€		€ pro Jahr
	Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)	10.155		10.155		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 365
			zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser	4.593		4.593		
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkebezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen. • Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an annehmbare erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen. • Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!			Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh			© 2014 IWU		

Information für Gebäudeeigentümer

RH1.SD.M

EFH.SD

freistehendes EFH mit Steildach



EFH.FD

freistehendes EFH mit Flachdach



DHH.SD

Doppelhaushälfte mit Steildach



RH1.SD.E

Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach



RH1.SD.M

Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach



RH1.FD.E

Reihenendhaus mit Flachdach



RH1.FD.M

Reihenmittelhaus mit Flachdach



RH2.SD.E

Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach



RH2.SD.M

Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach



**Beispielgebäude:
Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach**



Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung



Dieses Informationsblatt zeigt beispielhaft Maßnahmen zur energetischen Modernisierung und deren Kosten für ein auf dem Lerchenberg typisches Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach. Neben verringerten Verbrauchskosten und einem Beitrag zum Klimaschutz wird durch den guten Wärmeschutz insbesondere auch der Wohnkomfort erhöht. In der Praxis gibt es eine große Palette an Maßnahmen, die hier angeführten sind somit nur exemplarisch zu verstehen. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist eine qualifizierte Energieberatung erforderlich. Der dargestellte Energiebedarf für den Ist-Zustand entspricht dem eines typischen Einfamilienhauses dieser Gebäudekategorie. Je nach Nutzung und Modernisierungszustand können sich im konkreten Fall deutlich abweichende Verbräuche ergeben.

Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.

Erarbeitung dieser Informationsschrift: IWU Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz

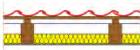
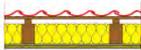
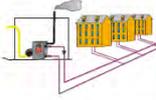
Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre
Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg
RH1.SD.M

Herausgeber:



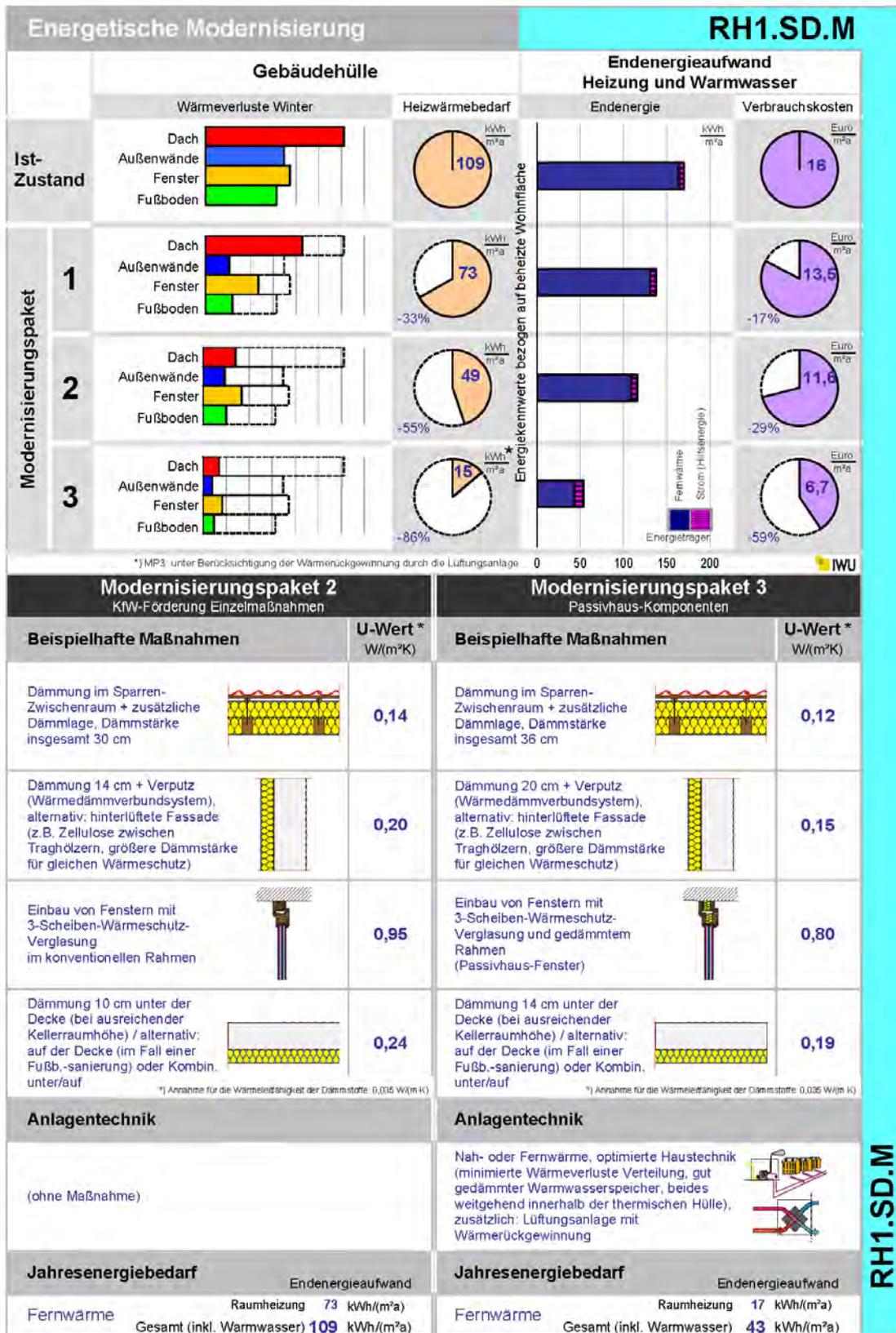
Landeshauptstadt Mainz

Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg

RH1.SD.M		Ausgangsbedingungen													
		Beispielgebäude Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach													
		Baujahr	1967 bis 1978												
		beheizte Wohnfläche	206 m²												
		Anzahl Wohnungen	1												
		Anzahl Vollgeschosse	1												
		Dachgeschoss	beheizt												
		Kellergeschoss	nicht beheizt												
ähnliche Gebäudetypen: (Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen) RBW 110 S, 170 S, RBW 107		Wärmeversorgung Heizung und Warmwasser aus Fernwärme													
		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Heizung</td> <td style="text-align: center;">Warmwasser</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jahresenergiebedarf</td> <td style="text-align: right;">27.200</td> <td style="text-align: right;">6.500</td> <td style="text-align: right;">kWh/a</td> </tr> <tr> <td>jährl. Verbrauchskosten</td> <td style="text-align: right;">2.440</td> <td style="text-align: right;">590</td> <td style="text-align: right;">€/a</td> </tr> </table>			Heizung	Warmwasser		Jahresenergiebedarf	27.200	6.500	kWh/a	jährl. Verbrauchskosten	2.440	590	€/a
	Heizung	Warmwasser													
Jahresenergiebedarf	27.200	6.500	kWh/a												
jährl. Verbrauchskosten	2.440	590	€/a												
verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh)															
Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung													
Konstruktion	U-Wert W/(m²K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m²K)												
Dach / oberste Geschossdecke Steildach mit 5 cm Dämmung 	0,8	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm 	0,41												
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z. B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22												
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30												
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28												
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)															
Anlagentechnik		Anlagentechnik													
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)													
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf													
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand													
Raumheizung	132 kWh/(m²a)	Raumheizung	97 kWh/(m²a)												
Fernwärme	Gesamt (inkl. Warmwasser) 164 kWh/(m²a)	Fernwärme	Gesamt (inkl. Warmwasser) 131 kWh/(m²a)												

Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg

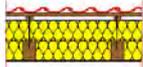
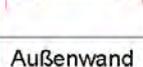
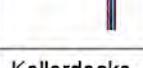
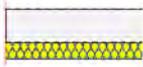
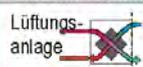
Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



Bauelementtypologie Merc & an Energie

© Content Advisor für 1900 bis 1970, 1970, 1970

RH1.SD.M

RH1.SD.M			Kosten (ohne Fördergelder)					
			Investitionskosten (Brutto)		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)	
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten			Gesamtmaßnahme	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	vor Modernisierung	nach Modernisierung
Umfassende energetische Modernisierung			€		€		€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1	60.004	292	12.729	62		1.790
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2	71.208	346	23.933	116	2.440	1.360
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	91.858	446	44.582	217		310*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz							Hinweise zur Umsetzung	
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)								
Dach			Dämmstärke *	€	€	€		
	M1	Entfernen der alten Dachziegel (und gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Dämmung im Sparren-Zwischenraum und auf den Sparren, Neueindeckung (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	35.305	214	3.826	23	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlraum vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen
	M2		30 cm	42.737	259	11.258	68	
	M3		36 cm	44.989	273	13.510	82	
Außenwand								
	M1		12 cm	9.678	129	3.674	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vorgänger, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern)
	M2	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	14 cm	10.083	134	4.079	54	
	M3		20 cm	11.298	150	5.294	70	
Fenster								
	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)		9.793	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen.
	M2	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im konventionellen Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		12.847	449	3.054	107	
	M3	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		14.657	512	4.865	170	
Kellerdecke								
	M1		8 cm	5.229	38	5.229	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen. Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen.
	M2	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	10 cm	5.541	41	5.541	41	
	M3		14 cm	6.166	45	6.166	45	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				€	€		€ pro Jahr	
	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		10.155		10.155		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 366
		zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser		4.593		4.593		
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkebezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen. • Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an annehmbare erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen. • Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!							Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh Stand: 14.10.2017 IWU	

Information für Gebäudeeigentümer

RH1.FD.E

EFH.SD

freistehendes EFH mit Steildach

EFH.FD

freistehendes EFH mit Flachdach

DHH.SD

Doppelhaushälfte mit Steildach

RH1.SD.E

Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach

RH1.SD.M

Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach

RH1.FD.E

Reihenendhaus mit Flachdach

RH1.FD.M

Reihenmittelhaus mit Flachdach

RH2.SD.E

Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach

RH2.SD.M

Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach

**Beispielgebäude:
Reihenendhaus mit Flachdach**

Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung

**Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre
Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg**

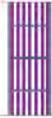
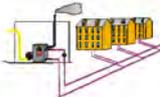
RH1.FD.E

Herausgeber:
Landeshauptstadt Mainz

Dieses Informationsblatt zeigt beispielhaft Maßnahmen zur energetischen Modernisierung und deren Kosten für ein auf dem Lerchenberg typisches Reihenendhaus mit Flachdach. Neben verringerten Verbrauchskosten und einem Beitrag zum Klimaschutz wird durch den guten Wärmeschutz insbesondere auch der Wohnkomfort erhöht. In der Praxis gibt es eine große Palette an Maßnahmen, die hier angeführt sind somit nur exemplarisch zu verstehen. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist eine qualifizierte Energieberatung erforderlich. Der dargestellte Energiebedarf für den Ist-Zustand entspricht dem eines typischen Einfamilienhauses dieser Gebäudekategorie. Je nach Nutzung und Modernisierungszustand können sich im konkreten Fall deutlich abweichende Verbräuche ergeben.

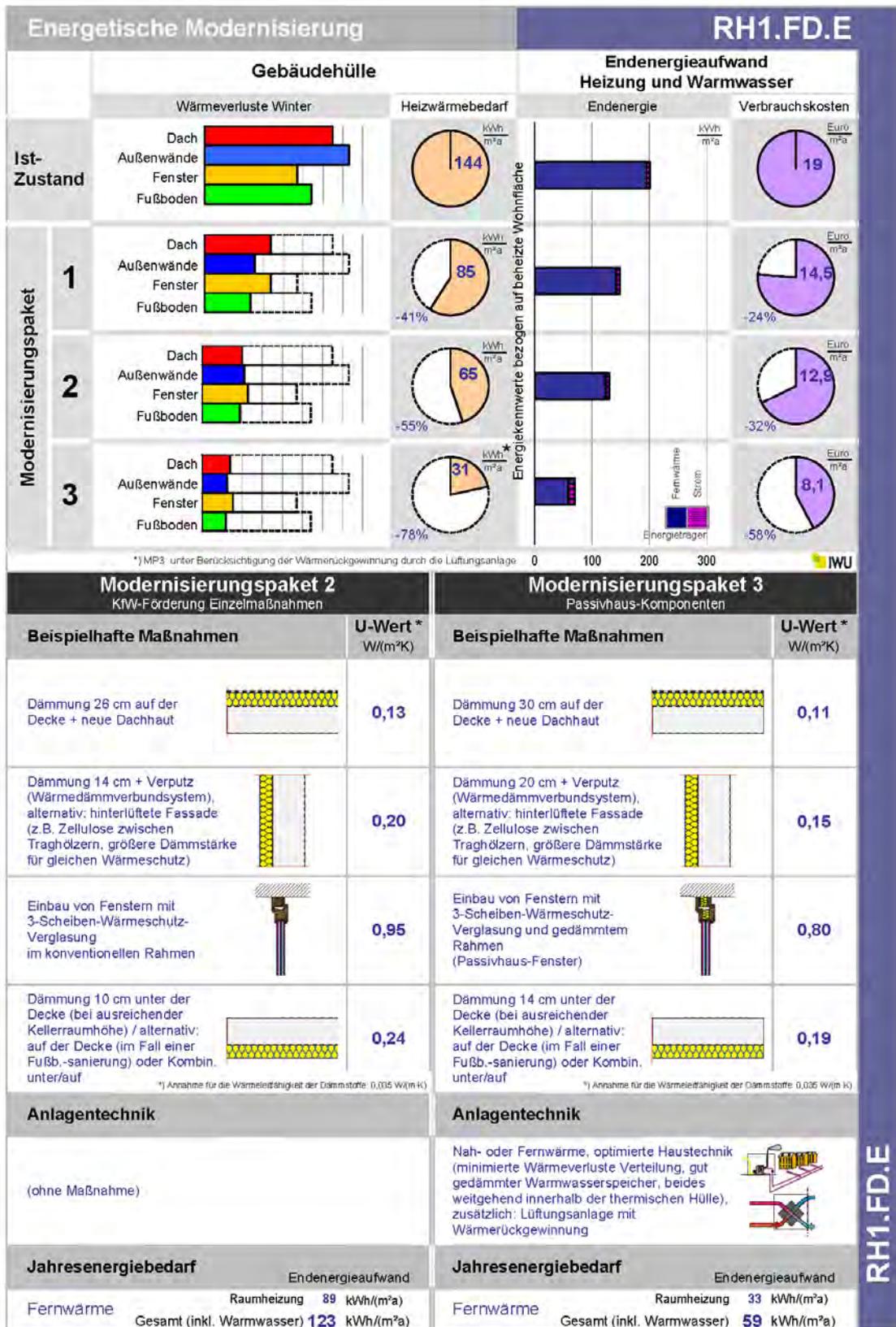
Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.

Erarbeitung dieser Informationsschrift: **IWU** Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz

RH1.FD.E		Ausgangsbedingungen													
		Beispielgebäude Reihenendhaus mit Flachdach Baujahr: 1967 bis 1978 beheizte Wohnfläche: 108 m ² Anzahl Wohnungen: 1 Anzahl Vollgeschosse: 1 Dachgeschoss: nicht vorhanden Kellergeschoss: nicht beheizt													
ähnliche Gebäudetypen: (Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen) BE 135, BE 113, RBW 107 		Wärmeversorgung Heizung und Warmwasser aus: Fernwärme <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Heizung</th> <th>Warmwasser</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jahresenergiebedarf</td> <td>17.900</td> <td>3.100</td> <td>kWh/a</td> </tr> <tr> <td>jährl. Verbrauchskosten</td> <td>1.610</td> <td>280</td> <td>€/a</td> </tr> </tbody> </table>			Heizung	Warmwasser		Jahresenergiebedarf	17.900	3.100	kWh/a	jährl. Verbrauchskosten	1.610	280	€/a
	Heizung	Warmwasser													
Jahresenergiebedarf	17.900	3.100	kWh/a												
jährl. Verbrauchskosten	1.610	280	€/a												
verbrauchabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) 															
Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung													
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)												
Dach / oberste Geschossdecke belüftetes Flachdach mit 5 cm Dämmung 	0,6	Dämmung 16 cm auf der Decke + neue Dachhaut 	0,20												
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z. B. Zellulose zwischen Tragholzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22												
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30												
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28												
<small>* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)</small>															
Anlagentechnik		Anlagentechnik													
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)													
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf													
Endenergieaufwand Fernwärme Raumheizung 166 kWh/(m ² a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 195 kWh/(m ² a)		Endenergieaufwand Fernwärme Raumheizung 109 kWh/(m ² a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 142 kWh/(m ² a)													

Gebäudetypologie Mainz-Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



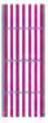
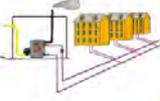
© Bauzeitschriften Markt & Technik

© Umweltbundesamt 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025

RH1.FD.E

RH1.FD.E			Kosten (ohne Fördergelder)					
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten			Investitionskosten (Brutto)				jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)	
			Gesamtmaßnahme	davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		jährl. Verbrauchskosten		
Umfassende energetische Modernisierung				€	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	vor Modernisierung
			€	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1	48.103	447	15.258	142		
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2	53.285	495	20.440	190	1.610	860
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	67.379	626	34.533	321		320*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz								
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)								
Dach			Dämmstärke *	€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche	Hinweise zur Umsetzung
	M1	Abtragen des alten Daches (und Entfernen gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Aufbau des neuen Daches inkl. der Maßnahmen zur Wärmedämmung, neuer Dachrandbohlen, Blendrandprofile, Attikaabdeckungen und anderer Nebenarbeiten	16 cm	24.389	183	5.737	43	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrünung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen
	M2		26 cm	26.596	200	7.943	60	
	M3		30 cm	27.479	206	8.826	66	
Außenwand								
	M1		12 cm	11.585	129	4.399	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern)
	M2	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	14 cm	12.070	134	4.883	54	
	M3		20 cm	13.524	150	6.338	70	
Fenster								
	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)		7.006	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen.
	M2	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im konventionellen Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		9.191	449	2.185	107	
	M3	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		10.486	512	3.480	170	
Kellerdecke								
	M1		8 cm	5.122	38	5.122	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen. Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen.
	M2	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	10 cm	5.428	41	5.428	41	
	M3		14 cm	6.040	45	6.040	45	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				€		€		€ pro Jahr
Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		6.836		6.836		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 221
		zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser		3.013		3.013		
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSt durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen. • Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an annehmbare erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen. • Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!						Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh Stand: 14.10.2019 IWU		

Information für Gebäudeeigentümer		RH1.FD.M	
EFH.SD	freistehendes EFH mit Steildach 	<p>Beispielgebäude: Reihenmittelhaus mit Flachdach</p> 	
EFH.FD	freistehendes EFH mit Flachdach 		
DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach 		
RH1.SD.E	Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.SD.M	Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.FD.E	Reihenendhaus mit Flachdach 		
RH1.FD.M	Reihenmittelhaus mit Flachdach 		
RH2.SD.E	Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
RH2.SD.M	Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
<p>Herausgeber:</p>  <p>Landeshauptstadt Mainz</p>			
<p>Dieses Informationsblatt zeigt beispielhaft Maßnahmen zur energetischen Modernisierung und deren Kosten für ein auf dem Lerchenberg typisches Reihenmittelhaus mit Flachdach. Neben verringerten Verbrauchskosten und einem Beitrag zum Klimaschutz wird durch den guten Wärmeschutz insbesondere auch der Wohnkomfort erhöht. In der Praxis gibt es eine große Palette an Maßnahmen, die hier angeführt sind somit nur exemplarisch zu verstehen. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist eine qualifizierte Energieberatung erforderlich. Der dargestellte Energiebedarf für den Ist-Zustand entspricht dem eines typischen Einfamilienhauses dieser Gebäudekategorie. Je nach Nutzung und Modernisierungszustand können sich im konkreten Fall deutlich abweichende Verbräuche ergeben.</p>		<p>Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.</p>	
<p>Erarbeitung dieser Informationsschrift: IWU Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz</p>		<p>Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg</p>	

RH1.FD.M		Ausgangsbedingungen													
		Beispielgebäude Reihenmittelhaus mit Flachdach Baujahr 1967 bis 1978 beheizte Wohnfläche 108 m ² Anzahl Wohnungen 1 Anzahl Vollgeschosse 1 Dachgeschoss nicht vorhanden Kellergeschoss nicht beheizt													
ähnliche Gebäudetypen: (Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen) BE 135, RBW 107, BE 113 		Wärmeversorgung Heizung und Warmwasser aus Fernwärme <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Heizung</th> <th>Warmwasser</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jahresenergiebedarf</td> <td>17.100</td> <td>3.200</td> <td>kWh/a</td> </tr> <tr> <td>jährl. Verbrauchskosten</td> <td>1.540</td> <td>280</td> <td>€/a</td> </tr> </tbody> </table>			Heizung	Warmwasser		Jahresenergiebedarf	17.100	3.200	kWh/a	jährl. Verbrauchskosten	1.540	280	€/a
	Heizung	Warmwasser													
Jahresenergiebedarf	17.100	3.200	kWh/a												
jährl. Verbrauchskosten	1.540	280	€/a												
verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) IWU															
Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung													
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)												
Dach / oberste Geschossdecke belüftetes Flachdach mit 5 cm Dämmung 	0,6	Dämmung 16 cm auf der Decke + neue Dachhaut 	0,20												
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22												
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30												
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28												
<small>*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)</small>															
Anlagentechnik		Anlagentechnik													
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)													
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf													
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand													
Fernwärme	Raumheizung 169 kWh/(m ² a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 188 kWh/(m ² a)	Fernwärme	Raumheizung 106 kWh/(m ² a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 139 kWh/(m ² a)												

Gebäudehypologie Mainz-Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre

RH1.FD.M			Kosten (ohne Fördergelder)						
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten			Investitionskosten (Brutto)				jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)		
Umfassende energetische Modernisierung			Gesamtmaßnahme		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		vor nach Modernisierung		
			€	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	€ pro Jahr	€ pro Jahr	
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1	44.877	417	14.033	130		1.020	
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2	49.924	464	19.080	177	1.540	830	
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	63.613	591	32.769	305		290*	
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz									
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)									
Dach			Dämmstärke *	€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche	Hinweise zur Umsetzung	
	M1	Abtragen des alten Daches (und Entfernen gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Aufbau des neuen Daches inkl. der Maßnahmen zur Wärmedämmung, neuer Dachrandbohlen, Blendrandprofile, Attikaabdeckungen und anderer Nebenarbeiten	16 cm	24.389	183	5.737	43	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich! (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrennung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen 	
	M2		26 cm	26.596	200	7.943	60		
	M3		30 cm	27.479	206	8.826	66		
	M1		12 cm	8.359	129	3.174	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern) 	
	M2	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	14 cm	8.709	134	3.524	54		
	M3		20 cm	9.759	150	4.573	70		
	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)		7.006	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen. 	
	M2	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im konventionellen Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		9.191	449	2.185	107		
	M3	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)		10.486	512	3.480	170		
	M1		8 cm	5.122	38	5.122	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen. Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen. 	
	M2	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	10 cm	5.428	41	5.428	41		
	M3		14 cm	6.040	45	6.040	45		
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung			€	€	€	€	€ pro Jahr		
Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)	6.836		6.836		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung:	221	
		zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser	3.013		3.013				
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen.								Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh	
• Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an andere erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen.								© 2014 IWU	
• Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!									

Information für Gebäudeeigentümer		RH2.SD.E	
EFH.SD	freistehendes EFH mit Steildach 	<p>Beispielgebäude: Reihenendhaus (zweigeschossig) mit Steildach</p> 	
EFH.FD	freistehendes EFH mit Flachdach 		
DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach 		
RH1.SD.E	Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.SD.M	Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.FD.E	Reihenendhaus mit Flachdach 		
RH1.FD.M	Reihenmittelhaus mit Flachdach 		
RH2.SD.E	Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
RH2.SD.M	Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
<p>Herausgeber:</p>  <p>Landeshauptstadt Mainz</p>			

Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre

Dieses Informationsblatt zeigt beispielhaft Maßnahmen zur energetischen Modernisierung und deren Kosten für ein auf dem Lerchenberg typisches Reihenendhaus (zweigeschossig) mit Steildach. Neben verringerten Verbrauchskosten und einem Beitrag zum Klimaschutz wird durch den guten Wärmeschutz insbesondere auch der Wohnkomfort erhöht. In der Praxis gibt es eine große Palette an Maßnahmen, die hier angeführt sind somit nur exemplarisch zu verstehen. Für eine gebäudespezifische Betrachtung ist eine qualifizierte Energieberatung erforderlich. Der dargestellte Energiebedarf für den Ist-Zustand entspricht dem eines typischen Einfamilienhauses dieser Gebäudekategorie. Je nach Nutzung und Modernisierungszustand können sich im konkreten Fall deutlich abweichende Verbräuche ergeben.

Energiekennwerte sind durchgängig in der Einheit kWh angegeben. Den Abrechnungen des Versorgers können jedoch auch andere Größen wie z. B. m² zugrunde liegen. Neben den im Informationsblatt angeführten Verbrauchskosten sind die verbrauchsunabhängigen Grundkosten der Fernwärmeversorgung zu beachten.

Erarbeitung dieser Informationsschrift: IWU Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Mainz

RH2.SD.E
Ausgangsbedingungen



ähnliche Gebäudetypen:
(Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen)
RHS 92, RH 96, RH 111, RH 118



Beispielgebäude

Reihenendhaus (zweigeschossig) mit Steildach

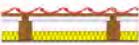
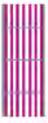
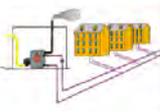
Baujahr	1967 bis 1978
beheizte Wohnfläche	152 m ²
Anzahl Wohnungen	1
Anzahl Vollgeschosse	2
Dachgeschoss	beheizt
Kellergeschoss	nicht beheizt

Wärmeversorgung

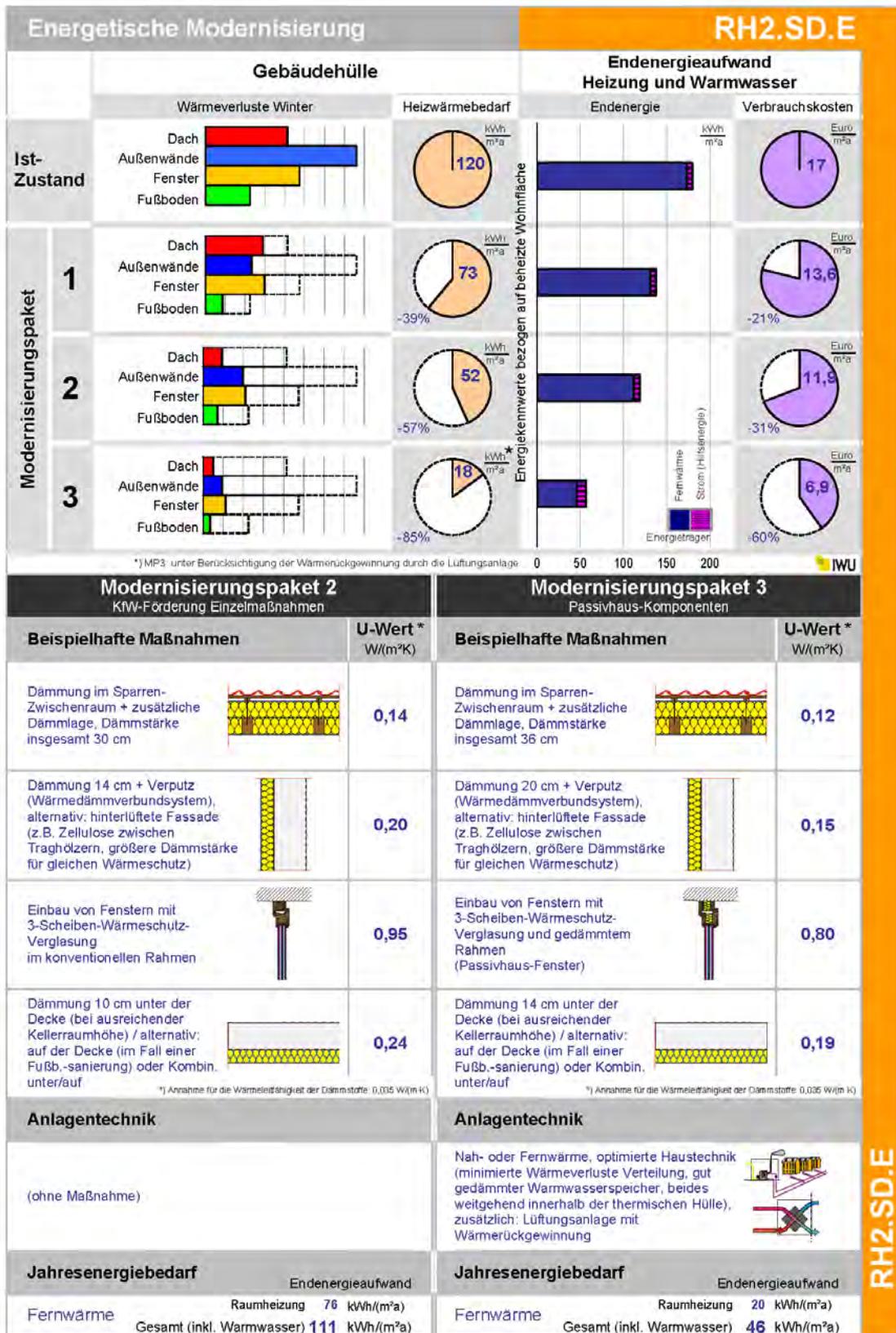
Heizung und Warmwasser aus **Fernwärme**

	Heizung	Warmwasser	
Jahresenergiebedarf	21.600	4.700	kWh/a
jährl. Verbrauchskosten	1.950	420	€/a

verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh)

Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 <small>Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung</small>	
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert * W/(m ² K)
Dach / oberste Geschossdecke Steildach mit 5 cm Dämmung 	0,8	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm 	0,41
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)			
Anlagentechnik		Anlagentechnik	
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)	
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf	
	Endenergieaufwand		Endenergieaufwand
Fernwärme	Raumheizung 142 kWh/(m ² a)	Fernwärme	Raumheizung 97 kWh/(m ² a)
	Gesamt (inkl. Warmwasser) 173 kWh/(m²a)		Gesamt (inkl. Warmwasser) 131 kWh/(m²a)

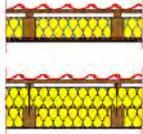
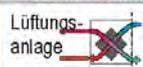
Gebäudetypologie Mainz/Lerchenberg
Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



© Bauzeitschriftenverlag M+B & Co. Leipzig

© Immobilienverwalter für 1990 in Luft 1977, Bauzeitschriftenverlag M+B & Co. Leipzig

RH2.SD.E

RH2.SD.E				Kosten (ohne Fördergelder)					
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten				Investitionskosten (Brutto)				jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)	
Umfassende energetische Modernisierung				Gesamtmaßnahme		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		vor nach Modernisierung	
				€	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	€ pro Jahr	€ pro Jahr
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1		46.942	309	11.016	73		1.320
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2		54.620	359	18.695	123	1.950	1.040
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung		72.141	475	36.216	238		270*
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz <small>* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)</small>				Dämmstärke *	€	€ pro m² Bauteilfläche	€	€ pro m² Bauteilfläche	Hinweise zur Umsetzung
Dach 	M1	Entfernen der alten Dachziegel (und gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Dämmung im Sparren-Zwischenraum und auf den Sparren, Neueindeckung (inkl. Nebenarbeiten)		12 cm	18.328	214	1.986	23	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich! (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen
	M2			30 cm	22.187	259	5.845	68	
	M3			36 cm	23.356	273	7.014	82	
Außenwand 	M1	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)		12 cm	16.218	129	6.157	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern)
	M2			14 cm	16.896	134	6.836	54	
	M3			20 cm	18.932	150	8.871	70	
Fenster 	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (inkl. Nebenarbeiten)			9.522	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen.
	M2	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im konventionellen Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)			12.492	449	2.970	107	
	M3	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmtem Rahmen (inkl. Nebenarbeiten)			14.253	512	4.730	170	
Kellerdecke 	M1	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)		8 cm	2.873	38	2.873	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen, Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen.
	M2			10 cm	3.045	41	3.045	41	
	M3			14 cm	3.388	45	3.388	45	
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				€	€	€	€	€ pro Jahr	
Lüftungsanlage 	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		8.441		8.441		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 289	
		zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser		3.772		3.772			
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer vom IWU im Auftrag des BBSt durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen. • Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an andere erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen. • Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!				Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh Stand: 14.10.2019 IWU					

Information für Gebäudeeigentümer		RH2.SD.M	
EFH.SD	freistehendes EFH mit Steildach 	<p>Beispielgebäude: Reihenmittelhaus (zweigeschossig) mit Steildach</p>  <p>Zukunftsfähige Standards durch energetische Modernisierung</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre Gebäudetypologie Mainz Lerchenberg</p>	
EFH.FD	freistehendes EFH mit Flachdach 		
DHH.SD	Doppelhaushälfte mit Steildach 		
RH1.SD.E	Reihenendhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.SD.M	Reihenmittelhaus (eingeschossig) mit Steildach 		
RH1.FD.E	Reihenendhaus mit Flachdach 		
RH1.FD.M	Reihenmittelhaus mit Flachdach 		
RH2.SD.E	Reihenendhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
RH2.SD.M	Reihenmittelhaus (zweigesch.) mit Steildach 		
<p>Herausgeber:</p>  <p>Landeshauptstadt Mainz</p>			

RH2.SD.M

Ausgangsbedingungen



ähnliche Gebäudetypen:
(Typ-Bezeichnungen auf Bauplänen)
RHS 92, RH 96, RH 106, RH 111



Beispielgebäude

Reihenmittelhaus (zweigeschossig) mit Steildach

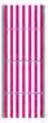
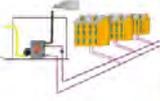
Baujahr	1967 bis 1978
beheizte Wohnfläche	141 m ²
Anzahl Wohnungen	1
Anzahl Vollgeschosse	2
Dachgeschoss	beheizt
Kellergeschoss	nicht beheizt

Wärmeversorgung

Heizung und Warmwasser aus **Fernwärme**

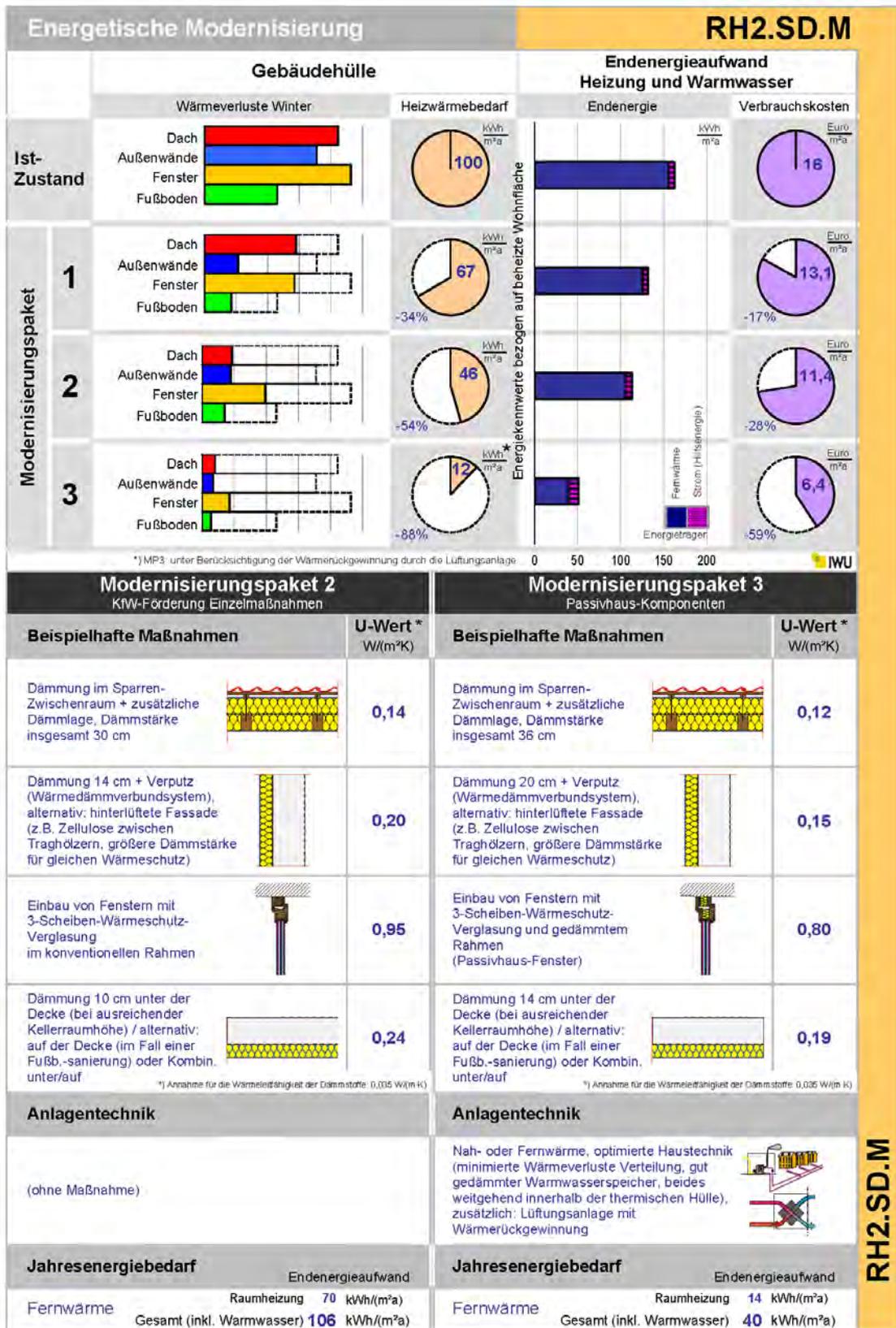
	Heizung	Warmwasser	
Jahresenergiebedarf	17.400	4.500	kWh/a
jährl. Verbrauchskosten	1.560	410	€/a

verbrauchsabhängige Kosten ohne Grundkosten (angesetzter Arbeitspreis: 9,0 Cent/kWh) IWU

Beispielgebäude – Ist-Zustand		Modernisierungspaket 1 <small>Energieeinsparverordnung (EnEV) Mindestanforderung</small>	
Konstruktion	U-Wert W/(m ² K)	Beispielhafte Maßnahmen	U-Wert [*] W/(m ² K)
Dach / oberste Geschossdecke Steildach mit 5 cm Dämmung 	0,8	Dämmung im Sparren-Zwischenraum, Dämmstärke insgesamt 12 cm 	0,41
Außenwand Mauerwerk aus Hochlochziegeln, Hohlblock- oder Kalksandsteinen 	1,0	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) 	0,22
Fenster Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung 	2,8	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung 	1,30
Kellerdecke (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung 	1,0	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) 	0,28
*) Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m K)			
Anlagentechnik		Anlagentechnik	
Nah- oder Fernwärme 		(ohne Maßnahme)	
Jahresenergiebedarf		Jahresenergiebedarf	
Endenergieaufwand		Endenergieaufwand	
Fernwärme Raumheizung 124 kWh/(m ² a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 156 kWh/(m²a)		Fernwärme Raumheizung 91 kWh/(m ² a) Gesamt (inkl. Warmwasser) 125 kWh/(m²a)	

Gebäudetypologie Mainz-Lerchenberg

Einfamilienhäuser der 1960er und 1970er Jahre



Bauelementtypologie Merc & an Erdmann

© Content Manager | 06-1950-01 | 19.11.2016

RH2.SD.M

RH2.SD.M			Kosten (ohne Fördergelder)						
			Investitionskosten (Brutto)		davon energiebedingt (ohne Kosten für Instandsetzung)		jährl. Verbrauchskosten für Raumheizung (heutiger Energiepreis)		
Typische Investitionskosten und Auswirkung auf die Verbrauchskosten			Gesamtmaßnahme	€ pro m² Wohnfläche	€	€ pro m² Wohnfläche	vor Modernisierung	nach Modernisierung	
Umfassende energetische Modernisierung			€		€		€ pro Jahr	€ pro Jahr	
Modernisierungspaket 1	MP1	Kombination aller Einzelmaßnahmen M1	34.513	245	7.025	50		1.150	
Modernisierungspaket 2	MP2	Kombination aller Einzelmaßnahmen M2	41.082	292	13.594	97	1.560	890	
Modernisierungspaket 3	MP3	Kombination aller Einzelmaßnahmen M3 inkl. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	56.504	401	29.016	206		170*	
Einzelmaßnahmen Wärmeschutz							Hinweise zur Umsetzung		
* Annahme für die Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe: 0,035 W/(m·K)									
Dach			Dämmstärke *	€	€	€			
	M1	Entfernen der alten Dachziegel (und gegebenenfalls vorhandener Dämmung), Dämmung im Sparren-Zwischenraum und auf den Sparren, Neueindeckung (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	16.771	214	1.817	23	<ul style="list-style-type: none"> • Dämmebene möglichst unterbrechungsfrei (durchgehende Holz- und Hohlräume vermeiden) • Bei Holzkonstruktionen: Konzept für Luftdichtheit erforderlich (insbes. dichte Anschlüsse an Außen- u. Innenwände) • Eine mögliche spätere Außenwand-Dämmung schon berücksichtigen (lückenfreie Fortsetzung der Dämmebene vorbereiten) • Möglichkeiten zur Dachbegrenzung und zur Installation von Photovoltaik-Anlagen prüfen 	
	M2		30 cm	20.301	259	5.348	68		
	M3		36 cm	21.371	273	6.417	82		
Außenwand									
	M1	Wärmedämmverbundsystem: Untergrund vorbereiten, Anbringen Wärmedämmplatten, Verputz (inkl. Nebenarbeiten)	12 cm	6.781	129	2.575	49	<ul style="list-style-type: none"> • Im Vorfeld Umgang mit Wärmebrücken klären (Kellerabgänge, Vordächer, Anschlüsse an Garagen) • Im Vorfeld Definition und Überprüfung der Lage der luftdichten Ebene (Innenputz oder Außenputz), ggf. zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen im Mauerwerk • Bei der Ausführung darauf achten, dass die Außenwanddämmung nicht von Luft hinterströmt werden kann (durchgängige Luftspalte hinter den Dämmplatten verhindern) 	
	M2		14 cm	7.065	134	2.858	54		
	M3		20 cm	7.916	150	3.710	70		
Fenster									
	M1	Entfernen der alten Fenster, Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung (inkl. Nebenarbeiten)		8.328	342	0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Fenster nach Mögl. in Dämmebene der Außenwand einbauen • Dauerhaft luftdichten Anschluss zur Luftdichtheitsebene (Außen- oder Innenputz) herstellen • Darauf achten, dass angegebene Fenster-U-Werte tatsächlich für das Gesamt-Fenster gelten (Uw) und nicht nur für die Verglasung (Ug) • Nach Osten/ Süden/ Westen außenliegende Verschattungseinrichtungen (Rollläden, Jalousien) zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung vorsehen. 	
	M2			10.925	449	2.597	107		
	M3			12.465	512	4.137	170		
Kellerdecke									
	M1	Anbringen von Wärmedämmplatten unter der Kellerdecke (inkl. Nebenarbeiten)	8 cm	2.633	38	2.633	38	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhandene Heizleitungen mitdämmen, Wenn Leitungen erneuert werden, Neuverlegung möglichst im beheizten Bereich • Kellerabgänge soweit wie möglich mitdämmen und mit einer dämmenden, luftdichten Tür versehen. 	
	M2		10 cm	2.791	41	2.791	41		
	M3		14 cm	3.105	45	3.105	45		
Einzelmaßnahme Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung			€		€		€ pro Jahr		
Lüftungsanlage	M3	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung (Voraussetzung: luftdichte Gebäudehülle)		8.057		8.057		jährl. Kosten für Ventilatorstrom und Wartung: 273	
				zusätzl. Erneuerung Verteilnetz Heizung/Warmwasser	3.589		3.589		
Hinweise: • Die hier angegebenen Investitionskosten basieren auf einer von IWU im Auftrag des BBSR durchgeführten Forschungsarbeit, in deren Rahmen gewerkbezogene Kostenfeststellungen von mehr als 500 abgerechneten Modernisierungsprojekten analysiert wurden. Es handelt sich dabei um mittlere Kosten. Im Einzelfall können die Kosten je nach baulicher Situation und gewählter Maßnahme deutlich davon abweichen.								Annahmen Energiepreis: Heizung 9,0 Cent/kWh (Arbeitspreis) Ventilatorstrom 26,0 Cent/kWh	
• Die "energiebedingten Mehrkosten" sind die Investitionskosten, die bei einer Kopplung an andere erforderliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Dachendeckung, Neuverputz, ...) für den verbesserten Wärmeschutz zusätzlich entstehen.								© 2014 IWU	
• Prüfen Sie die Möglichkeit der Nutzung von Fördermitteln, insbesondere der KfW!									

Anhang E – Kosten und Wirtschaftlichkeit der Beispielgebäude

E.1 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude EFH.SD

Tabelle 76: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude EFH.SD

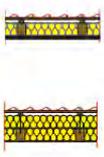
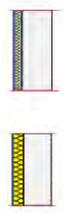
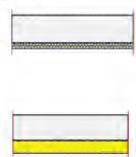
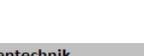
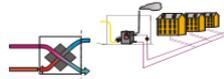
Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskosten- ersparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskosten- ersparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	35.274	214	3.822	23	136	7,3	0	0,0
	M2	42.700	259	11.248	68	384	20,8	0	0,0
	M3	44.949	273	13.498	82	459	24,8	0	0,0
Außenwand 	M1	21.829	129	8.287	49	417	22,5	0	0,0
	M2	22.742	134	9.201	54	472	25,5	0	0,0
	M3	25.482	150	11.941	70	588	31,8	0	0,0
Fenster 	M1	11.106	342	0	0	117	6,3	0	0,0
	M2	14.570	449	3.464	107	188	10,1	0	0,0
	M3	16.623	512	5.517	170	270	14,6	0	0,0
Kellerdecke 	M1	5.229	38	5.229	38	149	8,0	0	0,0
	M2	5.541	41	5.541	41	175	9,4	0	0,0
	M3	6.166	45	6.166	45	226	12,2	0	0,0
Anlagentechnik 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	14.748	14.748	14.748	14.748	885	47,8	-162	-3,0
Alle Maßnahmen 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	73.437	357	17.339	84	818	44,2	-38	-0,7
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	85.553	416	29.455	143	1219	65,8	-53	-1,0
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	107.968	525	51.870	252	2.427	131,1	-240	-4,5

Tabelle 77: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude EFH.SD (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke   	M1	13,18	13,18	85	85	7.140	7.140
	M2	13,69	7,30	-106	4.164	7.152	6.879
	M3	13,76	8,12	-177	4.318	7.156	6.869
Außenwand   	M1	9,31	9,31	3.056	3.056	6.018	6.018
	M2	9,13	6,35	3.609	5.883	5.983	5.837
	M3	9,50	7,01	4.115	6.664	5.950	5.787
Fenster   	M1	0,00	0,00	0	0	6.000	6.000
	M2	26,47	14,59	-1.587	-130	6.101	6.008
	M3	19,50	13,24	-1.583	80	6.101	5.995
Kellerdecke   	M1	16,43	16,43	-749	-749	5.557	5.557
	M2	14,86	13,03	-401	153	5.535	5.500
	M3	12,79	11,22	291	908	5.491	5.451
Anlagentechnik							
	M3	18,28	17,62	-7.288	-6.272	5.976	5.911
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	12,31	12,31	1.495	1.495	8.244	8.244
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	13,40	7,52	260	11.510	8.323	7.603
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	15,15	10,48	-6.485	12.265	8.755	7.555

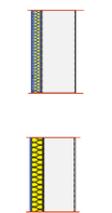
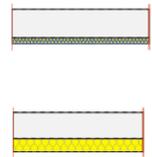
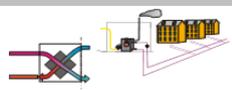
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 5.509 €/a)

E.2 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude EFH.FD

Tabelle 78: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude EFH.FD

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskosten- ersparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskosten- ersparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m²Bauteilfläche]	[€]	[€/m²Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	24.991	183	5.878	43	126	12,7	0	0,0
	M2	27.251	200	8.139	60	197	19,9	0	0,0
	M3	28.156	206	9.044	66	239	24,2	0	0,0
Außenwand 	M1	15.690	129	5.957	49	256	25,9	0	0,0
	M2	16.347	134	6.613	54	301	30,4	0	0,0
	M3	18.316	150	8.583	70	376	38,1	0	0,0
Fenster 	M1	6.948	342	0	0	50	5,1	0	0,0
	M2	9.116	449	2.167	107	102	10,3	0	0,0
	M3	10.400	512	3.452	170	142	14,4	0	0,0
Kellerdecke 	M1	5.248	38	5.248	38	124	12,6	0	0,0
	M2	5.562	41	5.562	41	154	15,6	0	0,0
	M3	6.189	45	6.189	45	198	20,1	0	0,0
Anlagentechnik		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	9.972	9.972	9.972	9.972	426	43,2	-85	-3,0
Alle Maßnahmen		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m²Wohnfläche]	[€]	[€/m²Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	52.877	482	17.084	156	556	56,3	-28	-1,0
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	58.276	531	22.482	205	753	76,2	-35	-1,2
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	73.033	666	37.239	339	1.383	140,0	-136	-4,8

Tabelle 79: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude EFH.FD (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	21,92	21,92	-1.826	-1.826	4.354	4.354
	M2	19,38	11,39	-1.993	732	4.364	4.190
	M3	17,69	10,91	-1.725	1.091	4.347	4.167
Außenwand 	M1	10,88	10,88	1.179	1.179	3.673	3.673
	M2	10,30	7,16	1.691	3.326	3.641	3.536
	M3	10,67	7,87	1.870	3.701	3.629	3.512
Fenster 	M1	0,00	0,00	0	0	3.584	3.584
	M2	22,90	12,63	-831	81	3.637	3.579
	M3	20,27	13,76	-1.075	-35	3.653	3.586
Kellerdecke 	M1	19,77	19,77	-1.344	-1.344	3.329	3.329
	M2	16,90	14,82	-900	-344	3.300	3.265
	M3	14,60	12,80	-366	253	3.266	3.227
Anlagentechnik							
	M3	24,96	24,02	-8.451	-7.759	3.784	3.739
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	16,54	16,54	-2.638	-2.638	5.253	5.253
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	15,89	8,72	-2.866	5.875	5.267	4.708
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	18,27	10,37	-10.937	7.322	5.784	4.615

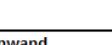
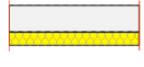
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 3.243 €/a)

E.3 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude DHH.SD

Tabelle 80: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude DHH.SD

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskostensparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskostensparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
	M1	16.530	214	1.791	23	65	5,7	0	0,0
	M2	20.010	259	5.271	68	176	15,5	0	0,0
	M3	21.064	273	6.325	82	209	18,5	0	0,0
	M1	16.594	129	6.300	49	310	27,4	0	0,0
	M2	17.289	134	6.995	54	350	30,9	0	0,0
	M3	19.372	150	9.078	70	434	38,4	0	0,0
	M1	9.794	342	0	0	105	9,3	0	0,0
	M2	12.850	449	3.055	107	165	14,6	0	0,0
	M3	14.660	512	4.866	170	233	20,6	0	0,0
	M1	2.572	38	2.572	38	72	6,4	0	0,0
	M2	2.726	41	2.726	41	84	7,4	0	0,0
	M3	3.033	45	3.033	45	108	9,5	0	0,0
		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
	M3	10.855	10.855	10.855	10.855	526	46,5	-99	-3,0
Alle Maßnahmen		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	45.491	362	10.664	85	552	48,8	-26	-0,8
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	52.874	420	18.047	144	775	68,5	-35	-1,1
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	68.985	549	34.157	272	1.510	133,4	-149	-4,6

Tabelle 81: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude DHH.SD
 (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke   	M1	12,93	12,93	69	69	4.185	4.185
	M2	14,05	7,49	-157	1.844	4.199	4.071
	M3	14,17	8,36	-231	1.876	4.204	4.069
Außenwand   	M1	9,50	9,50	2.173	2.173	3.819	3.819
	M2	9,35	6,50	2.547	4.275	3.795	3.684
	M3	9,79	7,22	2.823	4.760	3.777	3.653
Fenster   	M1	0,00	0,00	0	0	3.853	3.853
	M2	27,29	15,05	-1.443	-159	3.945	3.863
	M3	20,42	13,86	-1.538	-72	3.951	3.857
Kellerdecke   	M1	16,71	16,71	-397	-397	3.448	3.448
	M2	15,16	13,29	-237	36	3.438	3.420
	M3	13,16	11,54	71	375	3.418	3.399
Anlagentechnik							
	M3	22,15	21,33	-7.868	-7.116	3.926	3.878
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	11,95	11,95	1.230	1.230	5.076	5.076
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	13,63	6,81	-106	7.825	5.161	4.654
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	16,78	9,71	-7.919	9.327	5.662	4.558

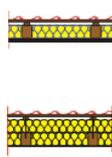
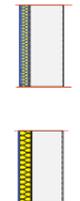
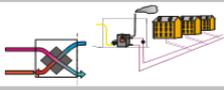
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 3.423 €/a)

E.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.SD.E

Tabelle 82: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.SD.E

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskosten- ersparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskosten- ersparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	35.305	214	3.826	23	144	7,8	0	0,0
	M2	42.737	259	11.258	68	400	21,6	0	0,0
	M3	44.989	273	13.510	82	475	25,6	0	0,0
Außenwand 	M1	15.506	129	5.887	49	304	16,4	0	0,0
	M2	16.155	134	6.536	54	349	18,8	0	0,0
	M3	18.101	150	8.482	70	432	23,3	0	0,0
Fenster 	M1	11.106	342	0	0	123	6,6	0	0,0
	M2	14.570	449	3.464	107	197	10,7	0	0,0
	M3	16.623	512	5.517	170	284	15,3	0	0,0
Kellerdecke 	M1	5.229	38	5.229	38	153	8,3	0	0,0
	M2	5.541	41	5.541	41	182	9,8	0	0,0
	M3	6.166	45	6.166	45	234	12,6	0	0,0
Anlagentechnik 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	14.748	14.748	14.748	14.748	913	49,3	-162	-3,0
Alle Maßnahmen 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	67.146	326	14.942	73	724	39,1	-32	-0,6
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	79.004	384	26.800	130	1128	60,9	-48	-0,9
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	100.627	489	48.423	235	2.337	126,2	-234	-4,4

Tabelle 83: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.SD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	12,46	12,46	268	268	6.924	6.924
	M2	13,18	7,02	248	4.521	6.925	6.651
	M3	13,32	7,86	177	4.675	6.929	6.641
Außenwand 	M1	9,06	9,06	2.364	2.364	5.653	5.653
	M2	8,77	6,10	2.882	4.498	5.619	5.516
	M3	9,20	6,78	3.249	5.059	5.596	5.480
Fenster 	M1	0,00	0,00	0	0	5.786	5.786
	M2	25,04	13,81	-1.492	-35	5.881	5.788
	M3	18,49	12,55	-1.385	277	5.874	5.768
Kellerdecke 	M1	15,95	15,95	-643	-643	5.345	5.345
	M2	14,25	12,49	-225	329	5.318	5.283
	M3	12,32	10,81	493	1.109	5.272	5.233
Anlagentechnik							
	M3	17,72	17,08	-6.633	-5.617	5.728	5.663
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	12,36	12,36	1.226	1.226	7.845	7.845
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	13,37	6,92	291	11.541	7.904	7.184
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	15,04	10,16	-5.788	12.962	8.294	7.093

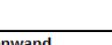
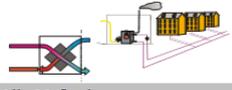
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 5.304 €/a)

E.5 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.SD.M

Tabelle 84: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.SD.M

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskostensparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskostensparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	35.305	214	3.826	23	148	8,0	0	0,0
	M2	42.737	259	11.258	68	417	22,5	0	0,0
	M3	44.989	273	13.510	82	493	26,6	0	0,0
Außenwand 	M1	9.678	129	3.674	49	194	10,5	0	0,0
	M2	10.083	134	4.079	54	227	12,3	0	0,0
	M3	11.298	150	5.294	70	280	15,1	0	0,0
Fenster 	M1	9.793	342	0	0	111	6,0	0	0,0
	M2	12.847	449	3.055	107	183	9,9	0	0,0
	M3	14.657	512	4.865	170	264	14,3	0	0,0
Kellerdecke 	M1	5.229	38	5.229	38	157	8,5	0	0,0
	M2	5.541	41	5.541	41	190	10,3	0	0,0
	M3	6.166	45	6.166	45	244	13,2	0	0,0
Anlagentechnik 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
	M3	[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]	946	51,1	-163	-3,0
Alle Maßnahmen 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	60.004	292	12.729	62	610	33,0	-26	-0,5
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	71.209	346	23.933	116	1018	55,0	-42	-0,8
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	91.858	446	44.582	217	2.228	120,3	-227	-4,3

Tabelle 85: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.SD.M (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke   	M1	12,13	12,13	361	361	6.685	6.685
	M2	12,62	6,72	663	4.936	6.666	6.392
	M3	12,82	7,56	615	5.114	6.669	6.381
Außenwand   	M1	8,85	8,85	1.581	1.581	5.282	5.282
	M2	8,40	5,84	2.027	3.035	5.253	5.189
	M3	8,85	6,52	2.279	3.408	5.237	5.165
Fenster   	M1	0,00	0,00	0	0	5.491	5.491
	M2	23,11	12,74	-1.186	99	5.567	5.485
	M3	17,18	11,66	-967	498	5.553	5.459
Kellerdecke   	M1	15,58	15,58	-556	-556	5.107	5.107
	M2	13,63	11,95	-31	523	5.073	5.037
	M3	11,81	10,36	733	1.349	5.024	4.985
Anlagentechnik							
	M3	17,10	16,48	-5.858	-4.842	5.446	5.381
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	12,65	12,65	767	767	7.392	7.392
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	13,22	6,43	497	11.178	7.409	6.725
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	14,82	9,72	-4.721	14.029	7.743	6.543

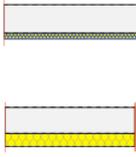
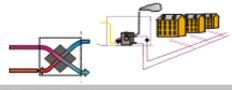
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 5.071 €/a)

E.6 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.FD.E

Tabelle 86: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.FD.E

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskostensparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskostensparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	24.389	183	5.737	43	130	13,4	0	0,0
	M2	26.596	200	7.943	60	200	20,6	0	0,0
	M3	27.479	206	8.826	66	243	25,1	0	0,0
Außenwand 	M1	11.585	129	4.399	49	198	20,5	0	0,0
	M2	12.070	134	4.883	54	231	23,8	0	0,0
	M3	13.524	150	6.338	70	288	29,7	0	0,0
Fenster 	M1	7.006	342	0	0	56	5,8	0	0,0
	M2	9.191	449	2.185	107	107	11,1	0	0,0
	M3	10.486	512	3.480	170	151	15,6	0	0,0
Kellerdecke 	M1	5.122	38	5.122	38	128	13,2	0	0,0
	M2	5.428	41	5.428	41	157	16,2	0	0,0
	M3	6.040	45	6.040	45	201	20,8	0	0,0
Anlagentechnik		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	9.849	9.849	9.849	9.849	432	44,6	-84	-3,0
Alle Maßnahmen		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	48.103	447	15.258	142	512	52,9	-25	-0,9
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	53.286	495	20.440	190	694	71,7	-32	-1,1
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	67.379	626	34.533	321	1.314	135,7	-130	-4,7

Tabelle 87: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.FD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	20,64	20,64	-1.604	-1.604	4.156	4.156
	M2	18,63	10,95	-1.764	896	4.167	3.996
	M3	17,04	10,51	-1.473	1.275	4.148	3.972
Außenwand 	M1	10,40	10,40	1.080	1.080	3.388	3.388
	M2	9,90	6,89	1.455	2.662	3.364	3.287
	M3	10,31	7,60	1.611	2.963	3.354	3.268
Fenster 	M1	0,00	0,00	0	0	3.420	3.420
	M2	23,01	12,69	-843	76	3.473	3.415
	M3	19,90	13,50	-1.043	6	3.486	3.419
Kellerdecke 	M1	18,77	18,77	-1.160	-1.160	3.158	3.158
	M2	16,23	14,23	-731	-188	3.130	3.096
	M3	14,06	12,33	-182	422	3.095	3.057
Anlagentechnik							
	M3	24,34	23,42	-8.090	-7.406	3.601	3.558
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	16,40	16,40	-2.269	-2.269	4.909	4.909
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	15,92	8,70	-2.638	5.355	4.932	4.421
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	18,24	10,52	-10.270	6.575	5.421	4.342

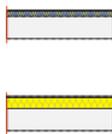
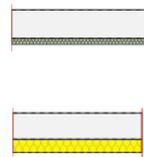
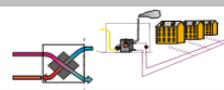
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 3.084 €/a)

E.7 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH1.FD.M

Tabelle 88: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH1.FD.M

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskostensparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskostensparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergieeinsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	24.389	183	5.737	43	137	14,1	0	0,0
	M2	26.596	200	7.943	60	206	21,3	0	0,0
	M3	27.479	206	8.826	66	250	25,9	0	0,0
Außenwand 	M1	8.359	129	3.174	49	148	15,3	0	0,0
	M2	8.709	134	3.524	54	172	17,8	0	0,0
	M3	9.759	150	4.573	70	214	22,1	0	0,0
Fenster 	M1	7.006	342	0	0	61	6,3	0	0,0
	M2	9.191	449	2.185	107	112	11,6	0	0,0
	M3	10.486	512	3.480	170	157	16,2	0	0,0
Kellerdecke 	M1	5.122	38	5.122	38	133	13,8	0	0,0
	M2	5.428	41	5.428	41	162	16,7	0	0,0
	M3	6.040	45	6.040	45	208	21,5	0	0,0
Anlagentechnik		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	9.849	9.849	9.849	9.849	444	45,8	-84	-3,0
Alle Maßnahmen		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	44.877	417	14.033	130	479	49,5	-23	-0,8
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	49.925	464	19.081	177	652	67,4	-30	-1,1
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	63.613	591	32.769	305	1.273	131,5	-128	-4,6

Tabelle 89: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH1.FD.M
 (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	19,66	19,66	-1.452	-1.452	4.052	4.052
	M2	18,03	10,60	-1.607	1.052	4.062	3.891
	M3	16,49	10,17	-1.286	1.462	4.041	3.865
Außenwand 	M1	10,01	10,01	907	907	3.200	3.200
	M2	9,59	6,67	1.178	2.049	3.183	3.127
	M3	10,02	7,38	1.306	2.282	3.175	3.112
Fenster 	M1	0,00	0,00	0	0	3.318	3.318
	M2	23,08	12,72	-847	72	3.372	3.313
	M3	19,48	13,22	-996	53	3.382	3.314
Kellerdecke 	M1	18,00	18,00	-1.031	-1.031	3.055	3.055
	M2	15,68	13,75	-603	-61	3.027	2.993
	M3	13,61	11,93	-25	579	2.990	2.952
Anlagentechnik							
	M3	23,68	22,79	-7.810	-7.126	3.489	3.445
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	16,45	16,45	-2.116	-2.116	4.693	4.693
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	16,05	8,75	-2.578	4.911	4.723	4.243
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	18,21	10,65	-9.838	6.065	5.187	4.169

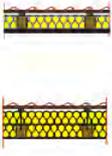
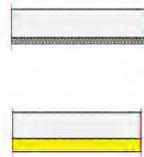
(*annuitätische Gesamtkosten IST: 2.989 €/a)

E.8 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH.SD.E

Tabelle 90: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskosten-ersparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie-einsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskosten-ersparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie-einsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	18.328	214	1.986	23	74	5,4	0	0,0
	M2	22.187	259	5.845	68	207	15,1	0	0,0
	M3	23.356	273	7.014	82	245	17,9	0	0,0
Außenwand 	M1	16.218	129	6.157	49	315	23,1	0	0,0
	M2	16.896	134	6.836	54	364	26,6	0	0,0
	M3	18.932	150	8.871	70	449	32,8	0	0,0
Fenster 	M1	9.522	342	0	0	105	7,7	0	0,0
	M2	12.493	449	2.970	107	172	12,6	0	0,0
	M3	14.253	512	4.730	170	244	17,9	0	0,0
Kellerdecke 	M1	2.873	38	2.873	38	84	6,1	0	0,0
	M2	3.045	41	3.045	41	100	7,3	0	0,0
	M3	3.388	45	3.388	45	128	9,4	0	0,0
Anlagentechnik 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	12.212	12.212	12.212	12.212	670	49,0	-120	-3,0
Alle Maßnahmen 		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	46.942	309	11.016	73	578	42,3	-26	-0,7
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	54.621	359	18.696	123	844	61,7	-36	-0,9
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	72.141	475	36.216	238	1.737	127,0	-173	-4,4

Tabelle 91: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.E (Energiepreissteigerung 3,5 %/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke 	M1	12,56	12,56	125	125	4.773	4.773
	M2	13,21	7,04	118	2.337	4.773	4.631
	M3	13,39	7,90	61	2.397	4.777	4.627
Außenwand 	M1	9,14	9,14	2.409	2.409	4.300	4.300
	M2	8,78	6,11	3.009	4.698	4.261	4.153
	M3	9,25	6,82	3.344	5.237	4.240	4.119
Fenster 	M1	0,00	0,00	0	0	4.344	4.344
	M2	24,05	13,26	-1.218	32	4.422	4.342
	M3	18,35	12,46	-1.164	261	4.419	4.327
Kellerdecke 	M1	16,08	16,08	-370	-370	3.954	3.954
	M2	14,22	12,47	-119	185	3.938	3.919
	M3	12,37	10,85	260	598	3.914	3.892
Anlagentechnik							
	M3	19,72	18,99	-7.191	-6.347	4.391	4.337
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	11,64	11,64	1.558	1.558	5.617	5.617
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	12,80	6,40	950	9.143	5.656	5.132
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	15,64	9,27	-5.949	12.086	6.098	4.944

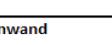
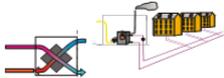
(annuitätische Gesamtkosten IST: 3.931 €/a)

E.9 Kosten und Wirtschaftlichkeit Beispielgebäude RH2.SD.M

Tabelle 92: Investitionskosten und Einsparungen für das Beispielgebäude RH2.SD.M

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten (Kopplungsprinzip)		Verbrauchskosten- ersparnis Fernwärme (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Heizung, Warmwasser nach TABULA	Verbrauchskosten- ersparnis Hilfsenergie (im Jahr der Maßnahme)	Endenergie- einsparungen für Hilfsenergie nach TABULA
		[€]	[€/m ² Bauteilfläche]	[€]	[€/m ² Bauteilfläche]				
	M1	16.771	214	1.817	23	73	5,8	0	0,0
	M2	20.301	259	5.348	68	205	16,1	0	0,0
	M3	21.371	273	6.417	82	239	18,8	0	0,0
	M1	6.781	129	2.575	49	137	10,8	0	0,0
	M2	7.065	134	2.858	54	165	13,0	0	0,0
	M3	7.916	150	3.710	70	200	15,8	0	0,0
	M1	8.328	342	0	0	99	7,8	0	0,0
	M2	10.926	449	2.598	107	165	13,0	0	0,0
	M3	12.465	512	4.137	170	236	18,6	0	0,0
	M1	2.633	38	2.633	38	80	6,3	0	0,0
	M2	2.791	41	2.791	41	100	7,9	0	0,0
	M3	3.105	45	3.105	45	126	10,0	0	0,0
		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/Wohneinheit]	[€]	[€/Wohneinheit]				
	M3	11.647	11.647	11.647	11.647	661	52,1	-112	-3,0
		Investitionsvollkosten (brutto)		energiebedingte Mehrkosten					
		[€]	[€/m ² Wohnfläche]	[€]	[€/m ² Wohnfläche]				
	MP1	34.513	245	7.025	50	389	30,7	-16	-0,4
"Mindestanforderungen EnEV"									
	MP2	41.083	292	13.595	97	635	50,1	-25	-0,7
"Mindestanforderungen KfW"									
	MP3	56.504	401	29.016	206	1.462	115,3	-152	-4,1
"Passivhauskomponenten"									

Tabelle 93: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Beispielgebäude RH2.SD.M
 (Energiepreissteigerung 3,5%/a)

Einzelmaßnahmen thermische Hülle		Kosten der eingesparten kWh (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kosten der eingesparten kWh (mit Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (ohne Förderung) Kopplungsprinzip	Kapitalwert (mit Förderung) Kopplungsprinzip	annuitätische Gesamtkosten* (ohne Förderung)	annuitätische Gesamtkosten* (mit Förderung)
		[Cent/kWh]	[Cent/kWh]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
Dach / oberste Geschossdecke   	M1	11,59	11,59	248	248	4.089	4.089
	M2	12,23	6,52	463	2.493	4.075	3.945
	M3	12,58	7,42	397	2.534	4.079	3.942
Außenwand   	M1	8,78	8,78	1.134	1.134	3.473	3.473
	M2	8,12	5,65	1.551	2.257	3.446	3.401
	M3	8,68	6,40	1.687	2.479	3.438	3.387
Fenster   	M1	0,00	0,00	0	0	3.678	3.678
	M2	21,02	11,59	-867	225	3.734	3.664
	M3	16,29	11,05	-656	591	3.720	3.640
Kellerdecke   	M1	15,40	15,40	-259	-259	3.343	3.343
	M2	13,10	11,49	76	355	3.322	3.304
	M3	11,50	10,09	446	756	3.298	3.278
Anlagentechnik							
	M3	19,03	18,33	-6.299	-5.493	3.730	3.678
Alle Maßnahmen							
Modernisierungspaket 1 "Mindestanforderungen EnEV"	MP1	12,06	12,06	744	744	4.627	4.627
Modernisierungspaket 2 "Mindestanforderungen KfW"	MP2	12,86	6,23	632	6.794	4.634	4.240
Modernisierungspaket 3 "Passivhauskomponenten"	MP3	15,81	9,84	-5.372	8.754	5.019	4.114

(*annuitätische Gesamtkosten IST: 3.327 €/a)

Anhang F - Exemplarische Energiebilanzberechnung für ein Beispielgebäude

Auf den folgenden Seiten ist exemplarisch die Energiebilanz-Berechnung für das Beispielgebäude des Typs "F.RH2.SD.E" dokumentiert. Die Berechnungen wurden mit der Excel-Mappe TABULA.xlsm durchgeführt (siehe <http://www.building-typology.eu/tabulapublications/>). Die flächenbezogenen Angaben sind innerhalb des TABULA-Bilanzverfahrens auf die Nettogrundfläche der Gebäude bezogen. Um sie auf Wohnflächenbezug umzurechnen, müssen sie mit einem Faktor 1,1 multipliziert werden.

TABULA Thermal Insulation Measures		U-values										
building	code	DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.001										
envelope area	$A_{env,j}$	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Floor 1	Floor 2	Window 1	Window 2	Door 1	m ²
		86	0	126	0	0	75	0	25	0	3	
Construction Element												
code		DE.Roof.ReEx.05.01		DE.Wall.ReEx.06.05			DE.Floor.ReEx.06.01		DE.Window.ReEx.06.01		DE.Door.ReEx.010.1	
U-value original state	$U_{original,j}$	0,80		1,00			1,00		2,80		3,00	W/(m ² K)
included insulation thickness	$d_{ins,included,j}$	5,0		0,0			2,0					cm
border type		Ext	Unh	Ext	Ext	Soil	Cellar	Cellar				
additional thermal resistance of unheated spaces	$R_{add,j}$	0,00		0,00			0,30					m ² K/W
Refurbishment Measure												
code												
thermal resistance of predefined measure	$R_{measure,predef,j}$	0,00		0,00			0,00					m ² K/W
insulation thickness of predefined measure	$d_{insulation,predef,j}$	0,0		0,0			0,0					cm
actual insulation thickness	$d_{insulation,j}$	0,0		0,0			0,0					cm
thermal resistance of actual measure	$R_{measure,j}$	0,00		0,00			0,00		0,00		0,00	m ² K/W
Resulting U-values												
type of refurbishment												
thermal resistance before measure	$R_{before,j}$	1,25		1,00			1,30		0,36		0,33	m ² K/W
after measure	$R_{measure,result,j}$	1,25		1,00			1,30		0,36		0,33	m ² K/W
U-value of refurbished area fraction	$U_{measure,result,j}$	0,80		1,00			0,77		2,80		3,00	W/(m ² K)
area fraction of measure	$f_{measure,j}$	0%		0%			0%		0%		0%	
resulting U-value of construction element	$U_{actual,j}$	0,80		1,00			1,00		2,80		3,00	W/(m ² K)

Abbildung 72: Ist-Zustand / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

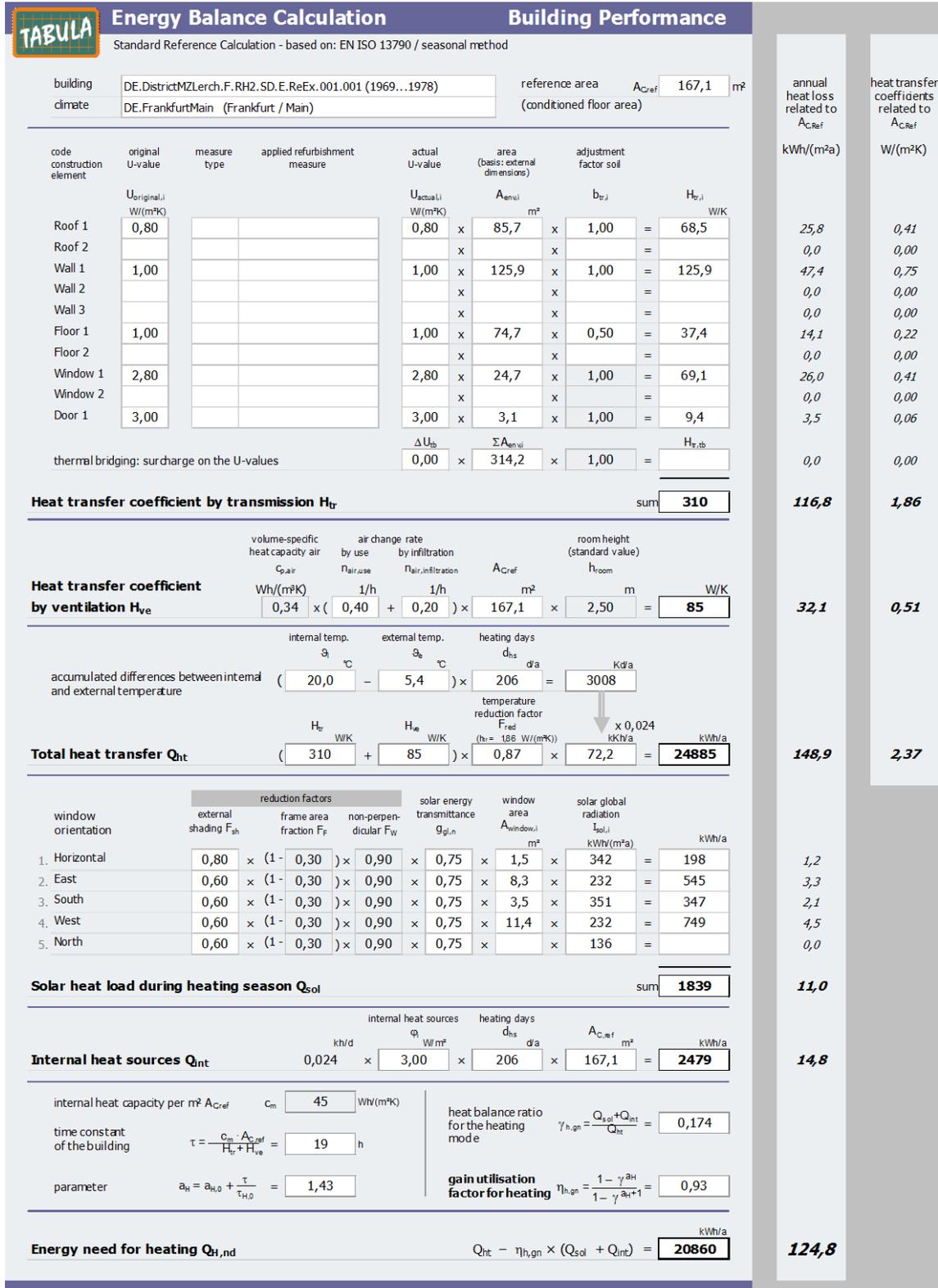


Abbildung 73: IST-Zustand / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

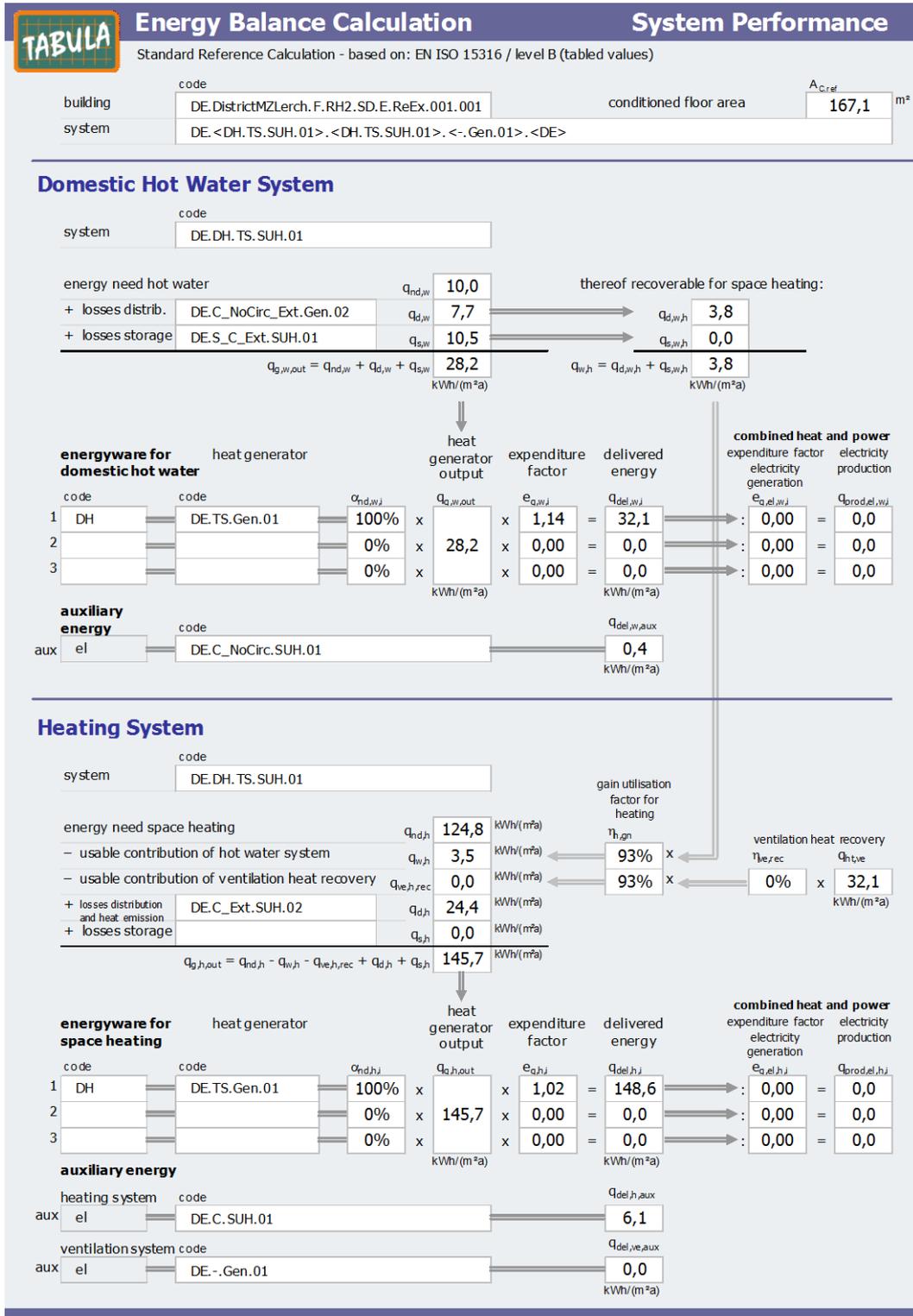


Abbildung 74: IST-Zustand / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

Energy Balance Calculation

Energy Carriers

building	code DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.001	conditioned floor area	$A_{C,ref}$ 167,1 m ²
system	DE.<DH.TS.SUH.01>.<DH.TS.SUH.01>.<-.Gen.01>.<DE>		

Assessment of Energywares code

version of energy carrier specification DE

Standard Calculation

	delivered energy	total primary energy		non-renewable primary energy		carbon dioxide emissions		energy costs	
	$Q_{del,j}$	$f_{p,total,j}$	$Q_{p,total,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,total,j}}$	$f_{p,nonren,j}$	$Q_{p,nonren,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,nonren,j}}$	$f_{CO2,j}$	$m_{CO2,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{CO2,j}}$	p_i (energyware price)	$C_i = \frac{Q_{del,j}}{p_i}$
Heating (+ Ventilation) System									
DH	148,6	1,30	193,1	1,30	193,1	300	44,6	9,0	13,37
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	6,1	3,00	18,3	2,60	15,9	680	4,1	15,0	0,92
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00
Domestic Hot Water System									
DH	32,1	1,30	41,8	1,30	41,8	300	9,6	9,0	2,89
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	0,4	3,00	1,2	2,60	1,0	680	0,3	15,0	0,06
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00

Summary and Expenditure Factors

	heat need Q_{hd}	ΣQ_{del}	$e_{p,total} = \frac{Q_{p,total}}{Q_{hd}}$	$Q_{p,total}$	$e_{p,nonren} = \frac{Q_{p,nonren}}{Q_{hd}}$	$Q_{p,nonren}$	$f_{CO2,heat} = \frac{m_{CO2}}{Q_{hd}}$	$m_{CO2,j} = \Sigma m_{CO2,j}$	$P_{heat} = \frac{C}{Q_{hd}}$	$C = \Sigma C_i$
heating (+ ventilation) system	124,8	154,7	1,69	211,4	1,67	209,0	390	48,7	11,4	14,29
domestic hot water system	10,0	32,5	4,30	43,0	4,28	42,8	992	9,9	29,5	2,95
total	134,8	187,2	1,89	254,4	1,87	251,8	435	58,6	12,8	17,24

Typical Values of the Measured Consumption - Empirical Calibration

code DE.M.01

The empirical calibration factor describes a typical ratio of the energy uses determined by measurements for a large number of buildings and by the TABULA method for the given value of the TABULA method.

application field central heating systems: fuels and district heating

determination method experience values

accuracy level C = estimated (e. g. on the basis of few example buildings)

delivered energy (without auxiliary electricity) according to standard calculation method	empirical relation	current value												
adaptation factor	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <tr> <td>0</td><td>100</td><td>200</td><td>300</td><td>400</td><td>500</td> </tr> <tr> <td>1,10</td><td>1,00</td><td>0,84</td><td>0,70</td><td>0,60</td><td>0,50</td> </tr> </table>	0	100	200	300	400	500	1,10	1,00	0,84	0,70	0,60	0,50	180,7
0	100	200	300	400	500									
1,10	1,00	0,84	0,70	0,60	0,50									
		0,87												

Summary (including subcategories)		Standard Calculation			Typical Measured Consumption		
		heating	dhw	sum	heating	dhw	sum
Gas	$Q_{del,\Sigma gas}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oil	$Q_{del,\Sigma oil}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coal	$Q_{del,\Sigma coal}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bio	$Q_{del,\Sigma bio}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
El	$Q_{del,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DH	$Q_{del,\Sigma dh}$	148,6	32,1	180,7	129,4	28,0	157,4
Other	$Q_{del,\Sigma other}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Auxiliary Electricity	$Q_{del,\Sigma aux}$	6,1	0,4	6,5	5,3	0,3	5,7
Produced / Exported Electricity	$Q_{exp,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Abbildung 75: IST-Zustand / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

TABULA Thermal Insulation Measures		U-values										
building	code	DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.002										
envelope area	$A_{env,j}$	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Floor 1	Floor 2	Window 1	Window 2	Door 1	m^2
		86	0	126	0	0	75	0	25	0	3	
Construction Element												
code		DE.Roof.ReEx.05.01		DE.Wall.ReEx.06.05			DE.Floor.ReEx.06.01		DE.Window.ReEx.06.01		DE.Door.ReEx.010.1	
U-value original state	$U_{original,j}$	0,80		1,00			1,00		2,80		3,00	$W/(m^2K)$
included insulation thickness	$d_{ins,included,j}$	5,0		0,0			2,0					cm
border type		Ext	Unh	Ext	Ext	Soil	Cellar	Cellar				
additional thermal resistance of unheated spaces	$R_{add,j}$	0,00		0,00			0,30					m^2K/W
Refurbishment Measure												
code		DE.Roof.Insulation2cm.01		DE.Wall.Insulation12cm.01			DE.Floor.Insulation8cm.01		DE.Window.2p-LowE-arg.01		DE.Window.2p-LowE-arg.01	
thermal resistance of predefined measure	$R_{measure,predef,j}$	2,44		3,45			2,29					m^2K/W
insulation thickness of predefined measure	$d_{insulation,predef,j}$	12,0		12,0			8,0					cm
actual insulation thickness	$d_{insulation,j}$	12,0		12,0			8,0					cm
thermal resistance of actual measure	$R_{measure,j}$	2,44		3,45			2,29		0,77		0,77	m^2K/W
Resulting U-values												
type of refurbishment		Replace insulation		Add			Add		Replace		Replace	
thermal resistance before measure	$R_{before,j}$	1,25		1,00			1,30		0,36		0,33	m^2K/W
after measure	$R_{measure,result,j}$	3,69		4,45			3,59		0,77		0,77	m^2K/W
U-value of refurbished area fraction	$U_{measure,result,j}$	0,27		0,22			0,28		1,30		1,30	$W/(m^2K)$
area fraction of measure	$f_{measure,j}$	100%		100%			100%		100%		100%	
resulting U-value of construction element	$U_{actual,j}$	0,27		0,22			0,28		1,30		1,30	$W/(m^2K)$

Abbildung 76: Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)



Abbildung 77: Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

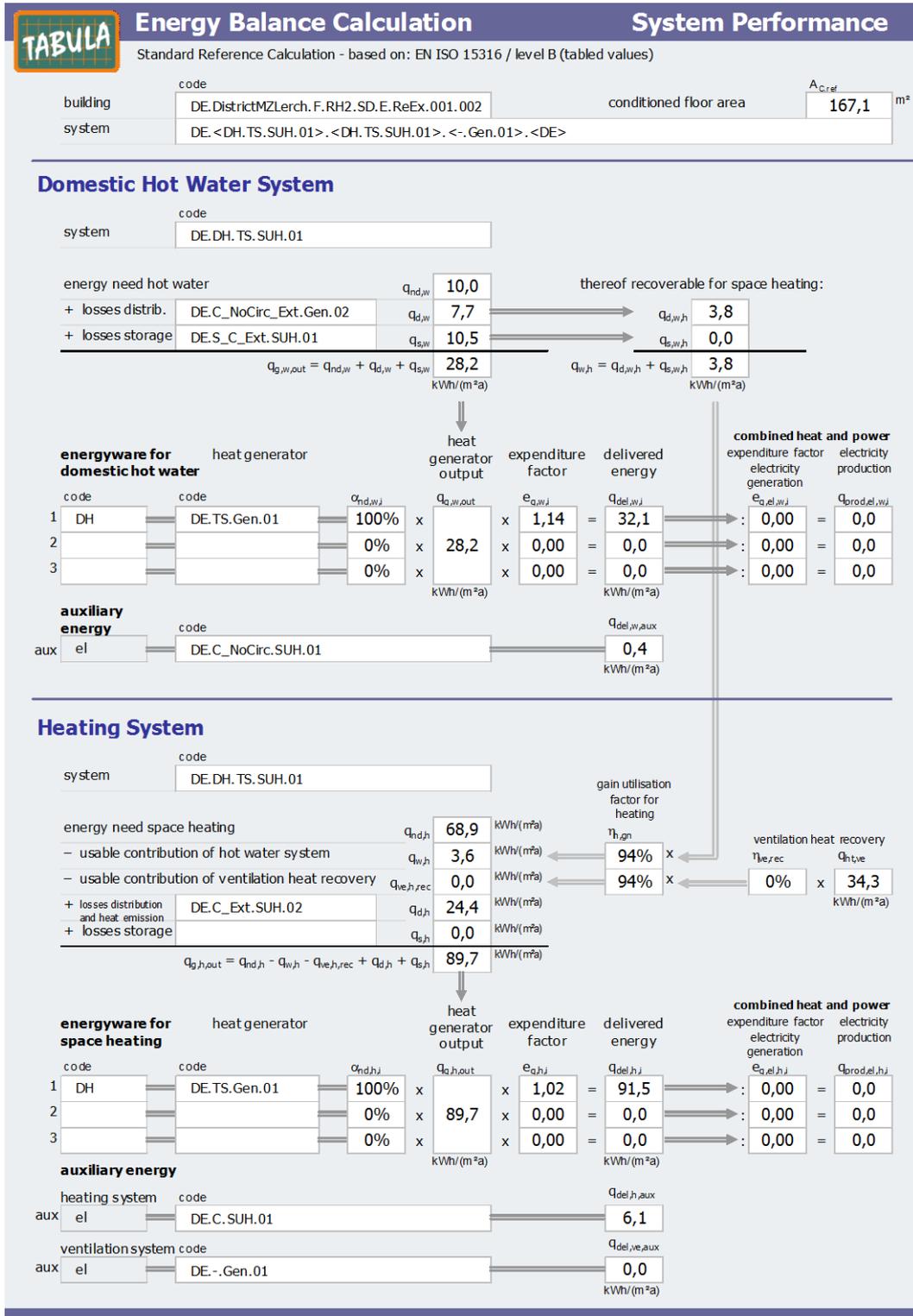


Abbildung 78: Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

Energy Balance Calculation
Energy Carriers

building code: DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.002

system code: DE.<DH.TS.SUH.01>.<DH.TS.SUH.01>.<-.Gen.01>.<DE>

conditioned floor area $A_{c,ref}$: 167,1 m²

Assessment of Energywares

version of energy carrier specification code: DE

Standard Calculation

	delivered energy	total primary energy		non-renewable primary energy		carbon dioxide emissions		energy costs	
	$Q_{del,j}$	$f_{p,total,j}$	$Q_{p,total,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,total,j}}$	$f_{p,nonren,j}$	$Q_{p,nonren,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,nonren,j}}$	$f_{CO2,j}$	$m_{CO2,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{CO2,j}}$	p_i (energyware price)	$C_i = \frac{Q_{del,j}}{p_i}$
Heating (+ Ventilation) System									
DH	91,5	1,30	118,9	1,30	118,9	300	27,4	9,0	8,23
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	6,1	3,00	18,3	2,60	15,9	680	4,1	15,0	0,92
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00
Domestic Hot Water System									
DH	32,1	1,30	41,8	1,30	41,8	300	9,6	9,0	2,89
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	0,4	3,00	1,2	2,60	1,0	680	0,3	15,0	0,06
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00

Summary and Expenditure Factors

	heat need Q_{hd}	ΣQ_{del}	$E_{p,total} = \frac{Q_{del}}{f_{p,total}}$	$Q_{p,total}$	$E_{p,nonren} = \frac{Q_{del}}{f_{p,nonren}}$	$Q_{p,nonren}$	$f_{CO2,heat} = \frac{m_{CO2}}{Q_{del}}$	$m_{CO2,j} = \Sigma m_{CO2,j}$	$P_{heat} = \frac{C}{Q_{del}}$	$C = \Sigma C_i$
heating (+ ventilation) system	68,9	97,6	1,99	137,2	1,96	134,8	459	31,6	13,3	9,15
domestic hot water system	10,0	32,5	4,30	43,0	4,28	42,8	992	9,9	29,5	2,95
total	78,9	130,1	2,29	180,2	2,25	177,6	526	41,5	15,3	12,10

Typical Values of the Measured Consumption - Empirical Calibration

code: DE.M.01

The empirical calibration factor describes a typical ratio of the energy uses determined by measurements for a large number of buildings and by the TABULA method for the given value of the TABULA method.

application field: central heating systems: fuels and district heating

determination method: experience values

accuracy level: C = estimated (e. g. on the basis of few example buildings)

delivered energy (without auxiliary electricity) according to standard calculation method adaptation factor	empirical relation						current value
	0	100	200	300	400	500	
	1,10	1,00	0,84	0,70	0,60	0,50	123,6
							0,96

Summary (including subcategories)	Standard Calculation			Typical Measured Consumption		
	heating	dhw	sum	heating	dhw	sum
Gas $Q_{del,\Sigma gas}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oil $Q_{del,\Sigma oil}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coal $Q_{del,\Sigma coal}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bio $Q_{del,\Sigma bio}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
El $Q_{del,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DH $Q_{del,\Sigma dh}$	91,5	32,1	123,6	88,0	30,9	118,9
Other $Q_{del,\Sigma other}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Auxiliary Electricity $Q_{del,\Sigma aux}$	6,1	0,4	6,5	5,9	0,4	6,3
Produced / Exported Electricity $Q_{exp,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Abbildung 79: Modernisierungspaket MP1 (EnEV 2009 Bauteilanforderungen) / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

TABULA Thermal Insulation Measures		U-values										
building	code	DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.003										
envelope area	$A_{env,j}$	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Floor 1	Floor 2	Window 1	Window 2	Door 1	m^2
		86	0	126	0	0	75	0	25	0	3	
Construction Element												
code		DE.Roof.ReEx.05.01		DE.Wall.ReEx.06.05			DE.Floor.ReEx.06.01		DE.Window.ReEx.06.01		DE.Door.ReEx.010.1	
U-value original state	$U_{original,j}$	0,80		1,00			1,00		2,80		3,00	$W/(m^2K)$
included insulation thickness	$d_{ins,included,j}$	5,0		0,0			2,0					cm
border type		Ext	Unh	Ext	Ext	Soil	Cellar	Cellar				
additional thermal resistance of unheated spaces	$R_{add,j}$	0,00		0,00			0,30					m^2K/W
Refurbishment Measure												
code		DE.Roof.Insulation30cm.01		DE.Wall.Insulation16cm.01			DE.Floor.Insulation12cm.01		DE.Window.3p-LowE-arg.04		DE.Window.3p-LowE-arg.04	
thermal resistance of predefined measure	$R_{measure,predef,j}$	7,18		4,59			3,43					m^2K/W
insulation thickness of predefined measure	$d_{insulation,predef,j}$	30,0		16,0			12,0					cm
actual insulation thickness	$d_{insulation,j}$	30,0		14,0			10,0					cm
thermal resistance of actual measure	$R_{measure,j}$	7,18		4,02			2,86		1,05		1,05	m^2K/W
Resulting U-values												
type of refurbishment		Replace insulation		Add			Add		Replace		Replace	
thermal resistance before measure	$R_{before,j}$	1,25		1,00			1,30		0,36		0,33	m^2K/W
after measure	$R_{measure,result,j}$	8,43		5,02			4,16		1,05		1,05	m^2K/W
U-value of refurbished area fraction	$U_{measure,result,j}$	0,12		0,20			0,24		0,95		0,95	$W/(m^2K)$
area fraction of measure	$f_{measure,j}$	100%		100%			100%		100%		100%	
resulting U-value of construction element	$U_{actual,j}$	0,12		0,20			0,24		0,95		0,95	$W/(m^2K)$

Abbildung 80: Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

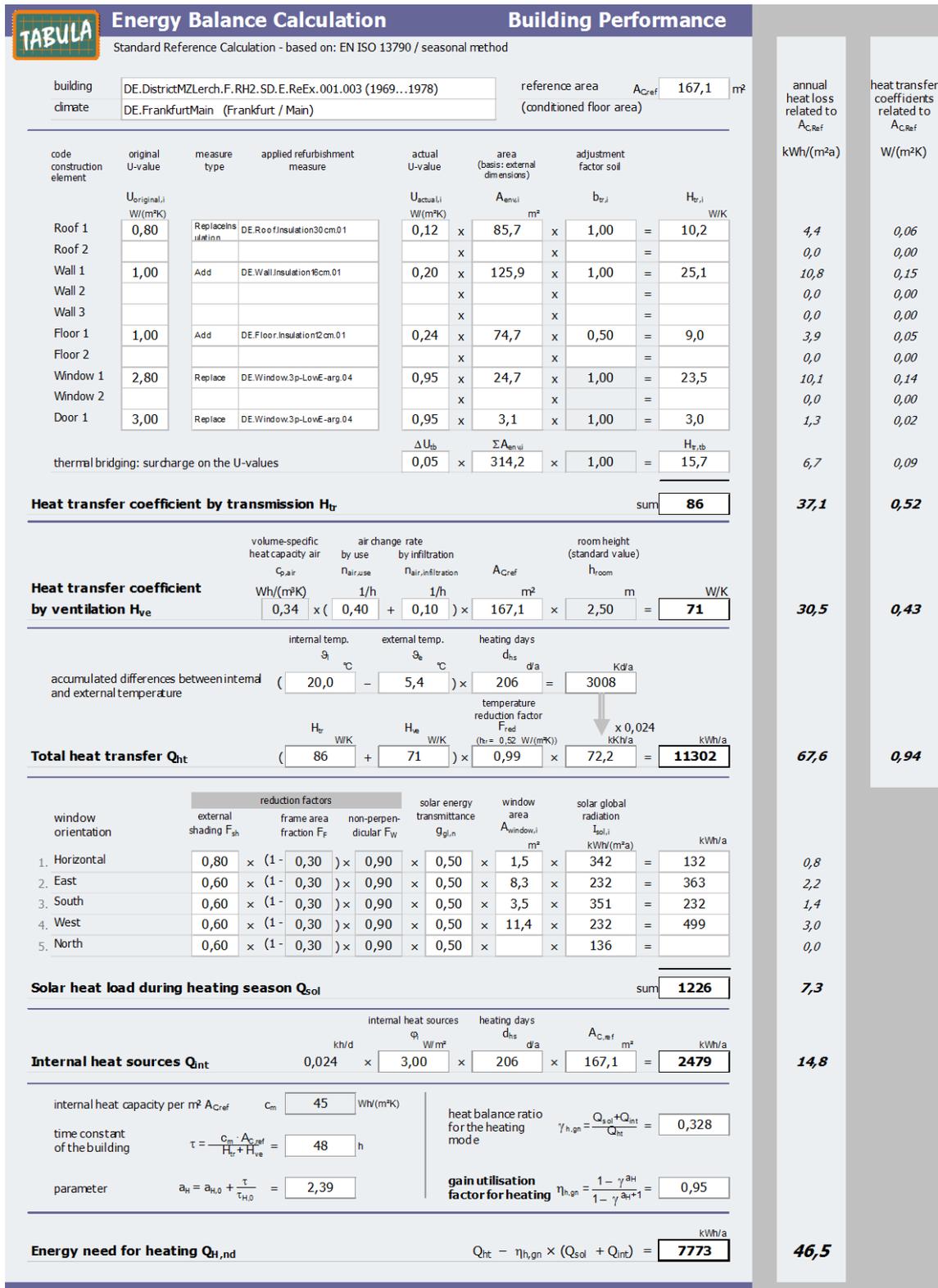


Abbildung 81: Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / Energiebilanz Gebäude (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

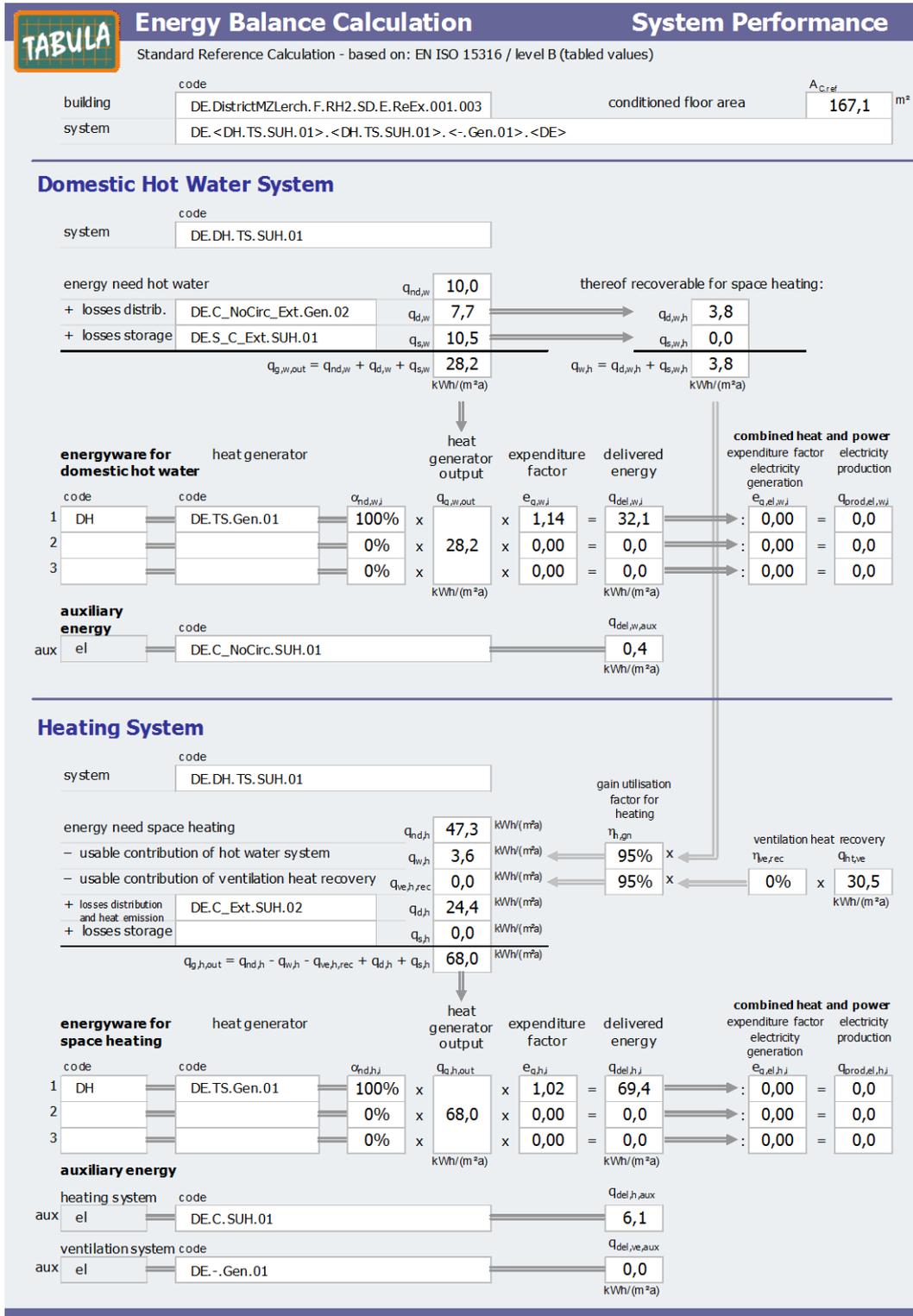


Abbildung 82: Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

Energy Balance Calculation
Energy Carriers

building code DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.003

system code DE.<DH.TS.SUH.01>.<DH.TS.SUH.01>.<Gen.01>.<DE>

conditioned floor area $A_{C,ref}$ 167,1 m²

Assessment of Energywares

version of energy carrier specification code DE

Standard Calculation

	delivered energy	total primary energy		non-renewable primary energy		carbon dioxide emissions		energy costs	
	$Q_{del,j}$	$f_{p,total,j}$	$Q_{p,total,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,total,j}}$	$f_{p,nonren,j}$	$Q_{p,nonren,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,nonren,j}}$	$f_{CO2,j}$	$m_{CO2,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{CO2,j}}$	p_i (energyware price)	$C_i = \frac{Q_{del,j}}{p_i}$
Heating (+ Ventilation) System									
DH	69,4	1,30	90,2	1,30	90,2	300	20,8	9,0	6,25
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	6,1	3,00	18,3	2,60	15,9	680	4,1	15,0	0,92
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00
Domestic Hot Water System									
DH	32,1	1,30	41,8	1,30	41,8	300	9,6	9,0	2,89
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	0,4	3,00	1,2	2,60	1,0	680	0,3	15,0	0,06
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00

Summary and Expenditure Factors

	heat need Q_{hd}	ΣQ_{del}	$E_{p,total} = \frac{Q_{del,total}}{Q_{hd}}$	$Q_{p,total}$	$E_{p,nonren} = \frac{Q_{p,nonren}}{Q_{hd}}$	$Q_{p,nonren}$	$f_{CO2,heat} = \frac{m_{CO2}}{Q_{hd}}$	$m_{CO2,j} = \Sigma m_{CO2,j}$	$P_{heat} = \frac{C}{Q_{hd}}$	$C = \Sigma C_i$
heating (+ ventilation) system	47,3	75,5	2,30	108,5	2,24	106,1	528	25,0	15,2	7,16
domestic hot water system	10,0	32,5	4,30	43,0	4,28	42,8	992	9,9	29,5	2,95
total	57,3	108,1	2,65	151,5	2,60	148,9	609	34,9	17,7	10,11

Typical Values of the Measured Consumption - Empirical Calibration

code DE.M.01

The empirical calibration factor describes a typical ratio of the energy uses determined by measurements for a large number of buildings and by the TABULA method for the given value of the TABULA method.

application field central heating systems: fuels and district heating

determination method experience values

accuracy level C = estimated (e. g. on the basis of few example buildings)

delivered energy (without auxiliary electricity) according to standard calculation method adaptation factor	empirical relation						current value
	0	100	200	300	400	500	
	1,10	1,00	0,84	0,70	0,60	0,50	101,6
							1,00

Summary (including subcategories)	Standard Calculation			Typical Measured Consumption		
	heating	dhw	sum	heating	dhw	sum
Gas $Q_{del,\Sigma gas}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oil $Q_{del,\Sigma oil}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coal $Q_{del,\Sigma coal}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bio $Q_{del,\Sigma bio}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
El $Q_{del,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DH $Q_{del,\Sigma dh}$	69,4	32,1	101,6	69,2	32,1	101,3
Other $Q_{del,\Sigma other}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Auxiliary Electricity $Q_{del,\Sigma aux}$	6,1	0,4	6,5	6,1	0,4	6,5
Produced / Exported Electricity $Q_{exp,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Abbildung 83: Modernisierungspaket MP2 (KfW-Förderung Einzelmaßnahmen) / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

TABULA Thermal Insulation Measures		U-values										
building	code	DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.004										
envelope area	$A_{env,j}$	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Floor 1	Floor 2	Window 1	Window 2	Door 1	m^2
		86	0	126	0	0	75	0	25	0	3	
Construction Element												
code		DE.Roof.ReEx.05.01		DE.Wall.ReEx.06.05			DE.Floor.ReEx.06.01		DE.Window.ReEx.06.01		DE.Door.ReEx.010.1	
U-value original state	$U_{original,j}$	0,80		1,00			1,00		2,80		3,00	$W/(m^2K)$
included insulation thickness	$d_{ins,included,j}$	5,0		0,0			2,0					cm
border type		Ext	Unh	Ext	Ext	Soil	Cellar	Cellar				
additional thermal resistance of unheated spaces	$R_{add,j}$	0,00		0,00			0,30					m^2K/W
Refurbishment Measure												
code		DE.Roof. Insulation 30cm.01		DE.Wall. Insulation 24cm.01			DE.Floor. Insulation 20cm.01		DE.Window. 3plins ulatedFrame.01		DE.Window. 3plins ulatedFrame.01	
thermal resistance of predefined measure	$R_{measure,predef,j}$	7,18		6,88			5,71					m^2K/W
insulation thickness of predefined measure	$d_{insulation,predef,j}$	30,0		24,0			20,0					cm
actual insulation thickness	$d_{insulation,j}$	36,0		20,0			14,0					cm
thermal resistance of actual measure	$R_{measure,j}$	8,61		5,73			4,00		1,25		1,25	m^2K/W
Resulting U-values												
type of refurbishment		Replace insulation		Add			Add		Replace		Replace	
thermal resistance before measure	$R_{before,j}$	1,25		1,00			1,30		0,36		0,33	m^2K/W
after measure	$R_{measure,result,j}$	9,86		6,73			5,30		1,25		1,25	m^2K/W
U-value of refurbished area fraction	$U_{measure,result,j}$	0,10		0,15			0,19		0,80		0,80	$W/(m^2K)$
area fraction of measure	$f_{measure,j}$	100%		100%			100%		100%		100%	
resulting U-value of construction element	$U_{actual,j}$	0,10		0,15			0,19		0,80		0,80	$W/(m^2K)$

Abbildung 84: Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / U-Werte (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)



Abbildung 85: Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / Energiebilanz Gebäude
(Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

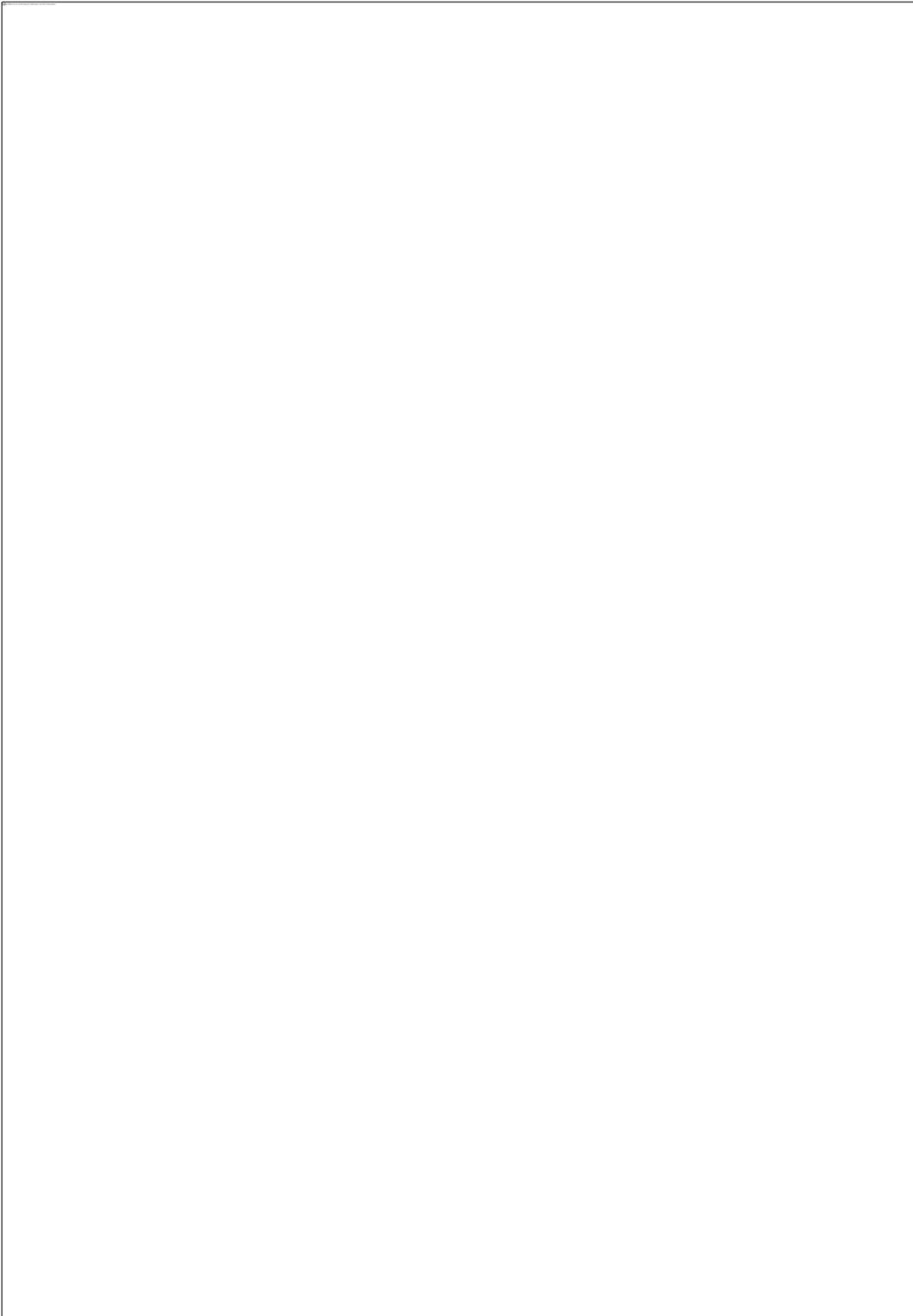


Abbildung 86: Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / Energiebilanz Anlagentechnik (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

Energy Balance Calculation
Energy Carriers

building code DE.DistrictMZLerch.F.RH2.SD.E.ReEx.001.004

system code DE.<DH.TS.SUH.03>.<DH.TS.SUH.03>.<Bal_Rec.Gen.02>.<DE>

conditioned floor area $A_{C,ref}$ 167,1 m²

Assessment of Energywares

version of energy carrier specification code DE

Standard Calculation

	delivered energy	total primary energy		non-renewable primary energy		carbon dioxide emissions		energy costs	
	$Q_{del,j}$	$f_{p,total,j}$	$Q_{p,total,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,total,j}}$	$f_{p,nonren,j}$	$Q_{p,nonren,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{p,nonren,j}}$	$f_{CO2,j}$	$m_{CO2,j} = \frac{Q_{del,j}}{f_{CO2,j}}$	p_i (energyware price)	$C_i = \frac{Q_{del,j}}{p_i}$
Heating (+ Ventilation) System									
DH	16,7	1,30	21,7	1,30	21,7	300	5,0	9,0	1,50
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	8,7	3,00	26,1	2,60	22,6	680	5,9	15,0	1,31
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00
Domestic Hot Water System									
DH	22,8	1,30	29,6	1,30	29,6	300	6,8	9,0	2,05
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Auxiliary Electricity	0,4	3,00	1,2	2,60	1,0	680	0,3	15,0	0,06
Electricity Production / Export	0,0	1,30	0,0	1,30	0,0	420	0,0	9,0	0,00

Summary and Expenditure Factors

	heat need Q_{hd}	ΣQ_{del}	$E_{p,total} = \frac{Q_{del,total}}{Q_{hd}}$	$Q_{p,total}$	$E_{p,nonren} = \frac{Q_{p,nonren}}{Q_{hd}}$	$Q_{p,nonren}$	$f_{CO2,heat} = \frac{m_{CO2}}{Q_{hd}}$	$m_{CO2,j} = \Sigma m_{CO2,j}$	$P_{heat} = \frac{C}{Q_{hd}}$	$C = \Sigma C_i$
heating (+ ventilation) system	36,7	25,4	1,30	47,8	1,21	44,4	298	10,9	7,7	2,81
domestic hot water system	10,0	23,2	3,08	30,8	3,07	30,7	711	7,1	21,1	2,11
total	46,7	48,6	1,68	78,7	1,61	75,0	386	18,0	10,5	4,92

Typical Values of the Measured Consumption - Empirical Calibration

code DE.M.01

The empirical calibration factor describes a typical ratio of the energy uses determined by measurements for a large number of buildings and by the TABULA method for the given value of the TABULA method.

application field central heating systems: fuels and district heating

determination method experience values

accuracy level C = estimated (e. g. on the basis of few example buildings)

delivered energy (without auxiliary electricity) according to standard calculation method adaptation factor	empirical relation						current value
	0	100	200	300	400	500	
	1,10	1,00	0,84	0,70	0,60	0,50	39,5
							1,06

Summary (including subcategories)		Standard Calculation			Typical Measured Consumption		
		heating	dhw	sum	heating	dhw	sum
Gas	$Q_{del,\Sigma gas}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oil	$Q_{del,\Sigma oil}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coal	$Q_{del,\Sigma coal}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bio	$Q_{del,\Sigma bio}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
El	$Q_{del,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DH	$Q_{del,\Sigma dh}$	16,7	22,8	39,5	17,7	24,2	41,9
Other	$Q_{del,\Sigma other}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Auxiliary Electricity	$Q_{del,\Sigma aux}$	8,7	0,4	9,1	9,2	0,4	9,7
Produced / Exported Electricity	$Q_{exp,\Sigma el}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Abbildung 87: Modernisierungspaket MP3 (Passivhaus-Komponenten) / Energieträger und Kalibrierung auf typisches Niveau des Verbrauchs (Beispielgebäude des Typs „RH2.SD.E“)

Anhang G – Ergänzende Grafiken zu Kapitel 5 - Wärmeversorgung

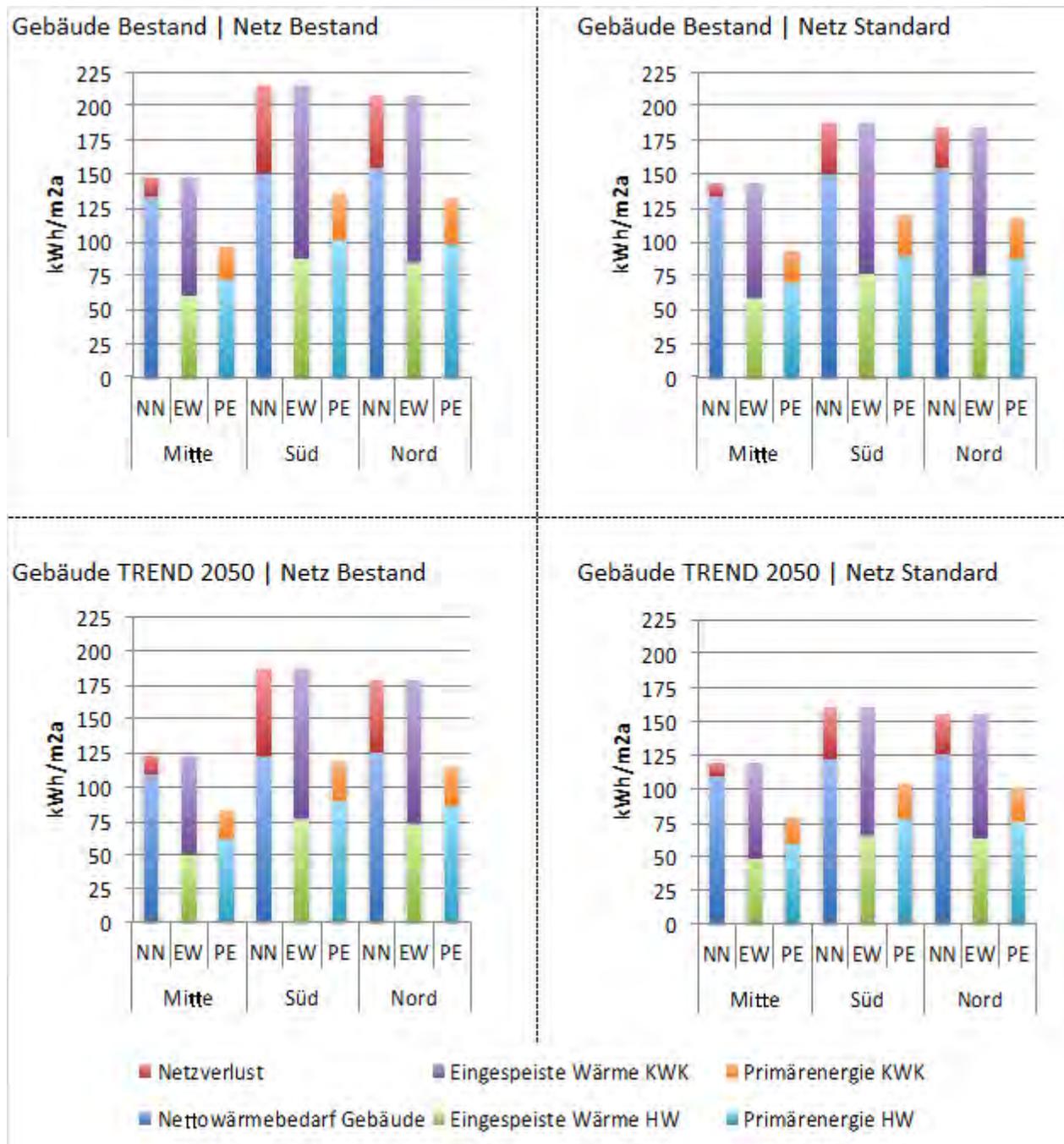


Abbildung 88: Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Bezirksebene für das TREND-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Standard

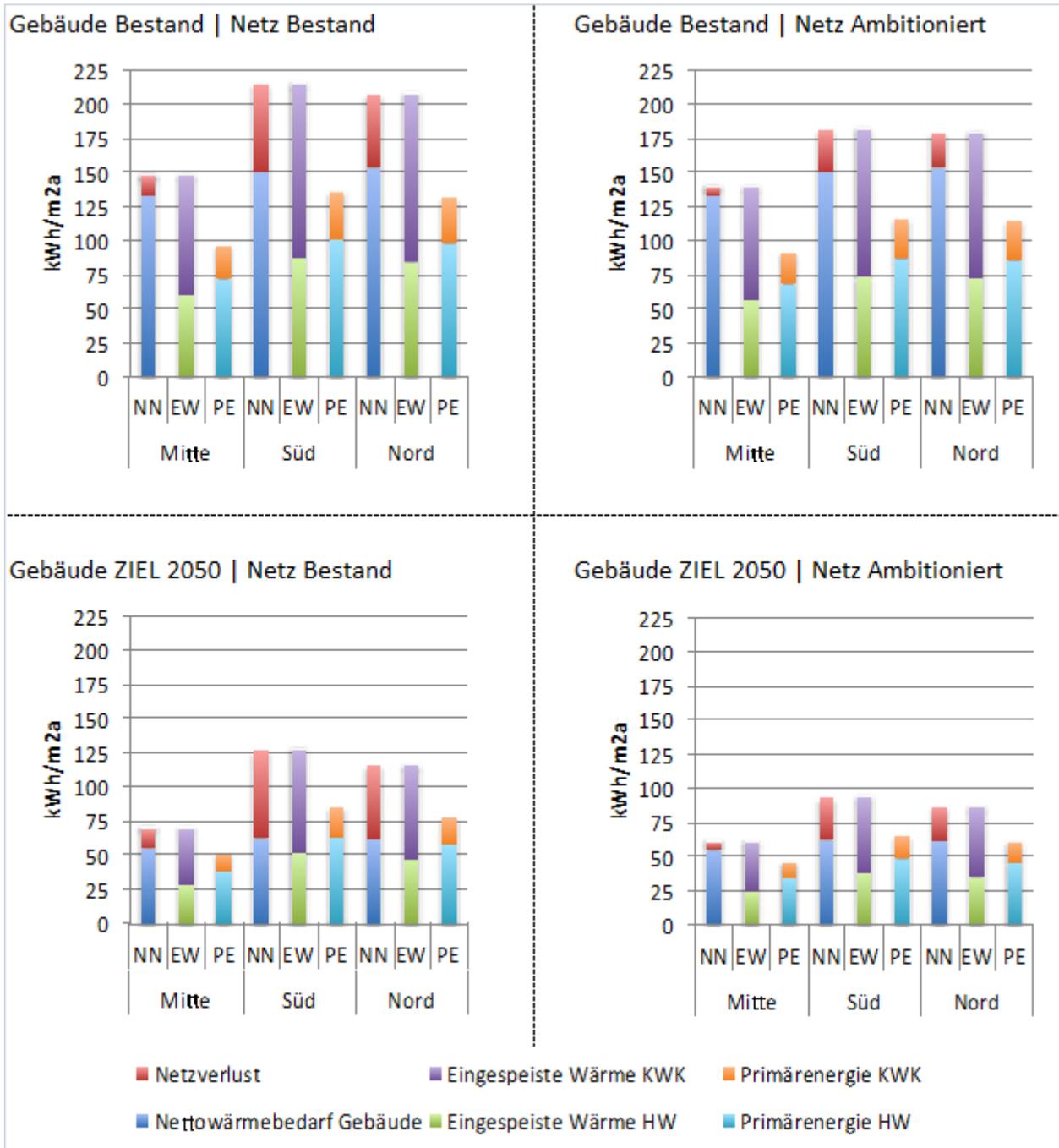


Abbildung 89: Entwicklung der auf die Energiebezugsfläche bezogenen Kennwerte auf Bezirksebene für das ZIEL-Szenario 2050 und die Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Ambitioniert

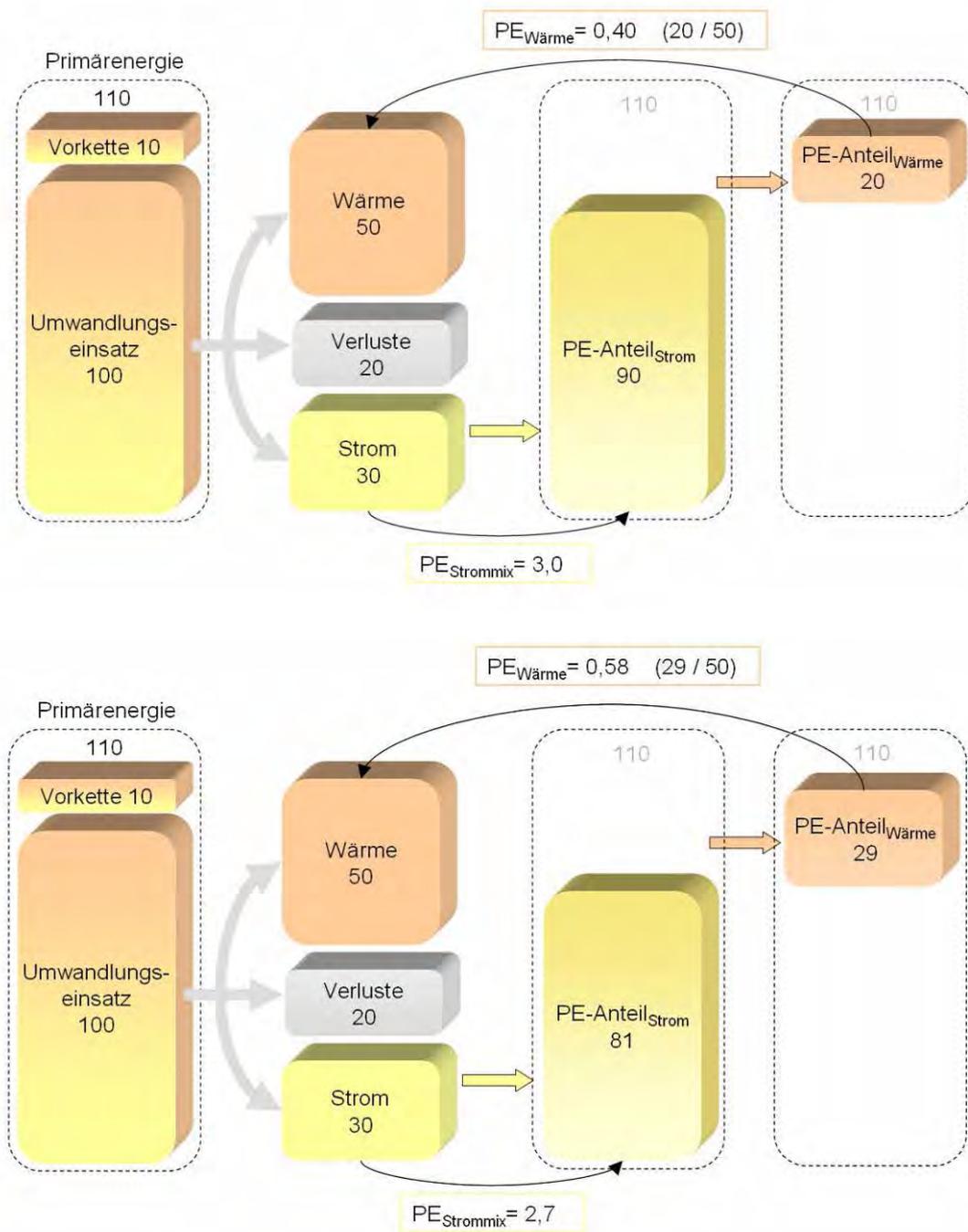


Abbildung 90: Primärenergiefaktor für KWK-Wärme nach der Stromgutschriftmethode bei einem Primärenergiefaktor der Referenzanlage von 3,0 (oben) bzw. 2,7 (unten); Quelle: [Pfeifroth/Beer 2009]

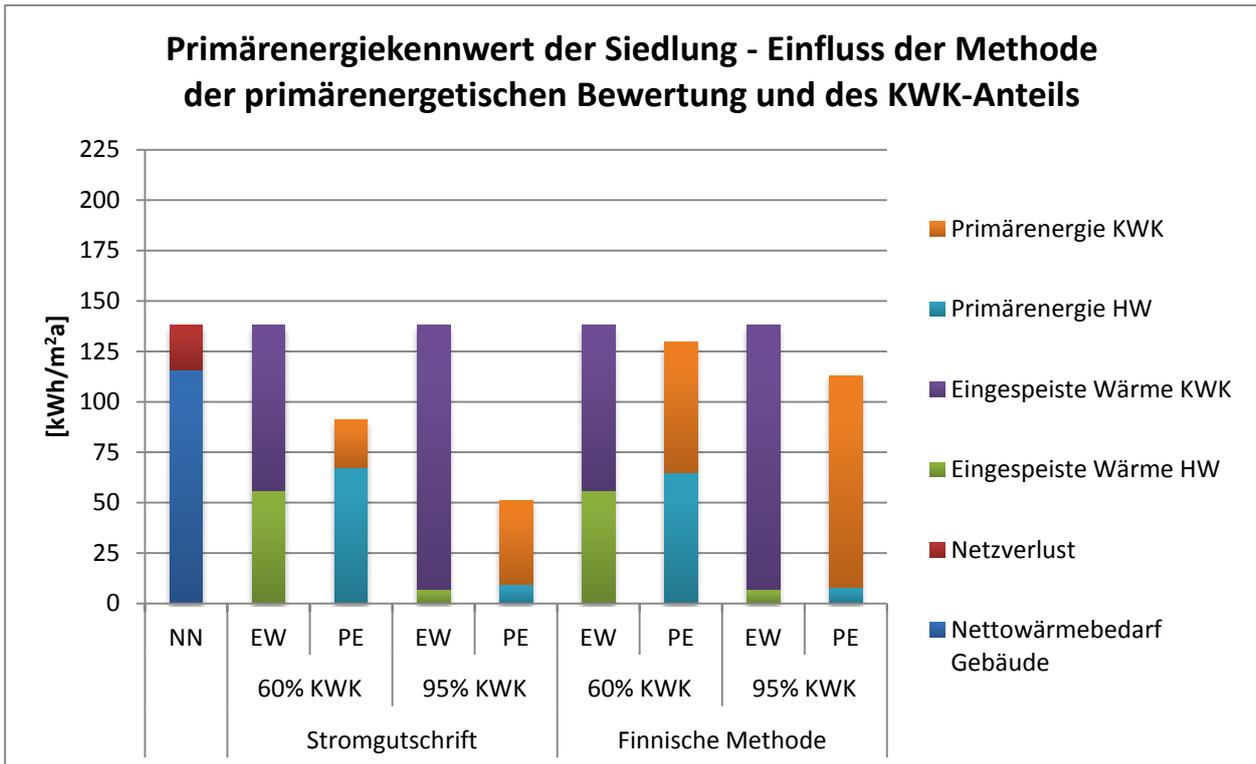


Abbildung 91: Auswirkungen der KWK-Bewertungsmethode für verschiedene Anteile an KWK-Wärme auf den Primärenergiekennwert der Siedlung – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für Gebäude nach TREND-Szenario 2050 und Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Standard

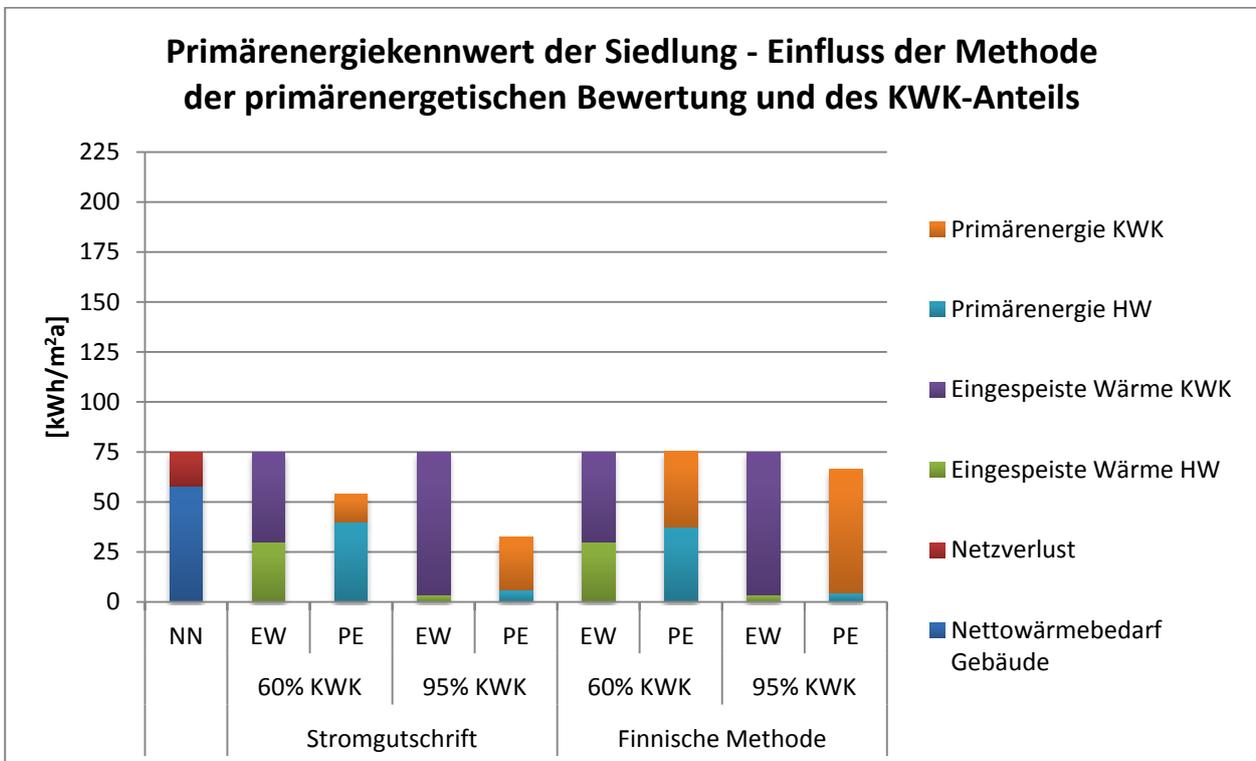


Abbildung 92: Auswirkungen der KWK-Bewertungsmethode für verschiedene Anteile an KWK-Wärme auf den Primärenergiekennwert der Siedlung – Auf die Energiebezugsfläche bezogene Kennwerte für Gebäude nach ZIEL-Szenario 2050 und Modernisierungsvariante des Wärmenetzes Ambitioniert