

## Energetische Stadtsanierung – Integriertes Quartierskonzept Bahnheim

### Abschlussbericht

Gefördert durch:



**Kontakt Daten Projektleitung:**



**Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock**  
Fachgebiet Immobilienökonomie  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Technische Universität Kaiserslautern

Paul-Ehrlich-Straße 14  
D-67663 Kaiserslautern

**Telefon:**  
0631/205-2906

**Telefax:**  
0631/205-3901

**E-Mail:**  
[bjoern.kurzrock@bauing.uni-kl.de](mailto:bjoern.kurzrock@bauing.uni-kl.de)

## Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	D
Tabellenverzeichnis.....	F
Abkürzungsverzeichnis.....	H
<b>A Einführung.....</b>	<b>1</b>
Ausgangssituation .....	1
Zielsetzung.....	1
Vorgehensweise, Methodik, Gliederung.....	2
<b>B Bestandsaufnahme.....</b>	<b>4</b>
<b>B1 Erhebung und Bewertung des Ist-Zustandes .....</b>	<b>4</b>
Siedlungsebene (Erscheinungsbild).....	4
Hausebene.....	6
Thermische Gebäudehülle (TGH) .....	7
Technische Gebäudeausrüstung (TGA) .....	13
<b>B2 Einteilung der Gebäude in Gruppen/Energetische Bilanzierung Einzelgebäude .....</b>	<b>16</b>
Einteilung in Gruppen.....	16
Erhebung und Bereinigung der Verbräuche (Endenergie).....	18
Zusammenfassung der Einzelgebäude in Blöcke .....	19
Spezifischer Verbrauch (Endenergie) der Blöcke nach Gruppen .....	20
Bewertung Energetische Bilanzierung (Einzelgebäude/Blöcke).....	21
<b>B3 Erstellung der Energiebilanz vor Sanierung (Quartier) .....</b>	<b>22</b>
Spezifischer Verbrauch (Endenergie) der gewerblichen Mieteinheiten (Quartier) .....	22
Stromverbrauch (Quartier).....	23
Umwelteinfluss (Primärenergiebedarf und CO <sub>2</sub> -Emissionen) (Quartier).....	24
Bewertung Energetische Bilanzierung/Umwelteinfluss (Quartier).....	25
<b>B4 Zwischenfazit: Bestandsaufnahme.....</b>	<b>25</b>
<b>C Maßnahmenentwicklung .....</b>	<b>27</b>
<b>C1 Gebäudebezogene Maßnahmen.....</b>	<b>27</b>
Thermische Gebäudehülle (TGH) .....	27
Technische Gebäudeausrüstung (TGA) .....	28
Eingrenzung der gebäudebezogenen Maßnahmen nach Bauteilen .....	28
Ausnahmetatbestand Baudenkmal (§ 24 Abs.1 EnEV).....	30
Erste Konkretisierung der Maßnahmen: Thermische Gebäudehülle (TGH) .....	30
Erste Konkretisierung der Maßnahmen: Technische Gebäudeausrüstung (TGA) .....	34
Eingrenzung der energetischen Effekte aus gebäudebezogenen Maßnahmen .....	35

C2 Energieversorgungskonzept.....	36
Fossile und erneuerbare Energieträger.....	37
Eingrenzung der Energieträger.....	37
Erste Konkretisierung der Energieträger und Maßnahmen.....	38
Fortsetzung der bestehenden Strategie.....	39
Blockweise Beheizung.....	39
Quartierszentrale Konzepte.....	42
Stromerzeugung.....	49
Dachflächen: Photovoltaik/Solarthermie.....	49
Eingrenzung der energetischen Effekte aus Energieversorgungskonzepten.....	49
Bewertung Energetische Bilanzierung (Einzelgebäude/Blöcke).....	50
C3 Weitere bauliche Maßnahmen ohne (direkten) Effekt auf die energetische Qualität.....	50
Bahnheim 17a, b, c.....	52
Bahnheim 82-92.....	54
Garagen.....	54
Alte Werkhalle (Bahnheim 58).....	54
Weitere Maßnahmen.....	55
Bewertung Weitere bauliche Maßnahmen.....	57
C4 Energiebilanz und Simulationsergebnisse nach Sanierung (Einzelgebäude und Quartier).....	57
Energiebilanz.....	57
Simulationsergebnisse.....	59
C5 Erfolgs- und Hemmnisfaktoren.....	66
Planungsphase.....	67
Durchführungsphase.....	67
Nutzungsphase.....	67
Prototyp.....	68
C6 Zwischenfazit: Maßnahmenentwicklung.....	69
D Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	71
D1 Maßnahmenkatalog: Ausführungsvarianten, Vorgehensweise, Prioritäten, Meilensteine.....	71
Ausführungsvarianten.....	71
Vorgehensweise, Prioritäten.....	73
Meilensteine (MS).....	75
D2 Fördermittel und -wege.....	78
Förderprogramme des Bundes.....	79
Förderprogramme des Landes.....	80

Gesamtvolumen Fördermittel.....	80
D3 Baukosten, Nutzungskosten, Lebenszykluskosten .....	81
Baukosten.....	83
Nutzungskosten.....	86
Lebenszykluskosten.....	87
Bewertung Baukosten, Nutzungskosten, Lebenszykluskosten .....	90
D4 Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	91
Kosten.....	91
Erlöse.....	92
Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung .....	95
Wirtschaftlichkeit .....	96
Bewertung Wirtschaftlichkeit.....	97
D5 Machbarkeitsanalyse .....	98
Volumen .....	98
Baukostensteigerungen.....	98
Liquidität, Finanzierung.....	98
Chancen.....	99
Risiken .....	100
Bewertung Machbarkeit.....	101
D6 Zwischenfazit: Wirtschaftlichkeit.....	101
E Kommunikation, Marketing, Nutzerverhalten .....	103
E1 Begriffsabgrenzung: Sanierung, Modernisierung, Revitalisierung.....	103
E2 Bestehende Nutzergruppen .....	103
E3 Kommunikation mit Bewohnern .....	105
Kommunikation vor und während der Umsetzung.....	106
Kommunikation nach Umsetzung .....	107
E4 Öffentlichkeit/Markenbildung.....	108
E5 Zwischenfazit: Kommunikation, Marketing und Nutzerverhalten .....	108
F Fazit und Ausblick .....	110
F1 Zusammenfassung und Ergebnisse .....	110
F2 Mögliche Folgeprojekte.....	112
G Literatur .....	113
H Fachgebiete.....	115
I Personen.....	116
J Anhang .....	118

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bauschäden Bahnheim.....	5
Abbildung 2: Typischer Sandsteingewand .....	5
Abbildung 3: Typische Fenstergestaltung im Bahnheim .....	5
Abbildung 4: Außentüren im Bahnheim.....	6
Abbildung 5: Typische Aufteilung der Wohnungen pro Gebäude .....	6
Abbildung 6: Aufbau der Dachkonstruktion.....	8
Abbildung 7: Aufbau der obersten Geschossdecke .....	9
Abbildung 8: Bohrungen und Bohrmehl.....	10
Abbildung 9: Thermogramm einer typischen Wärmebrücke bei auskragenden Balkonen und Stürzen...	10
Abbildung 10: Aufbau Kellerdecke: L: Kappendecke (gemauert) R: Massivdecke (Beton).....	13
Abbildung 11: Heizungsanlagen nach Einbaualter .....	14
Abbildung 12: Einteilung der Gebäude nach Baultersklasse (IWU) .....	18
Abbildung 13: Klimakorrigierte, spezifische Endenergieverbräuche (Erdgas) [kWh/(m <sup>2</sup> *a)] .....	19
Abbildung 14: Bildung von Gebäudeblöcken (Ausschnitt, eigene Darstellung).....	19
Abbildung 15: Spezifischer Verbrauch (Endenergie) der Blöcke nach Gebäudealtersklasse (Gruppe) .....	20
Abbildung 16: Gemittelte, geordnete Stromverbräuche pro Person nach Gebäuden .....	23
Abbildung 17: Emissionen Bahnheim und „Verträgliche Quote“ (UBA) [t CO <sub>2</sub> -eq/a].....	25
Abbildung 18: Praxisbeispiel Außendämmung mit VIP im Denkmalschutz ohne Bauzier nach Modernisierung.....	31
Abbildung 19: Praxisbeispiel 2 Außendämmung mit WDVS, wenig Zierelemente .....	32
Abbildung 20: Beispiel für Klappladenantrieb (Detail).....	34
Abbildung 21: EV0 Kontinuierliche Erneuerung der bestehenden Gasetagenheizungen.....	39
Abbildung 22: EV1 Blockzentralheizungen.....	40
Abbildung 23: EV2a+b Oberflächennahe Geothermie bzw. Luft-Wasser-Wärmepumpe .....	41
Abbildung 24: EV3a Erdgas BHKW + Nahwärmenetz.....	42
Abbildung 25: EV3b Biomasse BHKW + Nahwärmenetz .....	43
Abbildung 26: EV4 Kaltes Nahwärmenetz + Geothermie + Solarthermie + BHKW + PV + FW .....	44
Abbildung 27: EV5 (Tiefe) Geothermie + Nahwärmenetz + PV.....	45
Abbildung 28: EV6 Fernwärme.....	46
Abbildung 29: Praxisbeispiel denkmalschutzkonforme Verdichtung durch DG-Ausbau mittels Gauben .	51
Abbildung 30: Maßnahmenpakete (MP) während der Umsetzung des Quartierskonzepts.....	74
Abbildung 31: Meilensteine (MS) während der Umsetzung des Quartierskonzepts.....	76
Abbildung 32: Vergleich der Lebenszykluskosten (Investor, Nutzer) der EV-Varianten .....	90
Abbildung 33: Chancen und positive Effekte durch Umsetzung des Quartierskonzepts.....	99

Abbildung 34: Risiken während der Umsetzung des Quartierskonzepts .....	100
Abbildung 35: Verteilung der Wohnungsgrößen im Bahnheim .....	104
Abbildung 36: Anzahl der Wohnungsmietverträge im Bahnheim in Abhängigkeit von Mietdauer und Miethöhe .....	105
Abbildung 37: Ablaufphasen mit Entscheidung und Umsetzung der Sanierung.....	114

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufbau Thermische Gebäudehülle und U-Werte vor Sanierung.....	7
Tabelle 2: Bisherige energetische Modernisierungsmaßnahmen.....	8
Tabelle 3: Überblick über durchgeführte Bohrungen .....	9
Tabelle 4: Dämmmaßnahmen Kellerdecke .....	13
Tabelle 5: Systematik und Gruppierung der Gebäude im Bahnheim.....	17
Tabelle 6: Vergleich der Blöcke mit Referenzwerten (in kWh/(m <sup>2</sup> *a) Endenergie).....	21
Tabelle 7: Verbräuche und abgeleitete Kennwerte der gewerblichen Mieteinheiten .....	22
Tabelle 8: Bewertung von Strom-Verbräuchen (kWh/a) in Mehrfamilienhäusern ohne elektr. Warmwasserbereitstellung .....	23
Tabelle 9: Umwelteinfluss auf Basis der primärenergetischen Verbräuche .....	24
Tabelle 10: Umwelteinfluss auf Basis von CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	24
Tabelle 11: Maßnahmen, Restriktionen und Anmerkungen nach Bauteilen .....	30
Tabelle 12: Konstruktive Limitationen der gebäudebezogenen Maßnahmen und resultierende U-Werte durch Sanierung .....	36
Tabelle 13: Verfügbare Energieträger .....	37
Tabelle 14: Kennwerte zur Bewertung der Umweltverträglichkeit der einzelnen Energieträger .....	37
Tabelle 15: Mögliche Kriterien und Restriktionen zur Eingrenzung der möglichen Energieträger.....	38
Tabelle 16: Maßnahmenblatt EV0.....	39
Tabelle 17: Maßnahmenblatt EV1.....	40
Tabelle 18: Maßnahmenblatt EV2.....	41
Tabelle 19: Maßnahmenblatt EV3a.....	42
Tabelle 20: Maßnahmenblatt EV3b.....	43
Tabelle 21: Maßnahmenblatt EV4.....	45
Tabelle 22: Maßnahmenblatt EV5.....	46
Tabelle 23: Maßnahmenblatt EV6.....	47
Tabelle 24: Übersicht Energieversorgungskonzepte EV0 bis EV6 .....	50
Tabelle 25: Auswahl der Referenzgebäude pro Gebäudealtersklasse .....	57
Tabelle 26: Getroffene Annahmen und Parameter für die Bilanzierung .....	58
Tabelle 27: Energiebilanz nach Sanierung (Einsparung in % und absolut; ohne Außenwand) .....	59
Tabelle 28: Übersicht der Wandstärken ausgewählter Gebäude .....	61
Tabelle 29: Gebäudebezogene Maßnahmen in Simulationen .....	64
Tabelle 30: Exemplarische Maßnahmenkombination.....	65
Tabelle 31: Reduzierung des Energiebedarfs in Abhängigkeit der A/V-Verhältnisses.....	66
Tabelle 32: Erfolgs- und Hemmnisfaktoren in Planungs-, Durchführungs- und Nutzungsphase .....	68

Tabelle 33: Übersicht Maßnahmen und Ausführungsvarianten .....	72
Tabelle 34: Zusammenlegung (Bündel) von Einzelmaßnahmen .....	77
Tabelle 35: Förderprogramme zur Energetischen Modernisierung.....	81
Tabelle 36: Baukosten und Lebensdauern .....	85
Tabelle 37: Übersicht Nutzungskosten (Barwert, 20 a, $i = 4,0\%$ ) .....	87
Tabelle 38 Übersicht Lebenszykluskosten der Maßnahmen (Quartier, Barwert: 20 a, $i = 4,0\%$ ) .....	89
Tabelle 39 Übersicht Investitions- und Lebenszykluskosten der Varianten (mit EV6) (Quartier).....	91
Tabelle 40 Durchschnittliche Kaltmieten in Kaiserslautern .....	93
Tabelle 41: Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung (Kosten) .....	95
Tabelle 42: Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung (Rentabilität) .....	96



## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr(e)
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BGF	Brutto-Grundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BW	Barwert
d	Materialstärke
dA	definitives Ausschlusskriterium
dena	Deutsche Energie-Agentur
DG	Dachgeschoss
DS	Denkmalschutz
DWD	Deutscher Wetterdienst
EA NRW	Energieagentur Nordrhein-Westfalen
EA RLP	Energieagentur Rheinland Pfalz
EE	Erneuerbare Energie
EFH	Einfamilienhaus
EG	Erdgeschoss
EnEV	Energieeinsparverordnung
EV	Energieversorgung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FAQ	<i>frequently asked question</i>
FM	Facility Management
$f_p$	Primärenergiefaktor (= PEF)
FW	Fernwärme
GdW	Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen
GEH	Gasetagenheizung
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
HMULV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HWL	Holzwohle-Leichtbauplatten („Sauerkrautplatten“)
I	Inspektion
i	Diskontierungszinssatz (gewichtete Kapitalkosten)

ISB	Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KG	Kostengruppen (DIN 276)
KKF	Klima-Korrekturfaktor
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LBauO RLP	Landesbauordnung Rheinland-Pfalz
LD	Lebensdauer
LED	engl. <i>light-emitting diode</i> (Leuchtdiode)
LWR	Luftwechselrate
LZK	Lebenszykluskosten
mA	mögliches Ausschlusskriterium
MF	Mietfläche
MFH	Mehrfamilienhaus
MP	Maßnahmenpaket
MS	Meilenstein
ND	Nutzungsdauer
NDS	Nicht-Denkmalschutz
NGF	Netto-Grundfläche
NT	Niedertemperatur
OG	Obergeschoss
OGD	Oberste Geschossdecke
o. J.	ohne Jahresangabe
P	Prüfung
PEF	Primärenergiefaktor (= $f_p$ )
PV	Photovoltaik
SWK	Stadtwerke Kaiserslautern GmbH
TGA	Technischen Gebäudeausrüstung
TGH	Thermische Gebäudehülle
UBA	Umweltbundesamt
VIP	Vakuumisolierpaneelle
W	Wartung
WE	Wohneinheit
WLS	Wärmeleitstufe
WP	Wärmepumpe

## **Genderhinweis**

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit und Nutzerfreundlichkeit wird in der Regel auf die gleichzeitige Verwendung der männlichen und weiblichen Personenbezeichnung verzichtet. Die Verwendung der männlichen Form schließt die weibliche Form mit ein.

# A Einführung

## Ausgangssituation

Energetische Stadtsanierung ist ein Ausdruck von Baukultur und Nachhaltigkeit. Der Erhalt bestehender Quartiere und Gebäude ist notwendig zum Bewahren unsers kulturellen Gedächtnisses. Die Ökobilanz einer funktionalen und energetischen Aufwertung bestehender Quartiere und Gebäude ist grundsätzlich vorteilhaft gegenüber der von Neubauten.<sup>1</sup> Unter Nachhaltigkeitsaspekten bezieht energetische Stadtsanierung darüber hinaus Lebenszykluskosten, Herkunft und ökologische Eigenschaften der Baumaterialien sowie Fragen der Lebens- und Wohnqualität ein.

Die Baugenossenschaft Bahnheim eG verfügt über einen Bestand von 911 Wohnungen, der zum Großteil im Stadtgebiet von Kaiserslautern liegt. Der historische Urbestand der Genossenschaft ist die **Bahnheim-Siedlung** mit 369 Wohnungen im Westen der Stadt. Das Quartier zeichnet sich durch eine hohe gestalterische Qualität und eine geringe Mieterfluktuation von 7 bis 10 % p.a. mit vielen langjährigen Bewohnerinnen und Bewohnern aus. Die 77 Gebäude, aus den 1920ern und 1950ern, stehen seit 1989 größtenteils unter Denkmalschutz und bieten rd. 22.200 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Bisher wurden nur in sehr geringem Umfang energetische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Um die hohen Energieverbrauchskennwerte, auch im Einklang mit dem Klimaschutzkonzept der Stadt Kaiserslautern, deutlich zu senken und die Vermietbarkeit der Wohnungen in dem nach und nach anstehenden Generationenwechsel dauerhaft sicherzustellen, sind energetische Sanierungsmaßnahmen dringend notwendig. Diese baulichen Maßnahmen müssen mit einem geänderten Nutzungsverhalten der Bewohner mitgetragen werden.

Unter Leitung des Fachgebiets Immobilienökonomie der Technischen Universität Kaiserslautern wurde das vorliegende integrierte Quartierskonzept für die Bahnheim-Siedlung erstellt. Neben dem Fachgebiet Immobilienökonomie und der Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude am Fachbereich Bauingenieurwesen war das Fachgebiet Hauskybernetik am Fachbereich Architektur der TU Kaiserslautern in die Erstellung des Konzepts eingebunden. Das Quartierskonzept soll die Grundlagen für Fachplanungen legen, mit denen die Bahnheim-Siedlung über einen realistischen Zeitraum in wirtschaftlicher Weise energetisch saniert wird.

Die Erstellung des Konzepts wurde gefördert durch das Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt) des Landes Rheinland-Pfalz, KfW-Förderprogramm 432 „Energetische Stadtsanierung“ und die Baugenossenschaft Bahnheim eG.

## Zielsetzung

Ziel des Projekts ist ein integriertes Quartierskonzept für die energetische Sanierung<sup>2</sup> der 77 Gebäude im historischen Urbestand der Bahnheim eG. Dabei sollen entsprechend dem Klimaschutzkonzept der Stadt Kaiserslautern größtmögliche Energieeinsparungen bei ressourcenschonender Energiebereitstellung erreicht werden, die realisierbar sind und mit denkmalpflegerischen, baukulturellen, ökonomischen und sozialen Belangen in Einklang stehen. Die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt dienen der Bahn-

---

<sup>1</sup> Vgl. z.B. BMVBS (2013).

<sup>2</sup> Der Gebäudebestand im Bahnheim-Quartier ist z.T. stark sanierungsbedürftig (Teil B). Im Zuge von notwendigen Sanierungen (Instandsetzungen) finden i.d.R. auch Modernisierungen (Verbesserungen) statt. Zur Abgrenzung, die v.a. für mögliche Mietanpassungen relevant ist (Abschnitt E1).

heim eG, den Ausführungs- und Bauplanern sowie anderen Bestandshaltern als grundlegende Hilfe für die Modernisierungs- und Sanierungspraxis. Das Konzept leistet einen Beitrag zum ressourcenschonenden Umgang mit Bestandsimmobilien, zum Bestandsschutz und zur nachhaltigen Schaffung von attraktivem Wohnraum in denkmalgeschützten Quartieren. Der endgültige **Bericht** zum Abschluss des Projekts wird neben der Einführung diese Bereiche umfassen:

- B: Bestandsaufnahme
- C: Maßnahmenentwicklung
- D: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- E: Kommunikation, Marketing
- F: Fazit und Ausblick

Aktionspläne und Handlungskonzepte münden in einen konkreten Maßnahmenkatalog mit Planungs- und Umsetzungshinweisen in den Bereichen **Gebäudebezogene Maßnahmen**, **Energieversorgungskonzept** und **weitere bauliche Maßnahmen** ohne (direkten) Effekt auf die energetische Qualität.

## Vorgehensweise, Methodik, Gliederung

Im Folgenden werden Vorgehensweise, Methodik und Gliederung des Berichts beschrieben.

### B Bestandsaufnahme

Die Bestandsaufnahme in Teil B ist Voraussetzung für alle nachfolgenden Leistungsphasen. Für die Analyse werden der Bestand in homogene Gruppen unterteilt und hieraus Referenzgebäude ausgewählt, die repräsentativ für die jeweilige Gruppe sind (Abschnitt B2). Die Bestandsaufnahme umfasst energetische, konstruktive und gestalterische Aspekte. Die Energiebilanz von Einzelgebäuden, Gebäudegruppen und Quartier wurde auf Basis der vorhandenen Gebäudedokumentation und eigener Erhebungen, insbesondere Begehungen von Quartier und Gebäude, in Anlehnung an die DIN V 18599 erstellt (Abschnitt B3). Bei Begehungen wurden Thermogramme der thermischen Gebäudehülle angefertigt. Die Stärke der Außenwände wurde gemessen und der Aufbau stellenweise durch Bohrungen erhoben.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme werden Siedlungsebene (Erscheinungsbild), Hausebene (Thermische Zonierung, Barrierefreiheit), Thermische Gebäudehülle (TGH) und Technische Gebäudeausrüstung (TGA) betrachtet (Abschnitt B1). Die Untersuchungsbereiche gehen über ein reines energetisches Sanierungskonzept hinaus. Zur Erreichung der Zielsetzung, die denkmalpflegerische, baukulturelle, wohnungswirtschaftliche und soziale Belange einbezieht, sind sie allerdings sinnvoll und notwendig.

Der Ausgangszustand der Gebäude in den Gruppen wird dokumentiert und bezogen auf den Gesamtbestand von 77 Gebäuden dargestellt. Damit liegen eine plausible Zustandsbeschreibung der wichtigsten Kriterien und die aktuelle Gesamtenergiebilanz der Bahnheim-Siedlung vor.

### Ergebnis: Zustandsbeschreibung, Gesamtenergiebilanz

### C Maßnahmenentwicklung

In Teil C werden für die Gebäudegruppen konkrete Maßnahmen zur energetischen Sanierung entwickelt. Abschnitt C1 betrachtet gebäudebezogene Maßnahmen in den Bereichen Thermische Gebäudehülle (TGH) und Technische Gebäudeausrüstung (TGA). In Abschnitt C2 werden mögliche Energieversorgungskonzepte für das Quartier in neun Varianten dargelegt. Weitere bauliche Maßnahmen ohne (direkten) Einfluss auf die energetische Qualität des Quartiers beschreibt Abschnitt C3. Die jeweiligen Maß-

nahmen werden dargestellt und bewertet. Zusätzlich erfolgt eine weitergehende Reflexion und Konkretisierung mit Eingrenzung der energetischen Effekte. In Abschnitt C4 wird die zu erwartende Energiebilanz des Quartiers aufgestellt. In Abschnitt C5 erfolgt die Identifikation, Analyse und Bewertung von Erfolgs- und Hemmnisfaktoren während Planung, Durchführung und Nutzung unter Einbindung der relevanten Interessensgruppen. Ergebnis ist die Beschreibung des Zielzustands und der damit einhergehenden Energiebilanz (nach Sanierung) der Bahnheim-Siedlung.

#### **Ergebnis: Beschreibung Zielzustand, Gesamtenergiebilanz, Prioritäten**

#### **D Wirtschaftlichkeitsberechnung**

In Teil D wird das Gebot der Wirtschaftlichkeit (Baukosten, Nutzungskosten, Lebenszykluskosten, Fördermittel und -wege) als weiteres Kriterium einbezogen. In Abschnitt D1 wird der Maßnahmenkatalog mit Ausführungsvarianten, Vorgehensweise, Prioritäten und Meilensteinen für die organisatorische Umsetzung des Quartierskonzepts abgeleitet. Der Maßnahmenkatalog bildet die Grundlage für die abschließende Wirtschaftlichkeitsberechnung (Abschnitt D4) und Machbarkeitsanalyse (Abschnitt D5). Dabei werden auch Maßnahmen der Erfolgskontrolle aufgezeigt.

#### **Ergebnis: Maßnahmenkatalog, Wirtschaftlichkeitsberechnung, Machbarkeitsanalyse**

#### **E Kommunikation, Marketing**

Teil E geht auf die wichtigen Aspekte Kommunikation und Marketing ein. Durch erfolgreiche Kommunikation und Marketing sollen Akzeptanz, Interesse und bestenfalls Begeisterung bei bestehenden und möglicherweise neu hinzukommenden Nutzergruppen sowie in der allgemeinen Öffentlichkeit erreicht werden. Hierzu wurden im Rahmen des Projekts neben dem Abschlussbericht Schautafeln und Handreichungen erstellt, mit denen die Maßnahmen und Effekte sowie der Zeitplan und Meilensteine bis zur Erreichung des Zielzustands anschaulich gemacht werden.

#### **F Fazit und Ausblick**

Teil F enthält die illustrierten Forschungsergebnisse und einen Ausblick auf mögliche Folgeprojekte während der Umsetzung des integrierten Quartierskonzepts Bahnheim.

#### **Ergebnis: Abschlussbericht, Schautafeln, Handreichungen (MS-Powerpoint)**

## B Bestandsaufnahme

### B1 Erhebung und Bewertung des Ist-Zustandes

Zur Erhebung des IST-Zustandes wurden 47 Gebäude aller Gruppen teilweise mehrfach von unterschiedlichen Fachleuten aus dem Projektteam begangen und Befunde wie Wandstärken, Wandaufbau, Zustand von Türen, Fenstern und Treppenhäusern sowie Zustand und Dämmung von Keller und Dachgeschossen dokumentiert. Zur Bestimmung der Materialität der Außenwände wurden Bohrungen an Gebäuden durchgeführt. Die thermischen Eigenschaften der Außenhüllen wurden für nahezu alle Gebäude an allen zugänglichen Seiten durch Thermogramme erfasst. Übersichten über Gebäudegeometrie (Länge, Breite, Höhe, Deckenhöhe) sowie Qualitäten und Einbaujahre der Heizungsanlagen und Fenster wurden durch die Bahnheim eG für alle Gebäude und Mieteinheiten bereitgestellt. Verbrauchsdaten für Wärme und Strom wurden durch den Versorger SW Kaiserslautern (SWK) für den Zeitraum von drei Jahren (2011, 2012, 2013) pro Gebäude übermittelt. Darüber hinaus wurde im August 2014 eine Bewohnerbefragung mit allen 369 Bewohnern durchgeführt. Für das vorhandene Interesse der Bewohner am Quartierskonzept spricht der hohe Rücklauf von 129 Fragebögen (ca. 35 %).

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme werden in den folgenden Bereichen beschrieben:

- Siedlungsebene (Erscheinungsbild)
- Hausebene (Thermische Zonierung, Barrierefreiheit)
- Thermische Gebäudehülle (TGH)
- Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

#### Siedlungsebene (Erscheinungsbild)

Die Bahnheim-Siedlung stellt als gut erhaltenes Gesamtensemble in baukultureller Hinsicht eine große Bereicherung für ihre Bewohner, die Stadt Kaiserslautern und die Region dar. Die in den 1920er Jahren erbaute, nach dem zweiten Weltkrieg wieder aufgebaute Siedlung steht seit 1989 als Denkmalzone der Stadt Kaiserslautern unter Schutz. Sie gilt als Gesamtensemble mit besonderem kulturellem Wert. Das ursprüngliche Gesamtbild der Siedlung als gartenstadtähnliche Anlage ist grundlegend erhalten geblieben, die Siedlung wird von der Bewohnerschaft gut angenommen. Einzelne Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen, die vornehmlich in den 80er und 90er Jahren durchgeführt wurden, führten zu das Gesamtbild mitprägenden Änderungen.

#### **Dächer**

Die Dächer sind zum Teil mit der ursprünglichen Biberschwanzdeckung eingedeckt. Diese wurde in unterschiedlichen Abständen bedarfsweise durch moderne Ziegelformen erneuert. Daraus ergibt sich eine inhomogene Verteilung (bzgl. der Art der Eindeckung), Ansicht und Bewertung der Dächer.

55 der 77 Gebäude weisen je zwei bis zwölf Dachgauben auf. Diese werden in der energetischen Bilanzierung der Einzelgebäude und bei den Maßnahmen (Dämmung Dächer) mitberücksichtigt.

#### **Außenwände**

Bei den Begehungen wurde festgestellt, dass der Originalputz einiger Gebäude Schäden aufweist (Abbildung 1, links/rechts), die Folgeschäden wie Durchfeuchtung des Mauerwerks bedingen könnten. Die sich an die Außenwand anschließenden Sandsteinsockel sind zum Teil von Auswaschungen betroffen bzw. in einem ausbesserungsbedürftigen Zustand (Abbildung 1, Mitte).



Abbildung 1: Bauschäden Bahnheim (eigene Darstellung)

### Fenster, Türen, Briefkästen

Im Zuge von Instandhaltungsmaßnahmen wurden von den 3.079 Fenstern<sup>3</sup> und 82 Eingangstüren Teile gegen zeitgemäße Konstruktionen getauscht, Vordächer wurden zum Schutz der Hauseingänge eingebaut und Briefkästen in Außenwände oder Eingangstüren integriert.

Bei den Originalfenstern handelte es sich um ein- und zweiflügelige Holz-Sprossen-Fenster mit Einfachverglasung und relativ geringem Rahmenanteil. Heute sind diverse Kunststoff-Fenster-Typen unterschiedlicher Jahrgänge mit Rahmenanteilen von bis zu 60 % verbaut (Abbildung 3). Art und Verschiedenartigkeit der verbauten Fenster haben Einfluss auf das Gesamtbild der Siedlung. Die Fenster sind zu großen Teilen mit Rollläden ausgestattet.

Hauseingangstüren waren ursprünglich kräftige Holztüren, die mit der Zeit gegen verschiedene funktionale Türkonstruktionen mit geringerem Wartungsaufwand ausgetauscht wurden (Abbildung 3).

Die Sandsteingewände sind dreidimensional ausgebildet und farblich abgesetzt. Sie tragen ebenfalls zum charakteristischen Erscheinungsbild des Ensembles bei (Abbildung 2).



Abbildung 2: Typischer Sandsteingewand (eigene Aufnahme)



Abbildung 3: Typische Fenstergestaltung im Bahnheim (eigene Darstellung)

Die meisten Hauseingänge liegen an der von der Straße abgewandten Gebäudeseite, sodass das Gesamtbild der Siedlung von der Hauptansicht nur in geringem Maße durch die Eingangsanlagen beeinflusst wird.

**Da es sich um eine Denkmalschutzzone handelt, sollten alle aus energetischer, funktionaler und ökonomischer Sicht sinnvollen Maßnahmen stets im Kontext des Gesamtensembles getroffen werden.**

<sup>3</sup> Von den 3.079 Fenstern sind 2.166 größer und 599 kleiner als 1 m<sup>2</sup>. Hinzu kommen 314 Fenstertüren.





Abbildung 4: Außentüren im Bahnheim (eigene Darstellung)

Vor den Eingängen befinden sich Trittstufen, die i.d.R. nur einen Auftritt tief sind. An einigen Hauseingängen wurden Griffstangen angebracht, um älteren Menschen den Zutritt zu erleichtern (Abbildung 4, links).

### Sonstiges

Neben baulichen Aspekten wurden weitere Aspekte aus dem Quartier dokumentiert, wie z.B. Stellplatzflächen, Grünflächen und Aufenthaltsqualität. Wenngleich diese nicht Gegenstand des Berichts sind, werden auch hierzu Anregungen gegeben (insbesondere Abschnitt C3).

### Hausebene

#### Thermische Zonierung

Die thermische Zonierung ist in den meisten Gebäuden aus den ursprünglichen Baujahren und dem Wiederaufbau der 1950er Jahre vergleichbar (Abbildung 5): Es gibt einen Grundtyp mit zwei thermisch vergleichbaren Varianten. Der unbeheizte Keller ist über das unbeheizte Treppenhaus mit den i.d.R. fünf Wohneinheiten auf drei Geschossen verbunden. Im Dachgeschoss befindet sich meist nur eine Wohneinheit, der ein unbeheizter Speicherraum gegenüber liegt. Vom Speicherraum gelangt man über eine Stiege in den unbeheizten Dachspitz. Die Wohneinheiten grenzen so jeweils an diverse unbeheizte Räume. Allein die Wohnungen im 1. OG sind umgeben

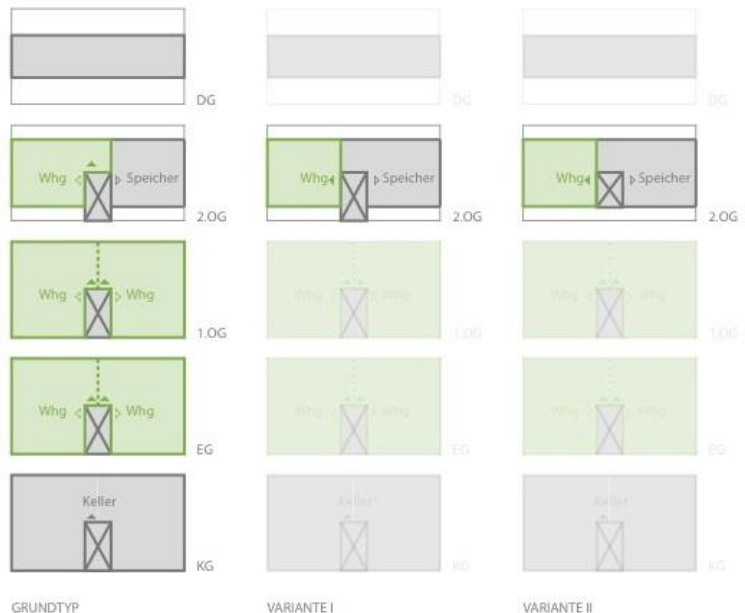


Abbildung 5: Typische Aufteilung der Wohnungen pro Gebäude (eigene Darstellung)

von einer beheizten EG-Wohnung und einer beheizten DG-Wohnung, was sich positiv auf den Heizenergieverbrauch in diesem Wohnungstyp auswirkt. Die in den 1950er Jahren neu errichteten Gebäude unterscheiden sich hinsichtlich der thermischen Zonierung nur dadurch, dass darin sechs statt fünf Wohneinheiten angeordnet sind. Den unbeheizten Dachspitz erreicht man über eine Stiege vom Treppenhaus aus.

Die Zonierung wird in Abschnitt C3 (weitere bauliche Maßnahmen) aufgegriffen.

### **Barrierefreiheit**

Die Erdgeschosse liegen ein halbes Geschoss über Eingangsniveau, sodass innerhalb der Siedlung keine ebenerdigen Wohnungen vorzufinden sind. In manchen Häusern wurden Handläufe ergänzt, um den Zugang zu erleichtern. Es existieren keine auf Straßen- oder Erdgeschossniveau angelegten Abstellräume für Rollatoren oder Kinderwagen. Ebenso sind keine elektrischen Hilfen zum Etagenwechsel vorhanden.

Auf den Aspekt der Barrierefreiheit soll im Rahmen dieses Konzepts nicht näher eingegangen werden. Im Rahmen der Modernisierung des Quartiers sollte er mit beachtet werden.

### **Thermische Gebäudehülle (TGH)**

Die (thermische) Gebäudehülle ist in Teilen stark sanierungsbedürftig. Eine nutzungszyklusbedingte Sanierung ist unabhängig von einer energetischen Sanierung bereits angestrebt. Aus energetischer Sicht ist es sinnvoll, die thermische Gebäudehülle (Dach, Außenwand, Fenster, Kellerdecke) zu optimieren sowie die Kontaktflächen der thermischen Zonen untereinander zu bearbeiten. Die Optimierung der Gebäudehüllflächen zielt auf Reduktion der Energieverluste und Maximierung der möglichen solaren Gewinne ab.

Im derzeitigen Zustand ergeben sich aus Material und Dicke von Außenwänden, Dächern und Kellerdecken folgende Spannen von Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten, Tabelle 1).

	Außenwand		Dach		Kellerdecke	
	Material	Dicke [cm]	Material	Dicke [cm]	Material	Dicke [cm]
Äußerste Schicht	Putz	0,5-3,5	Dach- deckung	3-4	z.T. Dämmung	0-12
2. Schicht	Mauerwerk	30-52	Lattung/ Luft	3	Kappen-/ Massiv- decke	≈30
3. Schicht	-	-	Sparren/ Luft, z.T. Dämmung	12-14	Estrich/ Rahmen (Fehlboden)	0-4/6
Innerste Schicht	Putz	1,5-3	Holzwolle- Leichtbau- platten	1,5	PVC/Dielen/ Linoleum	0,5/1/1
Mittlere U-Werte <sup>4</sup> (1920er/Wieder- aufbau/1950er)	0,96/1,0/0,82 <sup>2</sup>		1,75/1,75/1,3 <sup>2</sup>		1,1/1,1/1,3 <sup>2</sup>	

**Tabelle 1: Aufbau Thermische Gebäudehülle und U-Werte vor Sanierung (eigene Darstellung)**

Die angenommenen U-Werte sind wichtige Eingangsparameter für die Erstellung der Energiebilanzen bzw. thermische Simulationen der Einzelgebäude.

<sup>4</sup> Die U-Werte schwanken analog zu den Aufbaustärken der jeweiligen Gebäude. Die hier angegebenen Werte dienen vor allem (als Mittelwert) zum Vergleich mit den aktuellen Anforderungen.

## Dächer

Die Dachkonstruktionen sind i.d.R. von innen mit zementgebundenen Holzwolle-Leichtbauplatten („Sauerkrautplatten“/HWL) ausgekleidet. Die dahinterliegenden Sparren sind 12 bis 14 cm tief, der Zwischenraum ist i.d.R. ungefüllt. Die auf den Sparren liegende Holzausstattung trägt eine Biberschwanzdeckung oder Dachziegel (vgl. Abbildung 6).

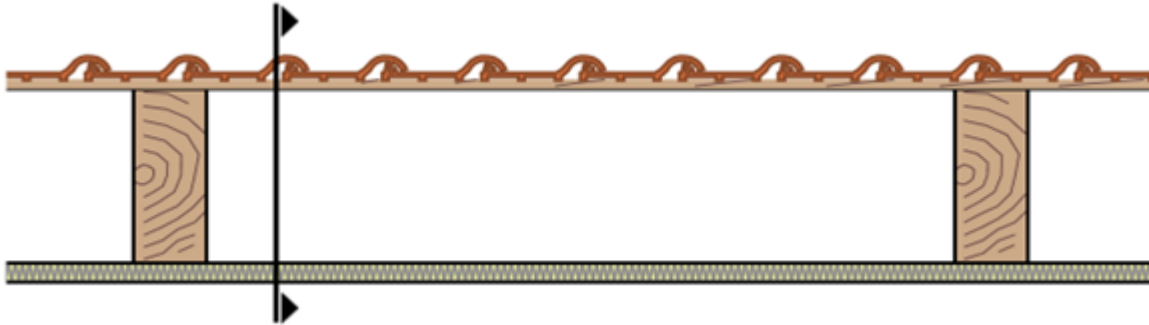


Abbildung 6: Aufbau der Dachkonstruktion (Darstellung: u-wert.net UG)

Wohneinheiten, die an ungedämmte Dachkonstruktionen grenzen, sind aufgrund der ungünstigen Proportion von Gebäudehüllenfläche zu beheiztem Luftvolumen während der Kühlperiode überhitzungsgefährdet und weisen während der Heizperiode hohe Verluste auf.

Die Dachräume sind mit Ausnahme einiger Gebäude ungedämmt. Vorhandene Dämmungen wurden in den letzten Jahren nach geltenden Mindestanforderungen durchgeführt.

Die Dachkonstruktion in Bahnheim 4 stellt eine Ausnahme dar. Hier handelt es sich nicht um ein typisches Holzsparrendach sondern um eine Stahlkonstruktion aus I-Profilen. Bahnheim 4 soll nach Auskunft der Bahnheim eG zeitnah saniert werden.

Tabelle 2 zeigt die in vergangenen Jahren durchgeführten Dämmmaßnahmen:

Maßnahme	2009	2013	2014	2015 (geplant)
Dachdämmung (8 cm; WLS 032)	2a, 4c	48, 49, 51, 53, 56, 60	86, 88	4

Tabelle 2: Bisherige energetische Modernisierungsmaßnahmen (Quelle: Bahnheim eG)

Bei den durchgeführten Dachdämmungen wurde der Raum zwischen den Balken der obersten Geschosdecke mit Dämmmaterial (aus)gefüllt (gedämmt). Hier wurden, lt. Rechnung der Baufirma, 8 cm Dämmmaterial mit einer Wärmeleitstufe (WLS) von 032 eingebracht. Der daraus resultierende zusätzliche thermische Widerstand der gesamten Geschosdecke beläuft sich somit auf  $R = 2,5 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Die Dämmung in diesen Gebäuden bzw. Teilen der thermischen Hülle wird als vollständig, also ohne Lücken, angenommen. Ausnahmen bilden die konstruktiv bedingten Unterbrechungen durch Sparren, Balken, Zwischenwände, Kamine etc.

Liegen zwischen dem Dach und der obersten Wohnung noch (unbeheizte) Speicherräume o.Ä., bildet die oberste Geschosdecke (des obersten beheizten Raumes) die thermische Hülle an dieser Stelle, nicht das darüber liegende Dach. Aus denselben Annahmen ergibt sich analog folgender Aufbau der obersten Geschosdecke (Abbildung 7):

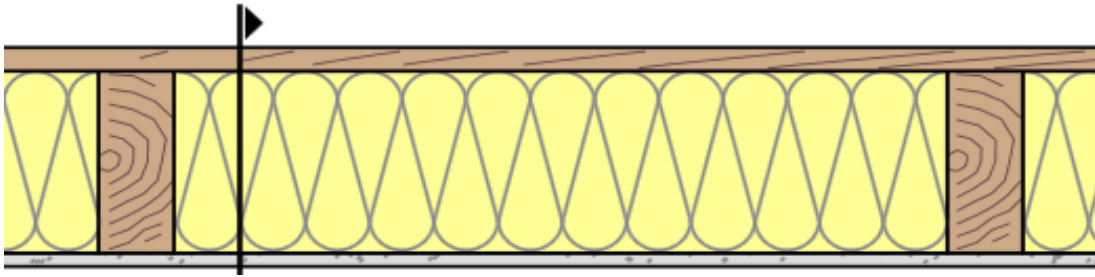


Abbildung 7: Aufbau der obersten Geschossdecke (Darstellung: u-wert.net UG); nicht maßstabsgetreu)

Neben reduzierten Wärmeverlusten verbessert eine Dämmung erheblich den sommerlichen Wärmeschutz der direkt darunter liegenden Wohnungen.

### Bewertung Dächer

Die Dächer befinden sich in einem baulich guten Zustand, vor allem das Gebälk. Die stehende Luftschicht, welche einer Dämmung mit  $U = 1,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  bzw.  $R = 0,64 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  entspricht, kann allerdings nicht zeitgemäßen Anforderungen ( $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) und auch nicht der (veralteten, aber alternativen) DIN 4108-2 standhalten. Die bereits gedämmten Dächer und obersten Geschossdecken genügen den Anforderungen der aktuellen EnEV14.

### Handlungsbedarf Dächer

- Dämmung der obersten Geschossdecke (OGD) bzw. des Daches nach EnEV14 §10 bis 01.01.2016 mit einem (Gesamt)-U-Wert von  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , §24,25 ermöglichen/garantieren eine Begrenzung der Maßnahme auf wirtschaftliche Varianten
- Dämmmaßnahmen am Dach mit Neueindeckung o.Ä. koordinieren
- Dachsanierung wo erforderlich

### Außenwände

Die Außenwandkonstruktionen weisen je nach Baualter der Gebäude Wandstärken zwischen 30 und 52 cm auf. Der Sockel aus lokalem rotem Sandstein ist vorgesetzt.

Zur Bestimmung des Aufbaus der Außenwände wurden Bohrungen an den Gebäuden Bahnheim 3 (Baujahr 1924 - Wiederaufbau), 25 (Baujahr 1924), 26 (Baujahr 1924) und 86 (Baujahr 1956) durchgeführt (Tabelle 3). Die Bohrungen geben Aufschluss über eingesetzte Baustoffe und ermöglichen die Ableitung von Eigenschaften wie Dichte und Wärmeleitfähigkeit.

Hausnummer	Treppenhaus EG	Treppenhaus 2. OG	WE 2. OG (Ost, West)
3	X	X	
25	X	X	
26			X
86	X	X	

Tabelle 3: Überblick über durchgeführte Bohrungen (eigene Darstellung)

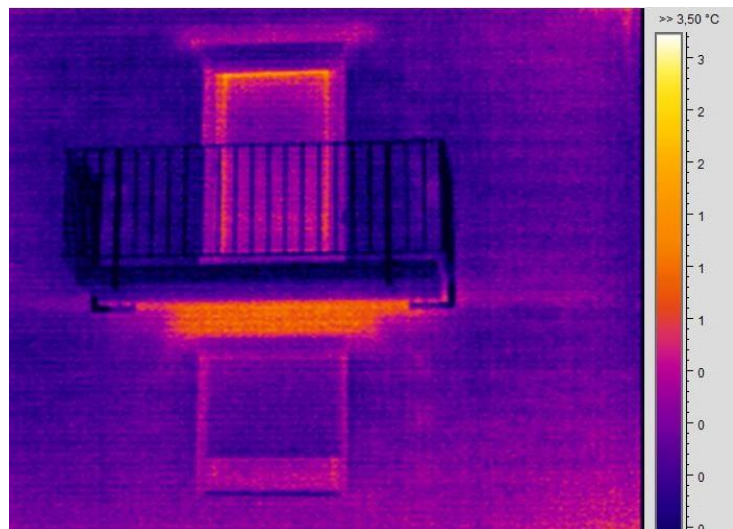
Die Bohrungen in Bahnheim 3, 25 und 26 sowie die Untersuchung der äußeren Außenwandoberfläche in Bahnheim 3 (Putzschaden, Bild 2 in Abbildung 8) lassen darauf schließen, dass beim Wiederaufbau in

den 1950er Jahren ähnliches, poröses Material mit körnigen Zuschlägen wie beim ursprünglichen Bau in den 1920er Jahren eingesetzt wurde.



**Abbildung 8: Bohrungen und Bohrmehl (eigene Darstellung)**

Die Außenputzschichten sind in Bahnheim 3 dicker als üblich, das Bohrmehl der Putzschicht ist rötlich gefärbt. Das Mehl des Mauersteins hat eine weißlich bis gräuliche Farbe. Die Durchführung der Bohrung führt zu der Annahme, dass die Steine sowie der Putz eine relativ geringe Rohdichte aufweisen. Die Bohrlöcher können durch Reibung mit einem Gegenstand, z.B. mit dem Finger, problemlos erweitert werden. Bei dem porösen Material handelt es sich um Leichtbeton, der als Leichtbetonmauerwerk seit den 1920er Jahren vielfach in der Region verbaut wurde, oder Kunstbims, ebenfalls ein lokales Produkt. Die Wärmeleitfähigkeit des Steines dürfte bei ca.  $\lambda=0,52 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  liegen. Dies bedeutet eine Spanne der U-Werte von  $1,34 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$  bis  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$ .



**Abbildung 9: Thermogramm einer typischen Wärmebrücke (heller Bereich direkt unter dem Balkon) bei auskragenden Balkonen und Stürzen (oben Mitte) (eigene Aufnahme)**

Wandaufbau und Material der Außenwände von Gebäude 86 sind typisch für die Gebäude 82-92. Der angenommene U-Wert liegt bei  $0,82 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$ .

Die 1950er-Jahre-Häuser 2a, 2b, 4a, 4b, 4c, 17a, 17b und 74 bis 92 weisen auskragende Balkone auf, die am Anschluss zur Außenwand Wärmebrücken bilden. Dieser Effekt verstärkt sich mit Wärmebrücken im Bereich der Rollladenkästen und Stürze (Abbildung 9).

### Bewertung Außenwände

Alle Wände (außer Giebelwand Bahnheim 17a; Richtung Pariser Str.) weisen eine für heutige Verhältnisse hohe Wärmeleitfähigkeit auf. Mehrere Gebäude müssen verputzt werden, um Feuchteschäden oder Absprengungen während Frostperioden zu vermeiden.

Die sich an die Außenwand anschließenden Sandsteinsockel sind zum Teil von Auswaschungen betroffen bzw. ausbesserungsbedürftig.

## Handlungsbedarf Außenwände

- Wärmedämmung (außen bei nicht-denkmalgeschützten Gebäuden; eventuell innen bei denkmalgeschützten Gebäuden, je nach Wirtschaftlichkeit (Teil D))
- Dämmputz (bei denkmalgeschützten Gebäuden) bei anstehendem Neuverputzen und Altputzstärke >2 cm
- Sockelausbesserung

## Fenster, Außentüren, Briefkästen

Fenster bilden den thermischen Raumabschluss nach außen und müssen in jedem Fall energetischen Aspekten wie dem Wärmeschutz genügen. Aufgrund der Einbaujahre ist davon auszugehen, dass es sich bei den Fenstern im Bahnheim flächendeckend um Zweifach-Isolierverglasung mit einem U-Wert  $U_w$  um  $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^5$  handelt. Das Einbaujahr der Fenster spielt eine beträchtliche Rolle, da deren Dichtheit über die Zeit nachlässt. Hohe Rahmenanteile bedeuten geringere solare Gewinne und eine geringere Lichtausbeute im Raum, was den Energiebedarf erhöhen kann. Fenster haben somit einerseits Einfluss auf die Erscheinung des Gebäudeensembles und darüber hinaus direkten Einfluss auf die Energiebilanz der Häuser.

Die Außentürkonstruktionen sind aus energetischer Sicht von untergeordneter Bedeutung, denn diese stellen nur den thermischen Abschluss vom unbeheizten Treppenhaus nach außen dar. Die Türen mit ins Türblatt eingeschnittenen Briefkästen führen zu einer erhöhten Undichtigkeit und Verlusten durch Auskühlen des unbeheizten Treppenraumes (Lüftungswärmeverluste). Transmissionswärmeverluste, also der Wärmetransport durch das Material, treten vor allem bei Metalltüren und Türen mit großem Glasanteil auf. Für die drei Außentürarten (Abbildung 4) werden aufgrund der Literatur U-Werte von 3,5 bis  $5,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (Metalltür) bzw. 1,7 bis  $2,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (Holztür) angenommen.<sup>6</sup> Die Außentüren und ins Mauerwerk eingelassene Briefkästen, die Wärmebrücken darstellen, sollten aus energetischer Sicht optimiert werden.

## Bewertung Fenster

Die aktuell verbauten Fenster mit den Einbaujahren 1982 bis 1992 weisen einen U-Wert um  $U_w = 2,8 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$  auf. Der Einbau zeitgemäßer Fensterkonstruktionen mit halb so großen U-Werten ist aus wärmeschutztechnischen Gründen sinnvoll. Der Einbau neuer Fenster mit niedrigen U-Werten kann bei gleichbleibendem U-Wert der Außenwandbauteile jedoch zu Feuchteproblemen an den Innenoberflächen der Außenwandbauteile führen, da Kondensatbildung nicht mehr an der Glasscheibe sondern am opaken Bauteil erfolgt. Fensterkonstruktionen, die neben optimiertem Wärmeschutz höhere solare Gewinne (geringer Rahmenanteil/hohes Gesamtenergiedurchlassgrad) sowie einen ständigen Luftwechsel (regulierbarer Luftstrom mit Wärmerückgewinnung) ermöglichen, wären zielführend. Im Zuge eines Fensteraustauschs sollte das äußere Erscheinungsbild des Quartiers aufgewertet bzw. harmonisiert werden.

---

<sup>5</sup> Der U-Wert des gesamten Fensters ( $U_w$ ), EnEV-konform bezogen auf das Normmaß (1,23 m x 1,4 m), beträgt im Mittel  $2,8 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ .

<sup>6</sup> Vgl. HMULV (2011), S. 10.

### Bewertung Außentüren

Zustand und energetische Qualität entsprechen dem Baualter. Außentüren sollten aus energetischer Sicht (und auch aus Gründen des Denkmalschutzes) gegen einheitliche Türen entsprechend aktuellen energetischen Anforderungen ausgetauscht werden. Besonders Metalltüren stellen eine energetische Schwachstelle dar, da sie zum einen kaum thermischen Widerstand bieten, zum anderen sich bei Kälte „zusammenziehen“ und Schlitz bilden. Über diese Schlitz entweicht warme Luft aus den Treppenhäusern und trägt zur Auskühlung der Wohnungen bei. Zudem kommt es zum Wasserausfall, wenn warme, feuchte Luft auf kalte Oberflächen trifft, der Schimmelbildung befördert.

### Bewertung Briefkästen

Die Briefkästen in Türen und Außenwänden stellen eine geringe thermische Schwächung dar. Bei den Außenwänden wird die energetisch wirksame Wandstärke reduziert. Bei Briefschlitzen bzw. Briefkästen in Türen wird durch Öffnen und Schließen sowie durch Undichtigkeiten ein Luftaustausch (und somit Wärmeverlust) impliziert.

### Handlungsbedarf Fenster, Außentüren, Briefkästen

- Fensteraustausch, ggf. mit Be- und Entlüftungsmechanik mit Wärmerückgewinnung. Hier sollte auf die Behaglichkeit (Zugluft) der Bewohner geachtet werden, evtl. nur in einigen Räumen Fenster mit Lüftungsmechanik (Denkmalschutz beachten!)
- Türaustausch je nach Art und Zustand (Denkmalschutz beachten!)
- Austausch der eingelassenen Briefkästen gegen vorgestellte Briefkästen

### Unbeheizte Bereiche (Treppenhäuser, Keller)

Die Treppenhäuser sind in deren Grundstruktur erhalten geblieben. Sowohl Stein- als auch Holztreppenhäuser sind im Quartier zu finden. Die Holztreppenhäuser wurden in den zurückliegenden Jahrzehnten mit Beschichtungen wie Laminat auf den Laufflächen und Kantenschutz-Profilen versehen. Die Steintreppenhäuser befinden sich in großen Teilen im originalen Zustand. Aufgrund der hohen Masse können sie während der Kühlperiode zum sommerlichen Wärmeschutz beitragen. Während der Heizperiode sind sie auf Energiezufuhr angewiesen. Der Einfluss der Treppenhäuser selbst auf die energetische Qualität der Gebäude ist insgesamt gering.

Kellertüren, die den Abschluss zwischen Treppenraum und Kellerraum bilden, befinden sich entweder am Austritt oder am Antritt der Kellertreppe. Sie bestehen aus Holz mit einfachen Verzierungen bzw. Glaseinlässen. Die meisten Türen weisen eine hohe Undichtigkeit auf, sodass im unsanierten Zustand der Kellerraum thermisch zum Treppenraum gezählt werden kann. Die Wohnungseingangstüren sind nur zum (geringen) Teil bereits ausgetauscht worden, die Dichtigkeit ist hier erhöht, sodass die beheizten Wohnungen nur im geringen Maße konvektive Verluste an den Treppenraum zu verzeichnen haben.

Die Keller weisen unterschiedliche Kellerdeckenaufbauten auf. Zum einen finden sich monolithische Deckenaufbauten, vor allem in den Gebäuden der 1950er Baujahre, zum anderen Kappendecken (Abbildung 10). Die Deckenaufbauten weisen U-Werte von 0,8 bis 1,3 W/(m<sup>2</sup>\*K) auf.<sup>7</sup> Diese sind auch abhängig von der Schüttung in Kappendecken, die im Bahnheim als sehr inhomogen angenommen werden kann.

---

<sup>7</sup> Vgl. IWU (2011, 2013), S. 120-122.

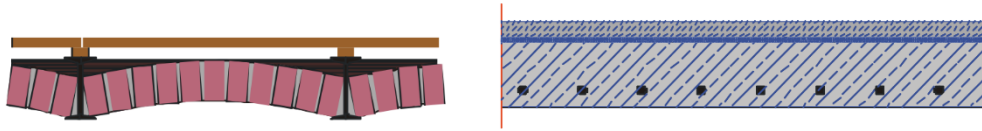


Abbildung 10: Aufbau Kellerdecke: L: Kappendecke (gemauert) R: Massivdecke (Beton) (Darstellung: IWU)

Feuchte Kellerwände wurden z.T. bereits trocken gelegt (Vertikalsperre z.T. mit Perimeterdämmung).

Der Boden der im Keller angeordneten zum Teil aktiv genutzten Gemeinschafts-Waschräume mit Trockner und Waschmaschinen ist betoniert. Die Wände sind zum Teil mit feuchteresistentem Spezialputz verputzt. Ein Teil der Waschräume weist den ursprünglichen gepflasterten Zustand auf.

Im Bereich der Keller wurde in acht Gebäuden die unterste Geschossdecke von Kellerseite her gedämmt (Tabelle 4). Hier wurde lt. Rechnung der Baufirma ein Material mit WLS 035 benutzt. Die Dämmstärke beträgt grundsätzlich 12 cm, ist aber an Stellen mit geringer lichter Raumhöhe (z.B. bei Kappendecke im Bereich der Stahlträger) geringer. Der daraus resultierende zusätzliche thermische Widerstand (mit Ausnahme der reduzierten Dämmstärken) beläuft sich somit auf  $R = 3,4 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ .

Maßnahme	2009	2013	2014	2015 (geplant)
Kellerdeckendämmung (12cm; WLS 035)	-	48, 49, 51, 53, 56, 60	86, 88	4

Tabelle 4: Dämmmaßnahmen Kellerdecke

Die Dämmung in diesen Gebäuden bzw. Teilen der thermischen Hülle wird als vollständig, also ohne Lücken, angenommen. Ausnahmen bilden die konstruktiv bedingten Unterbrechungen durch Sparren, Balken, Zwischenwände, Kamine etc.

### Bewertung Treppenhäuser

Die Treppenhäuser befinden sich in unterschiedlichen (Sanierungs-)Zuständen. Der Einfluss der Treppenhäuser auf die energetische Qualität ist gering.

### Bewertung Keller

Die Keller weisen i.d.R. eine für Altbauten typische Feuchtigkeit auf. Die begonnene Isolierung der Kellerdecken sollte fortgesetzt werden, da sie effektive Wirkung zeigt. Der Ausbau der bislang ungenutzten Kellerräume zu sauberen, gut belüfteten Waschräumen ist empfehlenswert.

### Handlungsbedarf Treppenhäuser, Keller

- Trockenlegung, Kellerdeckendämmung sofern nicht bereits vorhanden

### Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

Bei Betrachtung der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) wird im Folgenden auf Wärmeversorgung (Heizsystem, Warmwasserbereitung), Hauselektrik, Lüftungsanlagen, Sanitäreanlagen, Wasserversorgung/-entsorgung, Aufzüge, Brandmelder sowie Fernmelde- und informationstechnische Anlagen eingegangen.

### Wärmeversorgung

Seit den 1980er Jahren gab es wesentliche Fortschritte im Bereich der Heizkesseltechnik. Dies war die Einführung von außen temperaturabhängigen Niedertemperaturkesseln (NT) in den 1980er Jahren (85-



88 % Nutzungsgrad). In den 1990er Jahren wurde mit der Brennwerttechnik die Ausnutzung der Brennstoffe nochmals deutlich gesteigert (95-98 % Ausnutzungsgrad, bzw. 100-102 % bei Flächenheizungen). Zudem steigt durch die Erfahrungen aus früheren Produkten der Nutzungsgrad der neuen Heizkessel kontinuierlich an. Somit kann folgende Gruppierung abgeleitet werden<sup>8</sup>:

- <5 Jahre: Die Kessel sind quasi neuwertig und entsprechen größtenteils den aktuellen Produkten
- 5-12 Jahre: Die Kessel weisen leichte Defizite gegenüber neuen Produkten auf, allerdings würden die Anschaffungskosten für einen neuen Kessel dessen Einsparungen übersteigen. Altersbedingt nimmt die Zuverlässigkeit der Anlage ab.
- >12 Jahre: Die Kessel entsprechen aufgrund technischer Neuerungen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik. Es ist zu erwarten, dass sich die Investition bei sofortigem Austausch über Einsparungen amortisiert. Der Austausch ist somit zu empfehlen. Altersbedingt nimmt die Zuverlässigkeit der Anlage deutlich ab.
- >30 Jahre: Kessel, die älter als 30 Jahre sind, müssen ausgetauscht werden (§10 Abs.1 EnEV). Ausnahmen bilden Brennwert- und Niedertemperaturkessel, sowie Kessel unter 4 kW.

Der resultierende Heizwärmebedarf wird durch Gasetagenheizungen (wohnungsweise) gedeckt. Diese werden durch die Bahnheim eG in regelmäßigen Abständen auf den jeweils aktuellen Stand der Technik erneuert. Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden Daten und Statistiken der Bahnheim eG ausgewertet. Die meisten Heizungsanlagen (ca. 57 %) sind unter zwölf Jahre alt, hier besteht kein direkter Handlungsbedarf, die zu erwartende verwendete Brennwerttechnik entspricht dem aktuellen Stand der Technik (Abbildung 11). Ca. 30 % der Heizungen sind zwischen zwölf und 20 Jahren alt. 12 % der Heizthemen sind über 30 Jahre alt und müssen ab dem 1. Januar 2015 nach EnEV14 ausgetauscht werden.

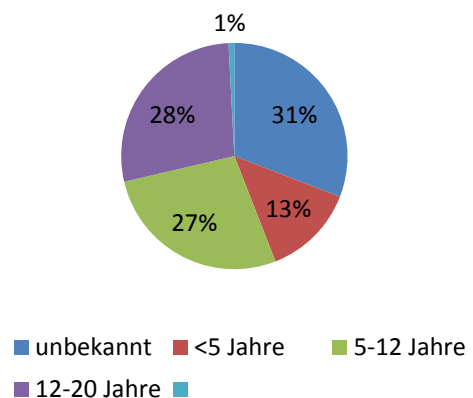


Abbildung 11: Heizungsanlagen nach Einbualter (Quelle: Bahnheim eG)

Die Heizkörper entsprechen dem Stand der letzten Sanierung und weisen somit eine große Bandbreite zwischen alten und neuen Heizkörpern auf. Bis auf eine gewerblich genutzte Einheit (Bahnheim 17b) sind alle Heizkörper Konvektionsheizkörper („Radiatoren“).

Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral durch die Gasetagenheizungen. Sonstige Anlagen zur Warmwassererzeugung sind nicht bekannt.

### Bewertung Wärmeversorgung

Der Großteil der Heizungsanlagen entspricht dem Stand der Technik (Brennwerttechnologie). 12 % der Heizungsanlagen müssen und 30 % sollten zeitnah, im Zuge der Sanierung, ersetzt werden. Mit alternativen Energieversorgungskonzepten könnten voraussichtlich weitere signifikante Einspareffekte erzielt werden (Abschnitt C2).

<sup>8</sup> Vgl. EA NRW (o.J.), S. 8.

## Handlungsbedarf Wärmeversorgung

- Prüfung alternativer Energieversorgungskonzepte (Abschnitt C2)
- Heizungsanlagen bei Bedarf austauschen (§10 Abs.1 EnEV)
- Warmwasserbereitung bei Bedarf anpassen (Abschnitt C2)

## Hauselektrik

Die elektrischen Installationen entsprechen dem Standard zum Zeitpunkt des Einzuges des letzten Mieters (Angabe Bahnheim eG). Bei jedem Mieterwechsel bzw. Auszug wird die Wohnung an aktuelle Ansprüche angepasst. Die Hauselektrik ist im Detail nicht Gegenstand der Untersuchung, sollte aber bei einer Sanierung immer auf den aktuellen Stand der Technik gebracht werden.

## Be- und Entlüftung

Elektrische bzw. geregelte Lüftungsanlagen sind nirgendwo im Quartier vorhanden. In manchen Gebäuden sind kleine Lüftungsrohre zur unkontrollierten mechanischen Lüftung installiert.

## Bewertung Be- und Entlüftung

Die Be- und Entlüftung der Wohnungen erfolgt zurzeit über den natürlichen Luftwechsel sowie zum kleinen Teil über zusätzliche Lüftungen. Wird die natürliche Lüftung durch Sanierung, v.a. der Fenster und Außenwand, stark reduziert, muss eine ausreichende natürliche Lüftung nachgewiesen werden. Dabei besteht nach aktueller Rechtsprechung eine Aufklärungspflicht des Eigentümers gegenüber Mietern (siehe Abschnitt E2).

## Handlungsbedarf Be- und Entlüftung

- keine Lüftungstechnik, ggf. Be- und Entlüftungsmechanik mit Wärmerückgewinnung

## Sanitäreanlagen

Nassräume und Sanitäreanlagen werden bedarfsweise bei Mieterwechseln erneuert. Sie sind kein Gegenstand dieser Untersuchung.

## Wasserversorgung/-entsorgung

Die Gebäude werden über das öffentliche Wassernetz mit Wasser und Abwasser versorgt. Dieser Aspekt ist im Weiteren nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

## Bewertung Wasserversorgung/-entsorgung

Die bestehende Ver- und Entsorgung von Wasser sollte im Rahmen der Sanierungen auf den aktuellen Stand gebracht werden. Durch die Installation eines Grauwassersystems können grundsätzlich anfallende Regenwassermengen zur Spülung von WCs genutzt und dadurch Trinkwasser eingespart werden. Andererseits können die Mieter nicht zum Gebrauch von Regenwasser zum Wäschewaschen gezwungen werden. Folglich muss ein zweites(, paralleles) System installiert und betrieben werden. Den so zusätzlichen laufenden Kosten, vor allem den Kosten für den Pumpenstrom, stehen also nicht sicher alle möglichen Einsparungen entgegen. Zudem sind hierfür weitere Erdarbeiten (Installation von Zisternen) nötig, die quartiersübergreifend installiert werden können. Aus diesem Grund ist die Grauwassernutzung nicht weiter Teil der Untersuchung.

## Handlungsbedarf Wasserversorgung/-entsorgung

- Empfehlung: Sanierung der Wasserleitungen für Ver- und Entsorgung.

### **Aufzüge**

Aufzüge oder andere elektrischen Hilfen zum Etagenwechsel sind in keinem der Gebäude vorhanden. Dieser Aspekt ist im Weiteren nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

### **Brandmelder**

Brandmelder sind nachrichtlich gemäß Bahnheim eG in allen Mieteinheiten installiert und werden durch Dienstleister regelmäßig gewartet. Dieser Aspekt ist im Weiteren nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

### **Fernmelde- und informationstechnische Anlagen**

Das Bahnheim wird zurzeit von Kabel Deutschland mit TV (Kabelanschluss), Telefon und (Breitband-) Internet versorgt. Dieser Vertrag endet lt. Bahnheim eG im Jahr 2017. Im Zusammenhang mit dem Energieversorgungskonzept (Abschnitt C3) wird auf diesen Aspekt erneut eingegangen, da bei Realisierung eines Nahwärmenetzes ggf. Synergien im Bereich der Leitungsführung bestehen. Dieser Aspekt ist ansonsten nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

## **B2 Einteilung der Gebäude in Gruppen/Energetische Bilanzierung Einzelgebäude**

### **Einteilung in Gruppen**

In einem ersten Schritt können die Gebäude im Bahnheim, wie bereits oben geschehen, in zwei Gruppen eingeteilt werden: Gebäude, die vor 1945 errichtet wurden, und Gebäude, die nach 1945 errichtet wurden. Alle Gebäude im Bahnheim sind Mehrfamilienhäuser (MFH). Aufgrund der teilweise geringen Anzahl an Wohneinheiten pro Gebäude werden im Folgenden die Verbräuche von Einfamilienhäusern (EFH) als Richtwerte mit betrachtet. Um eine Gruppe von Gebäuden energetisch zu bewerten, hat sich in Deutschland die Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt Darmstadt (IWU 2011, 2013) etabliert. In dieser Typologie werden Gebäudebestände nach Größe (fünf Gruppen) und Baujahr (zehn Baualtersklassen<sup>9</sup>) untergliedert. Die Untergliederung nach Baualtersklassen orientiert sich an allgemeinen Entwicklungen, die es im Bauwesen bzgl. Materialien und rechtlicher Anforderungen gab (z.B. EnEV). Diese beiden Kategorien lassen sich beliebig kombinieren, also z.B. als Mehrfamilienhäuser zwischen 1919 und 1948. Für jede dieser Kombinationen wurden durch das IWU charakteristische Werte, wie z.B. Wandaufbauten, Verbräuche, Sanierungsmaßnahmen, flächendeckend erhoben. Tabelle 5 beschreibt die Systematik für die Eingruppierung der Gebäude im Bahnheim mit den zugehörigen Referenzverbrauchswerten. Die Referenzwerte sind in drei Gruppen unterteilt. Der erste beschreibt ein typisches Gebäude, das seit der Fertigstellung nicht saniert wurde („Instandhaltung“). Der zweite Wert beschreibt den Fall einer moderaten Sanierung, die den jeweiligen aktuellen Standards der letzten Jahre entspricht („konventionell“). Der dritte Wert stellt eine ambitionierte Sanierungsvariante, z.B. mit erhöhter Wärmedämmung, dar („zukunftsweisend“). Dabei kommen besonders weitreichende und aufwändige Maßnahmen zum Einsatz, was sich in den erzielbaren Verbrauchswerten widerspiegelt. Der ambitionierte Wert kann im Falle des Bahnheims als maximaler, für den denkmalgeschützten Teil des Bestands nicht erreichbarer Grenzwert angesehen werden.

---

<sup>9</sup> Zusätzlich bestehen für besondere Gebäudegruppen, wie z.B. Plattenbauten, weitere Klassen.

Merkmale	Vor 1945	Nach 1945
Baualtersklasse (Periode)	C (1919-1948)	D (1949-1957)
Aufbau thermische Hülle	z.B. Steildach aus Holzsparren; Kappendecken (Keller)	z.B. Steildach mit Holzsparren, leeres Gefach, raumseitig Holzwolle-Leichtbauplatten; Stahlträger-/Ortbeton-Decken mit Holzfußboden (Kellerdecke)
Verbrauch nach Sanierungsstand (MFH, EFH; unsaniert/ konventionell/zukunftsweisend) [ $\text{kWh}_{\text{Pri-märEn}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ]	249/143/59 286/160/74	276/146/69 303/192/90
Beheizte Wohnfläche [ $\text{m}^2$ ]	284	350

**Tabelle 5: Systematik und Gruppierung der Gebäude im Bahnheim**

Ein Vergleich der konstruktiven Ausführungen im Bahnheim mit der IWU-Typologie zeigt, dass diese beiden weitestgehend übereinstimmen.

Die in der Bestandserhebung identifizierte dritte Gruppe der wiederaufgebauten Gebäude kann mit der IWU-Systematik nicht abgebildet werden. Sie unterscheidet sich deutlich in den verwendeten Materialien. Optisch fügt sie sich in die Gebäude der 1920er Jahre ein.

Die Eingruppierung der 77 Gebäude resultiert in drei Gruppen:

- Altbauten (1920er Jahre)
- Wiederaufbau (1950er Jahre) und
- Neubau (1950er Jahre)

Die Lage der Gebäude in den drei Gruppen ist in Abbildung 12 dargestellt.

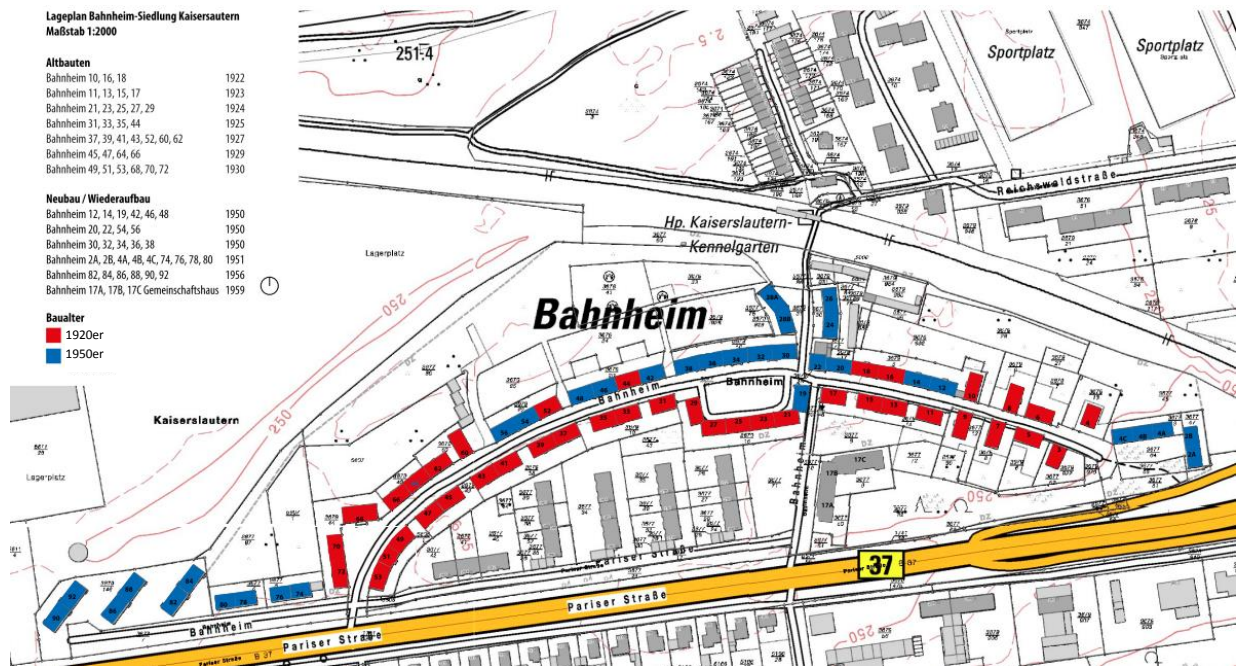


Abbildung 12: Einteilung der Gebäude nach Baultersklasse (IWU) (eigene Darstellung)

### Erhebung und Bereinigung der Verbräuche (Endenergie)

Die energetische Bilanzierung betrachtet den spezifischen Verbrauch von Einzelgebäuden bzw. Blöcken, die anschließend zur energetischen Bilanz des Quartiers aggregiert werden können.

Um die angegebenen Verbräuche (an Endenergie) den (theoretischen) Bedarfen gegenüberzustellen, müssen die Verbräuche erhoben und bereinigt werden. Die Bereinigung umfasst vor allem zwei Maßnahmen:

- **Klimakorrektur:** Da die Außentemperatur einen großen Einfluss auf den Wärmeverbrauch hat, müssen Klimaschwankungen bei der Verbrauchsbewertung mitberücksichtigt werden. Dazu wird der Bedarf mit einem vom Deutschen Wetterdienst (DWD) ermittelten Klima-Korrekturfaktor (KKF) multipliziert. So werden die witterungsbedingten Verbräuche unterschiedlicher Jahre auf ein klimatisches Normjahr bezogen und vergleichbar.
- **Fehlende Daten (Inter- bzw. Extrapolation):** Durch die Wahlfreiheit beim Energieversorger sind einige Verbrauchsdaten bei den Stadtwerken Kaiserslautern (SWK) nicht verfügbar. Da diese in Summe einen verschwindend geringen Anteil < 1 % ausmachen, wird angenommen, dass der Verbrauch den vorhandenen Daten entspricht, also z.B. den Verbräuchen in beiden Vorjahren (Inter- bzw. Extrapolation).

Nach Durchführung dieser beiden Maßnahmen ergibt sich für die vom Energieversorger SWK bereitgestellten Wärmeverbrauchsdaten die Verteilung in Abbildung 13. Die klimakorrigierten, spezifischen Endenergieverbräuche sind darin auf die nach EnEV14 bzw. DIN V 18599 ermittelten Nutzflächen  $A_N$  bezogen und für alle 77 Gebäude im Bahnheim absteigend sortiert. Die Spanne reicht von  $123 \text{ kWh}_{\text{EndEn}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  bis  $242 \text{ kWh}_{\text{EndEn}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Das Gebäude BH 8 erweist sich als Ausreißer mit einem Endenergieverbrauch von  $285 \text{ kWh}_{\text{EndEn}}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Wie in Abschnitt B1 bereits beschrieben, sind in den Jahren 2009, 2013 und 2014 Dächer bzw. oberste Geschossdecken (zehn Gebäude) und Kellerdecken (acht Gebäude) modernisiert worden. Diese Gebäude können im Folgenden mangels Verbrauchswerten vor (2a, 4c) bzw. nach (8, 48, 60, 49, 51, 53, 56, 74, 86, 88) der Modernisierung nicht extra betrachtet werden.

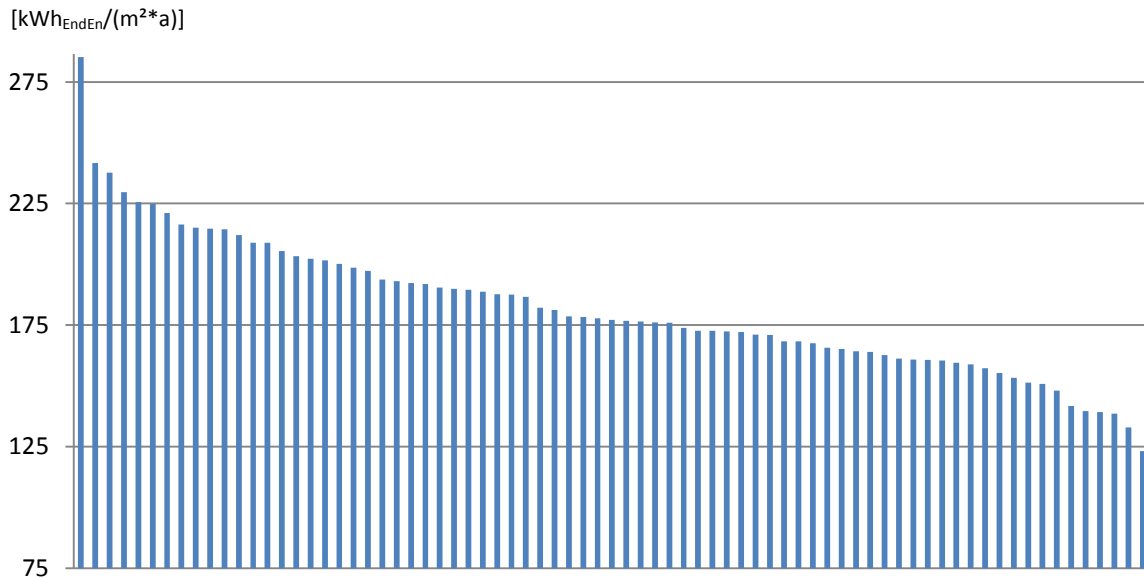


Abbildung 13: Klimakorrigierte, spezifische Endenergieverbräuche (Erdgas) [kWh/(m<sup>2</sup>\*a)] (eigene Darstellung)

### Zusammenfassung der Einzelgebäude in Blöcke

In einem zweiten Schritt werden aus den 77 Einzelgebäuden insgesamt 38 Blöcke gebildet und gegenübergestellt. Blöcke sind diesem Zusammenhang mehrere Gebäude, die mindestens eine Wand mit einem Nachbargebäude teilen (Abbildung 14).



Abbildung 14: Bildung von Gebäudeblöcken (Ausschnitt, eigene Darstellung)

Die spezifischen Wärmeverbräuche der einzelnen Blöcke werden in Abbildung 15 gegenübergestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden diese, wie oben beschrieben, nach Baualtersklassen gruppiert (1920er, Wiederaufbau, 1950er). Die größten konstruktiven Unterschiede resultieren aus den eingesetzten Materialien. Lediglich drei Gebäudeblöcke (BH 18, 24 und 26) wurden auf Grundlage ihres Baualters

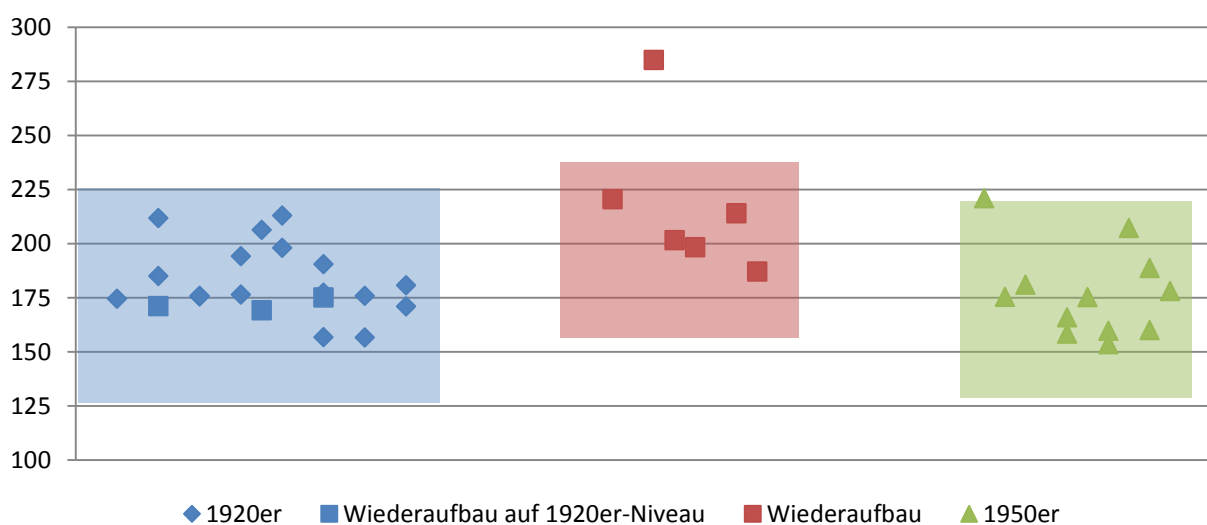
ursprünglich der Gruppe „Wiederaufbau“ zugeordnet, entsprechen aber in baulicher (und somit energetischer) Hinsicht eher den 1920er Gebäuden.

Aus energetischer Sicht stellt diese Betrachtungsweise eine zulässige und sinnvolle Vereinfachung dar, durch die Wärmetransporte zwischen einzelnen Gebäuden, die mit realistischem Aufwand nicht gemessen werden können, implizit abgebildet werden.

### Spezifischer Verbrauch (Endenergie) der Blöcke nach Gruppen

Abbildung 15 beschreibt den spezifischen Verbrauch der Blöcke nach Gruppen. Die hier zugrunde gelegte **Endenergie** beschreibt die Energie, die dem Endverbraucher (hier: Bewohner) vom Energieversorger bereitgestellt und in Rechnung gestellt wird (hier: in Form von Erdgas). Wird das Erdgas in einem Kessel verbrannt, treten Verluste z.B. in Form warmer Abgase auf. Die durch den Kessel bereitgestellte Energie wird als **Nutzenergie** bezeichnet.

Die beobachtbaren unterschiedlichen Verbrauchskennwerte innerhalb einer Gruppe ergeben sich aus der Überlagerung mehrerer Effekte. Hier sind z.B. kleine bauliche Unterschiede (z.B. Erker, Wandstärken), variierende Sanierungszustände, die Anzahl der Nutzer und das individuelle Nutzerverhalten zu nennen. Das Nutzerverhalten hat einen überproportionalen Einfluss bei Gebäuden mit wenigen Bewohnern, z.B. BH 3. Des Weiteren spielen Verschattung und Ausrichtung der Gebäude eine untergeordnete Rolle (je ca. 3-4 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)).



**Abbildung 15: Spezifischer Verbrauch (Endenergie) der Blöcke nach Gebäudealtersklasse (Gruppe) (eigene Darstellung)**

Beim Vergleich mit ähnlichen Gebäuden (IWU-Referenzwerte, Tabelle 6) bzgl. Nutzung, Größe und Baualter zeigt sich, dass die Gebäude geringere Verbrauchswerte als typische Gebäude ihrer Art aufweisen.

Baujahr	Anzahl Gebäude/ Blöcke (Gebäude)	Mittelwert	Min	Max	"Ausreißer"	Primärenergie IST	Referenzwert bei Instandhaltung (Sanie- rung konventionell- ambitioniert) [IWU]	
		(ohne Ausreißer)**						
1920er	Einzelge- bäude	7	182	157	206	x	200	286 (74-160)
	Gebäude- blöcke	10 (25)	185	173	235	13/15; 37/39	203	276 (69-146)
Wieder- aufbau	Einzelge- bäude	7	199	169	221	8	218	303 (90-192)
	Gebäude- blöcke	2 (4)	173	187	188	X	191	262 (69-141)
1950er	Einzelge- bäude	1	179	x	x	X	196	303 (90-192)
	Gebäude- blöcke	11 (33)	170	147	208	74/76	187	262 (69-141)
	<b>Summe</b>	38 (77)	-	-	-	-	-	-

Tabelle 6: Vergleich der Blöcke mit Referenzwerten (in kWh/(m<sup>2</sup>\*a) Endenergie) (IWU 2013, TABULA)

Dies liegt neben der Erneuerung der Fenster (1980er Jahre), vor allem an der kontinuierlichen Erneuerung der Gasetagenheizungen. Die Tabelle unterscheidet zwischen freistehenden Gebäuden (Einzelgebäude) und Gebäudeblöcken. Diesen gehören je nach Altersgruppe 32, 11 bzw. 34 Gebäude an. Diesen Gruppen können die spezifischen Verbräuche der einzelnen Gebäude zugeordnet werden. Um die Streuung der Werte darzustellen, wird neben dem Mittelwert auch das Maximum und Minimum angegeben. Um diese Werte mit ähnlichen Gebäuden (Größe und Baualter) vergleichen (und bewerten) zu können, wird die Tabelle um Referenzwerte ergänzt. Die Referenzwerte werden als **Primärenergie**-Werte angegeben. Diese Kenngröße berücksichtigt neben den Verlusten im Kessel auch diejenige Energie, die nötig ist, um die Endenergie (hier: Erdgas) bereitzustellen. Die Referenzverbrauchswerte sind wie zuvor differenziert nach unsaniertem Zustand sowie (in Klammern) der resultierenden Spanne von konventioneller bis ambitionierter Sanierung.

### **Bewertung Energetische Bilanzierung (Einzelgebäude/Blöcke)**

Der Gebäudebestand im Bahnheim kann aufgrund von Baualter und (Wand-)Aufbauten in drei Gruppen eingeteilt werden (1920er bzw. Wiederaufbau auf 1920er-Niveau, Wiederaufbau, 1950er). Die 77 Gebäude wurden zu 38 Blöcken zusammengefasst. In Gebäuden und Blöcken reicht der spezifische Verbrauch von 147 bis 235 kWh<sub>EndEn</sub>/(m<sup>2</sup>\*a).

Die innerhalb der Gruppen auftretenden Streuungen sind neben dem Nutzerverhalten lagespezifischen Faktoren wie Ausrichtung und Verschattung geschuldet. Bis auf einen Ausreißer können die Gruppen



aus baulicher Sicht als homogen angenommen werden. Dies deckt sich mit Erkenntnissen aus den Begehungen der Gebäude. Der ermittelte Verbrauch liegt in weiten Teilen unter den zu erwartenden Literaturwerten. Dies liegt vor allem an den bereits umgesetzten Maßnahmen (Austausch Heizkessel und Fenster) sowie den begonnenen Dämmmaßnahmen (Dach, Kellerdecke), die sich allerdings erst zum Teil in den Verbrauchsdaten der Jahre 2010, 2011 und 2012 widerspiegeln. Umgekehrt bestehen an allen Gebäuden Optimierungsmöglichkeiten, die durch Denkmalschutz und bauliche Besonderheiten unterschiedlich stark eingeschränkt werden. Als Zielbereich für die Sanierungen sollte mindestens der Wert der konventionellen Sanierung (also: 146-160 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)) anvisiert werden. Für nicht-denkmalgeschützte Gebäude wird der ambitionierte Wert (69-90 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)) nur knapp nicht zu erreichen sein. Hier wäre baulich sogar Niedrigenergiehaus-Standard (<50 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)) möglich. Die bereits begonnenen Maßnahmen (z.B. Kellerdeckendämmung in acht Gebäuden) zeigen deutliche Effekte und geben ein gutes Bild für erreichbare Zielwerte des gesamten Quartiers ab.

### B3 Erstellung der Energiebilanz vor Sanierung (Quartier)

Die Quartiersbilanz resultiert aus der Summe der Bilanzen aller Einzelgebäude. Aus den von SWK übermittelten Daten ergibt sich für das gesamte Bahnheim ein Endenergieverbrauch (über drei Jahre gemittelt und witterungsbereinigt) von ca. 3,71 Mio. kWh/a Endenergie (Erdgas). Dieser Gesamtverbrauch berücksichtigt bisher nur die Haushalte. Für die Erstellung der Energiebilanz des Quartiers werden nun die gewerblichen Verbräuche separat betrachtet. Im Anschluss wird der Stromverbrauch in die Energiebilanzierung auf Quartiersebene mit aufgenommen.

#### Spezifischer Verbrauch (Endenergie) der gewerblichen Mieteinheiten (Quartier)

Neben den 369 Wohneinheiten sind vier gewerblich genutzte Mieteinheiten mit ca. 1.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche im Bahnheim vorhanden. Diese sind zum Teil in die Wohngebäude integriert (Geschäftsstelle Bahnheim eG) oder bilden das Erdgeschoss (Gebäude 17a, b, c). In Kombination mit den bekannten Gebäudegeometrien können ähnlich wie für die Wohngebäude auf die Nutzfläche bezogene Kennwerte gebildet werden. Diese können Referenzwerten (BMVBS) gegenübergestellt werden. Einen Überblick für die Referenzwerte der gewerblichen Mieteinheiten im Bahnheim gibt Tabelle 7.

Geb.	Nutzer	Verbrauch Wärme (Endenergie; bereinigt & gemittelt)	Nutzfläche	Nettogrundfläche (NGF)	Spez. Bedarf	Referenzwert (BMVBS09)
		[kWh/a]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ]	[kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ]	[kWh/m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ]
17a,b	Gewerbe	64.828	216,54	154,67	419	135
17b,c	Gaststätte	101.967	541,77	398,36	256	205
22	Büro BH	50.858	274,1	195,79	260	135
Summe		212.181	1.032	749	-	-

Tabelle 7: Verbräuche und abgeleitete Kennwerte der gewerblichen Mieteinheiten (eigene Darstellung)

Diese Verbräuche summieren sich für die vier gewerblichen Mieteinheiten im Quartier auf 212.181 kWh/a Endenergie.

## Stromverbrauch (Quartier)

Elektrischer Strom wird im Bahnheim ausschließlich über das öffentliche Netz der SWK bezogen. Der Stromverbrauch ist bei Privathaushalten primär von der Anzahl der Bewohner abhängig, es sei denn er wird auch zum Heizen genutzt. Diese Nutzung wird hier als verschwindend geringer Anteil vernachlässigt. Da aus Datenschutzgründen die Verbräuche nur gebäudeweise zur Verfügung stehen, ergibt sich die gemittelte Verteilung gebäudeweise pro Person (siehe Abbildung 16). Die gebäudeweise Bewohnerzahl im Bahnheim wurde über das Einwohnermeldeamt der Stadt Kaiserslautern ermittelt.

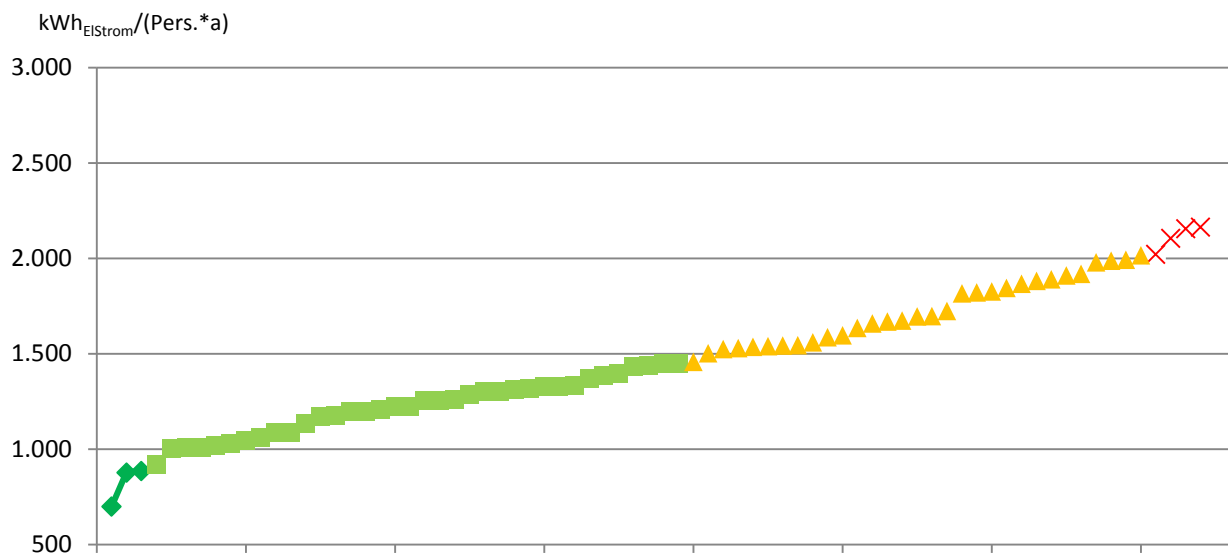


Abbildung 16: Gemittelte, geordnete Stromverbräuche pro Person nach Gebäuden (eigene Darstellung)

Die Berechnung der Verbräuche ist über die Gebäude gemittelt. Es wird empfohlen, dass eine genaue Analyse von jedem Haushalt selbst durchgeführt wird. Grundlage der Bewertung des eigenen Strombedarfs sind die Verbrauchsabrechnung pro Wohnung und die Anzahl der Bewohner. Der Strombedarf muss wohnungsweise geprüft und kann an Hand der folgenden Tabelle 8 bewertet werden. Erste Hinweise über Stromverbräuche in den Haushalten gab die im August 2014 durchgeführte Bewohnerbefragung. Angaben zur Haushaltsgröße und Stromverbrauch wurden darin von 48 Haushalten gemacht. Die Stromverbräuche streuen von 225 kWh/a bis 5.000 kWh/a pro Person weit mehr als aggregiert in Abbildung 16. Im Mittel liegt der pro Kopf-Verbrauch bei 1.540 kWh/a (Median: 1.381 kWh/a, Standardabweichung: 837 kWh/a). Deutliche Einsparpotenziale bei einigen Haushalten sind offenbar vorhanden und sollten genutzt werden (z.B. durch Beratungsangebote und Smart Metering; Abschnitt C1).

	1 Person	2 Personen	3 Personen	4 Personen	5 Personen
<b>Sehr gut</b>	<800	<1.400	<1.800	<2.000	<2.300
<b>Gut</b>	800-1.300	1.400-2.000	1.800-2.600	2.000-3.000	2.300-3.600
<b>Mittelmäßig</b>	1.301-1.700	2.001-2.500	2.601-3.300	3.001-3.800	3.600-4.700
<b>Zu hoch</b>	>1.700	>2.500	>3.300	>3.800	>4.700

Tabelle 8: Bewertung von Strom-Verbräuchen (kWh/a) in Mehrfamilienhäusern ohne elektr. Warmwasserbereitstellung (Quelle: BMUB 2014b, S. 4)

Der von SWK angegebene Strombedarf summiert sich zu 892.226 kWh/a für die 369 Haushalte. Der zeitlich gemittelte Stromverbrauch der vier Gewerbeeinheiten im Bahnheim beträgt 83.974 kWh/a.

### Umwelteinfluss (Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen) (Quartier)

Neben den rein energetischen Bewertungen kann der Einfluss auf die Umwelt mit Kennzahlen gemessen werden. Hier sieht die EnEV einen Faktor vor, mit welchem die bereitgestellte Energie (Endenergie, hier: Erdgas) multipliziert wird. Dieser Faktor, der sogenannte Primärenergiefaktor (PEF;  $f_p$ ) drückt die Energiemenge aus, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird. Bei einem Primärenergiefaktor von 1,1, werden für die Bereitstellung von 10 kWh Erdgas insgesamt 11 kWh benötigt. 10 kWh in Form von Erdgas werden dem Endverbraucher in Rechnung gestellt. 1 kWh fällt für Transport, Förderung, Aufbereitung, Lagerung, etc. an. Für das Bahnheim und mit den oben bereits ermittelten Verbräuchen ergibt sich ein Primärenergiebedarf von ca. 4,54 Mio. kWh/a für den Bereich Wohnen (Tabelle 9).

Energieträger	Nutzer	Endenergieverbrauch [kWh/a]	Primärenergiefaktor $f_p^{10}$	Primärenergie [kWh/a]
Erdgas	Privat	3.911.657	1,1	4.302.822
	Gewerblich	217.653	1,1	239.418
Strom	Privat	892.226	2,4	2.141.342
	Gewerblich	83.974	2,4	201.838
Summe	---	---	---	6.885.420

Tabelle 9: Umwelteinfluss auf Basis der primärenergetischen Verbräuche (eigene Darstellung)

Der Primärenergiebedarf des gesamten Quartiers inkl. der Geschäftseinheiten liegt klimabereinigt bei 6,9 Mio. kWh/a. Diesem Verbrauch kann eine entsprechende Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen zugeordnet werden (Tabelle 10). Dies stellt eine alternative Bewertung dar, die vor allem den Beitrag zur globalen Erwärmung ausdrücken soll.

Energieträger	Nutzer	Endenergieverbrauch [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -Intensität [g CO <sub>2eq</sub> /kWh]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg CO <sub>2eq</sub> /a]
Erdgas	Privat	3.911.657	247 <sup>11</sup>	966.179
	Gewerblich	217.653	247	53.760
Strom	Privat	892.226	451 <sup>12</sup>	402.394
	Gewerblich	83.974	451	37.872
Summe	---	---	---	1.460.205

Tabelle 10: Umwelteinfluss auf Basis von CO<sub>2</sub>-Emissionen (eigene Darstellung)

<sup>10</sup> Nach DIN 18.599-1; ein Faktor von 1,1 bedeutet, dass pro 10 kWh, die beim Endverbraucher (hier: in Form von Erdgas) ankommen, 1 kWh für Produktion, Transport, etc. aufgewendet werden muss.

<sup>11</sup> GEMIS-Datenbank.

<sup>12</sup> SWK.

Die Emissionen des gesamten Quartiers betragen jährlich ca. 1.369 t CO<sub>2</sub>-eq. Dies entspricht bei 572 Personen insgesamt 2.393 kg CO<sub>2</sub>-eq./a pro Person. Somit liegt das Bahnheim im Bereich Wohnen mit Emissionen für Heizung und Strom knapp unter der vom Umweltbundesamt (UBA) angegebenen „Verträglichen Quote“ von 2.500 kg CO<sub>2</sub>-eq./a, der für *alle* Lebensbereiche (Wohnen mit Heizung & Strom; Mobilität, Ernährung, Konsum, Öffentliche Versorgung) angegeben ist (Abbildung 17). Diese Emissions-Quote müsste jeder Mensch theoretisch im Durchschnitt einhalten, um die internationalen 2°C-Klimaziele zu erreichen.

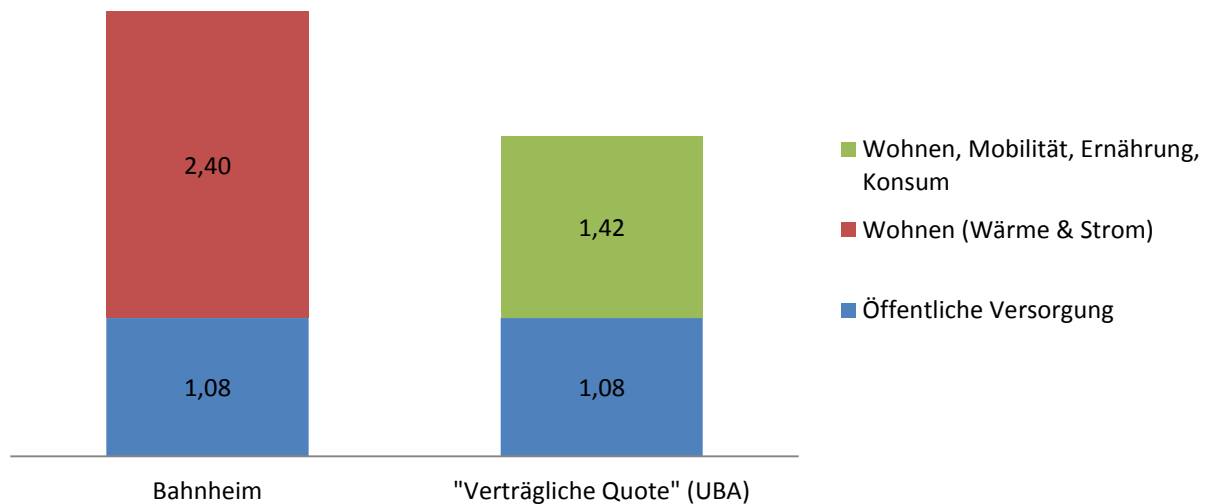


Abbildung 17: Emissionen Bahnheim und „Verträgliche Quote“ (UBA) [t CO<sub>2</sub>-eq/a] (eigene Darstellung)

### **Bewertung Energetische Bilanzierung/Umwelteinfluss (Quartier)**

Durch die bereits umgesetzten Maßnahmen im Bahnheim-Quartier wurden energetische Verbesserungen erzielt. Allerdings übersteigen, wenn der Bereich „Öffentliche Versorgung“ hinzugerechnet wird, die Emissionen deutlich die vom Umweltbundesamt veröffentlichte „verträgliche Quote“. Die Energie- bzw. Wärmeversorgung ist in einem durchmischten Zustand. Die gewerblich genutzten Einheiten bieten ebenfalls durchweg große Einsparpotenziale. Der Primärenergiebedarf des Quartiers inkl. der Geschäftseinheiten liegt klimabereinigt bei derzeit 6,9 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a. Hiervon entfallen 4,3 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a auf die Wärmeversorgung der 369 Wohneinheiten.

Wie bei der Betrachtung der Einzelgebäude bereits festgestellt wurde, bestehen im Quartier große Einsparpotenziale. Diese können neben baulichen Maßnahmen (Dämmung, Fensteraustausch, etc.) vor allem durch eine effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung erreicht werden. Daneben sollte durch weitere Maßnahmen wie z.B. Beratungsangebote oder Smart Metering der Stromverbrauch pro Bewohner reduziert werden. Stromverbräuche sind in einigen Haushalten auffallend hoch (Abschnitt B3). In der Maßnahmenentwicklung (Teil C) wird dies mitberücksichtigt.

## **B4 Zwischenfazit: Bestandsaufnahme**

Bisher wurden im Bahnheim nur in sehr geringem Umfang energetische Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Um die relativ hohen Energieverbrauchskennwerte deutlich zu senken und die Vermietbarkeit der Wohnungen in dem nach und nach anstehenden Generationenwechsel dauerhaft sicherzustellen, ist die Fortführung und Ergänzung der energetischen Sanierungsmaßnahmen dringend notwendig.

Die Gebäude im Bahnheim erzielen insgesamt etwas niedrigere Verbrauchswerte als vor der Energiebilanzierung (Abschnitte B2, B3) erwartet worden war. Im Vergleich zu IWU-Referenzwerten liegen die Wärmeverbrauchswerte (Endenergie) der Bahnheim-Gebäude (ohne Ausreißer) um 7 bis 41 % günstiger als bei typischen Gebäuden derselben Baualtersklassen in Deutschland. Dies liegt vor allem an der relativ guten Bausubstanz (Mauerwerk) – besonders im denkmalgeschützten Teil des Bestands – mit Außenwandstärken zwischen 32 und 50 cm (U-Wert 1,3 bis 0,85 W/(m<sup>2</sup>\*K); IWU-Referenzwert: 1,7 W/(m<sup>2</sup>\*K)) sowie dem Austausch der Fenster (Einbaujahre 1982 bis 1992, U-Wert 2,8 W/(m<sup>2</sup>\*K); IWU-Referenzwert: 3,5 W/(m<sup>2</sup>\*K)) und der nachträglichen Dämmung der obersten Geschossdecken/Dächer bzw. Keller in bisher zehn bzw. acht der 77 Gebäude. Zudem ergibt sich aus der Zeilenbebauung ein günstigerer Wert im Vergleich zu freistehenden Gebäuden mit gleichen Abmaßen. Die Außenwände sind zum größten Teil in einem zu erwartenden energetisch optimierungsfähigen Zustand<sup>13</sup>, der allerdings (bis auf den Putz) aufgrund des Denkmalschutzes und der Wohnungsgrößen kaum baulich geändert werden kann (Teil C). Die begonnenen Maßnahmen zur Trockenlegung der Keller sollten fortgesetzt werden. Der vergleichsweise große Bedarf an Modernisierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen bietet einige besondere Chancen für die Entwicklung des Quartiers. Vor allem sind Zeit- und Kosteneinsparungen durch Synergieeffekte aus abgestimmten quartiersweiten Lösungen möglich, die auch zu einer wünschenswerten Harmonisierung des äußeren Erscheinungsbildes beitragen können.

Der Primärenergiebedarf des Quartiers inkl. der Geschäftseinheiten liegt klimabereinigt bei derzeit 6,9 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a. Hiervon entfallen 4,3 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a auf die Wärmeversorgung der 369 Wohneinheiten.

In Teil C werden auf Grundlage der Bestandsaufnahme Maßnahmen für die Sanierung des Quartiers entwickelt.

---

<sup>13</sup> IWU-Referenzwerte bei konventioneller energetischer Sanierung: 0,25 W/(m<sup>2</sup>\*K).

## C Maßnahmenentwicklung

Bei der Maßnahmenentwicklung auf Basis der Bestandsaufnahme werden in Abschnitt C1 zunächst gebäudebezogene Maßnahmen abgeleitet. In Abschnitt C2 werden alternative Formen der Energieversorgung analysiert. Die Kombination von Maßnahmen ist wesentlich für die Gesamtwirtschaftlichkeit des Quartierskonzepts. In Abschnitt C3 werden weitere bauliche Maßnahmen ohne (direkten) Einfluss auf die energetische Qualität beschrieben, insbesondere Möglichkeiten der Nachverdichtung. Im Anschluss wird die Energiebilanz nach Sanierung (Einzelgebäude und Quartier) abgeleitet (Abschnitt C4). Die Maßnahmenentwicklung schließt mit der Analyse von Erfolgs- und Hemmnisfaktoren (Abschnitt C5) für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Basis des Maßnahmenkatalogs mit Zeitplan, Prioritäten, Vorgehensweisen und Meilensteinen in Teil D.

### C1 Gebäudebezogene Maßnahmen

Maßnahmen für einzelne Gebäude bzw. Gebäudegruppen werden in zwei Bereichen zusammengefasst:

- Ertüchtigung der Thermischen Gebäudehülle (TGH)
- Ertüchtigung der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA)

Zunächst wird das Spektrum der Maßnahmen mit Restriktionen und Lösungsansätzen eingegrenzt und eine erste Konkretisierung der Maßnahmen durchgeführt. Auf dieser Basis können energetische Effekte aus den gebäudebezogenen Maßnahmen abgeleitet werden.

#### Thermische Gebäudehülle (TGH)

Die Thermische Gebäudehülle (TGH) umfasst Bauteile und Flächen, die beheizte Bereiche von unbeheizten trennen. Zur Thermischen Gebäudehülle gehören begrenzende Bauteile zwischen beheizten Räumen und Außenluft (Außenwände, Fenster, Türen, Dachflächen) sowie begrenzende Bauteile zwischen beheizten und unbeheizten Räumen (oberste Geschossdecke, Kellerdecke, Treppenhauswände, Türen usw. Der obere und untere Abschluss der TGH ist abhängig von der Gebäudenutzung. Wird ein Keller beheizt, also z.B. als Wohnkeller genutzt, liegt er innerhalb der TGH. Gleiches gilt für den Dachbereich. Daher ist es wichtig, die Nutzung der einzelnen Gebäudeteile (beheizt oder unbeheizt) genau zu klären.

Die Ertüchtigung der TGH kann durch Anbringen einer (dämmenden) Schicht bzw. bei Fenstern und Türen durch Austausch erfolgen. Je nach Bauteil stehen unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung:

#### **Dämmung Dächer/oberste Geschossdecken**

Eine Dachdämmung mittels Auf-, Zwischen- oder Untersparrendämmung ist notwendig, falls das Dachgeschoss beheizt z.B. als Wohnung genutzt werden soll. Wird das DG nicht genutzt, kann die Dämmung auf der obersten Geschossdecke aufgebracht werden. Soll die oberste Geschossdecke z.B. als Speicherraum begehbar bleiben, kann eine Dämmung zwischen den Balken der obersten Geschossdecke eingebracht werden. Alternativ kann eine begehbare Dämmung auf der obersten Geschossdecke aufgebracht werden. Eine Aufsparrendämmung des Daches bedeutet aber, neben den höheren Kosten, auch eine Änderung der Gebäudekubatur, welche bei Denkmälern mit dem Denkmalschutz abgestimmt werden muss. Die Untersparrendämmung reduziert die vermietbare Wohnfläche.

#### **Dämmung Außenwände**

Massive Außenwände können technisch nur von innen oder außen gedämmt werden. Bei Außendämmung ist die Veränderung der Optik, insbesondere die Proportionen des Baukörpers und die Anschlüsse an die Gewände, zu berücksichtigen (Denkmalschutz). Durch Innendämmung geht Wohnfläche verloren.

Daneben resultieren jeweils Implikationen für die Nutzer. Zu Außenwänden (der thermischen Hülle) zählen auch Wände, die beheizte von unbeheizten Gebäudeteilen trennen, z.B. Wohnungswände die an Speicherräume angrenzen. An diese werden geringere Ansprüche bzgl. des Wärmeschutzes gestellt.

### **Austausch Fenster/Türen**

Bei Fenstern und Türen kann nachträglich Dichtheit hergestellt werden. Dies hat einen nachweisbaren Effekt auf den Energieverbrauch von Gebäuden, allerdings verbunden mit relativ hohen Kosten und gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten. Eine Erneuerung von Fenstern und Türen, die vor 1995 eingebaut wurden, ist i.d.R. wirtschaftlich, da heutige Fenster und Türen wesentlich niedrigere U-Werte aufweisen (Abschnitt B1).

### **Klappläden**

Klappläden haben, wenn sie nachts geschlossen werden, einen positiven Einfluss auf den Wärmebedarf.

### **Dämmung Kellerdecken**

Kellerdecken können, ähnlich wie oberste Geschossdecken, von oben, unten oder zwischen Balken gedämmt werden. Die Wahl ist abhängig vom (Keller-)Deckenaufbau. Dämmung von oben, also von der Wohnraumseite her, mit größeren Dämmstärken ist nicht zu empfehlen, da sich die lichte Raumhöhe reduziert. Sie ist mit deutlich größerem Aufwand verbunden.

### **Technische Gebäudeausrüstung (TGA)**

Neben thermischen Verlusten über die Gebäudehülle wird die energetische Effizienz von Gebäuden durch die Technische Gebäudeausrüstung (TGA) bestimmt. Im Bestand betrifft dies vor allem Wärmeversorgungsanlagen. Lüftungsanlagen fallen ebenfalls in diesen Bereich, sind aber im Bahnheim nicht relevant, da sie vor allem bei hochgedämmten Gebäuden („Passivhaus“) bedeutsam sind. Grundsätzlich kommt im Bereich der TGA nur ein Austausch in Betracht, entweder einzelner Anlagenteile oder ganzer Anlagen. Eine genauere Untersuchung erfolgt in Abschnitt C2 und in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Teil D).

In der folgenden Eingrenzung und ersten Konkretisierung der Maßnahmen wird zunächst nur auf Bauteile eingegangen, die unabhängig vom Energieversorgungskonzept sind. Dazu zählen Wärmesteuerung (Thermostate), Wärmeübertragung (Heizkörper, Flächenheizungen) und Messtechnik.

### **Eingrenzung der gebäudebezogenen Maßnahmen nach Bauteilen**

Tabelle 11 fasst potenzielle Maßnahmen inkl. Restriktionen nach Bauteilen zusammen. Einige konventionelle Maßnahmen scheiden bereits in dieser frühen Betrachtung aufgrund von Besonderheiten des Bahnheims aus. Mögliche Maßnahmen werden im Folgenden ausführlicher beleuchtet. Hier stehen vor allem solche Maßnahmen im Vordergrund, die ein hohes Potenzial in Bezug auf Nutzen und Verwertbarkeit aufweisen. Bezogen auf die Bauteile in den Bereichen der Thermischen Gebäudehülle und der Wärmeversorgung sind dies vor allem, aber nicht ausschließlich:

Bauteil	Maßnahme	Restriktion	Lösungsansatz
Dach	Aufsparren-dämmung	Denkmalschutz beachten (Gebäudekubatur)	Keine im denkmalgeschützten Bestand
	Zwischensparren-dämmung	Begrenzt durch Höhe der Sparren	Aufdopplung der Sparren
	Untersparren-dämmung	Mindestmaß lichte Raumhöhe	Dämmstärke an Raumsituation anpassen; geringere WLS (z.B. WLS 023) => geringere Dicke
Oberste Geschossdecke	Aufbalkendämmung	DG nicht mehr als Speicherraum nutzbar	Trittfeste Dämmung nutzen
	Zwischenbalken-dämmung	Begrenzt durch Höhe der Balken	Aufdopplung der Balken
	Unterbalken-dämmung	Mindestmaß lichte Raumhöhe	Dämmstärke an Raumsituation anpassen; geringere WLS (z.B. WLS 023) => geringere Dicke
Außenwand	Innendämmung	Reduktion Wohnraum (vermietbare Fläche)	Dämmstärke an Raumsituation anpassen; geringere WLS => geringere Dicke (max. 6-10 cm)
		Tauwasserbildung/Schimmel	Z.B. Diffusionsoffene Dämmstoffe; Abschluss Fenster z.B. mit Nadelholzplatte; ggf. mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
	Außendämmung	Nur bei NDS möglich <sup>14</sup> , Erscheinungsbild (Fensteranschlüsse, Bauzier, Gebäudekubatur), Dämmstärken und Anpassungskosten beachten	Minimierung Dämmstärken (max. 5 cm, z.B. WLS 007), Alternativen vorziehen (z.B. Innendämmung, Dämmputz)
	Dämmputz	Denkmalschutz beachten (Fensteranschlüsse, Bauzier)	Anpassung Putzdicke (Mindestdicken beachten, max. 2-4 cm)
Fenster/Außen-türen	Austausch	Denkmalschutz beachten (Farbe und Geometrie)	Abstimmung Denkmalschutz
	Klappläden	Umständliche Bedienung, Nutzerverhalten, Denkmalschutz beachten	2-flügelige Fenster, Motorantrieb (ev. solarbetrieben)

<sup>14</sup> Bahnheim 17a,b,c und 82-92.



Bauteil	Maßnahme	Restriktion	Lösungsansatz
Unterste Geschoss-/ Kellerdecke	Kellerdeckendämmung oben	Mindestmaß lichte Raumhöhe	Dämmstärke an Raumsituation anpassen; geringere WLS => geringere Dicke; Anpassen Türen
	Zwischenbalken	Nicht möglich (Massivdecken)	-
	Kellerdeckendämmung unten	Mindestmaß lichte Raumhöhe	Dämmstärke an Raumsituation anpassen; geringere WLS => geringere Dicke
TGA: Wärmeversorgung	Wärmesteuerung: Thermostate	-	-
	Wärmeübertragung: Flächenheizung (Boden/Wand/Decke) statt Heizkörpern	Höhe Fußböden/Raumgrößen (60 mm Aufbaustärke exkl. Dämmung)	Austausch Fußboden bzw. Vertiefungen einfräsen
		Geänderte Statik	Von Statiker prüfen lassen
	Messtechnik (Smart Metering)	Nutzerverhalten, Datenschutz	Daten anonymisieren, Nutzer einbinden

Tabelle 11: Maßnahmen, Restriktionen und Anmerkungen nach Bauteilen (eigene Darstellung)

**Alle Maßnahmen, die das äußere Erscheinungsbild der Gebäude bedingen, bedürfen der Abstimmung mit dem Denkmalschutz.** Die Eingrenzung der Maßnahmen bezieht sich auf den Stand zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts. Durch technologischen Fortschritt könnten Systeme auf dem Markt verfügbar werden die, vor allem im Denkmalschutz, Schwachstellen bisheriger Systeme negieren und so in denkmalgeschützten Gebäuden einsetzbar sind.

### Ausnahmetatbestand Baudenkmal (§ 24 Abs.1 EnEV)

Bei Beeinträchtigung von Substanz oder Erscheinungsbild und gleichzeitiger Unverhältnismäßigkeit anderer Maßnahmen sieht § 24 Abs.1 EnEV einen Ausnahmetatbestand vor. Voraussetzung ist das Vorliegen eines Baudenkmal oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz (§ 24 Abs.1 EnEV), wie im Falle der Bahnheim-Siedlung.

### Erste Konkretisierung der Maßnahmen: Thermische Gebäudehülle (TGH)

Die jeweiligen optimalen Parameter (vor allem Dämmstärke und Qualität: WLS) ergeben sich neben den baulichen Voraussetzungen grundsätzlich aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Teil D), die Investitions- und Bewirtschaftungskosten einbezieht. Darin wird auf Systeme und (in besonderen Fällen) auf spezielle Produkte eingegangen. Lohnkosten bilden den größten Teil der Investitionskosten von Dämmarbeiten, sind aber für unterschiedliche Dämmstärken (und oft auch Produkte) gleich.

### **Dämmung oberste Geschossdecke/Dach**

Um die thermische Hüllfläche und somit die darüber erfolgenden Wärmeverluste möglichst gering zu halten, sollte die oberste beheizte Geschossdecke gedämmt werden. Hiermit wurde in einzelnen Gebäuden bereits begonnen. Die Dämmung wurde dabei mit begehbaren Spanplatten über der Dämm-

schicht ausgeführt (Abschnitt B1). In der Praxis hat sich bei Dämmungen der obersten Geschossdecke z.B. eine Schüttung aus Perlit bewährt. Perlite tragen in besonderem Maße neben dem Wärme- auch zum Schallschutz bei. Bei der Dämmung (der obersten Geschossdecke) können grundsätzliche Vorgehensweisen unterscheiden werden:

#### 1) Zwischenbalkendämmung

Das Dämmmaterial wird zwischen die Balken eingebracht, durch Aufdoppeln der Balken kann die Dämmstärke erhöht werden. Der Vorteil gegenüber Aufbalkendämmung liegt im Erhalt der Raumhöhe bzw. dem geringeren Raumverlust.

#### 2) Aufbalkendämmung (begehbar)

Das Dämmmaterial wird auf die Balken bzw. die verlegten (Boden-)Platten aufgebracht. Die Dämmstärke kann fast beliebig gewählt werden. Vorteil gegenüber Zwischenbalkendämmung ist, dass die bereits verlegten Bodenplatten nicht herausgenommen werden müssen.

#### 3) Aufbalkendämmung (nicht begehbar)

Das Dämmmaterial wird ebenfalls auf die oberste Geschossdecke aufgebracht, es bietet also die gleichen Vor- und Nachteile wie 2). Die Dämmschicht ist nicht druckfest, kann also nicht betreten oder anderweitig belastet werden. Dadurch kann der Raum nicht mehr genutzt werden, allerdings sind die Ausführungskosten deutlich geringer. Von dieser Lösung ist bei ausreichender Raumhöhe im Dachbereich, wie im Bahnheim, abzuraten.

Bei Dachgeschossausbau, bei dem das Dach den größten Anteil der thermischen Hülle darstellt, können Unter-/Zwischensparrendämmung oder Aufsparrendämmung ausgeführt werden. Aufsparrendämmung ist bei denkmalgeschützten Gebäuden problematisch bis unzulässig, da dadurch die Gebäudekubatur verändert wird. Zudem können Unter- oder Zwischensparrendämmung mit geringerem Aufwand/Kosten ausgeführt werden. Das Raumvolumen reduziert sich bei Untersparrendämmung etwas, was bei resultierenden Wohnfläche zu beachten ist (Abschnitt C3).

### **Dämmung Außenwände**

Bereits geringe Dämmstärken haben einen überproportionalen Effekt, der mit steigender Dämmdicke (pro cm Dämmung) abnimmt. Zur Bewertung der Dämmung der Außenwand muss zwischen den beiden relevanten Arten der Dämmung (innen oder außen) unterschieden werden.

#### Außendämmung

Bei Außendämmung sind im Fall des Bahnheims die besonderen Anforderungen des Denkmalschutzes zu berücksichtigen. Hier sind vor allem Fensteranschlüsse (an Außenwand, vgl. Abbildung 2), Kubatur und Bauzier zu beachten. Bei Gebäuden ohne Bauzier, wie z.B. Sandsteinsockel und charakteristische Fensteranschlüsse, können günstige Lösungen im Sinne aller Beteiligten gefunden werden.



**Abbildung 18: Praxisbeispiel Außendämmung mit VIP im Denkmalschutz ohne Bauzier nach Modernisierung (Bild: Skär 2011)**

Ein passendes Praxisbeispiel ist die Außendämmung eines Gebäudes aus der Gründerzeit in Frankfurt (Abbildung 18). Bei diesem wurde durch 5 cm dünne **Vakuumisolierpaneele (VIP)** der U-Wert der Wand auf  $0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  reduziert, also noch unter die gesetzlichen Anforderungen. Die Fensteranschlüsse im Bahnheim erlauben allerdings nur einen geringen zusätzlichen Aufbau von 2 bis 4 cm auf die Außenwand (Abbildung 2). Hinzu kommt die Frage, ob vor allem technisch aufwändigere Systeme wie z.B. Vakuumdämmungen eine konstant hohe Dämmwirkung über den Lebenszyklus von ca. 25 Jahren leisten können (Materialermüdung, Vandalismus). Eine konstant hohe Dämmwirkung ist nicht nur wünschenswert sondern notwendig, um die Kapitalaufwendungen über Betriebskosteneinsparungen bzw. entsprechende Umlagen zu amortisieren.

Das folgende Praxisbeispiel aus Wiesbaden stellt eine weitere Technik zur Dämmung von Fassaden vor. In diesem Fall wurde ein denkmalgeschütztes Mehrfamilienhaus (Baujahr 1925) mit einem **Wärmedämmverbundsystem (WDVS)** ausgestattet<sup>15</sup>. Der Vergleich des Erscheinungsbildes vor (links) und nach (rechts) der energetischen Modernisierung (Abbildung 19) zeigt die einhergehenden Veränderungen der Fassade. Mit der Installation des WDVS entstehen aufgrund der Stärke des Dämmmaterials Überstände über den Fensteranschlüssen und dem Sockel des Gebäudes. Während das Erscheinungsbild bei einfachen Fensteranschlüssen grundsätzlich optisch korrigierbar ist, indem die Fenster nach außen gesetzt werden, besteht (von einem zusätzlichen Aufbau abgesehen) keine Möglichkeit, die Modifikation am Sockel des Gebäudes zu korrigieren. Trotz der geschilderten Veränderungen des äußeren Erscheinungsbildes, zeigt das Praxisbeispiel, dass die Installation eines WDVS grundsätzlich mit dem Denkmalschutz, hier der Stadt Wiesbaden, vereinbar ist, aber unbedingt einer detaillierten gebäudeweisen Planung bedarf.

Beiden Praxisbeispielen ist gemein, dass die Fassaden – anders als stellenweise im Bahnheim – keine besondere Bauzier aufweisen.



**Abbildung 19: Praxisbeispiel 2 Außendämmung mit WDVS, wenig Zierelemente (links: vor der Dämmung, rechts: nach der Dämmung) (Bild: Wiesbaden – Umweltamt 2015, S. 64)**

Eine dritte Möglichkeit zur Außendämmung stellen **dämmende Außenputze** dar. Diesen sind z.T. feinste Aerogele zugeschlagen, die durch Gaseinschluss dämmend wirken. Diese Putze können auch in geringen Dicken aufgetragen werden und erreichen gute Dämmwirkungen. Bei einer Putzstärke von 3 cm (WLS 070) entsteht eine Dämmwirkung, die der 1,5 cm starken konventionellen Dämmung (WLS 035) entspricht. Die Reduktion der Wärmeverluste pro cm Dämmstoff sinkt mit steigender Dämmstoffstärke. Die Kosten liegen geringfügig über denen konventioneller Putze. Besondere Implikationen für die Nutzer

<sup>15</sup> Vgl. Wiesbaden - Umweltamt 2015, S. 64.

resultieren keine. Daher sollten beim Ersetzen des bestehenden Putzes, unabhängig von den sonst umgesetzten Maßnahmen, dämmende Außenputze eingesetzt werden, wenn die ursprüngliche Putzstärke dies zulässt. (Abschnitt B1).

### Innendämmung

Innendämmungen können mit unterschiedlichen Methoden und Materialien ausgeführt werden. Hier gilt es vor allem, Aufwand (bzw. resultierende Kosten) und Nutzen abzuwägen. Bereits geringe Dämmstärken haben einen überproportionalen Effekt, der mit steigender Dämmdicke (pro cm Dämmung) abnimmt.

Wie bei Außendämmungen wird auch für Innendämmungen eine **Vielzahl von Systemen** am Markt angeboten. Viele Hersteller bieten Systemlösungen an, die optimierte Übergänge zu Wänden, Decken und Heizungsaussparungen ermöglichen. Grundsätzlich können neben bereits erwähnten Vakuum-Elementen

oder Aerogelen auch Holz oder Kalzium-Silikat bzw. deren Produkte Anwendung finden. Die Auswahlmöglichkeiten für den denkmalgeschützten Bestand im Bahnheim sind weitaus vielfältiger als bei Außendämmung. Zu beachten sind – neben Implikationen für Bewohner (Abschnitt E2) – besonders Auswirkungen auf die Wohnfläche. Bei einer (zusätzlichen) Dämmung an der Innenseite der Außenwand, reduziert sich die Wohnfläche um 0,3 bis 0,6 % pro cm Dämmstärke. Somit nimmt die nutzbare/vermietbare Wohnfläche bei einer mittleren Wohnungsgröße von 62 m<sup>2</sup> und 3 cm Innendämmung um 0,84 m<sup>2</sup> ab. Wohnungen mit geringen Außenwandanteilen sind hiervon deutlich geringer betroffen als Wohnungen in freistehenden Gebäuden. Bei Innendämmungen muss besonderes Augenmerk auf den Feuchtegehalt von Außenwänden gelegt werden, da die (kühleren) Außenwände langsamer austrocknen. Eine Verlängerung der Dächer reduziert den Wassereintrag in die Wand durch Abhalten von Schlagregen, ist aber im Fall des Bahnheims (aus Denkmalsicht) nur im nicht geschützten Bereich möglich. Eine Perimeterdämmung im Kellerbereich reduziert den Feuchtegehalt der Wand durch aufsteigende Feuchte und erhöht dadurch die Nutzbarkeit des Kellers.

Im Innenbereich können ebenfalls Dämmputze angebracht werden. Diese verfügen über eine höhere Wärmeleitgruppe (i.d.R. WLG ~070) und können mit Schichtdicken bis 100 mm direkt auf das Mauerwerk aufgetragen werden. Ab 60 mm Schichtdicke sollte lt. Herstellern dringend eine feuchtetechnische Berechnung eingeholt werden. Diese wird i.d.R. vom Hersteller bereitgestellt.

### **Austausch Fenster/Türen**

Vorhandene Fenster im Bahnheim-Quartier sollten aufgrund des Alters, Zustandes und der damit verbundenen geringen energetischen Qualität (im Mittel  $U_w = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) ausgetauscht werden (Abschnitt B1). Hierbei müssen i.d.R. nach EnEV14 Fenster mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten ( $U_w = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  oder besser) zum Einsatz kommen (siehe § 24 Abs.1 EnEV). Zur Reduktion von Kosten und Pflegeaufwand sind grundsätzlich Kunststofffenster zu empfehlen. Aus Sicht des Denkmalschutzes sollten generell Holzfenster für ein einheitliches Erscheinungsbild eingebaut werden – besonders an öffentlich einsehbaren Stellen.

### **Klappläden**

Neben dem Austausch der Fenster selbst haben auch die Klappläden, wenn sie nachts geschlossen werden, einen positiven Einfluss auf den Wärmebedarf. Durch das nächtliche Schließen lässt sich der Wärmeverbrauch um ca. 3 bis 5 % reduzieren (Abschnitt C4). Um ein regelmäßiges Schließen zu garantieren, könnten die Klappläden elektrisch angetrieben werden. Dies kann durch einen kleinen Motor erfolgen, der verdeckt durch den Klappladen, an/in der Hauswand angebracht wird (Abbildung 20). Der Antrieb

selbst ist technisch einfach, optisch zurückhaltend und preiswert. Kostentreibend wäre der Elektroanschluss. Allerdings existieren auch solarbetriebene Varianten. Den Kosten (Teil D) stehen die Energieeinsparungen, größere Fensterflächen und Kosteneinsparung durch Verzicht auf Rollläden beim Fenster-austausch und ein deutlicher Komfortgewinn für die Bewohner gegenüber.



Abbildung 20: Beispiel für Klappladenantrieb (Detail) ([www.fensterzentrum-deggendorf.de](http://www.fensterzentrum-deggendorf.de))

### **Dämmung Kellerdecken**

Bei der Dämmung der Kellerdecken sollte mit dem bestehenden Modus fortgefahren werden. Die Dämmstoffdicke sollte primär an Deckenhöhen, Deckenform und Türanschlüssen ausgerichtet werden.

### **Erste Konkretisierung der Maßnahmen: Technische Gebäudeausrüstung (TGA)**

#### **Wärmesteuerung (Thermostate)**

Unabhängig vom Energieversorgungskonzept ist die Wärmesteuerung in Wohneinheiten durch Thermostate wesentlich für die Energieeffizienz im Bestand. Unter Thermostaten sind in diesem Zusammenhang die Mess- und Regelungseinheiten zu verstehen, welche i.d.R. einmal pro Wohnung installiert werden. Bei Thermostaten ist darauf zu achten, dass diese im jeweils größten Raum der Wohnung (i.d.R. dem Wohnzimmer) angebracht sind. Thermostate dürfen nicht in kleinen Zimmern oder dem Schlafzimmer installiert sein, da sonst die Heizung zu früh abschaltet oder die i.d.R. geringere Temperatur im Schlafbereich in jedem Raum eingestellt wird.

Bei der Erneuerung der Thermostatventile, z.B. im Zuge eines Heizkörperwechsels, sollten neue Thermostatventile (1K) eingesetzt werden. Diese sorgen für eine genauere Regelung der Raumtemperatur.

#### **Wärmeübertragung (Heizkörper)**

Flächenheizungen an Boden, Wand oder Decke erfordern geringere Vorlauftemperaturen (25 bis 40°C) als konventionelle Heizkörper (70 bis 90°C). Dadurch vergrößert sich das Spektrum für besonders effiziente Formen der Energieversorgung (Abschnitt C2). Ein weiterer Vorteil ist die gesteigerte Behaglichkeit. Durch die gleichmäßig über die Fläche verteilte Wärme wird das Wachstum von Hausstaubmilben reduziert und Schimmelpilzbildung unterbunden.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, der Gebäudemerkmale (Raumhöhen, Räumgrößen, Konstruktion) und der Mieterstruktur sind **Fußbodenheizungen** den beiden anderen Varianten grundsätzlich vorzuziehen. Auch in Bestandsgebäuden können Fußbodenheizungen nachgerüstet werden.

Bei der Umstellung auf Fußbodenheizungen sind größere bauliche Maßnahmen erforderlich (Teil D). Zunächst wird die Anwendung in *einem* der denkmalgeschützten Gebäude (Prototyp) empfohlen, um bauliche Voraussetzungen zu prüfen und betriebliche Funktionalität (Behaglichkeit) sicherzustellen. Im **Prototyp-Gebäude** sollte der Betrieb während eines Winters überwacht werden. Während der Testphase wird die Vorlauftemperatur durch Zugeben von Kaltwasser auf das richtige Maß eingestellt. Die her-

kömmlichen Heizkörper bleiben zunächst installiert. Die Testphase ist mit Bewohnerbefragungen und möglichst mit Smart Metering gekoppelt. Werden die Heizkörper anschließend nicht mehr gebraucht und ausgebaut, werden die Heizungsrisen wärmeisolierend geschlossen.

Technisch kann zwischen **Nass- oder Trockensystemen** und elektrischen Heizungen, bei denen Widerstandsfolien mit Heizleitern im Estrich verlegt werden, unterschieden werden. Von **elektrischen Systemen** ist aufgrund der hohen Betriebskosten derzeit abzuraten. Neben den genannten Vorzügen von Fußbodenheizungen gibt es zwei Nachteile. Zum einen ist eine Kombination mit Teppichen nicht sinnvoll, da der Wärmeaustausch gehemmt wird. Zum anderen hat die Fußbodenheizung eine Aufbaustärke von 60 mm (exkl. Dämmung), sodass der Einbau nur bei geeigneten geometrischen Verhältnissen möglich ist. Insbesondere aus dem zweiten Grund wird vor einer flächendeckenden Einführung die Prototypphase empfohlen. **Durch die zusätzlich auftretenden Lasten, vor allem bei Fußbodenheizungen, sollte die geänderte Statik durch einen Statiker geprüft werden.**

**Unabhängig von der gewählten Heizungsart und den durchgeführten Sanierungen, sollte nach der Sanierung ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden. Bei diesem werden die Ventile an die neue Situation im Gebäude angepasst und so ein optimaler Betrieb der Heizung garantiert.**

### **Messtechnik (Smart Metering)**

*Smart Metering*, also das Erfassen von Verbräuchen (Strom und/oder Gas) in Echtzeit, ist die Voraussetzung für Energiemanagement im Betrieb von Gebäuden. So kann der Effekt des Nutzerverhaltens, abhängig von der Messfrequenz, dem Nutzerverhalten zugeordnet werden. Erfolgt z.B. eine stündliche Erfassung, kann der erhöhte Verbrauch durch das Kippen oder vollständige Öffnen eines Fensters dokumentiert werden. Werden den Verbräuchen zusätzlich spezifische Kosten (ct/kWh) zugeordnet, kann der Nutzer diese Effekte selbst einfach bewerten. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Zählerstände ohne persönliche Anwesenheit von Mietern und Vertretern des EVU erhoben werden können. Dazu wird entweder Funktechnik oder ein physisches Datennetz eingesetzt. Ein physisches Datennetz sollte, wenn nötig, in Verbindung mit dem Nahwärmenetz oder Fernwärme im Quartier installiert werden. Die Kosten hierfür werden i.d.R. von Netzbetreibern getragen. Um den Effekt einer Installation zu evaluieren und Erfahrungen über Nutzerakzeptanz und Nutzerverhalten zu sammeln, sollte als Sofortmaßnahme eine **Pilotinstallation** mittels Funktechnik umgesetzt werden. Die Erhebung der Verbräuche aller Wohneinheiten ermöglicht es den Mietern, ihren Heizverbrauch anonym zu vergleichen und ggf. ihr Verhalten zu optimieren. Mit der Installation eines Datennetzes ist außerdem der Grundstein für weitere *smart grid* Anwendungen gelegt.

Weitere TGA-Aspekte werden in Abschnitt C2 (Energieversorgungskonzept) betrachtet.

### **Eingrenzung der energetischen Effekte aus gebäudebezogenen Maßnahmen**

Aus den obigen Limitationen und Lösungsansätzen (Tabelle 11) im Bereich von Dämmmaßnahmen lassen sich die maximal möglichen Dämmungen, als Kombination aus verfügbaren Materialien (WLS) und technisch/baulich möglichen Dämmstoffdicken, angeben. Diese können im Einzelfall, auch nur in Teilen eines Gebäudes, abweichen und sind als Richt- bzw. Maximalwert anzusehen. Tabelle 12 betrachtet die wesentlichen Bauteile der **Thermischen Gebäudehülle** (Dächer/OGD, Außenwände, Fenster/Türen, Kellerdecken) mit den resultierenden zusätzlichen U-Werten aufgrund der Eingrenzung und ersten Konkretisierung der Maßnahmen.

Bauteil	Gesetzliche Anforderung U-Wert [W/(m <sup>2</sup> *K)]	Maximale Materialstärke [cm]	Verfügbare Wärmeleitfähigkeiten λ [W/(m*K)]	Resultierender zusätzlicher U-Wert (min/max) [W/(m <sup>2</sup> *K)]
Dächer/OGD	0,2	12/14 (Balken-/Sparrenstärke)	0,040/ <b>0,035</b> /0,032	0,25/0,29
Außenwände	0,28	5-8 (von innen) 8-12 (von außen)	0,050 bis 0,032 0,040 bis 0,007	0,70bis 0,14 (WLS 040) 0,40 bis 0,27 (WLS 032)
Fenster/Türen	1,3	-	0,5 bis 1,3 <sup>16</sup>	-
Kellerdecken	0,35	12, je nach lichter Raumhöhe	0,040 bis 0,007	bis 0,29 (WLS 035)

**Tabelle 12: Konstruktive Limitationen der gebäudebezogenen Maßnahmen und resultierende U-Werte durch Sanierung (eigene Darstellung)**

Im Bereich der **TGA (Wärmesteuerung, Wärmeübertragung, Messtechnik)** sind resultierende energetische Effekte nur in Verbindung mit der Energieversorgung von Bedeutung. In den Abschnitten C2 (Energieversorgungskonzept) und C4 (Energiebilanzierung nach Sanierung) wird hierauf im Detail eingegangen.

Ziel im Rahmen des Quartierskonzepts ist eine deutliche Verbesserung der Energiebilanz des Bahnheim-Quartiers, auch mit Blick auf das Klimaschutzkonzept der Stadt Kaiserslautern und um die andauernde Vermietbarkeit des Bestands sicherzustellen. Aufgrund der Beschränkungen durch Anforderungen des Denkmalschutzes sind bei den denkmalgeschützten Gebäuden im Bahnheim die erzielbaren Einsparungen begrenzt. Daher wird der Fokus nicht nur auf die Dämmung der Außenwände von außen sondern insbesondere auf die Ertüchtigung der übrigen Thermischen Gebäudehülle und die Optimierung der Energieversorgung und Technischen Gebäudeausrüstung gerichtet. Innendämmungen sind eine weitere Option, allerdings einhergehend mit einem Verlust an Wohnfläche und Einschränkungen für die Nutzer. Besonderes Augenmerk bei Innendämmungen muss auf den Feuchtegehalt von Außenwänden gelegt werden.

Bei der Vergabe – insbesondere bei Dämmmaßnahmen an Außenwänden – ist neben der technischen Spezifikation vor allem auf die Kompetenz und Erfahrungen der ausführenden Unternehmen zu achten. In Abschnitt C4 wird die Energiebilanz des Quartiers mit erzielbaren Energieeinsparungen für unterschiedliche Sanierungsvarianten aufgestellt, die anschließend in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Teil D) geprüft werden.

## C2 Energieversorgungskonzept

Um benötigte Wärme bereitzustellen, stehen mehrere Alternativen zur Auswahl. Nach dem Ausschlussverfahren wird die Auswahl im Folgenden auf solche Technologien eingegrenzt, die technisch und wirtschaftlich mit realistischem Aufwand umsetzbar sind. Durch Kombination einzelner oder mehrerer Technologien werden sieben Energieversorgungskonzepte (EV) abgeleitet. Dabei werden neben der

<sup>16</sup> Hier U-Wert in W/(m<sup>2</sup>\*K).

Fortsetzung der bisherigen Strategie blockweise Beheizungsformen und quartierszentrale Konzepte betrachtet. Die Versorgung mit elektrischem Strom wird als Zusatznutzen einzelner Konzepte mit betrachtet. Der Abschnitt schließt mit der Eingrenzung der energetischen Effekte aus den EV.

### **Fossile und erneuerbare Energieträger**

Grundsätzlich lassen sich Energieträger zur Bereitstellung von Wärme je nach Verfügbarkeit bzw. Entstehung in fossile und erneuerbare Energieträger einteilen (Tabelle 13):

Fossil	Erneuerbar
Erdgas/Flüssiggas Erdöl/Heizöl	Holz (feste Biomasse) Biogas (flüssig oder gasförmig) Umgebungswärme (Solarthermie, Luft/Wasser-Wärmepumpen, Tiefe Geothermie, ...) Fernwärme <sup>17</sup>

**Tabelle 13: Verfügbare Energieträger (eigene Darstellung)**

Strom kann ebenfalls zu Heizzwecken eingesetzt werden (elektrische Direktheizung), allerdings mit deutlich geringerem Wirkungsgrad als alternative Konzept (Wärmepumpe, Tiefe Geothermie). Elektrischer Strom kann entweder regenerativ vor Ort erzeugt oder aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden. Die erste Variante ist den erneuerbaren, die zweite den fossilen Energien zuzuordnen.

Weitere Erneuerbare Energien, wie z.B. Wind- oder Wasserkraft, Biomasse Direktnutzung (Erzeugung vor Ort) etc., wurden aufgrund der innerstädtischen Lage sowie dem Fokus auf der Versorgung mit Wärme von einer weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Diese Energieträger lassen sich nach ihrem Einfluss auf Umwelt und Platzbedarf vor Ort weiter differenziert bewerten (Tabelle 14).

	Erdgas	Heizöl	Biomasse	Fernwärme	Umweltwärme
Primärenergiefaktor <sup>18</sup>	1,1	1,1	0,2/0,5 <sup>19</sup>	0,7	0
CO <sub>2</sub> -Faktor <sup>17</sup> [g/kWh]	247	319	23	248	25 bis 134
Erhöhter Platzbedarf (Vergleich IST-Zustand)	nein	ja	ja, außer Bio-Erdgas	nein	bedingt

**Tabelle 14: Kennwerte zur Bewertung der Umweltverträglichkeit der einzelnen Energieträger (eigene Darstellung)**

### **Eingrenzung der Energieträger**

Tabelle 15 zeigt die einzelnen Energieträger und mögliche (mA) bzw. definitive (dA) Ausschlusskriterien.

<sup>17</sup> Fernwärme wird als Alternative zu Erneuerbaren Energien gewertet, da diese (auch in Kaiserslautern) durch Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt wird und somit Ressourcen schont.

<sup>18</sup> Nach GEMIS-Datenbank.

<sup>19</sup> Der Primärenergiefaktor >0 resultiert aus der Berücksichtigung der Emissionen durch Transport und Verarbeitung. Der Brennstoff an sich hat einen Primärenergiefaktor von 0, da der Rohstoff nachwächst.



Energieträger		Restriktionen		Ausschluss
<b>(Oberflächennahe) Geothermie</b>	Flächenkollektoren	Hohe laufende Kosten bei geringem Sanierungsstand	Großflächige Erdarbeiten (ca. 45.000 m <sup>2</sup> unbebaute Fläche)	mA
	Erdpfähle			mA
<b>Luft-Wasser-Wärmepumpe</b>				mA
<b>Tiefe Geothermie bzw. Wasser-Wasser-Wärmepumpe</b>		Hohe Investitionskosten & Auffindungsrisiko		mA
<b>Feste/gasförmige Biomasse</b>		Dauerhafter Lagerort (unterirdisch möglich), regelmäßige Anlieferung		mA

**Tabelle 15: Mögliche Kriterien und Restriktionen zur Eingrenzung der möglichen Energieträger (eigene Darstellung)**

Ein möglichst hoher Anteil Erneuerbarer Energien (EE) ist anzustreben, insbesondere vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele der Bahnheim eG und der Stadt Kaiserslautern. Vor allem EE benötigen allerdings relativ viel Platz bzw. Eingriffe in die direkte Umgebung des Quartiers.

**Grundsätzlich kann eine effiziente bzw. umweltfreundliche Energieversorgung bauliche Maßnahmen (v.a. Dämmungen) nie ersetzen. Nur so können die Endenergieverbräuche und somit Nebenkosten der Gebäude nachhaltig reduziert werden. So können die Anlagen zur Bereitstellung (und eventuellen Bevorratung) von Erneuerbaren Energien möglichst klein und mit geringen Kosten dimensioniert werden. Vor allem diese Reduktion der Nebenkosten kann an die Bewohner weitergegeben werden und sorgt zusätzlich für ein attraktives Wohnquartier. Je höher der Anteil der Erneuerbaren Energien, die vor Ort erzeugt werden, desto sicherer kann der künftige Preis vorausgesagt werden, da der Anteil an schwer kalkulier- bzw. prognostizierbaren Kosten sinkt. Bei keinem Konzept können in der Zukunft erhobene oder sich ändernde Steuern und andere Abgaben berücksichtigt werden.**

### Erste Konkretisierung der Energieträger und Maßnahmen

Einzelmaßnahmen lassen sich zu Energieversorgungskonzepten (EV) kombinieren, die Vorteile einzelner Komponenten optimal nutzen und Nachteile möglichst ausgleichen. Um Energieversorgungskonzepte gegenüberstellen zu können, werden der Primärenergiebedarf (nach EnEV14) und CO<sub>2</sub>-Emissionen (nach GEMIS) für jedes EV angegeben. Als Referenz wird die Fortsetzung der bestehenden Strategie – mit kontinuierlicher Erneuerung der bestehenden Gasetagenheizungen (EVO) – betrachtet. Darauf folgen mögliche Alternativen mit sinkender Zahl an Feuerstellen. In diesen Alternativen versorgen weniger Heizungen die gesamte Siedlung. Hierfür ist ein entsprechendes Leitungsnetz nötig (**Nahwärmenetz**).

Die Umwelteinflüsse beziehen sich immer auf den nichtsanierten Bestand mit einem Verbrauch von 3,7 Mio. kWh/a Erdgas (2013).

Die Bewertung der Energieversorgungskonzepte (EV) geschieht analog zu Abschnitt C1 über die nicht verursachten Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äq.) und die benötigte Primärenergie. Neben den Daten aus GEMIS (hier vor allem Erdgas: 247 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh) wurden die Primärenergiefaktoren nach EnEV14 genutzt.

## Fortsetzung der bestehenden Strategie

### **EVO: Kontinuierliche Erneuerung der bestehenden Gasetagenheizungen (GEH)**



**Abbildung 21: EVO Kontinuierliche Erneuerung der bestehenden Gasetagenheizungen (eigene Darstellung)**

Variante EVO bildet den IST-Zustand ab, bei dem die bestehenden Gasetagenheizungen nach Bedarf erneuert werden.

Technische Spezifikation des System		Eine Gasetagenheizung pro Wohneinheit	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Steigender mittlerer Wirkungsgrad durch Austausch Kessel und somit Nutzung von Brennwerttechnik	
<b>Umwelteinfluss</b>			
<b>4,1</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>950</b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
		- Viele Zündungen (→ viele Emissionen, v.a. durch unverbrannten Brennstoff)	

**Tabelle 16: Maßnahmenblatt EVO (eigene Darstellung)**

Bauliche Maßnahmen: Austausch Gasetagenheizungen

### **Blockweise Beheizung**

Durch blockweise Beheizung, also einem Heizkessel „pro vier Außenwände“, reduziert sich in Variante EV1 die Anzahl der Anlagen. Ein Teil der Emissionen wird durch unvollständig verbrannten Brennstoff bei Beginn der Verbrennung verursacht, was als Reduktion des Wirkungsgrades interpretiert werden kann. Eine zentrale Beheizung reduziert außerdem den Wartungsaufwand im Quartier insgesamt.

## EV1: Blockzentralheizungen



EV1 : Blockzentralheizung

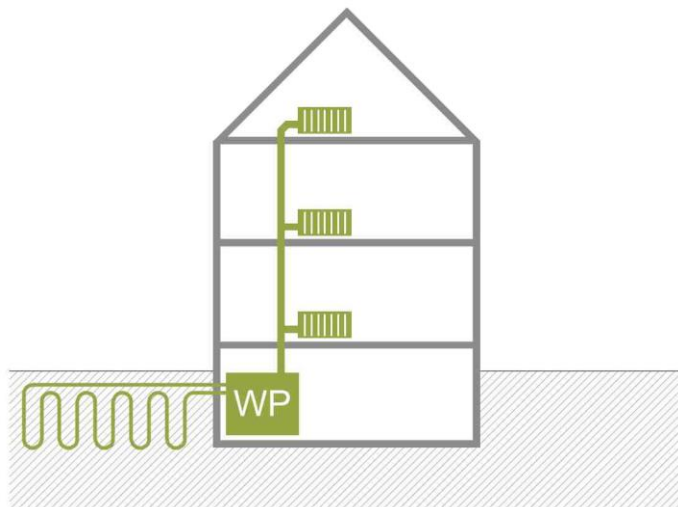
Abbildung 22: EV1 Blockzentralheizungen (eigene Darstellung)

Blockzentralheizungen gehören vor allem in neuen Mehrfamilienhäusern zum Stand der Technik. Durch ein Verteilsystem wird die Wärme in die einzelnen Wohnungen verteilt. Für die Nutzer entsteht durch den Entfall der Anlage in der Wohnung zusätzlicher Platz. Zudem sinkt durch einen kontinuierlicheren Prozess die Anzahl der Brennerstarts, was zu leicht sinkenden Emissionen (ca. 5 %) und Verbräuchen führt.

Technische Spezifikation des System		Ein Heizkessel pro (Gebäude-)Block	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Steigender mittlerer Wirkungsgrad durch Austausch, weniger Starts des Heizungssystems	
<b>Umwelteinfluss</b>			
<b>4</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>927</b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weniger Zündungen und weniger Kosten</li> <li>- Platzgewinn in Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Steht im unbeheizten Keller (Leitungsverluste)</li> </ul>	

Tabelle 17: Maßnahmenblatt EV1 (eigene Darstellung)

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen (inkl. Zähler) im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, „Heizungsraum“ im Keller, (eventuell Wärmemengenzähler pro WE)

**EV2a+b: Oberflächennahe Geothermie bzw. Luft-Wasser-Wärmepumpe**


EV2a : Oberflächennahe Geothermie mit Wasser-Wasser-Wärmepumpe

**Abbildung 23: EV2a+b Oberflächennahe Geothermie bzw. Luft-Wasser-Wärmepumpe (eigene Darstellung)**

Wärmepumpen (erd- oder luftgebunden) stellen v.a. im Neubaubereich den Stand der Technik dar, wo sie aufgrund der geringen benötigten Temperaturen der Heizungsanlage besonders effizient sind.

Technische Spezifikation des System		Oberflächennahe Geothermie	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Umweltwärme	
<b>Umwelteinfluss</b>			
<b>0</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>75<sup>20</sup></b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Platzgewinn in Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betriebskosten/Stromverbrauch abhängig von Umgebungstemperatur und Dämmniveau</li> <li>- Hoher (Flächen-)Aufwand bei Installation von Flächenkollektoren<sup>21</sup></li> <li>- „Klassische“ Heizkörper ungünstig<sup>22</sup></li> <li>- Für Niedrig-Energie-Haus (Neubau) optimiert</li> </ul>	

**Tabelle 18: Maßnahmenblatt EV2 (eigene Darstellung)**

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, „Heizungsraum“ im Keller, (eventuell Wärmemengenzähler pro WE)

**Anmerkung:** Der „Wirkungsgrad“ (COP bzw. JAZ) der Wärmepumpenanlage ist nicht nur von der Wärmepumpe selbst abhängig, sondern auch von den Temperaturen des Quellmediums. Zudem sind Wär-

<sup>20</sup> Bei 75 g/kWh<sub>el</sub> und JAZ von 4 sowie bilanziellem Decken des Strombedarfs durch Photovoltaik.

<sup>21</sup> Erdreichabtragung für spiralförmige Verlegung von Rohren ca. 1,5 m unter der Erdoberfläche.

<sup>22</sup> „Klassische“ Heizkörper bieten – im Gegensatz zu Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizungen) – eine relativ geringe Oberfläche, sodass die benötigte Vorlauftemperatur und die Heizkosten steigen.

mepumpen stärker von Außentemperaturen und Dämmung abhängig als andere Energieversorgungsvarianten. In der Kalkulation (Teil D) wird eine JAZ von 4 angenommen. Eine prototypische Ausführung an einem Gebäude im Quartier kann die Unsicherheit in der Kalkulation eingrenzen.

### Quartierszentrale Konzepte

**Quartierszentrale Konzepte** sollten **nicht von der Bahnheim eG** selbst betrieben werden, sondern durch einen **Contractor**. So können nicht nur die damit verbundenen Risiken abgewendet werden, sondern auch der Mehraufwand für die (technische) Betreuung solcher Anlagen und gewerbliche Tätigkeit.

#### **EV3a: Erdgas BHKW + Nahwärmenetz**



Abbildung 24: EV3a Erdgas BHKW + Nahwärmenetz (eigene Darstellung)

Blockheizkraftwerke (BHKW) funktionieren wie Kfz-Motoren und produzieren gleichzeitig Wärme und Strom. Mit steigender Größe nimmt der Wirkungsgrad zu, sodass produzierte Wärme sinnvoll über Nahwärmenetze verteilt wird. Dies bietet zudem die Möglichkeit einer schrittweisen Erneuerung von bestehenden Anlagen. Die Wärme wird mittels Übergabestationen an Wohnungen übergeben. Aus Nutzersicht ist dies äquivalent zu „klassischer“ Fernwärme. An ein Nahwärmenetz können auch weitere Abnehmer angeschlossen werden. Der Anlagenbetreiber rechnet direkt mit den Bewohnern ab, die anstatt einer Gasrechnung eine Rechnung über die bezogene Wärme erhalten.

Technische Spezifikation des System		Zentrales Blockheizkraftwerk mit Spitzenlastkessel	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme	
<b>Umwelteinfluss</b>			
<b>4</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>632<sup>23</sup></b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann bilanziell auch mit (gasförmiger) Biomasse („Bio-Erdgas“) befeuert werden</li> <li>- Platzgewinn in der Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> <li>- Ein zentraler Kamin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmeverlust durch Verteilung, Reduzierbar durch Verlegung durch Gebäude</li> </ul>	

Tabelle 19: Maßnahmenblatt EV3a (eigene Darstellung)

<sup>23</sup> 794 t CO<sub>2</sub>-eq./a durch die Verbrennung von Erdgas, sowie 162,3 t CO<sub>2</sub>-eq./a Gutschrift für die gleichzeitige Substitution von elektrischem Strom aus dem Netz.

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, Heizzentrale im Quartier (garagengroß), Wärmenetz zwischen Gebäuden und Heizzentrale, Wärmemengenzähler pro WE

**Anmerkung:** Ein Nahwärmenetz mit BHKW ist aus technischer Sicht quasi identisch mit der bestehenden Fernwärme. Deshalb sollte aus technischer Sicht die Maßnahme nur umgesetzt werden wenn sich große Einsparungen entweder **finanziell** und/oder bei den **Emissionen** ergeben. Die für den Betrieb von BHKWs gewährten Zuschüsse unterliegen der Gesetzgebung und somit Änderungen. Die in der Kalkulation angenommenen Werte basieren auf den aktuellen Preisen und Zuschüssen.

In der Kalkulation (Abschnitt D) wird von insgesamt 3 BHKWs (2x 33kW und 1x 50kW) und einem Spitzenlastkessel (244 kW) ausgegangen.

### EV3b: Biomasse BHKW + Nahwärmenetz

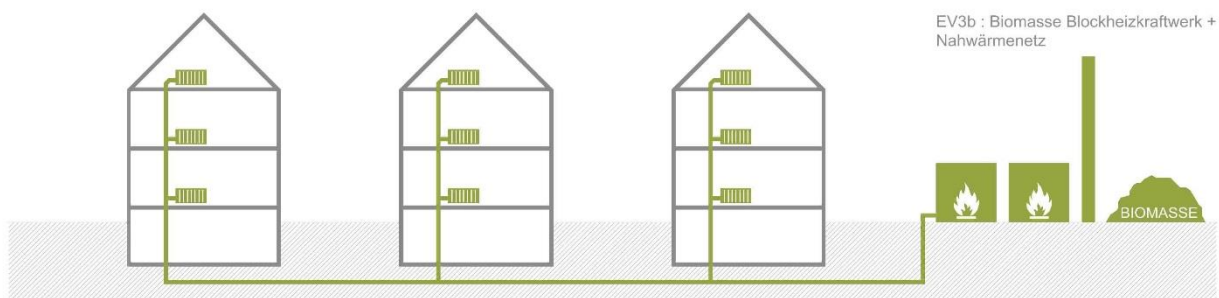


Abbildung 25: EV3b Biomasse BHKW + Nahwärmenetz (eigene Darstellung)

EV3b entspricht konzeptionell EV3a, nur dass durch den Einsatz von Biomasse die CO<sub>2</sub>-Emissionen gesenkt werden. Biomasse, hier am gängigsten als Bio-Erdgas, kann auch bilanziell genutzt werden. Dies bedeutet, dass ein beliebiger Anteil an Bio-Erdgas genutzt werden kann. Dieser wird an anderer Stelle in das allgemeine Gasnetz eingespeist.

Technische Spezifikation des System		Zentrales Blockheizkraftwerk mit Spitzenlastkessel	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme	
<b>Umwelteinfluss</b>			
<b>Q<sup>24</sup></b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>&lt;Q<sup>25</sup></b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann Bilanziell auch nur teilweise Biomasse befeuert werden</li> <li>- Platzgewinn in Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> <li>- Ein zentraler Kamin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmeverlust durch Verteilung, Reduzierbar durch Verlegung durch Gebäude</li> <li>- Vorratsraum bei fester Biomasse nötig</li> </ul>	

Tabelle 20: Maßnahmenblatt EV3b (eigene Darstellung)

<sup>24</sup> Bei Nutzung von 100 % Biogas.

<sup>25</sup> Siehe EV3a, Kappung bei 0 t CO<sub>2</sub>-eq./a.

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, Heizzentrale im Quartier (garagengroß), Wärmenetz zwischen Gebäuden und Heizzentrale, Wärmemengenzähler pro WE

**Anmerkung:** Es gelten die gleichen Anmerkungen wie für EV3a. In der Kalkulation wird angenommen, dass die Erzeuger mit Bio-Erdgas versorgt werden. Die Installation einer Anlage zur Verwertung von Biomasse (mit/ohne Aufbereitung auf Erdgas-Qualität) scheidet aufgrund fehlender Biomasse aus.

#### EV4: Kaltes Nahwärmenetz + Geothermie + Solarthermie + BHKW + Photovoltaik + Fernwärme

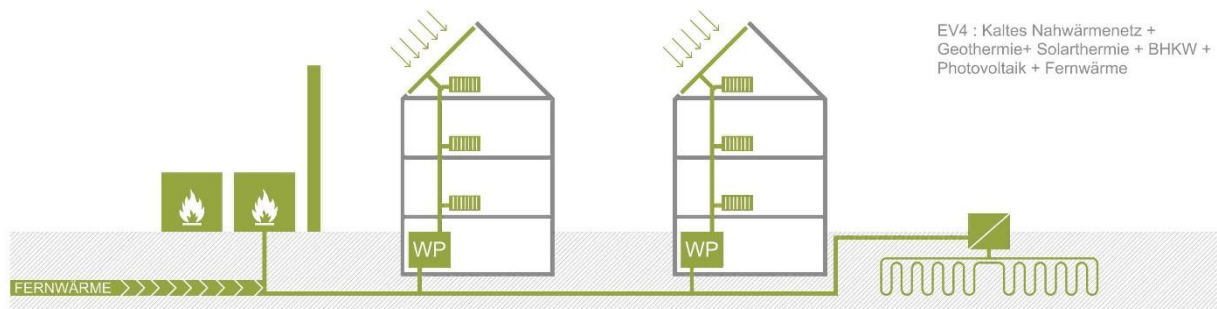


Abbildung 26: EV4 Kaltes Nahwärmenetz + Geothermie + Solarthermie + BHKW + PV + FW (eigene Darstellung)

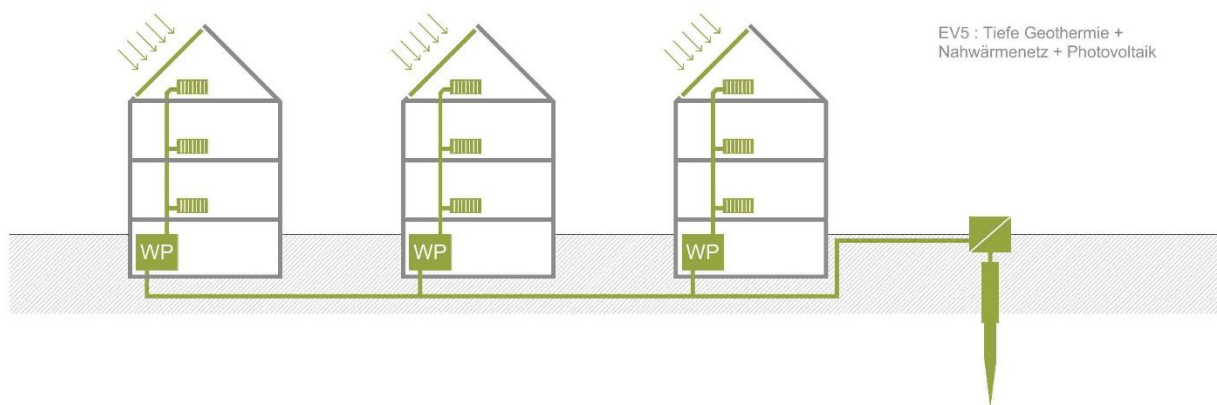
Ein kaltes Nahwärmenetz erlaubt die Einspeisung verschiedener Energiequellen, wie z.B. Geothermie, Rücklauf Fernwärme, Abwärme aus der Industrie oder Solarthermie. Die Wärme wird dann bei vergleichsweise geringen Temperaturen in einem Nahwärmenetz gespeichert. Mittels Wärmepumpe wird diese in den Gebäuden aus dem Netz entnommen und auf das benötigte Energieniveau „gepumpt“. PV-Module liefern (bilanziell) den für die Wärmepumpen benötigten Strom. Für den Fall, dass nicht genug Wärme im Nahwärmenetz zur Verfügung steht, ist dieses mit dem Fernwärmenetz verbunden. Es gilt ansonsten das Gleiche wie für Nahwärmenetze in EV3a.

<b>Technische Spezifikation des System</b>		<b>Dezentrales (Niedertemperatur-)Nahwärmenetz, Anhebung mittels WP je Gebäude; Fernwärme als Redundanz der Einspeisung bzw. Spitzenlast</b>	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Nutzung von Umweltwärme	
<b>Umwelteinfluss<sup>26</sup></b>			
<b>~0</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>0</b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- BHKW kann bilanziell auch mit (gasförmiger) Biomasse befeuert werden</li> <li>- Wärmespeicherung (saisonal) möglich</li> <li>- Nutzung mehrerer Erneuerbarer Energien, wie Abwasser etc.</li> <li>- Platzgewinn in Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> <li>- Ein zentraler Kamin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- „Klassische“ Heizkörper ungünstig<sup>27</sup></li> <li>- Flächenbedarf für Geothermie-Flächen- und Solarkollektoren</li> </ul>	

**Tabelle 21: Maßnahmenblatt EV4 (eigene Darstellung)**

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, Heizzentrale im Quartier (garagengroß) inkl. Erdarbeiten für Geothermie, „Heizungskeller“ (Wärmepumpe pro Gebäude), Solarthermie etc. (je nach Variante), Wärmenetz zwischen Gebäuden und Heizzentrale, Wärmemengenzähler pro WE

#### **EV5: (Tiefe) Geothermie + Nahwärmenetz + Photovoltaik**



**Abbildung 27: EV5 (Tiefe) Geothermie + Nahwärmenetz + PV (eigene Darstellung)**

Tiefe Geothermie funktioniert ähnlich wie (oberflächennahe) Geothermie. Hier wird durch eine deutlich tiefere Bohrung warmes Wasser nach oben gefördert und über das Nahwärmenetz verteilt. Da die zu erwartende Wärmemenge aus Tiefer Geothermie den Bedarf des Bahnheims (deutlich) überschreitet,

<sup>26</sup> Wenn die Produktion von elektrischem Strom aus PV und Biomasse-BHKW mindestens den Bedarf der Wärmepumpen deckt und keine Einspeisung aus der Fernwärme nötig ist.

<sup>27</sup> Konventionelle Heizkörper bieten im Gegensatz zu Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizungen) eine relativ geringe Oberfläche, sodass benötigte Vorlauftemperatur und Heizkosten steigen.



sollte das Nahwärmenetz an das Fernwärmenetz gekoppelt werden (nicht dargestellt). So können zusätzliche Wärmemengen veräußert werden. Es gilt ansonsten das Gleiche wie für Nahwärmenetze in EV3a.

Technische Spezifikation des System		Zentrale, übertiefe Geothermie	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Zentrale Erzeugung durch EE	
<b>Umwelteinfluss<sup>28</sup></b>			
<b>0</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>0</b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärme unbegrenzt verfügbar</li> <li>- Bilanzielle Autarkie durch PV bzw. Netto-Wärmeproduzent</li> <li>- Alleinstellungsmerkmal</li> <li>- Abgabe von Überkapazitäten</li> <li>- Platzgewinn in Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> <li>- Kein Kamin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Aufgrund der Investitionskosten nur in Kooperation mit Partnern denkbar)</li> </ul>	

**Tabelle 22: Maßnahmenblatt EV5 (eigene Darstellung)**

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, Heizzentrale im Quartier (garagengroß) inkl. einmalige Bohrung für Erdsonde, Wärmenetz zwischen Gebäuden und Heizzentrale, PV-Anlage (NDS Gebäude), Wärmemengenzähler pro WE

#### EV6: Fernwärme



**Abbildung 28: EV6 Fernwärme (eigene Darstellung)**

Die „klassische“ Fernwärme funktioniert ähnlich wie die oben beschriebenen Varianten. Die Wärme wird zentral erzeugt (in Kaiserslautern: Karcherstraße) und vor Ort transportiert. Die benötigte Installation in der Wohnung ist deutlich kleiner als eine Gasetagenheizung und schafft so zusätzlichen Platz in Wohnungen. Die Abrechnung der genutzten Wärme erfolgt direkt mit dem Versorger, die Gasrechnung entfällt.

Konstruktiv und wirtschaftlich ist eine Verlegung der FW-Leitungen durch Keller nicht sinnvoll. Den zu erwartenden Wärmegewinnen im Keller stehen hohe Kosten (v.a. für Verankerung) und vor allem der hohe Platzbedarf der Leitungen (2 Leitungen á ~300 mm Durchmesser (DN100 + 2\*100 mm Dämmung))

<sup>28</sup> S.o.

entgegen. Technisch und wirtschaftlich ist es günstiger, abhängig von Preisen, ein Optimum an möglichst wenig Hausanschlüssen und möglichst wenig Rohrleitung im Gebäude zu finden. Diese Lösung bietet eine höhere Versorgungssicherheit, da vor allem Anlagenteile im Gebäude anfällig sind.

Technische Spezifikation des System		Ein Anschluss pro Block	
<b>Grund der Verbesserung</b>		Gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme	
<b>Umwelteinfluss<sup>29</sup></b>			
<b>2,59</b>	Mio. kWh Primärenergie/a	<b>1.091,5<sup>30</sup></b>	t CO <sub>2</sub> -eq./a
<b>Vorteile:</b>		<b>Nachteile:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abwicklung komplett durch SWK</li> <li>- Platzgewinn in Wohnung durch Entfall Einzelthermen, ggf. Rückbau Schornstein</li> <li>- Kein Kamin</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abhängig vom Energieversorger (SWK), sowohl preislich als auch in Bezug auf Umwelteinfluss</li> </ul>	

**Tabelle 23: Maßnahmenblatt EV6 (eigene Darstellung)**

Bauliche Maßnahmen: Rückbau Gasleitungen im Gebäude, Verlegung Heizungsrohre an gleicher Stelle, Wärmenetz zwischen Gebäuden und Fernwärmetrasse, Wärmemengenzähler pro WE

Anmerkung: Durch die geplante Nutzung von Abwärme aus der Müllverwertung oder die Einbindung Erneuerbarer Energien, wie z.B. Tiefer Geothermie, sinken sowohl die CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch der Primärenergiebedarf der Fernwärme.

<sup>29</sup> Primärenergiefaktor lt. SWK ab 2015: 0,7.

<sup>30</sup> Mittelwert für D (295g/kWh) nach „Kumulierter Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen“; IWU (2014).

Die SW Kaiserslautern, als Fernwärme-Lieferant vor Ort, leitet aufgrund ihrer Kenntnisse über die vorliegenden technischen Parameter folgende Angaben und Konzepte ab:<sup>31</sup>

### **Netzstruktur**

Das Fernwärmenetz der SWK ist ein Hochdrucknetz mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 130°C. Die Erschließung der Siedlung erfolgt daher mit Kunststoffmantelrohr mit medium-Rohr aus Stahl inklusive Leckwarnsystem. Um eine wirtschaftliche und dauerhafte Erschließung zu gewährleisten, wurde die Dimensionierung der Rohrquerschnitte, der Übergabestationen und der zu Warmwasserbereitung erforderlichen Temperaturen auf eine max. Vorlauftemperatur von 80°C abgestimmt. Dies ermöglicht im Nachgang die Entkopplung bzw. den Umbau auf einen Inselbetrieb mit alternativer Beheizung (Anm. TU KL: Dies ist technisch vergleichbar mit den Konzepten Ev3a,b). Die evtl. erforderliche Temperaturanhebung am neuen Einspeisepunkt kann weiterhin über Fernwärme realisiert werden, es sind jedoch keinerlei Umrüstungen in den Übergabe- und Hausinstallationen notwendig.

### **Übergabestationen und Warmwasserbereitung**

Die Übergabestationen der SWK sind grundsätzlich mit einer witterungsgeführten Regelung, Fernwärmeregler sowie einem Wärmetauscher zur Systemtrennung ausgestattet. Der Wärmetauscher-Abgang ist die Eigentumsgrenze. Eine Zusatzausstattung zur Aufschaltung auf eine GLT-Anlage (Anm. TU KL: GLT = Gebäudeleittechnik) ist möglich. Um eine wirtschaftliche Auslegung des Netzes sowie der Stationen zu gewährleisten, könnte der Übergabestation ein Schichtspeicher nachgeschaltet werden. Dies ermöglicht kleinere Anschlusswerte auf der Netzseite und eine hygienisch sicherer Warmwasseraufbereitung mittels Trinkwasserstation oder Warmwasserspeicher.

Weiter ist auch eine erweiterte Auskühlung durch die Fußbodenheizung gewährleistet, was der Transportleistung des Netzes zu Gute kommt.

Der Speicher hat gleichzeitig die Funktion einer hydraulischen Weiche –somit können die unterschiedlichen Systeme ohne weiteren steuerungstechnischen Aufwand über unsere witterungsgeführte Regelung in der Übergabestation angesteuert werden. Dieses Zusatzpaket, auch mit vorkonfigurierten und betriebsfertigen Pumpengruppen für den Anschluss der Sekundärsysteme, könnten die SWK im System liefern.

Selbstverständlich ist es möglich, über ein Vertragsregelung auch die Betriebsführung für alle angebotenen technischen Komponenten inklusive 24-Std.-Notdienst anbieten. Als Systemanbieter sind wir auch in der Lage, die Heizkostenabrechnung einschließlich der Messstellenbetreuung in allen Wohnungen nach Heizkostenverordnung mit eigenem Personal für unsere Kunden durchzuführen.

Die Details sollten im Rahmen eines Orttermins abgestimmt werden. (Anm. TU KL: In diesem sollten sowohl die (nötigen) Investitionen der einzelnen Partner, sowie die Preise (Grund-, Arbeits- und Leistungspreise) für die Endverbraucher im Bahnheim thematisiert werden.)

---

<sup>31</sup> Mitteilung Hr. Lackner, SWK: Versorgungskonzept Bahnheim in Kaiserslautern, 05.03.2015.

## **Stromerzeugung**

Ähnlich wie Wärme kann auch elektrischer Strom regenerativ bereitgestellt werden. Hierzu sind zurzeit folgende Möglichkeiten technisch verfügbar, deren Potenzial für das Bahnheim abgeschätzt wird.

### **Wasserkraft**

Es gibt keine Gewässer im Bahnheim, die nutzbar sind.

### **Windkraft**

Kaiserslautern verfügt aufgrund seiner Lage im Landstuhler Bruch kaum über ausreichende Windpotenziale. Das Bahnheim bietet auch aufgrund seiner innerstädtischen Lage selbst für kleine und Kleinst-Windkraftanlagen kein ausreichendes Potenzial.

### **Tiefe Geothermie**

Das tiefengeothermische Wärmepotenzial, aufgrund der zu erwartenden Temperaturen, beschränkt sich auf die Nutzung zur Gebäudeheizung (siehe EV5 Tiefe Geothermie).

### **Biomasse**

Zur Erzeugung relevanter Biomassemengen stehen nicht genügend Flächenreserven zur Verfügung.

## **Dachflächen: Photovoltaik/Solarthermie**

Aufgrund des Denkmalschutzes stehen im Bahnheim nur in begrenztem Umfang (ca. 1.550 m<sup>2</sup>) Flächen zur Nutzung von Photovoltaikanlagen auf Gebäuden zu Verfügung (BH 82-92, 17a,b,c,d inkl. Neubau/Aufstockung). Je nach Nutzung ist eine Orientierung der Dachflächen entweder nach Süden (17c; Netzeinspeisung) oder nach Ost/West (17a,b; Eigenverbrauch) optimal. Die Bestehenden Dachneigungen mit 30° bis 50° sind ebenfalls sehr günstig. Der Zubau von Carports oder Garagen würde weitere Flächen schaffen (Abschnitt C3). Eine PV-Anlage auf der geplanten Lärmschutzwand DB bzw. auf einer Lärmschutzwand zur Pariser Str. hin bietet weiteres Potenzial. Dieses lässt sich allerdings nur mit einer detaillierten Betrachtung genauer beziffern. Hier spielen im Gegensatz zu den Aufdachanlagen noch weitere Faktoren, wie Vandalismus etc. eine wichtige Rolle. Diese Flächen können in einem ersten groben Überblick mit insgesamt 1.150 m nutzbarer Länge abgeschätzt werden. Die installierbare Leistung liegt bei etwa 200 kWp (Aufdachanlagen) und 125 kWp (Lärmschutzwände).

Die dem technischen Potenzial zu hinterlegenden rechtlichen, wirtschaftlichen Details und Fragestellungen werden in Abschnitt D weiter betrachtet.

## **Eingrenzung der energetischen Effekte aus Energieversorgungskonzepten**

Tabelle 24 stellt die möglichen Einsparungen (Primärenergie, Emissionen) durch die einzelnen Varianten der Energieversorgung im Vergleich dar:

Variante		Einsparung p.a.	
		Primärenergie [Mio. kWh]	Emissionen [t CO <sub>2</sub> -eq.]
0	Bestand	0	0
1	Gebäudeheizzentrale	0,1	23
2	Wärmepumpe	4,1	875
3a	BHKW	0,1	327
3b	Biomasse-BHKW	4,1	950
4	Kalte Nahwärme	4,1	950
5	Tiefe Geothermie	4,1	950
6	Fernwärme	1,51	-141,5

Tabelle 24: Übersicht Energieversorgungskonzepte EV0 bis EV6 (eigene Darstellung)

### **Bewertung Energetische Bilanzierung (Einzelgebäude/Blöcke)**

Das Quartier erlaubt, wie oben dargestellt, unterschiedliche Energieversorgungskonzepte. Diese unterscheiden sich vor allem nach Umfang der benötigten Investitionen, Grad der Autarkie und Umweltbewertung (CO<sub>2</sub>). Da alle obigen Konzepte EV0 bis EV6 prinzipiell umsetzbar sind, werden diese im nächsten Schritt (Abschnitt D) bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit geprüft. Daneben sind weitere Faktoren zu prüfen, wie z.B. Investitionsbereitschaft oder Kooperationen, etwa mit der Stadt Kaiserslautern, SWK oder Bauträgern und Bestandhaltern oder Gewerbetreibenden von benachbarten Liegenschaften.

## **C3 Weitere bauliche Maßnahmen ohne (direkten) Effekt auf die energetische Qualität**

### **Nachverdichtung und Flächeneffizienz**

Neben baulichen und anlagentechnischen Optionen besteht die Möglichkeit, die Nutzfläche der Gebäude zu erhöhen. Flächeneffizienz ist somit ebenfalls ein Schlüssel zu Energieeffizienz und Nachhaltigkeit. Diese kann, wenn das äußere Erscheinungsbild weitgehend erhalten bleiben soll, durch den Ausbau von Flächen im Dach und/oder Keller gesteigert werden. Innerhalb des Bahnheim-Quartiers bieten vor allem Gebäude mit nur einer Wohneinheit im obersten Geschoss günstige Voraussetzungen zur Nachverdichtung. Eventuell können Behaglichkeit und Wohnwert durch Dachgauben, wie sie stellenweise im Bestand existieren, gesteigert werden.

In gewissem Umfang könnte Nachverdichtung auch durch zusätzliche Gebäude im Außenbereich des Quartiers stattfinden.

### Denkmalgeschützter Bestand

Die Dachform der denkmalgeschützten Bestandsgebäude erlaubt den Ausbau der Dachgeschosse in fast allen Gebäuden. Derzeit werden in Dachgeschossen nur ca. 60 % der Grundfläche genutzt. Möglichkeiten der Nachverdichtung sollten geprüft und angestrebt werden, um Flächeneffizienz zu steigern und andere, insbesondere energetische Maßnahmen mit zu finanzieren. Bereits bestehende Gauben und Praxisbeispiele zeigen, dass für die Hinzufügung von Gauben in denkmalgeschützten Ensembles in Ab-

stimmung mit dem Denkmalschutz adäquate und wirtschaftliche Lösungen gefunden werden können. Das Praxisbeispiel in Abbildung 29 zeigt eine neu gestaltete Hofsituation in einer Denkmalzone, die mit der Landesdenkmalpflege in Rheinland-Pfalz abgestimmt wurde. Im Gespräch äußerten Landesdenkmalpflege und Untere Denkmalschutzbehörde in Kaiserslautern zwar Vorbehalte gegenüber dem Hinzufügen von Gauben im Bahnheim, um die großflächigen Dachflächen ungestört zu erhalten. Dennoch sollte diese Möglichkeit im Gesamtkonzept mit berücksichtigt werden.

Zusätzliche Wohnungen könnten, wie z.B. im Gebäude Bahnheim 25, Wohnflächen von 45-50 m<sup>2</sup> aufweisen. Alternativ können größere Wohneinheiten gebildet werden, die einen Teil der ansprechenden Treppenhäuser einschließen oder zwei Mieteinheiten zusammenfassen. Die Eingangstür der Wohnungen befände sich dann am unteren Treppenpodest im 2. bzw. 1. OG. Die Abtrennung im Treppenhaus würde durch eine Holzständerwand erfolgen. Hierfür würden insgesamt Baukosten (KG 300, 400, 700) von ca. 1.200 Euro/ m<sup>2</sup> BGF anfallen.

Bei Einrichtung von Maisonnette-Wohnungen kann der Schlafbereich in der unteren und der Wohnbereich in der oberen Etage angesiedelt werden. So entstehen besondere Ausblicke in Wohnräumen, welche höheren Nutzen für Bewohner stiften. Eine Anordnung der Schlafräume am Wohnungsausgang kann aber auch Nachteile bringen.

Aus energetischer Sicht resultieren folgende Implikationen:

- Denkmalschutzgebäude: Hier ist vor allem auf eine fachgemäße Dämmung des Daches, das dann den oberen Abschluss der Wohnung bildet, zu achten. Mögliche Gauben sollten Mindestdämmstandards einhalten bzw. übertreffen.

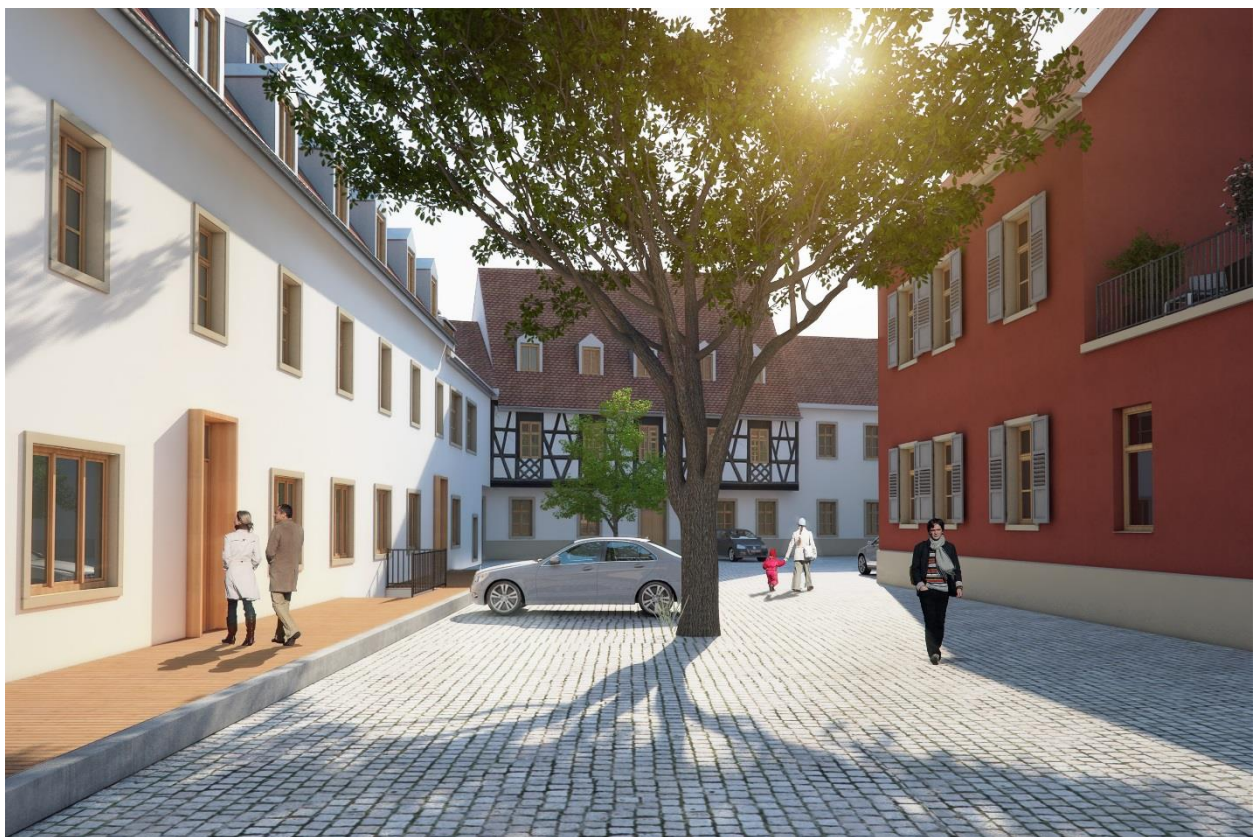


Abbildung 29: Praxisbeispiel denkmalschutzkonforme Verdichtung durch DG-Ausbau mittels Gauben (Bild: P.a.d.A. Consult GmbH, Speyer)

### **Bahnheim 17a, b, c**

Die Fläche nördlich und östlich der Gebäude 17a, b, c (3677-8) könnte durch einen Neubau nutzbar gemacht werden. Zudem könnte Gebäude 17c ggf. mit ca. 130 m<sup>2</sup> zusätzlicher Wohnfläche aufgestockt werden. Auch eine Dachgestaltung mit Aufgang zur Nutzung wäre denkbar. Auf dem Flurstück 3277/9 besteht die Möglichkeit eines Neubaus, der mit geschickter Gestaltung die Einfahrtsituation in das Bahnheim-Quartier aufwerten sollte. Die Tatsache, dass die hohe gestalterische Qualität bei Einfahrt in das Quartier durch die südliche Zufahrt kaum in Erscheinung tritt, wurde auch durch die Denkmalschutzbehörde bemängelt. Die Möglichkeit einer Nachverdichtung wurde im Rahmen eines Semesterprojekts am Fachgebiet Immobilienökonomie von Studierenden untersucht. Ausgewählte Ergebnisse der Machbarkeitsstudien sind in der nachfolgenden Textbox dargestellt. Aufgrund der besonderen Gegebenheiten und Ausstrahlung sollte ein Architektenwettbewerb in Betracht gezogen werden. Besonders durch einen Neubau in Plus-Energie-Standard könnte die Energiebilanz des Quartiers positiv beeinflusst werden.

## Wesentliche Ergebnisse der Machbarkeitsstudien

Studierende der TU Kaiserslautern erstellten im Rahmen einer Machbarkeitsstudie im WS 14/15 jeweils ein Nutzungskonzept für die Flurstücke mit und um Gebäude 17a-c. Zwei Ziele bestanden darin, die Eingangssituation in die Bahnheim-Siedlung aufzuwerten und neue Flächen durch Nachverdichtung zu schaffen. Erster Bestandteil aller Konzepte war die Fassadenmodernisierung von Gebäude 17a-c. Als Nachverdichtungsmaßnahmen sind z.B. zwei Neubauten (z.B. je 12 WE) auf den Flurstücken 3677/8, 3677/9, 3677/50, 3677/51, 3677/72, 3677/80 sowie tlw. Flurstücken 3679/8, 3677/12 und 3679/6 denkbar. Parkplätze könnten im Norden der Bebauung errichtet werden. Schrebergärten müssten in Abstimmung mit den Mietern umgelegt werden (Müller et al. 2015, S. 13).



Bildquelle: Müller et al. 2015, S. 13.

Auch eine Verlängerung des Gebäudes 17a,b in nördlicher Richtung und ein Neubau im östlichen Projektbereich, im Einklang mit dem vorhandenen Bebauungsplan, könnten sinnvoll sein. Gerade bei neu errichteten Gebäuden empfiehlt es sich, Anforderungen an altersgerechtes oder barrierefreies Wohnen zu erfüllen. Für ausreichenden Lärmschutz sollte die vorhandene Lärmschutzwand verstärkt werden. Zur weiteren Aufwertung der Eingangssituation könnten einige Details beitragen. Eine Idee waren Gabionen oder ein Torbogen mit Bahnheim-Schriftzug an der Einfahrt zum Quartier von der Pariser Straße (Müller et al. 2015, S. 17 und Becks et al. 2015, S. 9). In unmittelbarer Nähe dazu könnte eine Tafel mit Informationen zum Quartier aufgestellt werden (Becks et al. 2015, S. 8). Die neue Eingangssituation könnte ein Vorraum zum „Lautrer Wirtshaus“ als Foyer mit Sitzgelegenheiten, Schaukasten und Tischvitrine im Eisenbahnstil abrunden (Becks et al. 2015, S. 26).



Bildquelle: Becks et al., Präsentation vom 05.02.2015.

Schriftliche Ausarbeitungen (Übung) an der TU Kaiserslautern:

Becks, Christina; Engelbach, Caroline; Führer, Julius; Stillich, Romina; Theis, Julia (2015): „Bahnheim – gelebte Geschichte“, Übung im Fach Immobilienfinanzierung, -investition, -projektentwicklung (Übung) am FG Immobilienökonomie, WS 14/15.

Müller, Philipp; Thines, Sören; Eberz, Felix; Schneider, Max; Wahl, Julius (2015): Die Gartenstadt, Übung im Fach Immobilienfinanzierung, -investition, -projektentwicklung (Übung) am FG Immobilienökonomie, WS 14/15.



### **Bahnheim 82-92**

Die dreigeschossigen Gebäude mit einer Grundfläche von ca.  $3 \times 374 \text{ m}^2$  am westlichen Rand der Siedlung stammen aus den 50er Jahren und sind nicht denkmalgeschützt. Das Dachgeschoss ist nicht begehbar. Bei diesen Gebäuden empfiehlt sich eine Nachverdichtung durch ein zusätzliches Geschoss. Hierdurch könnten  $350 \text{ m}^2$  pro Block an zusätzlicher Mietfläche geschaffen werden. Leichte Pultdächer in Holzständerweise sind eine effiziente konstruktive Lösung. Die neu geschaffenen Geschosse können durch geänderte Farbgebung optisch dezent gestaltet werden, um die Ausstrahlung angrenzender Gebäude (mit etwas geringerer Höhe) zu bewahren. Die Baukosten (KG 300, 400, 700) für z.B. drei Wohneinheiten á  $90 \text{ m}^2$  pro Gebäude betragen inklusive Rückbau des alten Daches voraussichtlich ca.  $1.200 \text{ Euro/m}^2$  BGF.

Aus energetischer Sicht resultiert folgende Implikation:

- Bahnheim 82-92: Bestehende Dämmung der obersten Geschossdecken muss, trotz der bisher geringen Lebensdauer, eventuell aufgrund der so entstandenen zusätzlichen Stufe und der (lichten Raumhöhe entfernt werden.

Entlang der Straße zum Bahnheim 82-92 empfiehlt sich in dem Zuge eine seitlich angrenzende Pflasterung zur Ausweisung von Parkplätzen. Der Bereich wird von Anwohnern bereits als Parkfläche genutzt.

Darüber hinaus können die bestehenden (kleinen) Balkone an den Gebäuden 82-92 mit geringem Aufwand vergrößert werden. Hierzu bietet sich eine Stahlkonstruktion an, die vorgefertigt inkl. Steinbelag angeliefert wird. Zugänge von angrenzenden Räumen könnten den Nutzen für die Bewohner weiter erhöhen und den Lichteinfall in die Wohnungen vergrößern. Die Kosten für diese Maßnahme, inkl. Betonfundamenten, belaufen sich für die Gebäude 82-92 auf ca.  $6 \times 40.000 \text{ Euro}$ . An der Südseite der Gebäude könnten neue Balkone zu Kosten von ca.  $5.000 \text{ Euro}$  pro Wohnung ergänzt werden. Gemäß LBauO RLP werden Balkone zu 50 % als Mietfläche angerechnet. Die derzeitigen Balkone werden aufgrund der geringen Fläche von den Mietern augenscheinlich kaum genutzt. Die Geräusentwicklung durch die angrenzende Pariser Straße dürfte dabei eine untergeordnete Rolle spielen.

### **Garagen**

Die Garagenanlage mit 13 Garagen hinter dem Kiosk (Flurstück 5607) könnte zur Disposition gestellt werden. Aus Sicht des Denkmalschutzes handelt es sich um eine suboptimale Gestaltung, die das Erscheinungsbild des Gartenstadt-Quartiers zwar an einer dezentralen Stelle, aber dennoch merklich beeinträchtigt. Mit Freistellplätzen an selber Stelle könnten voraussichtlich nur deutlich geringere Mieterlöse erzielt werden ( $15 \times 8 \text{ Euro}$  statt  $13 \times 39 \text{ Euro}$ ). Die Denkmalschutzbehörde wird einen Rückbau der Garagenanlage voraussichtlich wohlwollend aufnehmen.

### **Alte Werkhalle (Bahnheim 58)**

Im hinteren Bereich der Bahnheim-Siedlung zwischen Schrebergärten und nordwestlicher Grundstücksgrenze hinter Gebäude 54 (Flurstück 3677-89) befindet sich eine massiv errichtete Werkhalle mit einer Grundfläche von ca.  $70 \text{ m}^2$ , die derzeit ungenutzt ist. Das Gebäude hat eine lichte Raumhöhe von ca.  $3,5 \text{ m}$ . Es könnte voraussichtlich mit geringem Aufwand in eine eigenständige kompakte Wohneinheit mit eigenem kleinem Gartengrundstück umgewandelt werden. Die Kubatur und prägende Elemente könnten erhalten bleiben. Die Baukosten (KG 300, 400, 700) dürften ca.  $1.000 \text{ Euro/m}^2$  BGF betragen. Im Rahmen des Projekts kann diese Option nicht näher untersucht werden. Die Prüfung der Option wird empfohlen.

Neben den beschriebenen Maßnahmen mit (direktem) Einfluss auf die energetische Qualität, werden weitere mögliche Maßnahmen betrachtet, die vor allem auf Wohnqualität und aktuelle Standards abzielen.

### **Weitere Maßnahmen**

Weitere Maßnahmen werden hier nur kurz skizziert. Sie fließen bei Relevanz für das Quartierskonzept teilweise in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Teil D) mit ein. Im Übrigen gelten sie als Anregungen während der Umsetzung des Quartierskonzepts bzw. im laufenden Betrieb des Bahnheims.

### **Bodenbeläge, Handläufe, Fensterbänke**

#### Bodenbeläge

Langlebige und pflegeleichte Materialien, wie z.B. Gussasphalt, können in Wohnungen und Treppenhäusern innerhalb von 24 Stunden eingebaut werden.

#### Handläufe im Treppenhaus

Zur kosteneffizienten, langlebigen Sanierung der Handläufe im Treppenhaus kann lediglich der obere Teil der Handläufe abgenommen und ersetzt werden. Bei einer Sanierung ist besonders auf Einhaltung der Absturzhöhe von 0,9 m zu achten.

#### Sanierung von Fensterbänken

Bei Sanierung der Fensterbänke sollten Materialien zum Einsatz kommen, die geringen Pflegeaufwand und Langlebigkeit kombinieren.

### **Elektrische und sonstige Installationen**

Elektrische und sonstige Installationen sollten an aktuelle Standards angepasst werden. Dies bedeutet unter anderem, aber nicht ausschließlich:

- 3-adrige Kabel in der Elektroverteilung
- Zähler (für Gas, etc.) in Wohnungen (nicht im Treppenhaus)
- Nicht benötigte Kabel, z.B. von Antennen, entfernen
- Nicht benötigte Kamine, Schächte, etc. entfernen (v.a. im Zusammenhang mit einem quartierszentralen Energieversorgungskonzept); von außen sichtbare Teile könnten erhalten bleiben, sofern dies aus Gründen des Denkmalschutzes wünschenswert wäre.
- Kabel die von außen an der Außenwand installiert wurden, sollten entfernt oder ins Innere der Gebäude verlegt werden

Bei der Berechnung der Kosten wurde davon ausgegangen, dass 40% der Wohnungen bereits mit aktuellen elektrischen Installationen ausgerüstet sind, bzw. deren Erneuerung technisch nicht sinnvoll ist (kein/zu geringer Nutzen).

### **Rückbau nicht mehr benötigter Kamine**

Durch Rückbau nicht (mehr) benötigter Kamine könnten ca. 0,5 m<sup>2</sup> pro Wohnung gewonnen werden. Anteilsmäßig können die Durchbrüche auch zur Verlegung von Infrastruktur genutzt werden und so die Kosten reduziert.

## Kellernutzung

Sandsteinwände dürfen nicht durch Farbe oder Putz, v.a. Zementputz, versiegelt werden. Zudem sollte bei Lagerungen in Kellern ein Mindestabstand von 0,2 m zur Außenwand eingehalten werden. Lagerung des Gutes auf Paletten reduziert das Feuchterisiko weiter.

Als Sofortmaßnahme kann das Abschlagen des Putzes in Kellern empfohlen werden. Um eine optimale Lüftung zu garantieren, sollte eine **autonome Querlüftung** installiert werden. Diese sollte im Winter und an kühlen Tagen genutzt werden. Im Sommer und generell an warmen Tagen enthält die Luft erhöhte Luftfeuchtigkeit. Dann wäre Lüften und der damit einhergehende Feuchteintrag kontraproduktiv. Hierzu genügt es, auf jeder Gebäudeseite ein Kellerfenster zur Hälfte mit Glas und zur anderen Hälfte mit feinem Gitter/Drahtnetz (Schutz gegen Unrat und Ungeziefer) auszuführen. Falls trotz zusätzlicher Perimeterdämmung keine ausreichend geringe Feuchte im Keller vorherrscht, sollte in einem Gebäude der Effekt von Sanierputz erprobt werden.

## Stellplatzkonzept

Durch Konsolidierung von Stellplätzen könnte das Erscheinungsbild der Siedlung verbessert werden. Hierüber könnte außerdem leicht ein Konsens mit den Denkmalschutzbehörden gefunden werden, der möglicherweise an anderer Stelle Entgegenkommen bewirkt.

## Müllsammelplätze und Unterstände

Auch durch die Einrichtung von Müllsammelplätzen bzw. (abschließbaren) Unterständen kann das Erscheinungsbild der Siedlung angehoben werden. Zudem werden die Bewohner animiert pfleglicher mit den überlassenen Gebäuden umzugehen. Durch größere Müllcontainer können laufende Kosten eingespart werden. Die Ersparnis kann entweder den Mietern oder der Gemeinschaft zu Gute kommen. Unterstände könnten auch für Fahrräder, Kinderwägen oder Rollatoren geschaffen werden. Die Gestaltung sollte als Teil des Gesamtkonzepts mit den Denkmalschutzbehörden abgestimmt werden.

## Außenbeleuchtung

Zurzeit werden die Außenbereiche vor den Hauseingängen durch unterschiedliche Leuchten mit Bewegungssensoren beleuchtet. Hier sollte geprüft werden ob, unter Berücksichtigung der Optik, einheitliche Leuchten mit Bewegungsmeldern und kleinem PV-Modul installiert werden können. Mit LED-Leuchtmitteln kann der Stromverbrauch deutlich gesenkt werden.

## Straßenbeleuchtung

Die Stadt Kaiserslautern, zuständig für die Straßenbeleuchtung im Bahnheim, hat bereits begonnen die bestehenden Quecksilber-Leuchtmittel (HQL) mit 80 W gegen moderne LED (21 W) auszutauschen. Die erzielbaren Einsparungen, durch den gesamten Leuchtmittelaustausch, belaufen sich auf 8.260 kWh/a (bei 4.000 Betriebsstunden p.a.). Für weitere Energieeinsparungen ist eine Tageslichtsteuerung zu erwägen.

## Carsharing

Die Einrichtung von Carsharing-Stellplätzen ist eine weitere denkbare Maßnahme mit mehrfachem Nutzen. Durch ein Carsharing-Angebot könnten eventuell einige Bewohner als auch die Bahnheim eG selbst auf die Anschaffung (weiterer) PKWs verzichten, was die teilweise angespannte Parkplatzsituation im Quartier entspannen würde. Zum anderen könnte die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Quartiers (bei einer umfassenderen Betrachtung) weiter gesenkt werden. Carports mit Pho-

tovoltaik-Modulen, z.B. als Ersatz von bestehenden Garagen, würden weniger Platz benötigen und den Mobilitätsaspekt abrunden, insbesondere beim Einsatz von Elektrofahrzeugen.

### **E-Mobilität: Ladestationen**

Ladestationen für Elektrofahrzeuge könnten die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Quartiers zusätzlich aufbessern. Wandladestationen können kostengünstig eingerichtet werden. Der Verein E-Mobilität Kaiserslautern e.V. finanziert Ladestationen im Stadtgebiet von Kaiserslautern.

### **Zuwegung, Sichtbarkeit**

Die Zuwegung, insbesondere zur S-Bahn-Haltestelle Kennelgarten, könnte im Rahmen von ohnehin anfallenden baulichen Maßnahmen ggf. aufgewertet werden. Die Sichtbarkeit des Bahnheims seitens der Pariser Straße könnte durch Rückschnitt von Büschen und Bäumen gesteigert werden.

### **Bewertung Weitere bauliche Maßnahmen**

Im Quartier bieten sich eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Steigerung der Flächeneffizienz (und damit auch Nachhaltigkeit und Energieeffizienz) und der Wohnqualität. Diese sollten einzeln geprüft werden und können ggf. auch zeitversetzt mit unterschiedlich großem oder kleinem Aufwand realisiert werden. Einige Maßnahmen können in Abstimmung mit den Denkmalschutzbehörden auch als Ausgleich für andere Maßnahmen vereinbart werden. Besondere Investitionen z.B. im Bereich des Denkmalschutzes können durch Zusatzerlöse z.B. aus gelungener Nachverdichtung gegenfinanziert werden. Ziel sollte ein Konsens über möglichst viele Aspekte auf Siedlungs- und Hausebene sein. Das Quartierskonzept gibt eine Vielzahl von Anregungen, die gesamthaft betrachtet und kombiniert werden sollten.

## **C4 Energiebilanz und Simulationsergebnisse nach Sanierung (Einzelgebäude und Quartier)**

### **Energiebilanz**

Grundsätzlich ist die Energiebilanz direkt abhängig von umgesetzten Maßnahmen. Deshalb kann in diesem Abschnitt nur eine Auswahl möglicher Szenarien aufgezeigt werden. Diese umfassen neben der energetisch besten Lösung auch Teillösungen, bei denen die umgesetzten Maßnahmen im direkten Zusammenhang stehen. Dies wäre zum Beispiel die Sanierung von Fenstern und der Außenwand, da für beide ein Gerüst errichtet werden muss (Synergieeffekte), oder die Dämmung der obersten und untersten Geschossdecke („Dachboden“ und „Keller“), da diese beiden Maßnahmen einen vergleichsweise geringen Aufwand erfordern und auch im Winter umgesetzt werden können.

Zur Ermittlung der erzielbaren Einsparungen wurden computergestützte Bilanzierungen nach DIN V 18599 durchgeführt. Hierzu wurde pro Gebäudegruppe (1920er, Wiederaufbau, 1950er) jeweils ein repräsentatives Gebäude ausgewählt und bilanziert. Die Auswahl fiel aufgrund des Verbrauchs sowie der baulichen und konstruktiven Eigenschaften auf folgende Gebäude:

Gebäudegruppe/Altersklasse	1920er	Wiederaufbau	1950er
Referenzgebäude	BH 21,23,25,27	BH 3	BH 86, 88

**Tabelle 25: Auswahl der Referenzgebäude pro Gebäudealtersklasse (eigene Darstellung)**

Daneben wurde als Ausreißer das Gebäude Bahnheim 8 bilanziert. Auf Grundlage der relevanten Informationen wurden folgende Annahmen für die Bilanzierung getroffen (Tabelle 26):

Annahme	Resultierender Wert	Begründung	Annahme	Resultierender Wert	Begründung
Innentemperatur	19°C	Nach EnEV	Wohnfläche	Angabe BH eG	
Nachtabenkung	-	Technisch umgesetzt	Fensterfläche	Für jedes Referenzgebäude ermittelt	
Keine Dichtlippen (Fenster)	-	Nur Bestand vorhanden	Vor- und Rücksprünge in Fassade bis 50 cm	Berücksichtigt	
Keine Dichtheitsprüfung	-	Nicht durchgeführt	Ausrichtung Gebäude	N/S-Ausrichtung	Mittelwert für Gebäude <sup>32</sup>
Geschosshöhe	2,75 m	Angabe BH eG	Saniertes, wohnungszentrales Heizsystem mit Brennwerttechnik	Diverse (Aufwandszahl 1,76)	Angabe BH eG
Luftvolumen	0,8*Gebäudevolumen		Warm- bzw. Kaltseitentemperatur	20°C bzw. -12°C	
Wärmebrücken	Aufschlag 0,1 W/(m <sup>2</sup> *K)	Kein Nachweis geführt	Innere Wärmegewinne	5 W/m <sup>2</sup> (Wohnfläche)	
Objektstandort: Kaiserslautern	Solar- & Temperaturreferenz: Mannheim (Region 12)	Nach DIN 4106	Warmwasserbedarf	12,5 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	Pauschalwert

**Tabelle 26: Getroffene Annahmen und Parameter für die Bilanzierung (eigene Darstellung)**

Für die Gebäude werden jeweils drei Maßnahmenpakete für die Thermische Gebäudehülle (TGH) erstellt. Diese umfassen jeweils die einzelnen Teile der thermischen Hülle und stufen sich in ihrer energetischen Qualität ab. Während TGH1 nur die gesetzlichen Mindestanforderungen (wenn möglich) umfasst, richtet sich TGH3 nach den technischen und räumlichen Möglichkeiten. Die mittlere Variante TGH2 orientiert sich grob an den Vorgaben der KfW-Bank für Sanierungskredite.

**Die aus diesen Maßnahmen resultierenden Einsparungen und wiederum resultierenden (künftigen) Verbräuche werden zwischen den einzelnen Gebäuden einer Altersklasse schwanken. Dies bedeutet, dass die hier angegebenen Einsparungen und erwarteten Verbräuche nur eine Größenordnung bzw.**

<sup>32</sup> Der Einfluss wurde mit Modellen untersucht und liegt bei <1 %.

einen Bereich angeben, in dem sich diese nach der Sanierung voraussichtlich einpendeln werden. Sich änderndes Nutzerverhalten (z.B. durch einen Mieterwechsel) hat einen großen Einfluss, kann aber nicht mit bilanziert werden.

Die aus den Referenzgebäuden abgeleiteten Einsparungen werden nun auf jede der drei Gebäudegruppen hochgerechnet. Hierzu wurde die in der Bilanzierung erzielte Einsparung (in %) auf die gesamte Gebäudegruppe extrapoliert. Diese Methode hat zur Folge, dass nicht jedes Gebäude durch die entsprechende Einsparung exakt abgebildet wird. Gebäude, die vor der Sanierung viel Energie (pro m<sup>2</sup> Wohnfläche) benötigt haben, werden (prozentual) mehr einsparen, Gebäude mit geringerem Ursprungsverbrauch weniger. Im Folgenden werden die Einsparungen für **eine** Variante dargestellt. Diese orientiert sich an den Grenzwerten nach EnEV14, die in Einzelfällen auch leicht unter- oder überschritten werden. Ausgenommen hiervon sind die Außenwände. Diese haben zwar einen großen Einfluss auf die energetische Qualität der Gebäude, wurden aber aufgrund der oben aufgezeigten Besonderheiten im Denkmalschutz nicht energetisch optimiert. Sollten die Außenwände doch, z.B. durch eine Innendämmung, ertüchtigt werden, wären hierdurch weitere Einsparungen von ca. 750.000 kWh<sub>PE</sub>/a zu erwarten.

Die Einsparung summiert sich insgesamt auf 1,22 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a bzw. 29 % (Tabelle 27). Der zu erwartende Primärenergiebedarf nach Sanierung beträgt folglich 2,85 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a. Dies entspricht einem Endenergiebedarf (Erdgas) von 2,59 Mio. kWh<sub>EndEn</sub>/a.

Die Einsparungen der gewerblich genutzten Einheiten sind stark von der jeweiligen Nutzung abhängig. Aufgrund der geringeren Nutzungszeiten und Temperaturen sind auch hier geringere Einsparungen zu erwarten. Je mehr die Nutzung einer Wohnnutzung entspricht, desto mehr wird sich die (prozentuale) Einsparung an die der Wohneinheiten annähern.

Gebäudegruppe	1920er	Wiederaufbau	1950er (DS/NDS)	Gesamt
Einsparung [%]	17	40	29/55	29
Absolute Einsparung [kWh <sub>PE</sub> /a]	300.000	222.000	700.000	1.222.000

**Tabelle 27: Energiebilanz nach Sanierung (Einsparung in % und absolut; ohne Außenwand) (eigene Darstellung)**

### **Simulationsergebnisse**

Neben der in den Teilen B und C durchgeführten Bilanzierung zur Bewertung der Energieverbräuche wurde eine Simulation von repräsentativen Gebäudemodellen durchgeführt. Diese arbeitet dynamisch und bietet die Möglichkeit, das Nutzerverhalten und einzelne Maßnahmen genauer abzubilden. Im Folgenden wird diese Simulation inklusive der Maßnahmen und Ergebnisse vorgestellt. Abgeschlossen wird der Abschnitt mit Handlungsempfehlungen, die in das Zwischenfazit (Abschnitt C6) und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Teil D) mit einfließen.

#### **1 Untersuchungsziel**

Energetische Sanierungsmaßnahmen haben zum Ziel, sowohl die Behaglichkeit der Bewohner zu gewährleisten bzw. zu erhöhen, als auch Energieverbräuche und Energiekosten zu senken. Die Effizienz der möglichen Maßnahmen soll mit Hilfe der thermisch-instationären Gebäudesimulation ermittelt werden, die es ermöglicht, die betrachteten Einzelgebäude realitätsnah und im Kontext des Jahreszyklus (Frühling – Sommer – Herbst – Winter) energetisch abzubilden. Ziel ist es, die möglichen Einsparungen unterschiedlicher Einzelmaßnahmen abhängig vom jeweiligen Gebäude abzubilden, um eine Kosten-Nutzen-Bewertung vorzunehmen und Handlungsempfehlungen abzusichern.

## 2 Methode

### 2.1 Einteilung der Gebäude/Übertragbarkeit

Um die Effizienz der einzelnen Sanierungsstrategien für möglichst alle Gebäude der Bahnheim-Siedlung bewerten zu können, müssen die Gebäude in einem ersten Schritt energetisch-konstruktiv gegenübergestellt und hinsichtlich prägender energetischer Eigenschaften eingeteilt werden. Energetisch repräsentative Gebäude können auf diese Weise ausgewählt und per Simulation detailliert abgebildet werden. Die Ergebnisse sind auf andere Gebäude der Siedlung übertragbar.

Die Gebäude der Bahnheim-Siedlung weisen alle einen ähnlichen Fensteranteil auf, Unterschiede bezüglich der solaren Gewinne sind daher geringfügig. Im Vordergrund steht demnach die Einteilung der Gebäude hinsichtlich Wärmeverlusten über die Gebäudehülle. Mit Hilfe des A-V-Verhältnisses, des Verhältnisses von wärmeabgebender Gebäudehüllfläche zu beheiztem Volumen, ist eine Einteilung der Gebäude hinsichtlich der Verluste möglich. Freistehende Gebäude mit vier Fassaden (plus Dachflächen plus Kellerdecke) weisen höhere Verluste auf als Eckgebäude mit drei Fassaden (plus Dachflächen plus Kellerdecke) und Mittelhäuser mit nur zwei Fassaden (plus Dachflächen plus Kellerdecke). Es gilt: Je höher das A-V-Verhältnis desto höher sind die Wärmeverluste und umgekehrt. Die A-V-Verhältnisse der Bahnheim-Gebäude bewegen sich im Bereich von  $0,58 \text{ m}^2/\text{m}^2$  (BH 4) und  $0,43 \text{ m}^2/\text{m}^2$  (BH 25).

Um das Spektrum der Gebäude abbilden zu können, wurde ein thermisches Gebäudemodell mit einem minimalen A-V-Verhältnis von  $0,43$  und eines mit einem maximalen A-V-Verhältnis von  $0,58$  simuliert. Mit dieser Minimal- Maximal-Abbildung ist es möglich, die per Simulation untersuchten und bezifferten Potenziale der einzelnen Sanierungsmaßnahmen auf beliebige Gebäude der Siedlung zu übertragen.

Im Rahmen von Wohnungssanierungen getätigte Aufmaße der Außenwandstärken in unterschiedlichen Gebäuden ergaben folgende siedlungstypische Wandstärken (Tabelle 28).

Bahnheim	Baualter	Anmerkung	Wandstärke EG [cm]	Wandstärke 1.OG [cm]	Wandstärke 2.OG [cm]
29	1924			38	
28b	1924	Wiederaufbau		43	
28a	1924	Wiederaufbau	38	38	
27	1924			38	
26	1924	Wiederaufbau		45	
23	1924			38	
18	1922		52		
17	1923			38	
15	1923		38	38	
14	1950			52	
13	1923		38		
12	1950			45	
11	1923		38		
10	1922			50	
8	1924	Wiederaufbau		45	45
7	1924	Wiederaufbau	52		
4c	1951		30-35	30-35	
2b	1951		30		

**Tabelle 28: Übersicht der Wandstärken ausgewählter Gebäude (eigene Darstellung)**

Aus den Werten kann stark vereinfachend Folgendes abgeleitet werden:

- Außenwände aus den 1922/23/24er Jahren weisen i.d.R. Wandstärken von ca. 38 cm auf,
- Außenwände aus den Wiederaufbaujahren weisen i.d.R. Wandstärken von ca. 43-45-52 cm auf,
- Außenwände aus den 1950er Jahren weisen im Neubaubereich geringe Wandstärken von ca. 30-35 cm auf.

Innerhalb aller Gebäudegruppen und Gebäude gibt es Schwankungen und Ausnahmen. Im Sanierungsfall sollten vor Ort exemplarische Aufmaße gemacht werden.

Als repräsentative Außenwandstärken wurden jeweils Wandstärken von 38, 45 und 52 cm simuliert.

Die Gebäude der Bahnheim-Siedlung sind unterschiedlich zur Sonnenbahn orientiert. Im Rahmen der thermischen Simulation wurden daher zusätzlich unterschiedliche Drehungswinkel untersucht.



## Zusammenfassung

Simuliert wurden zwei grundlegende thermische Gebäudemodelle mit einem minimalen A-V-Verhältnis von 0,43 und eines mit einem maximalen A-V-Verhältnis von 0,58, jeweils in den Wandstärken 38 cm, 45 cm und 52 cm in variierenden Ausrichtungen zur Sonnenbahn.

## 2.2 Modellbildung

Simulationsmodelle bilden thermische Zonen ab. Zonen sind Bereiche innerhalb eines Gebäudes, in denen bauphysikalisch vergleichbare Bedingungen herrschen (Abschnitt B2). Typische Bahnheim-Gebäude weisen ein unbeheiztes Kellergeschoss, ein unbeheiztes Treppenhaus, zwei beheizte Wohneinheiten im Erdgeschoss, zwei beheizte Wohneinheiten im Obergeschoss und eine beheizte Wohneinheit im Dachgeschoss auf (Abbildung 5). Eine Hälfte des Dachgeschosses fungiert als unbeheizter Stauraum, der Dachspitz ist unbeheizt. Das Simulationsgebäude wurde als 8-Zonen-Modell abgebildet.

## 2.3 Eingabedaten

Hinsichtlich der Nutzung der Gebäude müssen realitätsnahe Annahmen getroffen werden, da das reale Nutzerverhalten unbekannt ist. Die Annahmen eines „genormten Nutzers“ führen einerseits zwar dazu, dass aufgrund eines ggf. abweichenden Nutzerverhaltens die Simulationsergebnisse von realen Verbräuchen abweichen, andererseits ermöglichen sie eine nutzerunabhängige Bewertung von Gebäuden und Sanierungsstrategien sowie den Vergleich unterschiedlicher Gebäude unter gleichen Bedingungen.

Als für alle Gebäude gleichbleibende Heizperiode gilt im Rahmen der Simulationen die Zeit von Oktober bis April, während der Heizperiode gilt tagsüber von 6 bis 22 Uhr die Heizgrenze von 20°C. Dies entspricht in etwa den Erkenntnissen aus der Bewohnerbefragung, wonach bisherige Raumtemperaturen im Mittel bei ca. 20,8°C liegen (n = 111). Zu beachten ist, dass ca. ein Viertel der Nutzer die Wohnung an Wochenenden auf höhere Temperaturen heizt als während der Woche. Innenraumtemperaturen liegen dann im Schnitt um knapp 3°C höher. In der Simulation wird die Heiztemperatur nachts zwischen 22 und 6 Uhr auf 18°C abgesenkt.

Pro Wohneinheit wurden die für die Gesamtsiedlung durchschnittlichen 1,5 Personen pro Wohnung angesetzt. Von 18 Uhr bis 8 Uhr sind alle, von 8 bis 18 Uhr die Hälfte der Personen im Haus. Die elektrische innere Last (Beleuchtung usw.) wird mit 5 W/m<sup>2</sup> angenommen.

Als repräsentative Wetterdaten dienen die Referenzdaten des Deutschen Wetterdienstes für Simulationen für die Stadt Kaiserslautern (Region TRY 12).

Die Gebäudedaten entsprechen den durch die Bahnheim eG übermittelten Informationen sowie den Ergebnissen eigener Untersuchungen vor Ort.

Die Materialität der Außenwandkonstruktionen ist von großer Bedeutung, da sie den Heizenergiebedarf entscheidend beeinflusst. Bohrungen vor Ort haben darauf schließen lassen, dass das für die Außenwände im Bereich der Wohneinheiten eingesetzte Material bei allen Baualtersgruppen eine relativ geringe Rohdichte (ca. 1.000-1.100 kg/m<sup>3</sup>) aufweist. Als Material wurde Bims bzw. Kunstbims mit einer Wärmeleitfähigkeit von ca. 0,52 W/(m\*K) angesetzt.

Alle Annahmen sind im Eingabedatenblatt (Anhang 1-4/ Daten-CD-ROM) beschrieben.

## 2.4 Ausgabedaten

Von Interesse ist einerseits der aus den Sanierungsstrategien resultierende Heizwärmebedarf, andererseits die Temperaturentwicklung in den jeweiligen Thermischen Zonen. Da sich der Heizwärmebedarf als Wert auf die angenommenen Nutzerprofile bezieht, ist es sinnvoll, die Energiebedarfswerte im Vergleich

zum Ausgangszustand zu betrachten. Die schlussendliche Ausgabe erfolgt daher in Prozent bezogen auf den unsanierten Zustand. Als unsanierter Zustand gilt die Gebäudebeschreibung gem. Anhang 1-4.

### 3 Untersuchungspunkte

Folgende gebäudebezogenen Maßnahmen A bis K wurden untersucht (Tabelle 29).

Maßnahme/ Variante		Modellvariable	Material	Parameter <sup>33</sup>	
A	A	unsanierter Bestand			
B	B	Kellerdeckendämmung	Mineralwolle	d = 0,05 m	
C	C1	Dachdämmung	Mineralwolle	d = 0,12 m	
	C2			d = 0,14 m	
	C3			d = 0,16 m	
D	D1	Dämmung oberste Geschossdecke	Mineralwolle	LWR = 0,5/h	d = 0,06 m
	D2				d = 0,08 m
	D3				d = 0,10 m
	D4	Dämmung oberste Geschossdecke	Mineralwolle	LWR 0,1/h	d = 0,06 m
	D5				d = 0,08 m
	D6				d = 0,10 m
E	E1	Innendämmung	Steinwolle	d = 0,02 m	
	E2			d = 0,03 m	
	E3		Dämmputz	d = 0,02 m	
	E4			d = 0,03 m	
	E5		Aerogel	d = 0,02 m	
	E6			d = 0,03 m	
	E7		Calziumsilikat	d = 0,025 m	
	E8			d = 0,03 m	

<sup>33</sup> d = Materialstärke; LWR = Luftwechselrate.

Maßnahme/ Variante		Modellvariable	Material	Parameter <sup>34</sup>	
F	F1	Austausch Fenster: Rahmenanteil	Iso-Fenster, Holzrahmen	$U_f = 1,5$ $W/(m^2K)$	Rahmenanteil: 25%
	F2				Rahmenanteil: 30%
	F3				Rahmenanteil: 35%
	F4				Rahmenanteil: 40%
	F5			$U_f = 2,2$ $W/(m^2K)$	Rahmenanteil: 25%
	F6				Rahmenanteil: 30%
	F7				Rahmenanteil: 35%
	F8				Rahmenanteil: 40%
G	G1	Austausch Fenster: g- Wert	Iso-Fenster, Holzrahmen	$g = 0,6$	
	G2			$g = 0,5$	
	G3			$g = 0,4$	
H	H	Nutzung Klappläden nachts			
I	I	Austausch Haustüren	Holztür	$U = 1,0$ $W/(m^2K)$	
J	J	Dämmen Treppenhaus- innenwände	Dämmputz	$d = 0,02$ m	
K	K1	Außendämmung	Dämmputz	$d = 0,02$ m	
	K2			$d = 0,03$ m	
	K3			$d = 0,04$ m	

Tabelle 29: Gebäudebezogene Maßnahmen in Simulationen (eigene Darstellung)

<sup>34</sup> d = Materialstärke; LWR = Luftwechselrate.

### 3.1 Untersuchungsergebnisse

Die jeweiligen Untersuchungsergebnisse für die Simulation sind Anhang 5 zu entnehmen. Die Ausrichtung der Gebäude (Drehung im Vergleich zur reinen Nord-Süd-Ausrichtung) kann mit einer Abweichung von 1 % in allen Modellen vernachlässigt werden.

Der nutzerverhaltensunabhängige Heizenergiebedarf aller Gebäude hat im unsanierten Zustand eine Spanne von ca. 20 % (Vergleich Gebäude mit maximalem A-/V-Verhältnis und minimaler Wandstärke mit dem Gebäude mit minimalem A-/V-Verhältnis und maximaler Wandstärke).

Die mögliche prozentuale Einsparung je Maßnahme A bis K zur Ertüchtigung der Gebäudehülle steigt mit sinkendem A-/V-Verhältnis des Gebäudes.

Die mögliche prozentuale Einsparung bei Effektivierung der Fassadenflächen (Innen-/Außendämmung inkl. Dämmputz) sinkt mit steigender Wandstärke.

Die mögliche prozentuale Einsparung bei Effektivierung der Dach- oder Kellerdeckendämmung steigt mit sinkendem A-/V-Verhältnis und steigender Wandstärke, ist allerdings in jedem Fall zu empfehlen.

Die effektivste Maßnahme zur Energieeinsparung ist die nachträgliche Kellerdeckendämmung (B), die geringsten Einsparungen würden erwartungsgemäß mit Neuverputzung der Treppenhauswände mit Dämmputz erzielt werden.

Die nächtliche Nutzung der Klappläden (H) bringt alleine – im ansonsten unsanierten Zustand – 4 bis 5 % Einsparung, die ohne bauliche Investitionen erzielbar wären.

### 3.2 Effizienz kombinierter Sanierungsmaßnahmen

Exemplarisch wurde die Überlagerung folgender Maßnahmen untersucht (Tabelle 30):

Maßnahme	Modellvariable/ Variante	Material
A	A	unsaniertes Bestand
B	B	Kellerdeckendämmung
C	C3	Dachdämmung
E	E3	Innendämmung
F	F2	Austausch der Fenster: Rahmenanteil
H	H	Nutzung der Klappläden nachts
I	I	Austausch der Hauseingangstüren
K	K1	Außendämmung

**Tabelle 30: Exemplarische Maßnahmenkombination (eigene Darstellung)**

Energieeinsparungen von rund 50 % gegenüber dem unsanierten Zustand sind (bezogen auf ein klimatisch durchschnittliches Jahr und auf durchschnittliches Nutzerverhalten) mit den genannten Maßnahmen realisierbar. Die Ergebnisse zeigen eine Streuung der Einsparpotenziale zwischen den jeweiligen Gebäuden um ca. 4 Prozentpunkte (Tabelle 31).

Verbesserung [%]						
A-V-Verhältnis	0,58			0,43		
Stärke Außenwand [cm]	38	45	52	38	45	52
kombiniertes Modell (A+B+C3+E4+F2+H+I+K3)	49,35	49,30	48,92	53,13	52,83	52,62

Tabelle 31: Reduzierung des Energiebedarfs in Abhängigkeit der A/V-Verhältnisses

#### 4 Fazit: Empfehlungen

Anhand des A-V-Verhältnisses und der vorliegenden Außenwandstärke kann die Effizienz der Einzelmaßnahmen mit Hilfe des jeweiligen Minimal- und Maximalwertes aus den Simulationen eingeordnet werden. Generell gilt, dass, wo möglich, das nachträgliche Dämmen des Daches bzw. der obersten Geschossdecke sowie das Dämmen der Kellerdecke in bestmöglicher Ausführung durchgeführt werden sollte.

Der einheitliche Austausch der Fensterkonstruktionen ist sehr zu empfehlen. Der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung sollte maximal sein (bei ca. 0,60 liegen). Aufgrund der erhöhten Dichtigkeit ist es sinnvoll, zweiflügelige, nicht kippbare Fenster einzubauen, um kurzes, intensives Stoßlüften zu gewährleisten und Feuchteprobleme im Innenraum zu unterbinden. Die Zweiflügeligkeit ist Voraussetzung, um Klappläden einfach nutzen zu können und entspräche dem ursprünglichen historischen Siedlungsbild. Durch die Zweiflügeligkeit ragt das Fenster im geöffneten Zustand geringer in den Raum, i.d.R. weniger als eine Armlänge, und gestaltet so das Öffnen des Fensters für den Benutzer angenehmer. Der Benutzer benötigt weniger Kraft (ältere Personen) und muss nicht vom Fenster zurücktreten. Die mögliche Energieeinsparung in Folge Nutzung der Klappläden liegt zwischen 4 und 5 % (bezogen auf unsanierten Zustand).

Die Einsparung bei Verputzung der Außenwandflächen mit Dämmputzen beträgt 2,5 % bis 6,5 %. Vor allem bei freistehenden Gebäuden mit hohem A-V-Verhältnis und geringen Wandstärken wäre zu prüfen, ob bei Sanierungsbedarf des ursprünglichen Außenputzes Dämmputz zum Einsatz kommen kann. Relevant ist hierbei die Stärke des Originalputzes, die zur Erhaltung der Sandsteinumrahmungen an Fenstern und Türen nicht überschritten werden sollte. Die Art der Putzoberfläche sollte mit dem Amt für Denkmalschutz abgestimmt werden, die möglichen Einsparmöglichkeiten sind diskussionsrelevant.

## C5 Erfolgs- und Hemmnisfaktoren

Steigerung der Energieeffizienz, Optimierung der Energieversorgung und Bewahrung bzw. Wiederherstellung besonderer Qualitäten des Quartiers, Wirtschaftlichkeit und soziale Verantwortung – um die wesentlichen Ziele des integrierten Quartierskonzepts zu erreichen, sind einige Faktoren in der Planungs-, Durchführungs-, und Nutzungsphase zu beachten. Das Konzept bereitet die Grundlage für Maßnahmen, die während der Durchführungsphasen kontinuierlich koordiniert werden müssen. Diese elementare Aufgabe sollte ein Sanierungsmanager oder eine Sanierungsmanagerin übernehmen. Zusammen mit bestehenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Bahnheim eG wären benötigte personelle Kapazitäten und Ansprechpartner vor Ort sichergestellt. Dabei sind klare Verantwortlichkeiten in allen neuen und bestehenden Funktionen zu benennen und einzuhalten. Wesentliche Aufgaben des Sanierungsmanagers sind u.a. Koordination beteiligter Akteure (z.B. Genossenschaft, Kommune, Denkmalschutz, Energieversorger, ausführende Bau- und Handwerksunternehmen), Überwachung der Projektziele, Interaktion mit Mietern (z.B. Informationen über Abläufe, Energieberatung) und Öffentlichkeitsar-

beit (vgl. BMUB 2014a). Unbedingte Zuverlässigkeit in der Planungs-, Durchführungs- und Nutzungsphase muss jederzeit sichergestellt und selbst eingehalten werden.

### Planungsphase

Auf Grundlage verhandelter und abgestimmter Modernisierungseckpunkte mit unterer und oberer Denkmalschutzbehörde und den Planungsbehörden Stadt Kaiserslautern ist eine präzise Ausschreibung (Ausschreibungsqualität) in der **Planungsphase** Voraussetzung für eine hohe Ausführungsqualität. Fachplaner und ausführende Unternehmen müssen sorgfältig ausgewählt und möglichst frühzeitig beteiligt werden. Mieter sind regelmäßig über anstehende Maßnahmen und Baustände zu informieren und auf Umsetzungen vorzubereiten. Durch die geplante abschnittsweise Maßnahmendurchführung und beständige Kommunikation können Akzeptanz geschaffen und mögliche Vorbehalte verhindert oder frühzeitig abgebaut werden. Häufig wünschen sich Mieter nach Fertigstellung und Begutachtung eines ersten Bauabschnitts Modernisierungsmaßnahmen für die eigene Wohnung und bringen teilweise selbst Vorschläge mit ein,<sup>35</sup> die ggf. sinnvoll berücksichtigt werden können.

### Durchführungsphase

In der **Durchführungsphase** sind Ausführungsqualität und -dauer, Belastung von Mietern und Kostenstabilität erfolgskritisch. Ausführungsqualitäten sind wesentlich durch Professionalität und Erfahrung von ausführenden Unternehmen und die vorherigen Planungsleistungen beeinflusst. Gerade bei komplizierten Maßnahmen im Bestand können Ausführungsmängel beispielsweise energetische Einsparziele gefährden (z.B. Wärmebrücken bei Dachdämmung) und prognostizierte Bauteillebensdauern mindern. Hohes technisches Verständnis bei innovativen Maßnahmen wie (Tiefer) Geothermie ist Grundvoraussetzung. Wichtig ist auch, dass angekündigte Zeitpläne aus Kosten- und Mietersicht eingehalten werden (Zuverlässigkeit). Gerade Mieter werden im Maßnahmenzeitraum häufig stark in ihrer Privatsphäre eingeschränkt. Finden (längere) Maßnahmen innerhalb von Wohnungen statt, ist über deren Leerzug nachzudenken. Zuverlässigkeit ist auch essenziell, wenn es darum geht, in der Planung getroffene Abmachungen beispielsweise mit Kommune oder Denkmalschutzbehörden einzuhalten und damit Vertrauen zu bestätigen. Schwer zu prognostizieren aber möglicherweise projektbeeinflussend können Baukostensteigerungen und verschärfte rechtliche Vorgaben über den angedachten mittelfristigen Umsetzungszeitraum sein.

### Nutzungsphase

Mit Beginn der **Nutzungsphase** resultieren weitere Herausforderungen. Mieter müssen nach Maßnahmenumsetzung und danach in Abständen zu notwendigen Verhaltensänderungen im modernisierten Bestand angeleitet werden. So können Schäden (z.B. Schimmelbildung) durch fehlerhaftes Nutzerverhalten gemieden und Energieeinsparziele überhaupt erreicht werden. Zielvorgaben für Energieeinsparungen sollten bereits während der Planung mit Mietern erarbeitet worden sein. Mieter bewerten ihre Wohnkosten nach der Gesamtmiete. Liegt diese durch deutlich verfehlte Energieeinsparungen weit über der vor Modernisierung prognostizierten Miete, ist Unzufriedenheit und im schlechtesten Fall finanzielle Überlastung die Folge. Niemals sollte im Vorfeld mit Maximaleinsparungen kalkuliert werden. Innerhalb der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind Betriebskostenentwicklungen lediglich schwer vorauszusagen, können aber die nachträgliche Wahrnehmung der Modernisierung erheblich positiv oder negativ beeinflussen.

---

<sup>35</sup> Vgl. BBR (2003), S. 55.

Weitere Erfolgs- und Hemmnisfaktoren betreffen insbesondere Fördermittel, Steueroptimierung, Zinsentwicklung und Tilgung sowie das Monitoring von Nutzerverhalten und die Auswertung positiver und negativer Erfahrungen (Chancen und Risiken) bei einzelnen Technologien.

Tabelle 32 fasst wesentliche Erfolgs- und Hemmnisfaktoren zusammen.

Erfolgs- und Hemmnisfaktoren	Planung	Durchführung	Nutzung
Sorgfältige Auswahl von Fachplanern und ausführenden Unternehmen, möglichst frühzeitige Beteiligung	X	X	
Interne personelle Kapazitäten für Umsetzung (Saniierungsmanager), Ansprechpartner vor Ort	X	X	X
Klare Verantwortlichkeiten in allen neuen und bestehenden Funktionen benennen und einhalten	X	X	X
Zuverlässigkeit sicherstellen und selbst einhalten	X	X	X
Präzise Ausschreibungen (Ausschreibungsqualität)	X	X	
Zielvorgaben für Energieeinsparungen bereits während Planung mit Mietern erarbeiten	X	X	X
Wandel bemerken (z.B. Baukosten, rechtliche Vorgaben) und rechtzeitig angepasst handeln	X	X	X
Dialog frühzeitig herstellen und erhalten (auch nach Fertigstellung)	X	X	X
Informationszeitpunkte bewusst wählen	X	X	X
Eindeutige Aussagen treffen (z.B. pro, contra); klar kommunizieren	X	X	
Emotionale Wellen/Spekulationen erkennen und überwinden (Geschichten, Bilder, Humor?); Gegenargumente/Planungsalternativen respektvoll annehmen, nach Prüfung ggf. erläuternd und sachlich widerlegen oder wenn sinnvoll umsetzen	X	X	
Befürworter mit beteiligen, auch „leise Zustimmung“ hörbar machen	X	X	
Angesehene Fürsprecher gewinnen (ohne instrumentalisieren)	X	X	

Tabelle 32: Erfolgs- und Hemmnisfaktoren in Planungs-, Durchführungs- und Nutzungsphase (eigene Darstellung)

### Prototyp

Einige der in den Abschnitten B und C beschriebenen Maßnahmen sollten zunächst an einem Prototyp umgesetzt werden. Dies bietet mehrere Vorteile:

- 1) Das **Verhalten der Gebäude** auf die umgesetzten Maßnahmen lässt sich überprüfen und bei Bedarf anpassen. Hier sind vor allem kleine Anpassungen im Detail zu verstehen, da diese zu einem erheblichen Teil über den Erfolg der Sanierung entscheiden.
- 2) Durch einen Prototypen kann die **Akzeptanz der Mieter** gesteigert werden. So können mögliche Gerüchte („Schauermärchen“) faktisch widerlegt werden. Zudem erlaubt es den Bewohnern einen plastischen Ausblick auf die Sanierung der von ihnen bewohnten Gebäude.
- 3) Nicht nur die Bewohner, sondern auch die beauftragten **Handwerker und Firmen** können sich besser mit den Anforderungen vertraut machen. Sollte dies nicht gelingen, können diese bei den weiteren Sanierungen ersetzt werden.
- 4) Der Prototyp sollte, auch im Hinblick auf 1), voll und mit **allen vorgeschlagenen Maßnahmen** saniert werden. So kann die Wirkung der Maßnahmen praktisch demonstriert werden und Maßnahmen, die sich als unpassend oder nicht zielführend erweisen, unterlassen werden.

Für den Prototyp kommt nur ein Gebäude in Frage, was den anderen Gebäuden in möglichst vielen Aspekten sehr ähnlich ist. Hier sind die in Abschnitt C4 hergeleiteten **Referenzgebäude (BH 21-27, 3, 86/88)** bestens geeignet, da diese auf baulich-konstruktiver Ebene bereits **viele Übereinstimmungen** mit den anderen Gebäuden besitzen. Zudem sollten bei der Auswahl der Referenzgebäude die folgenden zusätzlichen Aspekte betrachtet werden:

- 5) Das Gebäude sollte nach Möglichkeit möglichst **leer stehen** bzw. wenige Mieter haben, um unnötige Umzüge zu vermeiden.
- 6) Das Gebäude sollte möglichst **klein und freistehend** sein, um die Effekte über Außenwände zu berücksichtigen. Zudem wird so die Beeinträchtigung weiterer Bewohner während der Sanierungsmaßnahmen minimiert.
- 7) Besonders geeignet sind Gebäude bei denen unabhängig von der (energetischen) Sanierung **weitere Maßnahmen** (dringend) **anstehen**. Hierunter sind vor allem optische (z.B. Verputz, Anstrich), die Bausubstanz betreffende (z.B. Ausbesserung des Dachs) und ähnlich relevante Maßnahmen zu verstehen.

Aufgrund der oben beschriebenen Kriterien sollte **Bahnheim 3** als Prototyp ausgewählt werden.

SWK hat signalisiert, dass die Ausstattung eines Prototyp-Gebäudes mit Anlagen zur Wärmeversorgung und -verteilung durch das Unternehmen gefördert werden könnte (Abschnitt D4).

## C6 Zwischenfazit: Maßnahmenentwicklung

Ziel des Quartierskonzepts ist eine deutliche Verbesserung der Energiebilanz des Bahnheim-Quartiers, insbesondere vor dem Hintergrund des Klimaschutzkonzepts der Stadt Kaiserslautern und um die andauernde Vermietbarkeit des Bestands sicherzustellen. Aufgrund der Beschränkungen durch Anforderungen des Denkmalschutzes sind bei den denkmalgeschützten Gebäuden die erzielbaren Einsparungen begrenzt. Daher wurde der Fokus bei der Maßnahmenentwicklung nicht nur auf die Dämmung der Außenwände von außen sondern insbesondere auf die Ertüchtigung der übrigen Thermischen Gebäudehülle und die Optimierung der Energieversorgung und Technischen Gebäudeausrüstung gerichtet.

Generell gilt, dass, wo möglich, das nachträgliche Dämmen des Daches bzw. der obersten Geschossdecke sowie das Dämmen der Kellerdecke in bestmöglicher Ausführung durchgeführt werden sollte. Der einheitliche Austausch der Fensterkonstruktionen ist sehr zu empfehlen. Der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung sollte maximal sein (bei ca. 0,60 liegen). Aufgrund der erhöhten Dichtigkeit ist es



sinnvoll, zweiflügelige, nicht kippbare Fenster einzubauen, um kurzes, intensives Stoßlüften zu gewährleisten und Feuchteprobleme im Innenraum zu unterbinden. Die Zweiflügeligkeit ist außerdem Voraussetzung, um Klappläden einfach nutzen zu können und entspräche dem ursprünglichen historischen Siedlungsbild. Die mögliche Energieeinsparung in Folge Nutzung der Klappläden liegt zwischen 4 und 5 %. Die Einsparung bei Verputzung der Außenwandflächen mit Dämmputzen beträgt 2,5 % bis 6,5 %. Vor allem bei freistehenden Gebäuden mit hohem A-V-Verhältnis und geringen Wandstärken wäre zu prüfen, ob bei Sanierungsbedarf des ursprünglichen Außenputzes Dämmputz zum Einsatz kommen kann. Relevant ist hierbei die Stärke des Originalputzes, die zur Erhaltung der Sandsteinumrahmungen an Fenstern und Türen nicht überschritten werden sollte. Die Art der Putzoberfläche sollte mit dem Denkmalschutz abgestimmt werden. Von Innendämmungen wird aus technischen und wirtschaftlichen Gründen eher abgeraten.

Im nicht-denkmalgeschützten Teil des Bestands können mit weitergehenden Maßnahmen, insbesondere Außendämmungen, größere Energieeinsparungen erzielt werden.

Insgesamt wurden neun Energieversorgungskonzepte EVO bis EV6 vorgestellt, die sich vor allem nach Umfang der benötigten Investitionen, Grad der Autarkie und Umweltbewertung ( $\text{CO}_2$ ) unterscheiden und prinzipiell in unterschiedlichen Konstellationen und Zeitabläufen umsetzbar sind.

Im derzeitigen Zustand beläuft sich der Primärenergiebedarf des Quartiers zur Wärmeversorgung (nur Wohnnutzung) auf 4,3 Mio.  $\text{kWh}_{\text{PE}}/\text{a}$ . Insgesamt sind Einsparungen im Volumen von ca. 1,87 Mio.  $\text{kWh}_{\text{PE}}/\text{a}$  (= 46 %) zu erwarten. Der zu erwartende Primärenergiebedarf nach Sanierung beträgt 2,24 Mio.  $\text{kWh}_{\text{PE}}/\text{a}$ . Dies entspricht einem Endenergiebedarf (Erdgas) von 2,03 Mio.  $\text{kWh}_{\text{EndEn}}/\text{a}$ . Die Energieverbräuche wurden mittels Bilanzierung und Simulationen (8-Zonen-Modelle) in jeweils vergleichbarer Höhe mit Einsparpotenzialen von ca. 50 % ermittelt.

Während der Umsetzung des Quartierskonzepts sollte durch weitere Maßnahmen wie z.B. Beratungsangebote oder Smart Metering auch der Stromverbrauch pro Bewohner reduziert werden (Abschnitt E2).

Die in diesem Teil entwickelten Maßnahmen in den Bereichen Gebäude (Abschnitt C1), Energieversorgungskonzept (Abschnitt C2) und weitere bauliche Maßnahmen (Abschnitt C3) werden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Teil D) zusammengeführt und daraus der Maßnahmenkatalog mit Ausführungsvarianten, Vorgehensweise, Prioritäten und Meilensteinen abgeleitet.

## D Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In Abschnitt D1 wird der Maßnahmenkatalog mit Ausführungsvarianten, Vorgehensweise, Prioritäten und Meilensteinen für die organisatorische Umsetzung des Quartierskonzepts abgeleitet. Darauf folgt die Darstellung von Fördermitteln, Kosten, Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit.

### D1 Maßnahmenkatalog: Ausführungsvarianten, Vorgehensweise, Prioritäten, Meilensteine

#### Ausführungsvarianten

Die in der Bilanzierung und Simulation (Abschnitt C4) ermittelten Einsparpotenziale der Maßnahmen werden im nächsten Schritt mit Baukosten, Nutzungskosten und Lebenszykluskosten unterlegt. Tabelle 33 stellt die einzelnen Maßnahmen zusammengefasst dar. Die darin empfohlenen Ausführungsvarianten leiten sich sowohl aus den energetischen und wirtschaftlichen Einsparungen als auch technisch-konstruktiven Überlegungen ab. Optionale Maßnahmen sind der Vollständigkeit halber mit aufgeführt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt in den Abschnitten D3 und D4. Darin sind sowohl Kostenspannen für alle Maßnahmen als auch die empfohlenen Ausführungsvarianten dargestellt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung bezieht sämtliche Lebenszykluskosten sowohl für die Bahnheim eG als auch die Bewohner ein und stellt diese einzeln dar. Als Basis für die eingesparten Kosten dienen die Simulationsergebnisse der Maßnahmen zur Ertüchtigung der Thermischen Gebäudehülle (TGH) aus Abschnitt C4 (Tabelle 29). In gleicher Weise sind dort die Ergebnisse der Maßnahmenbereiche TGA, EV und Optionale dargestellt. Auf Aspekte der Nachverdichtung (weitere bauliche Maßnahmen, Abschnitt C3) wird erst im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeitsberechnung in Abschnitt D4 erneut eingegangen.

Bereich	Nr.	Maßnahme [Variante]	klein	empfohlen	groß
TGH	B	Kellerdeckendämmung: Polystyrol	X	X	X
	C	Dachdämmung: Mineralwolle		X	X
	D	Dämmung OGD: Mineralwolle	X		
	E	Innendämmung: z.B. Steinwolle, Calziumsilikat			X
	F13	Fenster (Iso-Fenster): Holz straßenseitig [DS], sonst Kunststoff [DS, NDS]	X	X	
	F23	Fenster (Iso-Fenster), sonstige: Holz [DS]			X
	I13	Haustüren: Holz [DS]	X	X	X
	K123	Dämmputz Außenwände [DS] Dämmung Außenwände, Mineralplatten [NDS]		X	X
TGA	L12	Thermostate, Messtechnik	X	X	X
	L3	Smart Metering	X	X	X
	M1	Heizkörper	X		
	M2	Fußbodenheizung		X	X
	N1	Gesamt Lüftung [alle]			X
	N2	Gesamt Lüftung [DS]			X
	N3	Gesamt Lüftung [NDS]		X	X
EV	EV0	wie bisher (kurzfristig, inkl. Ersatz)			
	EV1	Blockzentralheizungen			
	EV2	Wärmepumpe			
	EV3a	Erdgas BHKW			
	EV3b	Bioerdgas BHKW			
	EV6	Fernwärme		X (Phase 1)	
Optionale	O1	Trockenlegung Keller			
	O2	Sanierputz (Keller)			
	P1	Elektrische und sonstige Installationen			
	P2	Außenbeleuchtung (LED, Bewegungssensoren)			
	P3	Motorantrieb Klappladen [DS]			
	P4	E-Mobilität: Ladestationen			
	P5	Müllsammelplätze, Unterstände inkl. Betonplatten			
P6	Überholung Holzhandläufe, Treppengeländer) [DS]				

Tabelle 33: Übersicht Maßnahmen und Ausführungsvarianten (eigene Darstellung)

Die umzusetzenden Maßnahmen werden in Maßnahmenpaketen zusammengefasst (Abbildung 30). Die Visualisierung der Maßnahmenpakete erhöht die Transparenz des Vorhabens für alle Projektbeteiligten und ermöglicht die Kontrolle von Terminen und Zuständigkeiten während der Umsetzung. So können zum einen Synergien, z.B. bei der Beauftragung und Durchführung von Gewerken, erkannt und für das Projekt genutzt werden (Tabelle 34), zum anderen wird die Kommunikation der unterschiedlichen Akteure unter- und miteinander erleichtert. Die Maßnahmenpakete erleichtern die Projektsteuerung und -evaluation in jeder Planungsphase während der gesamten Projektlaufzeit.

Der vorliegende Bericht umfasst die Ebenen Analyse und Konzept, mit der bereits in Teil A dargestellten Gliederung (Bestandsaufnahme, Maßnahmenentwicklung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung). Die Ergebnisse der Analyse- und Konzeptphase bilden die Grundlage für die sich anschließenden Entscheidungen über umzusetzende Maßnahmen, die Einholung entsprechender Angebote und die Abstimmung mit dem Denkmalschutz. Darauf folgend beginnt die Umsetzungsphase des Projektes, die die Realisierung der einzelnen Maßnahmen umfasst.

Für Vorbereitung der Entscheidung werden im Folgenden die Vorgehensweise, Prioritäten und Meilensteine sowie Kostenschätzung und Machbarkeit (Abschnitte D3, D4) beschrieben.

### **Vorgehensweise, Prioritäten**

Derzeit ist der Wohnungsbestand im Bahnheim mit lediglich vier nicht vermieteten Wohnungen annähernd vollvermietet (Vermietungsquote: 99 %). Ein Großteil der Maßnahmen ist bei voller Belegung realisierbar. Insbesondere die Installation von Flächenheizungen erfordert allerdings geräumte Wohnungen. Im Zuge der baulichen Maßnahmen wären leergezogene Gebäude grundsätzlich wünschenswert, da Kosten und Bauzeit auch zum Wohle der Bewohner reduziert werden können. Im Idealfall können Bewohner von zu sanierenden Gebäuden in bereits sanierte Gebäude bzw. Wohnungen umziehen. Somit könnten temporäre Wohnlösungen (z.B. Urlaub in Feriensiedlungen, temporäre Anmietungen im Stadtgebiet) bzw. mehrfache Umzüge während der Sanierungsmaßnahmen vermieden werden.

Neben baulichen Aspekten sind diese Prioritäten bei der Reihenfolge der Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen:

- Gebäude, bei denen neue Wohneinheiten geschaffen werden (Dachgeschossausbau), sollten zuerst saniert werden. Um die Anzahl von Umzügen gering zu halten, sollten Bewohner möglichst direkt in ihre künftige Wohnung einziehen,
- Gebäude mit Leerstand (z.B. BH 26, 30, 76) sollten bevorzugt saniert werden,
- bei Auszügen sollten (während der ersten Bauphasen) Wiedervermietungen zunächst unterlassen werden.

Für die Umsetzung resultieren sechs Maßnahmenpakete MP0 bis MP5 (Abbildung 30):

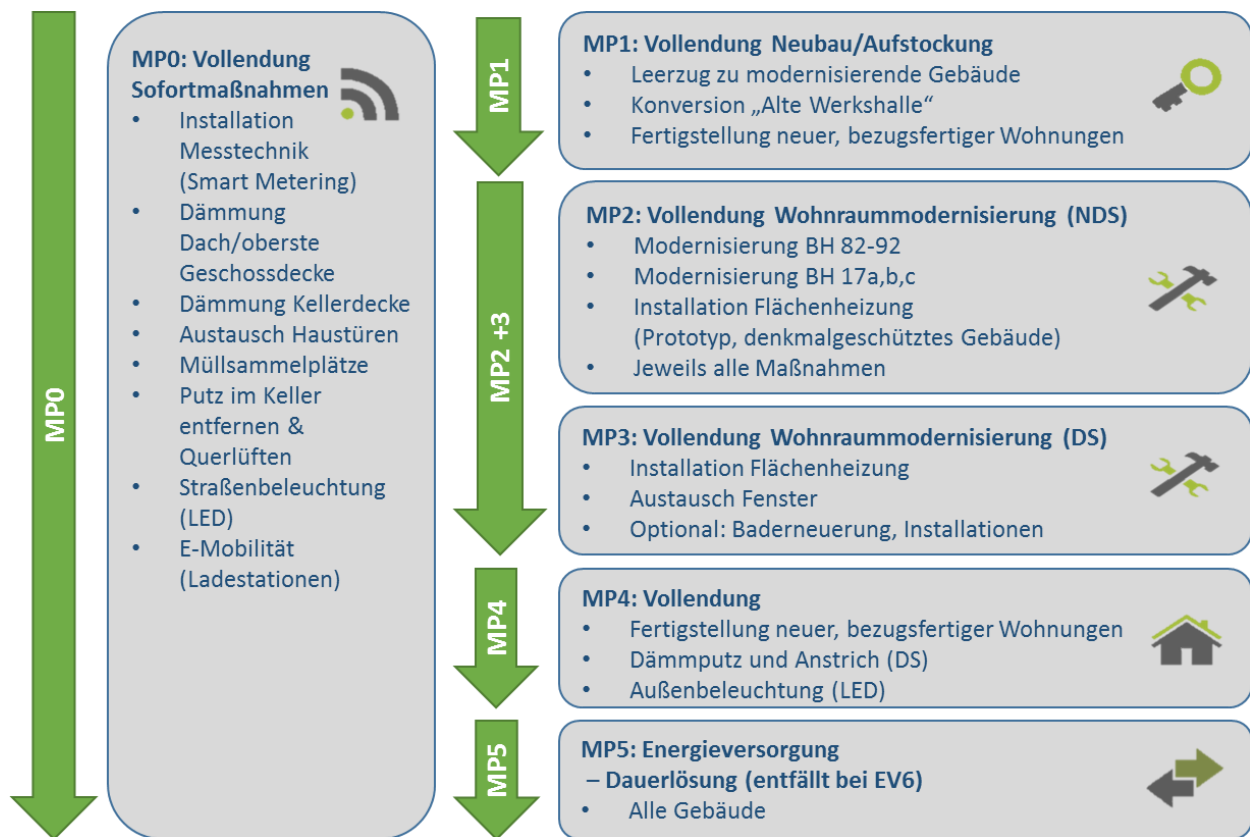


Abbildung 30: Maßnahmenpakete (MP) während der Umsetzung des Quartierskonzepts (eigene Darstellung)

### Maßnahmenpaket MP0: „Quick Wins“ (Sofortmaßnahmen)

Damit auch Bewohner von Gebäuden, die erst am Ende des Sanierungsprogramms aufgewertet werden, sofort von Sanierungsmaßnahmen profitieren, sollten nach dem offiziellen Start der Sanierungsmaßnahmen kontinuierlich kleine Verbesserungen im gesamten Quartier umgesetzt werden. Durch wiederkehrende Erfolgsmeldungen steigt die Akzeptanz der Sanierung insgesamt. Zu diesen Maßnahmen zählen, mit absteigender Priorisierung, besonders:

- Installation Messtechnik (Smart Metering, funkbasiert)
- Dämmung Kellerdecken und obersten Geschoßdecken (OGD)/Dach
- Austausch Haustüren
- Müllsammelplätze
- Putz im Keller entfernen & Querlüften
- E-Mobilität (Ladestationen)

Bei der Umsetzung dieser Maßnahmen sollte im Rahmen des Möglichen und ohne Vermeidung von Mehrkosten die Dauer pro Maßnahme möglichst kurz gehalten werden, genauso wie Beeinträchtigungen der Bewohner. Umsetzungstermine für die späteren, wesentlichen Maßnahmen, sollten den Bewohnern frühzeitig bekannt gegeben werden.

**Wichtig: Mit unkritischen Maßnahmen, die bei voller Belegung erfolgen können, sollte sofort begonnen werden. Die Terminplanung (mit Puffern bzw. Zeitspannen) sollte den Bewohnern bekanntgegeben werden.**

### Maßnahmenpaket MP1: „Wohnraum schaffen“ (Voraussetzungen)



Da die Gebäude (mit einigen Ausnahmen) fünf bzw. sechs Wohneinheiten umfassen, sollten im ersten Schritt mindestens ebenso viele, besser zehn bis zwölf, neue Wohneinheiten geschaffen werden. Dadurch können Bewohner aus zu modernisierenden Wohneinheiten innerhalb des Quartiers vorübergehend oder andauernd eine neue Wohnung beziehen, wenn die bisherige modernisiert wird. Alternativ müssten den Bewohnern temporäre Wohnlösungen angeboten werden. Neue Wohneinheiten sollten in erster Linie durch Aufstockung der **Gebäude 82-92** (6 bis 9 WE), einen Neubau bei **Gebäude 17a,b,c** (bis 12 WE) sowie durch Konversion der „**Alten Werkhalle**“ (BH 58, 1 WE) (Abschnitt C3) geschaffen werden. Zudem bieten vier **leerstehende Wohnungen** (BH 4, 26, 30, 76) und der Bestand der Genossenschaft außerhalb der Bahnheim-Siedlung weiteren Spielraum. Zu beachten ist, dass die vorgeschlagenen Aufstockungen nicht barrierefrei und somit nicht für alle Bewohner (optimal) geeignet sind. Leerstehende EG-Wohnungen sollten möglichst Bewohnern mit eingeschränkter Mobilität angeboten werden. Komplette leerstehende Gebäude können umfassend gemäß MP3 modernisiert werden.

**Wichtig: Bei allen Umzügen ist darauf zu achten, dass die Bewohner möglichst nur in modernisierte Wohnungen ziehen. Ohne Verbesserung wird die Akzeptanz für das Konzept insgesamt sinken.**

### Maßnahmenpakete MP2, MP3: „Wohnraum modernisieren“



Da für keine der vorgeschlagenen Maßnahmen in MP2 und MP3 ein Gerüst errichtet werden muss (außer BH 82-92 und 17a,b,c), braucht hierauf im Bauablauf keine Rücksicht genommen werden. Die Modernisierung, vor allem der Fenster und des Innenausbau (inkl. Fußbodenheizung), kann so räumlich unzusammenhängend an wechselnden Stellen im Quartier durchgeführt werden. Hierbei gilt die obige Empfehlung, zuerst Gebäude zu modernisieren, in denen zusätzliche Wohneinheiten entstehen (MP2). Zuletzt sollten die voll belegten denkmalgeschützten Gebäude modernisiert werden (MP3).

### Maßnahmenpaket MP4: Dämmputz und Fassadenanstrich



Die Sanierung der Fassaden sollte von Gebäude zu Gebäude wandern und nach Durchführung von MP2 und MP3 bei voller Belegung stattfinden. So können die Mieter möglichst schnell in ihre (neuen) Wohnungen einziehen, und die Gefahr von Beschädigungen am Außenputz (Verschmutzung, Abrieb,...) durch Bauarbeiten ist weitestgehend begrenzt.

### Maßnahmenpaket MP5: Energieversorgung



Die Entscheidung für ein Energieversorgungskonzept hängt zum Teil von anderen Beteiligten ab, wie z.B. den SWK, der Stadt Kaiserslautern und dem Projektentwickler für den benachbarten Wohn- und Dienstleistungspark an der Pariser Straße (FK Horn). Hier sollte möglichst frühzeitig eine Abstimmung und eine Entscheidung mit allen relevanten Beteiligten getroffen werden, auch unter Berücksichtigung eines zu beantragenden Folgeprojekts (Abschnitt F2). Durch ein Nahwärmenetz und Flächenheizungen werden die Voraussetzungen für fortschrittliche EV-Konzepte (EV2 bis EV5/EV6) geschaffen. Die Installation eines Nahwärmenetzes (EV3a, b, 5, 6) wird durch den Netzbetreiber finanziert (Abschnitt D3), ggf. mit Unterstützung als Forschungsprojekt (Abschnitt F2).

### Meilensteine (MS)



Mit der Bündelung von Maßnahmen können Meilensteine (MS) an Bewohner und Dritte kommuniziert werden. Im Rahmen der Umsetzung können vier Meilensteine festgelegt werden (Abbildung 31). Nach **Meilenstein 1** (Entscheidung für eine Sanierungsvariante & Initiierung

Bewohnerinformation) sollten fortlaufend Dachgeschosse ausgebaut und Sofortmaßnahmen umgesetzt werden. So entsteht ein kontinuierlicher Prozess, der zu einer optimalen Akzeptanz, vor allem bei den Bewohnern des Bahnheims, führt. **Meilenstein 2** stellt die Fertigstellung aller neuen Wohneinheiten dar. Die Entscheidung zu einer Energieversorgung ist **Meilenstein 3**. Die Vollendung aller Baumaßnahmen und die (fast) Vollvermietung stellen den Abschluss des Projektes und den letzten **Meilenstein 4** dar.

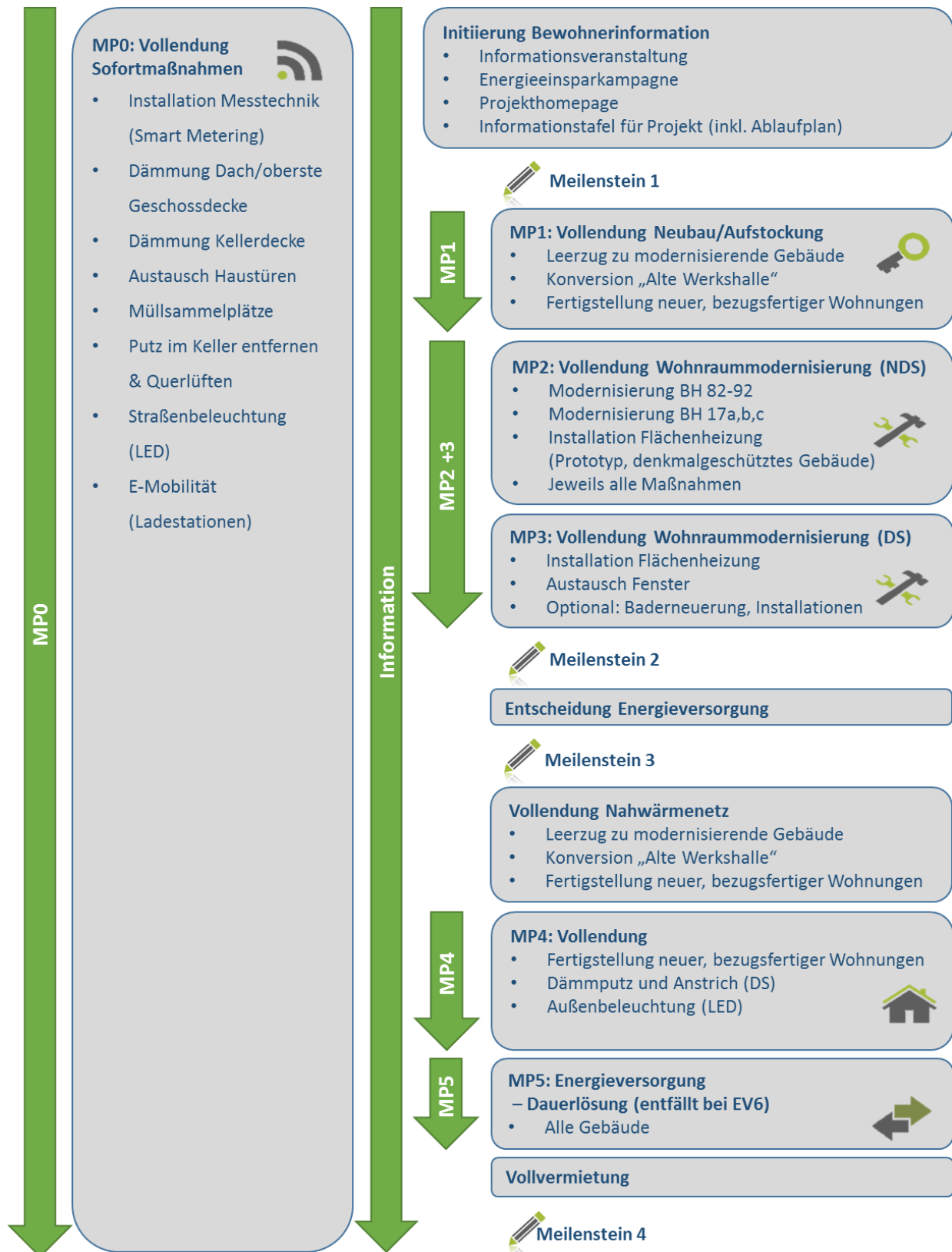























Abbildung 31: Meilensteine (MS) während der Umsetzung des Quartierskonzepts (eigene Darstellung)

Die beschriebenen Maßnahmen können grundsätzlich (fast vollständig) unabhängig voneinander umgesetzt werden. Bei Ausschreibung, Vergabe und Arbeitsorganisation sollten folgende Gewerke/Maßnahmen möglichst zu Bündeln B1 bis B7 zusammengefasst werden (Tabelle 34), um weitere Synergieeffekte und Kosteneinsparungen zu realisieren. Die Liste von Synergieeffekten sollte bei der Planung von Maßnahmen **immer** berücksichtigt werden, auch bei solchen, die nicht im Bericht erwähnt sind (z.B. Modernisierung von Bädern).

Ebene	Bündel	Maßnahme 1	Maßnahme 2	Maßnahme 3	Maßnahme 4	Begründung
Quartier	B1: Infrastruktur (außen)	Nah-/Fernwärmesystem 	Kamine 	Perimeterdämmung Keller 	IT Infrastruktur (außen) 	Deckendurchbruch, Erdarbeiten
	B2: Rohbau	Nachverdichtung BH 17d 	Balkone BH 82-92 	Konversion BH 58 	Müllsammelplätze 	Erd- & Betonarbeiten
	B3: Elektro (außen)	Straßenbeleuchtung 	E-Mobilität: Ladestationen 			Verlegung (Erd-)Kabel
Gebäude	B4: Dachstuhl (innen)	Dämmung Dach 	Ausbau DG 			Arbeiten im Dachstuhl
	B5: TGH (außen)	Dämmung Außenwände 	Austausch Fenster 	Eindecken Dach 	Außenbeleuchtung 	Außenmaßnahmen, Gerüst, Putzarbeiten
	B6: Infrastruktur (innen)	Elektrische, IT- & sonstige Installationen innen 	Wärmesteuerung, Smart Metering 	Austausch Heizkörper/ Fußbodenheizung 	Installation Lüftung 	Innenmaßnahmen (in WE), Kabel- & Rohrkanäle
	B7: Sonstige	Treppengländer aufbereiten 				

**Tabelle 34: Zusammenlegung (Bündel) von Einzelmaßnahmen (eigene Darstellung)**

Des Weiteren ist der allgemeine Zustand der Gebäude bedeutsam. Hier wurden durch die Bahnheim eG bereits einige Maßnahmen geplant, insbesondere am Gebäude BH 4. Diese Planungen sollte als nächstes Entscheidungskriterium bei der Priorisierung der Maßnahmen zugrunde gelegt werden.



**Wichtig:** Es sollten erst die Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs (Dämmung der Gebäudehülle) und Schaffung neuer Wohneinheiten vollständig umgesetzt werden. Im nächsten Schritt sollte der resultierende Energiebedarf nochmals erhoben werden (SWK). Erst dann sollte die Energieversorgung dimensioniert und umgestellt werden. Nur so können nicht vorhersehbare Effekte durch die baulichen Maßnahmen endgültig abgeschätzt werden und eine optimale Dimensionierung der Energieversorgung sichergestellt werden.

## D2 Fördermittel und -wege

Im Folgenden werden die von **Bund** und **Land Rheinland Pfalz** bereitgestellten Fördermitteln beschrieben. Die Übersicht wurde mit der Energieagentur Rheinland-Pfalz (EA RLP) abgestimmt. Neben den direkt auf die Gebäude bezogenen Förderungen umfasst die Übersicht weitere Förderungen z.B. im Bereich der Energieversorgung.

Alle dargestellten Förderungen werden entweder als vergünstigte Darlehen oder nicht rückzahlbare Zuschüsse ausgeschüttet. Sie unterscheiden sich in Laufzeit und Umfang und werden über die Hausbank des Darlehensnehmers abgewickelt. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass die Hausbank ein besseres Angebot für die gleiche Finanzierung macht. Hierbei ist besonders auf die Laufzeiten und (gestaffelten) Zinsen sowie Sonderzahlungsrechte zu achten. Über die Finanzierung/Förderung sollte nur unter Berücksichtigung der in Abschnitt D5 ermittelten finanziellen Kennzahlen entschieden werden.

Neben den nationalen Fördermitteltöpfen gibt es **internationale Förderprogramme**. Hier sind für den Gebäudebestand besonders die Programme Horizon2020, EFRE<sup>36</sup> und Interreg IV A Großregion<sup>37</sup> relevant. Diese zielen auf internationale Gremien unter Beteiligung von Forschungseinrichtungen ab. Sie sind also dann relevant, wenn Folgeprojekte (Forschung, Abschnitt F2) konzipiert werden.

Eine weitere Form der Förderung stellt das **Herstellersponsoring** dar. Hierbei überlässt der Hersteller Produkte (seines Hauses) dem Bauherrn. Dieser erlaubt im Gegenzug gewisse Vermarktungen oder Praxistests.

---

<sup>36</sup> Ggf. relevant: Investitionspriorität 4e „Förderung von Strategien zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes für sämtliche Gebiete, insbesondere städtische Gebiete, einschließlich der Förderung einer nachhaltigen multimodalen städtischen Mobilität und klimaschutzrelevanten Anpassungsmaßnahmen“ oder 4f „Förderung von Forschung und Innovation im Bereich kohlenstoffarmer Technologien und ihres Einsatzes“ sein.

<sup>37</sup> Gefördert werden Kooperationsprojekte zwischen mindestens zwei Partnern aus Saarland, Rheinland-Pfalz, Lothringen, Wallonien, Luxemburg und der Deutschsprachigen Gemeinschaft Belgiens. Ggf. relevant: 4c „Förderung der Energieeffizienz, des intelligenten Energiemanagements und der Nutzung erneuerbarer Energien in der öffentlichen Infrastruktur, einschließlich öffentlicher Gebäude, und im Wohnungsbau“, 4e „Förderung von Strategien zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes für sämtliche Gebiete, insbesondere städtische Gebiete, einschließlich der Förderung einer nachhaltigen multimodalen städtischen Mobilität und klimaschutzrelevanten Anpassungsmaßnahmen“ und 6e „Maßnahmen zur Verbesserung des städtischen Umfelds, zur Wiederbelebung von Stadtzentren, zur Sanierung und Dekontaminierung von Industriebrachen (einschließlich Umwandlungsgebieten)“ zur Reduzierung der Luftverschmutzung und zur Förderung von Lärminderungsmaßnahmen.

Alle Förderungen können grundsätzlich (bis auf Ausnahmen) gleichzeitig in Anspruch genommen werden. Deshalb sollten zunächst alle Förderungen in Betracht gezogen werden und erst dann, ggf. nach Rücksprache mit möglichen Partnern, beantragt werden.

Wohnungsbauförderungen in Deutschland sind besonders auf Bundesebene auf den Bestand fokussiert. Ergänzt werden Förderprogramme des Bundes (KfW, BAFA) durch Förderungen auf Landesebene (z.B. Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB)). Die Förderung bezieht sich meist auf vergünstigte Kredite und/oder Zuschüsse. Teilweise können mehrere Programme kombiniert werden. Fördermittel können als Ergänzung im Finanzierungsmix empfehlenswert sein, sollten allerdings nicht der ausschlaggebende Treiber für die Durchführung von Maßnahmen sein. Investitionsanreize werden auf Bundesebene besonders durch die KfW für Modernisierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sowie für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz oder dem altengerechten Wohnen gegeben. Ebenfalls gefördert werden Erneuerbare Energien mit z.B. geothermalen Tiefenbohrungen oder Anlagen für Tiefengeothermie.<sup>38</sup> Besonders relevant für Modernisierungen im Bahnheim sind die Programme Energetische Stadtsanierung – Zuschuss (432), Energieeffizient Sanieren - Kredit (151/152) und je nach Energieversorgung Erneuerbare Energien – Premium (271/281).<sup>39</sup>

### Förderprogramme des Bundes

Das **Programm Energetische Stadtsanierung der KfW (432)** hat Kommunen als Zielgruppe, die wie im Fall von Bahnheim, Zuschüsse für Integrierte Quartierskonzepte (Erstellungsdauer max. ein Jahr) sowie im Anschluss zur Umsetzung für einen oder mehrere Sanierungsmanager (Anstellungsdauer max. drei Jahre) weiterreichen können. Sanierungsmanager können mit bis zu 150.000 Euro bezuschusst werden.<sup>40</sup> Unmittelbar für Wohnungseigentümer wie Bahnheim eG ist das Programm Energieeffizient Sanieren gestaltet. Durch Kredite gefördert (Zins ab 0,75 % p.a. eff.) werden energetische Maßnahmen wie Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen oder Erneuerung von Fenstern und Außentüren, durch die geforderte Effizienzniveaus erreicht werden. Naheliegend ist bei den Gebäuden der Denkmalzone im Bahnheim das Programm KfW-Effizienzhaus Denkmal, bei den 50er Jahre Gebäuden der Standard des KfW-Effizienzhaus 70 ( $Q_p = 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ).<sup>41</sup> „Beim **Standard KfW-Effizienzhaus Denkmal** darf der Jahres-Primärenergiebedarf ( $Q_p$ ) 160 % und der Transmissionswärmeverlust ( $H'T$ ) 175 % des errechneten Wertes für das entsprechende Referenzgebäude ( $Q_{p,REF}$  und  $H'_{T,REF}$ ) nach Energieeinsparverordnung (EnEV) betragen“.<sup>42</sup> Darlehen werden maximal bis 75.000 Euro pro Wohneinheit bei Modernisierungen auf Effizienzhausstandard gewährt. Bei Laufzeiten ab vier bis zehn Jahren sind ein bis zwei Tilgungsfreijahre möglich. Längere Laufzeiten bis 30 Jahre können mit bis zu fünf Tilgungsfreijahren begonnen wer-

---

<sup>38</sup> Die Förderung zielt u.a. auf Kommunen und kommunale Gesellschaften. Fördermittel sind Darlehen mit Haftungsfreistellung (KfW Fündigkeitsrisiko Geothermie (228)) bzw. mit Tilgungszuschuss (KfW Erneuerbare Energien - Premium - Tiefengeothermie (272/282)).

<sup>39</sup> Die Programme Energieeffizient Sanieren - Baubegleitung (431) und Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (167) der KfW sowie die BAFA-Förderungen im Rahmen des Marktanzreizprogramms (Förderung von Solarthermieanlagen, Förderung von Wärmepumpen) beziehen sich auf kleinere Wohngebäude bzw. technische Anlagen.

<sup>40</sup> KfW 2015a.

<sup>41</sup> KfW 2015b.

<sup>42</sup> KfW 2015c.

den. Etwaige Anschlussfinanzierungen orientieren sich am Kapitalmarkt und werden nicht mehr durch Bundesmittel begünstigt. Das **KfW-Programm 151/152** ist u.a. mit **Erneuerbare Energien – Premium (271/281)** kombinierbar.<sup>43</sup> Dieses finanziert und bezuschusst Maßnahmen zur Anwendung erneuerbarer Energien (Antragssteller z.B. Energiedienstleister, kommunale Unternehmen). Förderfähig sind beispielsweise wärmegeführte KWK-Biomasseanlagen ab 100 kW Nennwärmeleistung sowie Errichtung oder Erweiterung von Wärmenetzen, die aus Erneuerbaren Energien gespeist werden. Der maximale Darlehensbetrag ist auf 10 Mio. Euro pro Vorhaben festgelegt. Zinsen orientieren sich am Kapitalmarkt und der Bonität des Kreditnehmers. Tilgungszuschüsse werden individuell nach Maßnahme kalkuliert. Für förderfähige Wärmenetze werden 60 Euro je neu errichtetem Trassenmeter bis zu einer Gesamtsumme von 1 Mio. Euro gefördert.<sup>44</sup> Bei beabsichtigter Errichtung von neuen Wohngebäuden oder der Umnutzung von (unbeheiztem) Nicht-Wohnraum kommt das **KfW-Programm Energieeffizient Bauen (153)** in Frage. In Anspruch genommene Fördermittel und die daraus entstandenen Vorteile für den Eigentümer sind nicht auf Mieter umlagefähig.

### **Förderprogramme des Landes**

Auf Landesebene finanziert die **Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB)** energetische Modernisierungsmaßnahmen bei Mietwohnungen (auch in gemischt genutzten Gebäuden). Gefördert wird grundsätzlich als Ergänzungskredit zur Hausbank mit 550 Euro pro m<sup>2</sup> förderfähiger Wohnfläche zu 1,5 % Zinsen pro Jahr (wg. Stadt Kaiserslautern Mietstufe 3). Die Zinsen sind für 15 Jahre festgeschrieben, in denen auch Mietpreis- und Belegungsbindungen gelten. Für die Mietstufe 3 gelten Anfangsmieten von 5,40 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche, die jährlich nicht um mehr als 0,14 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche erhöht werden dürfen. Neuvermietungen dürfen lediglich an Personen erfolgen, die die Einkommensgrenze des §13 Abs. 2 LWoFG<sup>45</sup> nicht um mehr als 60 % überschreiten und die einen Wohnberechtigungsschein vorlegen.<sup>46</sup>

### **Gesamtvolumen Fördermittel**

Die in Tabelle 35 aufgeführten Förderprogramme und -summen beziehen sich auf die oben definierten Anlagen zur optimalen Reduktion der Wärmeverluste und Deckung der resultierenden Heizwärmebedarfe. Sollte von diesen Definitionen abgewichen werden, kann sich dies auf die Förderung auswirken. In der Tabelle sind alle Programme fett hervorgehoben, die in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt sind. In der Spalte ganz rechts ist der mögliche Förderungsumfang angegeben.

KfW-Zuschüsse (KfW 151/152) im Umfang von 2,16 Mio. Euro sind für die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen möglich. Mögliche BAFA-Zuschüsse betreffen Wärmepumpen (180.000 Euro) und BHKW (10.800 Euro). Der Bund bezuschusst die Verbrauchskosten für EE und KWK (Tabelle 35).

---

<sup>43</sup> KfW 2015b.

<sup>44</sup> KfW 2015d.

<sup>45</sup> Landeswohnraumförderungsgesetz (LWoFG): November 2013.

<sup>46</sup> ISB 2014, S. 19-22.

Fördergeber	Programm	Voraussetzung/Annahme	Förderung/Kredit	Max. Umfang	Gebäude/EV	Förderumfang (Bahnheim)
KfW	151/152	Denkmäler	F/K	F: max. 5.625 € je WE, K: max. 75.000 € je WE	2a bis 80	F: 5.625 € je WE = 1.822.500 €
		KfW-Effizienzhaus 100		F: max. 7.500 € je WE, K: max. 75.000 € je WE	82 bis 92 & 17abc	F: 7.500 € je WE = 337.500 €
	153	Neubau KfW-Effizienzhaus 70	K	50.000 € je WE	BH 58	
	271/281	Erneuerbare Energien	F/K	F: je nach Maßnahme, z.B. 60 €/m bei Wärmenetz, K: max. 10 Mio. €		
	432	Integriertes Konzept bzw. Sanierungsmanager	F	65 % der förderfähigen Kosten (ohne Höchstbetrag bzw. max. 150.000 €)	Gebäude	
	BAFA	Wärmepumpe	Wärmepumpe	F	je nach Wärmepumpe von 1.300 € bis 12.300 €	EV2
Mini-KWK-Zuschuss (bis 20 kWel)		BHKW	F	Je nach Leistung 1.900 bis 3.500 €	EV3	1x 3.500 € (50 kW thermisch), 2x 3.440 € (33 kW thermisch) = 10.800 €
Bund	EEG	Erneuerbare Energien	F	13,46 ct/kWh	EV3	13,46 ct/kWh
	KWKG	Kraft-Wärme-Kopplung	F	5,41 ct/kWh	EV3	5,41 ct/kWh

Tabelle 35: Förderprogramme zur Energetischen Modernisierung (eigene Darstellung)

### D3 Baukosten, Nutzungskosten, Lebenszykluskosten

Zur Abschätzung der Bau- und Nutzungskosten wurde ein Kalkulationstableau erstellt. Die hierfür genutzten Kostenkennwerte wurden u.a. aus Publikationen des Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern (BKI) entnommen. Das BKI generiert aus Daten realisierter Projekte Kostenkennwerte für Gebäude und Bauteile. Im Rahmen des Quartierskonzepts wurden folgende BKI-Publikationen und Baukostentabellen nach Schmitz et al. in der jeweils aktuellsten Auflage zugrunde gelegt:

- BKI Baukosten Positionen Altbau – Statistische Kostenkennwerte (2014)
- BKI Baukosten Gebäude Altbau – Statistische Kostenkennwerte (2014)
- BKI Objektdaten Technische Gebäudeausrüstung – Kosten abgerechneter Bauwerke (2012, 2015)
- Schmitz, Krings, Dahlhaus, Meisel: Baukosten 2014/2015 Instandsetzung|Wartung|Sanierung (2015)

Die BKI-Kennwerte berücksichtigen Regionalfaktoren. Um die bestehenden Qualitätsstandards im Bahnheim und die tatsächliche Marktsituation abzubilden, wurden die Kostenkennwerte durch individuelle Angebote und Preisspannen von ausführenden Unternehmen validiert und ggf. angepasst. Die Namen der Unternehmen sind in dem Kalkulationstableau auf der CD-ROM enthalten, die dem Bericht beigelegt ist.

Ebenso wurden Varianten und deren Umsetzung in bestimmten Gebäudegruppen berücksichtigt. Aus diesen wurde die Kostenspanne pro Maßnahme und eine empfohlene Ausführungsart ermittelt. Die empfohlene Ausführungsart orientiert sich je nach Maßnahme an technischen Standards, Marktverfügbarkeiten und Nutzungsdauern.<sup>47</sup> Durch Aggregation der Maßnahmen wurde eine Preisspanne gebildet, in der die Gesamtkosten für alle Maßnahmen liegen.

Die im Folgenden dargestellten Werte stellen zu erwartende Preise bzw. Preisspannen dar. Diese können aufgrund von lokalen bzw. temporären Einflüssen oder aufgrund spezifischer Gebäudemerkmale im Einzelfall deutlich variieren. Der Zuschlag für Baudenkmäler wird in der Literatur mit 5 bis 10 % angegeben.<sup>48</sup> Aufgrund der schlichten Gestaltung der Bahnheim-Siedlung ist hier ein Zuschlag im unteren Bereich der angegebenen Spanne zu erwarten.

Um eine abschließende Entscheidung zu treffen, müssen neben Baukosten auch Nutzungskosten betrachtet werden. Die Summe aus Bau- und Nutzungskosten wird als Lebenszykluskosten bezeichnet und ist der entscheidende Kennwert für Investitionen in Immobilienbestände. Die Lebenszykluskosten werden als abgezinster Barwert und kumuliert (ohne Abzinsung) kalkuliert.

Am Ende jedes Absatzes werden die jeweiligen Kosten übersichtlich und komprimiert zusammengefasst. Die vollständigen Kalkulationen können der CD-ROM entnommen werden, die dem Bericht beigelegt ist.

---

<sup>47</sup> Die Nutzungsdauer von Bauteilen ist unter Umständen kürzer als die (technische) Lebensdauer. Die Nutzungsdauer berücksichtigt auch die Wirtschaftlichkeit von Bauteilen infolge technischer Neuerungen. Umgekehrt ist die Nutzungsdauer normalerweise nicht signifikant länger als die erwartete Lebensdauer (BBSR/BBR 2010).

<sup>48</sup> Vgl. Schmitz et al. (2015).

## Baukosten

### Modellierung

Im Kalkulationstableau werden die durch Sanierung und Instandhaltung entstehenden Baukosten (Kostenstand: 2014) mittels Stückzahlen und Flächenangaben kalkuliert. Dazu werden im ersten Schritt die Kosten (Arbeit, Material, Nebenkosten) pro Einheit (z.B. Euro/Stk.) anhand von statistischen Werten und/oder tatsächlichen Angeboten geschätzt. Durch Multiplikation mit der Menge (z.B. Stk./WE \* WE<sub>im Quartier</sub> oder m<sup>2</sup>/Gebäude \* Gebäude<sub>im Quartier</sub>) ergeben sich die Gesamtkosten. Die Mengen, also z.B. die Dachflächen, wurden im Rahmen der Bestandserhebung für das gesamte Quartier erfasst. Vereinfachend wurde angenommen, dass alle Maßnahmen gleichzeitig und in allen Gebäuden umgesetzt werden. Die Kalkulation gliedert sich in die folgenden Bereiche und folgt der Systematik aus Teil C.

#### 1) Kalkulation TGA (Technische Gebäudeausrüstung)

Installation bzw. Austausch von Thermostat, Wärmemengenzähler, Wärmeübertragung (inkl. Schließen der Heizkörpernischen bei Installation von Fußbodenheizung) und Lüftung

#### 2) Kalkulation TGH (Thermische Gebäudehülle)

Dämmung oberste Geschossdecke/Dach, Kellerdecke (jeweils mit unterschiedlichen Materialstärken), Außenwand und Austausch Türen und Fenster (jeweils in unterschiedlichen Qualitäten)

#### 3) Kalkulation EV (Energieversorgung)

Rückbau Gasleitung, Rückbau Kamine, Entsorgung Gasetagenheizungen, Installation Leitung Heizsystem, Installation Nahwärmenetz, Installation Hausanschluss sowie die einzelnen Wärmereizeuger nach Abschnitt C2

Zudem wird davon ausgegangen, dass die Wärmeversorgung erst nach der Dämmung der Gebäude umgestellt wird. Daraus folgt, dass quasi alle Gasetagenheizungen (vor allem im Falle von EV1) gleichzeitig ausgetauscht werden (müssen).

#### 4) Kalkulation Optionales

Trockenlegung Keller, Austausch elektrische und sonstige Installationen, Entfernen Putz (Keller), Austausch Außenbeleuchtung, Installation Ladestationen E-Mobilität, Sanierputz

#### 5) Kalkulation Nachverdichtung

Aufstockung, Anbau, Konversion, Ausbau (Dach)

### Ausschreibung/Vergabe

Aufgrund des Umfangs der Maßnahmen sollte **EU-weit ausgeschrieben** werden. Bei der anschließenden Vergabe ist, besonders bei unbekanntem Firmen, nachhaltig Wert auf Referenzen zu legen. Durch EU-weite Ausschreibung und Skaleneffekte könnten voraussichtlich **Kosteneinsparungen zwischen 10 und 20 %** erreicht werden.

**Wichtig: Kosten sollten niemals alleiniges Entscheidungskriterium sein. Weitere Faktoren wie Expertise, Referenzen, Flexibilität, Verfügbarkeit bei Ausbesserungen/Gewährleistungen sind maßgeblich.**

Grundsätzlich sollte auf möglichst große Stückzahlen geachtet werden. Dies bringt neben Skaleneffekten beim Einkauf auch Vorteile bei Wartungskosten. Ein Beispiel sind Fenster: In den jeweiligen Gebäudetypen sollten möglichst nur ein oder zwei Fenstertypen eingebaut werden. **Die Lieferung (und Bezahlung) kann dabei durchaus gestaffelt über einen längeren Zeitraum erfolgen. I.d.R. wird dies den Hersteller-**

**firmen sogar entgegenkommen. Durch die Bündelung von Stückzahlen ist außerdem ein einheitliches Erscheinungsbild im Quartier gewährleistet.**

### **Volumen**

Tabelle 36 gibt einen Überblick über die zu erwartenden Baukosten (Invest) und Lebensdauer der Maßnahmen. Der Umfang der Maßnahmen geht aus Tabelle 33 hervor. Alle dargestellten Varianten basieren auf dem Energieversorgungskonzept EV6 (Fernwärme). Weitere Details zu Annahmen und Berechnung sind Anhang 6 zu entnehmen. Bei minimalem Umfang (**Variante klein**, mit EV6) belaufen sich die erwarteten Investitionskosten auf 4,45 Mio. EUR. Bei der **Variante groß** (mit EV6) betragen die erwarteten Investitionskosten 9,95 Mio. EUR. Die **empfohlene Variante** ist mit erwarteten Investitionskosten von 9,32 Mio. Euro realisierbar.

Der größte Anteil der Investitionskosten (erwartet: 3,99 Mio. Euro) entfällt auf die flächendeckende Installation von **Fußbodenheizungen**, die in der Variante klein nicht enthalten ist. Die Installation von Fußbodenheizungen wird empfohlen, da dadurch die Effizienz der Wärmeverteilung erheblich gesteigert werden kann (Abschnitt C1). Bei Anschluss an das Fernwärmenetz kann die Beheizung mittels des Rücklaufes erfolgen, wodurch die Verbrauchskosten für die Nutzer sinken können. Somit relativieren sich die relativ hohen Verbrauchskosten der Fernwärme (vgl. Tabelle 37) – und durch die geringeren Investitionskosten für die Fernwärme umgekehrt die Investitionskosten für die Fußbodenheizungen. Geringere Vorlauftemperaturen bei Flächenheizungen sind zudem wesentliche Voraussetzung für besonders effiziente Energieversorgungskonzepte (EV2, EV4, EV5; Abschnitt C2), die in Verbindung mit einem Nahwärmenetz im Bahnheim-Quartier auch zu späteren Zeitpunkten mit entsprechender Förderung realisiert werden könnten (Abschnitt F2).

Bereich	Nr	Maßnahme [Variante]	LD [a]	Invest (brutto) [1.000 €]		
				min	max	erwartet
TGH	B-K	Dämmung TGH, Austausch Fenster/Türen				
	B, D, F1, I1	-min		1.222	3.177	1.978
	B, C, E, F123, I12	-max	40	1.446	3.505	2.205
	B, C, F123, I12	-empfohlen		1.399	3.429	2.139
	K123	Dämmputz Außenwände [DS]	30	826	1.293	864
TGA	L12	Thermostate, Messtechnik	20	70	156	125
	M1	Heizkörper	20	334	394	368
	M2	Fußbodenheizung (davon Prototyp: 1,5%)	50	3.266	4.708	3.987
	N1	Gesamt Lüftung [alle]		513	794	640
	N2	Gesamt Lüftung [DS]	18, 30	452	699	564
	N3	Gesamt Lüftung [NDS]		61	94	76
EV	EV0	wie bisher (kurzfristig, inkl. Ersatz)	20	710	1.914	1.201
	EV1	Blockzentralheizungen	20	745	1.660	1.109
		- inkl. Einmalkosten (Vorabs)		297	379	276
	EV2	Wärmepumpe inkl. Sonden	15	2.023	3.713	3.058
		- inkl. Einmalkosten (Vorabs)	70	689	1.605	1.219
	EV3a	Erdgas BHKW		ohne Spanne		782
	EV3b	Bioerdgas BHKW	20	ohne Spanne		782
	EV3ab	- inkl. Einmalkosten (Vorabs)				350
EV6	Fernwärme	100	327	443	366	
	- inkl. Einmalkosten (Vorabs)		327	443	366	
Optionale		Gesamt	40	1.311	2.138	1.720
Gesamt		<b>klein (ohne Optionale) (mit EV6)</b>		3.132	6.845	4.452
		<b>klein (mit Optionalen) (mit EV6)</b>		4.443	8.983	6.172
		<b>groß (mit EV6)</b>		7.799	13.103	9.947
		<b>empfohlen (mit EV6)</b>		7.299	12.328	9.318

Tabelle 36: Baukosten und Lebensdauern (eigene Darstellung)



## Nutzungskosten

### Modellierung

Neben den Baukosten entstehen Folgekosten während der Nutzungsdauer (Nutzungskosten). Diese können, besonders im Bereich der Energieversorgung, um ein Vielfaches höher sein als die Investitionskosten. Aus diesem Grund sollte die Entscheidung zwischen mehreren Alternativen immer unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten (Investitions- und Nutzungskosten) fallen. Die für die einzelnen Maßnahmen über einen Zeitraum von 20 Jahren zu erwartenden Nutzungskosten sind in Tabelle 37 als **Barwert**<sup>49</sup> dargestellt. Die dargestellte Nutzersicht umfasst die umgelegten **Kosten für Prüfung, Inspektion und Wartung (P, I, W)** sowie die **Verbrauchskosten** und sollte in die Entscheidungsfindung bei der Systemwahl einbezogen werden. Dabei werden Zuschüsse wie z.B. Einspeisevergütungen bei BHKWs berücksichtigt. Die Verbrauchskosten basieren auf dem Tarifsystem der SWK und bilden sowohl die relevante Struktur für das Bahnheim, als auch die in Deutschland übliche Verrechnungsmethode ab. Diese Kosten setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Grundgebühr: Kosten für Rechnungslegung, Service, etc. (pauschal, pro Jahr)
- Grundpreis: bei Fernwärme, da vorzuhaltende Anlagen (Heizkraftwerke) neben dem Wärmebedarf vor allem durch Spitzenlast dimensioniert werden; Spitzenlastanlagen (auch Spitzenlastkessel) werden nur an wenigen Tagen im Jahr benötigt, müssen aber ständig vorgehalten werden
- Arbeits-/Verbrauchspreis: Kosten für Beschaffung und Bereitstellung (z.B. Verteilernetze), pro abgerechneter Einheit (z.B. m<sup>3</sup> oder kWh) fällig
- Verrechnungspreis Zähler: kann als Miete oder Pacht für Bereitstellung der Zähler interpretiert werden inkl. Kosten für Wartung und Prüfung der Zähler. Wie die Grundgebühr vor allem für kleine Verbraucher (kleine WE wie im Bahnheim) problematisch, da große Anzahl von Zählern zu hohen Fixkosten führt, obwohl kaum Energie oder Wasser abgenommen wurde

Bei allen Lieferverträgen, mit Ausnahmen der Fernwärme, steht es Verbrauchern durch die liberalisierten Energiemärkte frei, einen anderen ggf. günstigeren Anbieter zu wählen. **Vor allem vor diesem Hintergrund empfiehlt es sich, bei der Entscheidung für ein neues Energieversorgungskonzept durch die Bahnheim eG EINE (reduzierte) Grundgebühr für alle Verbrauchsstellen im Quartier auszuhandeln.**

### Volumen

Die Übersicht der Nutzungskosten (Tabelle 37) ergibt deutliche Unterschiede zwischen den jeweiligen Energieversorgungskonzepten. Der **Barwert der Verbrauchskosten** über 20 Jahre variiert zwischen 1,78 Mio. EUR (EV3b) und 3,796 Mio. EUR (EV6). EV6 (Fernwärme) ist gleichzeitig mit Abstand die Variante mit den geringsten Investitionskosten für die Bahnheim eG (Tabelle 36). Abbildung 32 zeigt den Effekt bei der Aufteilung der Lebenszykluskosten zwischen Nutzer und Investor für alle Energieversorgungskonzepte. Zwar sind im Falle der Bahnheim eG die Nutzer als Genossenschaftsmitglieder am Vermögen der Genossenschaft beteiligt. Allerdings werden Mitglieder voraussichtlich primär an einer Minimierung der persönlichen Nutzungskosten interessiert sein. Empfohlen wird im ersten Schritt dennoch

---

<sup>49</sup> Im Barwert sind alle jährlichen Zahlungsströme über den Zeitraum von 20 Jahren auf den heutigen Zeitpunkt abgezinst. Dabei wurde ein Zinssatz (i) von 4,0 % zugrunde gelegt, der an die gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG angelehnt ist.

die Umsetzung von EV6, jedoch in Verbindung mit Flächenheizungen, um die Effizienz von EV6 zu erhöhen und Verbrauchskosten zu reduzieren.

Weitere Details zu Annahmen und Berechnung sind Anhang 6 zu entnehmen.

Bereich	Nr	Maßnahme [Variante]	LZK Nutzer [1.000 €]	
			P, I, W	Verbrauch
TGA	L12	Thermostate, Messtechnik	0	
	M1	Heizkörper		
	M2	Fußbodenheizung (davon Prototyp: 1,5%)		
	N1	Gesamt Lüftung [alle]	231	
	N2	Gesamt Lüftung [DS]	207	
	N3	Gesamt Lüftung [NDS]		
EV	EV0	wie bisher (kurzfristig, inkl. Ersatz)	330	3.109
	EV1	Blockzentralheizungen - inkl. Einmalkosten (Vorabs)	120	2.406
	EV2	Wärmepumpe inkl. Sonden - inkl. Einmalkosten (Vorabs)	28	2.126
	EV3a	Erdgas BHKW	149	2.198
	EV3b	Bioerdgas BHKW	149	1.780
	EV3ab	- inkl. Einmalkosten (Vorabs)		
	EV6	Fernwärme - inkl. Einmalkosten (Vorabs)	0	3.796
Optionale	Gesamt		0	0
Gesamt	klein (ohne Optionale) (mit EV6)			
	klein (mit Optionalen) (mit EV6)			
	groß (mit EV6)			
	empfohlen (mit EV6)		24	3.796

Tabelle 37: Übersicht Nutzungskosten (Barwert, 20 a, i = 4,0%) (eigene Darstellung)

## Lebenszykluskosten

### Modellierung

Lebenszykluskosten umfassen Investitions- und Nutzungskosten. Im Rahmen dieser Analyse werden Nutzungskosten über den Zeitraum von 20 Jahren zugrunde gelegt. Darüber hinaus gehende Prognosen sind mit überproportionaler Unsicherheit behaftet, weshalb auch in Normen bzw. Richtlinien (z.B. GEFMA 220 Lebenszykluskosten-Ermittlung im FM) davon abgeraten wird.

Tabelle 38 beschreibt die Lebenszykluskosten, die sich aus den Investitionskosten (Tabelle 36) und den Nutzungskosten (Tabelle 37) zusammensetzen. Die Nutzungskosten bestehen wiederum aus **Kosten für Prüfung, Inspektion und Wartung** (P, I, W) technischer Anlagen sowie Verbrauchskosten über eine Nutzungsdauer von 20 Jahren. **Instandsetzungskosten** werden über die Lebensdauer der jeweiligen Bauteile berücksichtigt. Nach Ablauf der Lebensdauer werden indexierte Wiederherstellungskosten zugrunde gelegt. Bei kürzeren Lebensdauern (< 20 Jahre) von Bauteilen wird die Investition also (ggf. mehrfach) wieder getätigt, ansonsten sind Anfangsinvestition (Invest) und Lebenszykluskosten bei dieser Modellie-

rung aus Eigentümersicht identisch.<sup>50</sup> Die Lebenszykluskosten sind als **Barwert** über 20 Jahre dargestellt. Die Barwerte sind abgezinst mit einem Diskontierungszinssatz von 4,0 %, der an die gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG angelehnt ist. Kumulierte (= nicht abgezinste) Lebenszykluskosten können der CD-ROM entnommen werden, die dem Bericht beigelegt ist.

**Die Lebenszykluskosten sollten als primärer Kennwert zur Entscheidungsfindung bei Alternativen dienen. Weitere Details zu Annahmen und Berechnung sind Anhang 6 zu entnehmen. Die vollständigen Kalkulationstableaus sind auf der CD-ROM enthalten, die dem Bericht beigelegt ist.**

### Volumen

Die Darstellung der Lebenszykluskosten über 20 Jahre in Tabelle 38 zeigt aus Sicht der Bahnheim eG eine Kostenspanne von 3,14 bis 13,3943 Mio. Euro. Für die empfohlene Variante mit Energieversorgungskonzept EV6 fallen Lebenszykluskosten von 9,56 Mio. Euro an.

Die Lebenszykluskosten aus Eigentümersicht liegen meist nur geringfügig über den Erstinvestitionskosten, da Ersatzinvestitionen während 20 Jahren nur bei wenigen Bauteilen anfallen. Investitions- und Lebenszykluskosten bei Umsetzung der kleinen Variante ohne optionale Maßnahmen sind aufgrund einmalig anfallender Investitionskosten und vollständig umlegbarer Instandhaltungskosten (Prüfung, Inspektion, Wartung) identisch. Selbiges trifft u.a. auf die Lebenszykluskalkulation für Fußbodenheizungen (M2) zu, die den größten Kostenblock aller Maßnahmen ausmachen könnten (EV2, EV4, EV5, EV6). Mögliche Wärmeschutzmaßnahmen an der TGH (B-K) werden weitgehend als sinnvoll und wirtschaftlich angesehen, weshalb die Kosten der empfohlenen Variante weitgehend denen der Maximalausstattung entsprechen. Im Bereich Energieversorgung offenbart die Kalkulation das typische Vermieter-Mieter-Dilemma. Besonders bei Umsetzung von Wärmepumpen (EV2) mit hohen Investitionskosten (trotz BAFA-Förderung, Abschnitt D2) seitens Bahnheim eG profitieren die Nutzer durch niedrige Energiekosten. Die **beste Variante aus Sicht der Bahnheim eG** ist die Fernwärme (EV6, LZK: ca. 366.000 Euro), die aus Nutzersicht u.a. aufgrund der hohen Grundgebühr am wenigsten vorteilhaft ist (LZK: ca. 3,80 Mio. Euro). Aus **Nutzersicht** am besten wäre die Variante EV3b mit Bioerdgas BHKW in Kooperation mit einem Contractor (LZK: ca. 1,78 Mio. Euro), die auch die geringsten Gesamtlebenszykluskosten (Eigentümer plus Nutzer) aufweist. Hier schlagen deutlich die EEG-Förderungen bei den Verbrauchspreisen zu Buche (Abschnitt D2). In Verbindung mit Flächenheizungen und durch Verhandlung mit SWK sollte die Attraktivität von EV6 auch aus Nutzersicht deutlich gesteigert werden können.

Die **bisherige Vorgehensweise** mit überwiegend wohnungsweiser Beheizung (EV0) ist sowohl für die Bahnheim eG als auch für die Nutzer (nach EV2) am wenigsten vorteilhaft.

---

<sup>50</sup> Betriebskosten sind auf den Nutzer umgelegt. Instandsetzungsrücklagen werden bei dieser Modellierung nicht angenommen sondern Ersatzinvestitionen am Ende der Lebensdauer von Bauteilen; vgl. GEFMA 220; siehe auch Abschnitt D4).

Bereich	Nr	Maßnahme [Variante]	LD [a]	Invest (brutto) [1.000 €]			LZK Eigentümer [1.000 €]			LZK Nutzer [1.000 €]	
				min	max	erwartet	min	max	erwartet	P, I, W	Verbrauch
TGH	B-K	Dämmung TGH, Austausch Fenster/Türen									
	B, D, F1,11	-min	40	1.222	3.177	1.978	1.222	3.177	1.978		
	B, C, E, F123, I12	-max	40	1.446	3.505	2.205	1.446	3.505	2.205		
	B, C, F123, I12	-empfohlen	40	1.399	3.429	2.139	1.399	3.429	2.139		
	K123	Dämmputz Außenwände [DS]	30	826	1.293	864	826	1.293	864		
TGA	L12	Thermostate, Messtechnik	20	70	156	125	70	156	125	0	
	M1	Heizkörper	20	334	394	368	334	394	368		
	M2	Fußbodenheizung (davon Prototyp: 1,5%)	50	3.266	4.708	3.987	3.266	4.708	3.987		
	N1	Gesamt Lüftung [alle]		513	794	640	513	794	640	231	
	N2	Gesamt Lüftung [DS]	18, 30	452	699	564	452	699	564	207	
	N3	Gesamt Lüftung [NDS]		61	94	76	61	94	76	24	
EV	EV0	wie bisher (kurzfristig, inkl. Ersatz)	20	710	1.914	1.201	710	1.914	1.201	330	3.109
	EV1	Blockzentralheizungen	20	745	1.660	1.109	745	1.660	1.109	120	2.406
		-inkl. Einmalkosten (Vorabs)		297	379	276	297	379	276		
	EV2	Wärmepumpe inkl. Sonden	15	2.023	3.713	3.058	2.589	3.528	3.178	28	2.126
		-inkl. Einmalkosten (Vorabs)	70	689	1.605	1.219	689	1.605	1.219		
	EV3a	Erdgas BHKW				782			782	149	2.198
	EV3b	Bioerdgas BHKW	20	ohne Spanne			782	ohne Spanne			149
EV3ab	-inkl. Einmalkosten (Vorabs)				350			350			
EV6	Fernwärme	100	327	443	366	327	443	366	0	3.796	
	-inkl. Einmalkosten (Vorabs)		327	443	366	327	443	366			
Optionale	Gesamt		40	1.311	2.138	1.720	1.492	2.429	1.957	0	0
Gesamt		<b>klein (ohne Optionale) (mit EV6)</b>		3.132	6.845	4.452	3.132	6.845	4.452		
		<b>klein (mit Optionalen) (mit EV6)</b>		4.443	8.983	6.172	4.624	9.274	6.409		
		<b>groß (mit EV6)</b>		7.799	13.103	9.947	7.980	13.393	10.185		
		<b>empfohlen (mit EV6)</b>		7.299	12.328	9.318	7.481	12.618	9.555	24	3.796

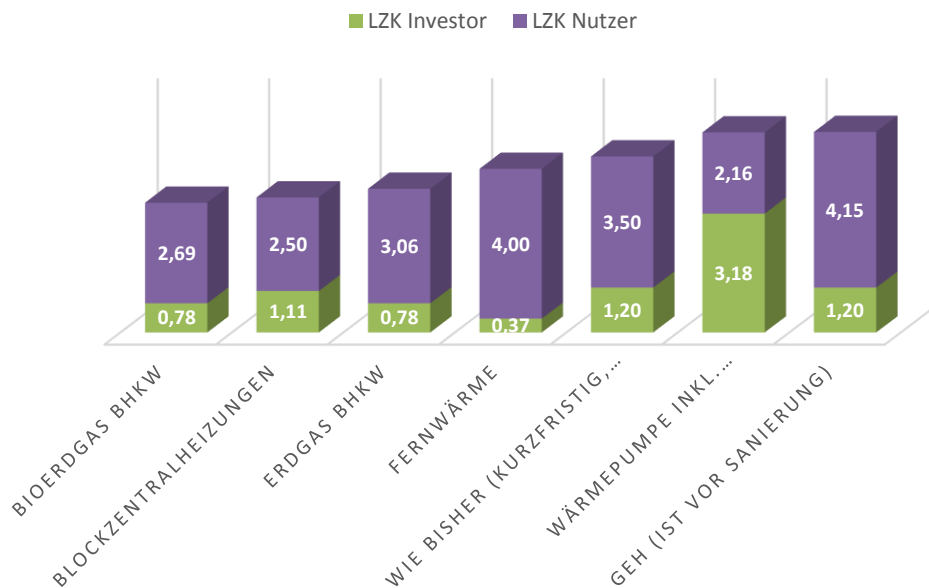
LD: Lebensdauer (Jahre)

Hinweis: Bei allen Positionen ist ein Sicherheitszuschlag von 5-10% vorzusehen.

LZK: Lebenszykluskosten = Investitionskosten und Nutzungskosten (Betrieb, Instandhaltung/Ersatz), 20 Jahre, Barwert (gew. Kapitalkosten,  $i = 4,0\%$ )

Tabelle 38 Übersicht Lebenszykluskosten der Maßnahmen (Quartier, Barwert: 20 a,  $i = 4,0\%$ ) (eigene Darstellung)

In Abbildung 32 ist die Aufteilung der Lebenszykluskosten zwischen Nutzer und Betreiber/Investor der einzelnen Energieversorgungsvarianten dargestellt.<sup>51</sup> Zum Vergleich wurde auch die Fortschreibung der derzeitigen Situation (ohne Sanierung, GEH) dargestellt.



**Abbildung 32: Vergleich der Lebenszykluskosten (Investor, Nutzer) der EV-Varianten (eigene Darstellung)**

Beim Vergleich der Lebenszykluskosten der Energieversorgungsvarianten über 20 Jahre zeigen sich deutliche Unterschiede in der Aufteilung zwischen Nutzern und Bahnheim eG. Die geringen Kosten des Bioerdgas BHKW resultieren vor allem aus den Förderungen für diese Variante, analog für das Erdgas BHKW (Abschnitt D2). Entfallen diese Zuschüsse, stellt die Blockzentralheizung aufgrund der geringen Anzahl an benötigten Feuerstellen die günstigste Variante dar (Anhang 7).

**Die dargestellten Kosten sind statistische Werte. Hier sollte vor allem bei der Energieversorgung EV3a,b Angebote von Contractoren (Contracting-Gebern) eingeholt werden. Die dargestellten Werte dienen vor allem als Referenz zu konkreten Angeboten. Vor der Entscheidung für eine Energieversorgung sollte ein Angebot für Fernwärme pauschal für das ganze Quartier mit SWK ausgehandelt werden.**

### **Bewertung Baukosten, Nutzungskosten, Lebenszykluskosten**

Die anvisierten Baukosten liegen im Bereich von 3,13 bis 13,10 Mio. Euro (empfohlen: 9,32 Mio Euro). Dies entspricht einer Spanne von 141 bis 589 Euro/m<sup>2</sup> MF (empfohlen: 419 Euro/m<sup>2</sup> MF). Die reinen Kosten für energetische Maßnahmen belaufen sich in der empfohlenen Variante auf 7,66 Mio. Euro. KfW-Zuschüsse (KfW 151/152) im Umfang von 2,16 Mio. Euro sind berücksichtigt. Optionale Maßnahmen summieren sich auf 1,72 Mio. Euro.

Für die Energieversorgungsvariante EV6 fallen die niedrigsten Investitionskosten an. In Verbindung mit Flächenheizungen und durch Verhandlung mit SWK sollten auch die Verbrauchskosten von EV6 optimiert werden können. Vor der Entscheidung für ein Energieversorgungskonzept sollte ein Ange-

<sup>51</sup> Für die Indexierung/Preissteigerung (1 % p.a.) und weitere Annahmen vgl. Anhang 6.

bot für Fernwärme pauschal für das ganze Quartier mit SWK ausgehandelt werden.

Die Bahnheim eG hätte zur Realisierung der empfohlenen Variante (inkl. Optionalen) eine Belastung von 381.000 bis 641.000 Euro p.a. über 20 Jahre zu tragen (erwartet: 487.000 Euro p.a.). Baukostensteigerungen sind in diesem Betrag, der auf den kumulierten LZK basiert, nicht eingerechnet, da diese für den Vergleich der Alternativen zunächst nicht relevant sind und je nach Umsetzungsdauer variieren. Für Nachverdichtungsmaßnahmen mit 47 neuen WE müssten Baukosten von 3,33 Mio. Euro angesetzt werden (1.177 Euro/m<sup>2</sup> BGF).

Für den Umfang der Maßnahmen sowie den Zustand und die Beschaffenheit des Quartiers sind die Baukosten, Nutzungskosten und Lebenszykluskosten in einem vertretbaren Rahmen. Die Wirtschaftlichkeit wird unter Einbeziehung von Mehrerlösen in Abschnitt D4 bewertet.

## D4 Wirtschaftlichkeitsberechnung

### Kosten

#### Volumen (Varianten)

Die in Abschnitt D3 dargestellten Bau- und Lebenszykluskosten der Varianten werden in Tabelle 39 noch einmal gekürzt wiedergegeben. Die Kalkulation basiert auf dem Energieversorgungskonzept EV6 (Fernwärme). Somit sind KfW-Fördermittel (KfW 151/152) im Umfang von 2,16 Mio. Euro enthalten (Abschnitt D2). Bei allen Positionen ist ein Sicherheitszuschlag von 5-10 % vorzusehen. Auch müssen im Rahmen der Machbarkeitsanalyse (Abschnitt D5) jährlich steigende Baukosten angenommen werden. Mögliche Skaleneffekte durch gebündelte Ausschreibungen und Vergabe (Abschnitt D3) sind in den Beträgen nicht eingerechnet. Weitere bauliche Maßnahmen zur Nachverdichtung werden unten gesondert betrachtet.

	Variante	Invest (brutto) [1.000 €]			LZK Eigentümer [1.000 €]			LZK Nutzer [1.000 €]	
		min	max	erw	min	max	erw	P,I,W	Verbr.
Gesamt (mit EV6)	klein (ohne Optionale)	3.132	6.845	4.452	3.132	6.845	4.452	24	3.796
	klein (mit Optionalen)	4.443	8.983	6.172	4.624	9.274	6.409		
	groß	7.799	13.103	9.947	7.980	13.393	10.185		
	empfohlen	7.299	12.328	9.318	7.481	12.618	9.555		

Tabelle 39 Übersicht Investitions- und Lebenszykluskosten der Varianten (mit EV6) (Quartier) (eigene Darstellung)

#### Folgeinvestitionen/Querfinanzierungen

Durch einzelne Maßnahmen treten Folgemaßnahmen auf. Dies ist besonders beim Einbau der Fußbodenheizung der Fall, bei dem auch der Bodenbelag erneuert werden muss. Dieser Zusatznutzen für Bewohner ist in den Baukosten enthalten, um die Investitionssummen vollständig abzubilden.

Auch Querfinanzierungen sollten grundsätzlich in Betracht gezogen werden, da ansonsten weniger bzw. nichtprofitable Maßnahmen mit eventuell hohem Nutzen und Beitrag zur Kostenreduktion (Skaleneffekt) entfallen könnten.

## Ersatzinvestitionen/Instandsetzungen

Ersatzinvestitionen bzw. Instandsetzungen können in Lebenszykluskosten grundsätzlich mit zwei verschiedenen Modellierungs-Methoden dargestellt werden:<sup>52</sup>

- als jährliche Rücklage für die Instandsetzung des Gebäudes gemäß dem neuwertigen Gebäudezustand zum Ersterstellungszeitpunkt
- als Ersatz der Bauteile am Ende der jeweiligen Lebensdauer

Werden die Instandsetzungskosten als jährliche Rücklage abgebildet, sind die einzelnen Investitionskosten durch ihre jeweilige Lebenserwartung zu dividieren. Die Summe der jährlichen Rücklagen entspricht der jährlichen Abschreibungssumme für das Gebäude.

Bei Ermittlung der Instandsetzungskosten, die den werterhaltenden Ersatz von Bauteilen nach Ende der technischen Lebensdauer darstellen, werden alle Maßnahmen für Bauteile und Anlagen berücksichtigt, deren Lebensdauer kleiner ist als der Betrachtungszeitraum. Da wertvermehrende Maßnahmen (Erneuerungen) nicht vorhersehbar sind, werden diese von der Betrachtung ausgeschlossen.

Bei der Kalkulation der LZK (Abschnitt D3) wurde die zweite Modellierungs-Methode gewählt, die die tatsächlich anfallenden Zahlungsströme abbildet.

Innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren tritt aufgrund der jeweils angenommenen Lebensdauer (LD) bei folgenden Bauteilen ein Ersatzzeitpunkt auf:

- Wärmepumpen (LD = 15 Jahre)
- Sanierputz (LD = 15 Jahre)
- E-Mobilität: Ladestationen (LD = 12 Jahre)

Die Lebenszykluskosten dieser Bauteile sind dadurch entsprechend höher als bei Bauteilen mit Lebensdauer > 20 Jahre. Besonders stark wirkt dies bei gleichzeitig hohen Investitionskosten aus – wie bei den Wärmepumpen (EV2). Die Darstellung ist dadurch etwas verzerrt. Wird allerdings die erste Modellierungs-Methode (jährliche Rücklage für Instandsetzung nach Ablauf der Lebensdauer) zugrunde gelegt, ist EV2 gleichermaßen unwirtschaftlich. Auf die Darstellung wird hier verzichtet.

## Erlöse

### **Volumen (aktuell)**

Im Bahnheim werden gemäß Aufstellung der Bahnheim eG derzeit jährliche Mieterlöse im Volumen von 1,396 Mio. Euro erzielt. Der **Jahresreinertrag** liegt mit üblichen Annahmen demnach **im Bereich von 1,1 Mio. Euro**.

Mehrerlöse aus den vorgesehenen Maßnahmenpaketen resultieren zum einen aus der Modernisierung der Bestandswohnungen und aus neuen vermietbaren Flächen. Hinzu kommen geringere Instandhaltungskosten im Vergleich zum nicht modernisierten Zustand und voraussichtlich weiterhin sehr geringe Erlösschmälerungen durch Mietminderungen, Leerstände oder Mieterwechsel.

---

<sup>52</sup> Vgl. GEFMA 220-2.

### Neuvermietungen (nach Modernisierung)

Das durchschnittliche Neuvertragsmietenpotenzial liegt in Kaiserslautern im Bereich von 6,10 bis 6,60 Euro/m<sup>2</sup> pro Monat (Tabelle 40). Besonders für kleine Wohnungen (bis 40 m<sup>2</sup>) sind höhere, für mittlere bis große Wohnungen etwas niedrigere Mieten erzielbar. Im Wohnungsmarktgutachten Rheinland-Pfalz 2030 von empirica werden Mieten in Kaiserslautern in 2013 nach Baualtersklasse dargestellt. Mit Abstand die höchsten Mieten werden in Neubauten ab Baujahr 2000 gezahlt. Gebäude mit Baujahr zwischen 1970-79 erhalten Mietpreisabschläge. Möglicherweise ist dort der Anteil nicht modernisierter Gebäude am höchsten. Die übrigen Baualtersklassen liegen auf einem Niveau. Es kann davon ausgegangen werden, dass modernisierte Wohnungen in der Gartenstadt Bahnheim je nach Wohnungsgröße und Modernisierungsumfang zwischen 6,20 bis 7,00 Euro/m<sup>2</sup> Monatsmiete erzielen können.

Monats(kalt)miete	ImmobilienScout24 (2015)	Wohnungsbörse (2015) [€/m <sup>2</sup> ]	Immowelt (03/2015)
KL (Innenstadt, außer Immowelt)	Ø 6,30*	Ø 6,59	Ø 6,12
Kleine Wohnung	k.A.	7,25 (30 m <sup>2</sup> )	7,52 (bis 40 m <sup>2</sup> )
Mittlere Wohnung	k.A.	6,14 (60 m <sup>2</sup> )	5,98 (41-80 m <sup>2</sup> )
Große Wohnung	k.A.	5,86 (100 m <sup>2</sup> )	5,85 (>80 m <sup>2</sup> )

Tabelle 40 Durchschnittliche Kaltmieten in Kaiserslautern (empirica 2014, Immowelt 2015, PWIB 2015)

Bisherige Monatsmieten im Bahnheim bei Neuverträgen mit Mietdauer unter fünf Jahren liegen bei 5,65 Euro/m<sup>2</sup> (Abschnitt E2). Diese Mieten beziehen sich auf den nicht modernisierten Bestand. Mietpreisaufschläge für modernisierte Wohnungen sind in diesem Zusammenhang gerechtfertigt und dürften aufgrund der bestehenden Wohnungsgrößen von den Haushalten auch tragbar sein. Bisherige Nutzer sind besonders Ein- und Zweipersonenhaushalte mit niedriger bis mittlerer Wohnkaufkraft. Für modernisierte Gebäude kommen ggf. verstärkt Haushalte mit mittlerer Wohnkaufkraft in Frage.

Auf Basis der aktuellen Neuvertragsmieten von 5,65 Euro/m<sup>2</sup> sind in den nächsten Jahren durch natürliche Fluktuation im modernisierten Bestand Mietpreissteigerungen zwischen 0,76 Euro/m<sup>2</sup> bis 1,30 Euro/m<sup>2</sup> (bei einzelnen Wohnungen) möglich. Bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von 60 m<sup>2</sup> resultieren Mehrerlöse von 540 bis 936 Euro p.a. pro Wohnung, die zusätzlichen Spielraum für bauliche Maßnahmen und energetische Modernisierungen eröffnen.

### Umlage von Modernisierungskosten

Zur Deckung der entstandenen Kosten für (energetische) Modernisierungen können nach §559 BGB Abs. 1 jährliche Mieten um 11 % der auf die Wohnung entfallenden Modernisierungskosten erhöht werden. Als Modernisierungskosten gelten tatsächlich notwendige Baukosten (KG 300, 400, 500) sowie Baunebenkosten (KG 700) ohne Rabatte oder Skonti. Finanzierungskosten oder Drittmittelzuschüsse nach §559a BGB dürfen nicht berücksichtigt werden. Kosten für mit der Modernisierungsmaßnahme verbundene Schönheitsreparaturen sind nicht umlagefähig, es sei denn der Mieter hätte diese zum Modernisierungszeitpunkt ohnehin ausführen müssen. Nicht umlagefähig sind weiterhin Instandhaltungskosten bzw. Kosten für Erhaltungsmaßnahmen nach BGB, die ebenfalls von den Gesamtkosten



abzuziehen sind (§559 Abs. 2 BGB). Diese Kosten sind nach aktuellen Preisen fiktiv anzusetzen. Dadurch haben Vermieter keine Möglichkeit, reguläre Instandhaltungsmaßnahmen als Modernisierungsmaßnahmen mit Instandhaltungsanteil durchzuführen und die anfallenden Kosten vollständig umzulegen.<sup>53</sup>

**Die Bahnheim eG sollte Umlagen von Modernisierungskosten in Abstimmung mit den Mieterhaushalten einzeln festlegen. Dabei sollten auch Betriebskosteneinsparungen durch die gesteigerte Energieeffizienz einbezogen werden (Abschnitt E3).**

#### **Werterhalt/Wertsteigerung durch Modernisierung**

Nicht direkt in die Zahlungssaldi gehen Werterhalt/Wertsteigerung als gepflegtes Denkmal/Quartier ein. Diese stellen allerdings eine wichtige strategische Größe für die Bahnheim eG dar. Die empfohlenen Maßnahmen tragen mindestens zum Werterhalt bei.

#### **Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung**

In Abschnitt C3 wurden weitere bauliche Maßnahmen zur Nachverdichtung im Bahnheim-Quartier angeregt. Durch Aufstockung (BH 82-92), Anbau (BH 17d), Konversion (BH 58) und den Ausbau von 17 Dachgeschossen (in Abstimmung mit dem Amt für Denkmalschutz) könnten 47 neue Wohneinheiten entstehen. Mit der Errichtung von 36 neuen Balkone (BH 82-92) könnten so insgesamt 3.102 m<sup>2</sup> BGF (2.400 m<sup>2</sup> MF) neu geschaffen werden. Bei kalkulierten Mieteinnahmen von 6,75 Euro/m<sup>2</sup> (kalt) resultiert ein **zusätzlicher Jahresreinertrag von 162.078 Euro** für die Bahnheim eG. Die Rentabilität dieser Maßnahmen ist in Abschnitt D5 beschrieben.

#### **Andere Erlöse**

Da die Bahnheim eG durch Photovoltaik erzeugbaren Strom zu einem geringen Teil selbst nutzen kann, sollten geeignete Flächen verwertet werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, diese Flächen zur Nutzung als PV-Fläche zu verpachten (ca. 2,50-4,0 Euro/(m<sup>2</sup>\*a)). Zum anderen kann die PV-Anlage selbst installiert werden (ca. 1.400 Euro/kW<sub>p</sub>) und dann an einen Investor verpachtet werden. Hier wäre es auch denkbar die Anlagen (in Teilen) an die Bewohner der Gebäude zu verpachten („Grüne Gartenstadt“). Die dritte Möglichkeit, den Strom direkt zu vermarkten besteht grundsätzlich auch. Allerdings darf die Bahnheim eG, als Wohnungsbaugenossenschaft partiell steuerbefreit, nur begrenzt Einnahmen aus Nicht-Vermietungsaktivitäten erzielen. Auf Einnahmen über dieser Grenze würden entsprechende Abgaben und Steuern fällig, daher sollten aus rechtlicher, organisatorischer und wirtschaftlicher Sicht die Flächen für Photovoltaik, mit oder ohne Installation einer Photovoltaikanlage, (an z.B. EVUs oder Contractoren) verpachtet werden. Bei einer Verpachtung an Contractoren bzw. EVUs wäre es im Sinne der „Grünen Gartenstadt“, wenn die Bewohner mit dem auf ihren Gebäuden erzeugten Strom versorgt werden. Der Contractor/das EVU bindet dadurch Kunden an sein Unternehmen.

Bei **Verpachtung** belaufen sich die zu erwartenden Erlöse auf **8.750 Euro p.a.** (5.050 Euro p.a. Dachflächen und 3.700 Euro p.a. Lärmschutzwände).

Sollte die Entscheidung bzgl. eines Energieversorgungssystems auf Geothermie oder BHKW (EV2, EV3) in Eigenregie fallen, sollte dies mit SWK für alle Gebäude ausgehandelt werden. Eventuell können die verfügbaren Leistungen der Wärmepumpen bzw. der BHKW als positive und negative Regelleistung an SWK verkauft werden.

---

<sup>53</sup> Vgl. Börstinghaus (2014), Rn. 56-66, 70.

Um Abgaben auf Erlöse aus dem Energieverkauf zu vermeiden sollte, wenn die Entscheidung zugunsten von **EV3** fällt, ein **Contractor** beauftragt werden. Contractoren verfügen über einschlägige Erfahrung und sind auch für Rechnungslegung, Förderanträge, etc. verantwortlich. Hier sollten ebenfalls wie bei jedem Gewerk mind. drei Angebote eingeholt werden. Die Verträge zwischen Eigentümer und Contractor können frei gestaltet werden. Die Erstellung eines Contracting-Konzepts für Kommunen, kommunale Unternehmen, gemeinnützige Organisationen und KMU (wie die Bahnheim eG) kann ebenfalls durch KfW oder BAFA unterstützt werden.

### **Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung**

In Tabelle 41 sind die Investitionskosten für die vorgeschlagenen weiteren baulichen Maßnahmen zur Nachverdichtung im Bahnheim-Quartier (Abschnitt C3) zusammengefasst. Die Gesamtkosten (brutto) für 47 neue Wohneinheiten und 36 neue Balkone an den Gebäuden BH 82-92 belaufen sich auf 3,53 Mio. Euro.

Kosten	Fläche		Anzahl Gebäude	Kosten [€/Einh.] (brutto) [€] KG 300, 400, 700	Gesamtkosten (brutto) [1.000 €]
	[m <sup>2</sup> BGF]	[WE]			
Aufstockung BH 82-92 (inkl. Dachrückbau)	810	8	6	1.200	972
Anbau Balkone BH 82-92 (inkl. Betonfundamente)	270	36	6	5.500	198
Anbau BH 17d	900	21	1	1.150	1.035
Konversion BH 58	70	1	1	978	68
Ausbau Dachgeschosse	1.052	17	17	1.196	1.258
<b>Gesamt</b>	<b>3.102</b>		<b>31</b>		<b>3.531</b>

Tabelle 41: Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung (Kosten) (eigene Darstellung)

Bei kalkulierten Mieteinnahmen von 6,75 Euro/m<sup>2</sup> (kalt) (Abschnitt D4) resultiert ein zusätzlicher Jahresreinertrag von 162.078 Euro für die Bahnheim eG. Die statische Netto-Anfangsrendite der Investitionen beträgt 4,55 % für die neuen Wohneinheiten und 5,19 % für die neuen Balkone, der interne Zinsfuß 4,16 % bzw. 4,90 %.<sup>54</sup> In Tabelle 42 sind alle relevanten Annahmen mit aufgeführt.

<sup>54</sup> Statische Netto-Anfangsrenditen berücksichtigen keine Mietsteigerungen. Der Interne Zinsfuß basiert auf abgezinsten Jahresreinerträgen, wiederum ohne angenommene Mietsteigerungen.

Rentabilität			[€/a]	Gesamt
Wohneinheiten (neu)	Anzahl neue Wohneinheiten (WE)	47		
	Flächeneffizienz (MF/BGF)	80 %		
	Fläche (MF)	2.265		
	Verwaltungskosten [€/a*WE]	250	11.750	
	Instandhaltungskosten [€/m <sup>2</sup> *a]	8,00	18.124	
	Kaltmiete [€/Monat*m <sup>2</sup> ]	6,75	183.501	
	Mietausfallwagnis (%)	1,0 %	1.835	
	Jahresreinertrag [€/a]		151.792	
	Stat. Amortisation [a]			21,96
	Netto-Anfangsrendite (%)			4,55 %
	Netto-Barwert (60 a, i=4,0%)			100.690
	Interner Zinsfuß (%)			4,16 %
Balkone (neu)	Fläche (BGF) [m <sup>2</sup> ]	270		
	Fläche (MF) [m <sup>2</sup> ]	135		
	Instandhaltungskosten [€/m <sup>2</sup> *a]	2,00	540	
	Kaltmiete [€/Monat*m <sup>2</sup> ]	6,75	10.935	
	Mietausfallwagnis (%)	1,0 %	109	
	Jahresreinertrag [€/a]		10.286	
	Stat. Amortisation [a]			19,25
	Netto-Anfangsrendite (%)			5,19 %
	Netto-Barwert (60 a, i=4,0%)			34.697
Interner Zinsfuß (%)			4,90 %	

Tabelle 42: Weitere bauliche Maßnahmen/Nachverdichtung (Rentabilität) (eigene Darstellung)

### Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung bezieht sich auf den Stand zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes. Durch technologischen Fortschritt können Systeme auf den Markt gelangen, die – vor allem in denkmalgeschützten Beständen – Schwachstellen bisheriger Systeme ausgleichen. Zudem können Preissteigerungen die Wirtschaftlichkeit und resultierende Empfehlungen ändern. Bei allen Maßnahmen müssen jährlich steigende Baukosten angenommen werden.

Die empfohlenen Maßnahmen sind vor dem Hintergrund des Werterhalts bzw. der Wertsteigerung des Bahnheim-Quartiers zu sehen. Für die **empfohlenen Maßnahmen** (inkl. Optionalen) werden Investitionskosten von 9,32 Mio. Euro erwartet (Abschnitt D3). Der größte Anteil der Investitionskosten (erwartet: 3,99 Mio. Euro) entfällt auf die flächendeckende Installation von Fußbodenheizungen, die auch zur Steigerung der Energieeffizienz durch neue effiziente Formen der Energieversorgung beiträgt. Fußbodenheizungen steigern zudem den Wohnwert, auch durch den gleichzeitig erneuerten Fußbodenbelag. Lebenszykluskosten können wie bisher aus den Erlösen getragen werden, insbesondere vor dem Hintergrund der zu erwartenden Erlössteigerungen. Der Effekt der Maßnahmen auf die Mieterlöse entzieht sich einer genauen Berechnung. Die empfohlenen Maßnahmen tragen allerdings mindestens zum Wert-

erhalt des Quartiers bei. Die Rentabilität der empfohlenen Maßnahmen dürfte in den meisten denkbaren Szenarien über den gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG (derzeit angenommen mit  $i = 4,0\%$ ) liegen. Im Kalkulationstableau kann das Blatt „Kalkulation Nachverdichtung“ mit geringfügigen Anpassungen auch zur Berechnung von Netto-Anfangsrendite, Statischer Amortisationsdauer, Netto-Barwert und Internem Zinsfuß weiterer Investitionen genutzt werden (vgl. Tabelle 42).

Die statische Netto-Anfangsrendite der Investitionen im Bereich der **Nachverdichtung** beträgt  $4,55\%$  für die neuen Wohneinheiten und  $5,19\%$  für die neuen Balkone (interner Zinsfuß:  $4,16\%$  bzw.  $4,90\%$ ).<sup>55</sup> Die Renditen liegen damit über den angenommenen gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG. Es wird davon ausgegangen, dass diese Maßnahmen nachhaltig zur Wertsteigerung des Quartiers beitragen. Dieser Effekt ist in der Investitionsrechnung nicht abgebildet. Eine Anzahl von Neubauwohnungen ist darüber hinaus sinnvoll für die Umsetzungsplanung des Quartierskonzepts (Abschnitt D1). In Abstimmung mit dem Denkmalschutz sollte ein Konsens zwischen Nachverdichtung und Denkmalpflege im Quartier gefunden werden.

### **Prototypen**

In den erwarteten Kosten sind Prototypen einkalkuliert (Abschnitt C5). Für die prototypische Installation der Fußbodenheizung (in einem Gebäude) werden  $1,5\%$  der Gesamtkosten angesetzt. Für Smart Home/Smart Metering in zehn Gebäuden sind  $12,5\%$  der Gesamtkosten einkalkuliert. Diese Kosten müssen nicht zwingend von der Bahnheim eG übernommen werden, sondern können von Nutznießern, wie z.B. SWK, beigebracht werden.

### **Perspektiven**

Die TU Kaiserslautern bereitet mit Partnern einen Antrag für ein Forschungsprojekt im Rahmen des Smart Cities und Communities Programms vor (Horizon 2020) (Abschnitt F2). In dem Projekt könnten ab 2016 Maßnahmen mit Förderung durch die EU umgesetzt und die Effizienz im Betrieb für zwei Jahre kontrolliert werden.

### **Bewertung Wirtschaftlichkeit**

Für die empfohlenen Maßnahmen (inkl. Optionalen) werden unter Einbeziehung von KfW-Zuschüssen auf Basis heutiger Preise Investitionskosten von  $9,32$  Mio. Euro erwartet. Der Effekt der Maßnahmen auf die Mieterlöse entzieht sich einer genauen Berechnung. Die empfohlenen Maßnahmen tragen allerdings mindestens zum Werterhalt des Quartiers bei. Die Rentabilität der Maßnahmen dürfte in den meisten denkbaren Szenarien über den gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG liegen (derzeit angenommen mit  $i = 4\%$ ). Durch Prototypen bei kritischen Maßnahmen kann das Risiko während der Umsetzung begrenzt werden.

Die Maßnahmen zur Nachverdichtung mit  $47$  neuen Wohneinheiten und  $36$  neuen Balkonen erreichen ohne Berücksichtigung von künftigen Mietsteigerungen Renditen oberhalb der angenommenen gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG. Die Maßnahmen dürften nachhaltig zur Wertsteigerung des Quartiers beitragen. In Abstimmung mit dem Denkmalschutz sollte ein wirtschaftlicher Konsens zwischen Nachverdichtung und Denkmalpflege im Quartier gefunden werden.

---

<sup>55</sup> Statische Netto-Anfangsrenditen berücksichtigen keine Mietsteigerungen. Der Interne Zinsfuß basiert auf abgezinsten Jahresreinerträgen, wiederum ohne angenommene Mietsteigerungen.

## D5 Machbarkeitsanalyse

In der Machbarkeitsanalyse werden zunächst das Volumen der Maßnahmen, künftige Baukostensteigerungen, Liquidität und mögliche Finanzierung betrachtet. Vor der Bewertung der Machbarkeit werden außerdem Chancen und Risiken beleuchtet.

### Volumen

Das erwartete **Gesamtvolumen der empfohlenen Maßnahmen (exkl. Zuschüssen)** beläuft sich auf 9,32 Mio. Euro (Tabelle 39). Ein Sicherheitszuschlag von 5-10 % sollte vorgesehen werden. Die maximal geschätzten Investitionskosten von 12,33 Mio. EUR für die empfohlenen Maßnahmen werden nach heutigem Kostenstand mit Sicherheit unterschritten. Kritische Maßnahmen hinsichtlich Umsetzung und Nutzerakzeptanz (Fußbodenheizung, Smart Metering) werden durch Prototypen getestet. Zudem werden die Maßnahmen kontinuierlich umgesetzt und können ggf. angepasst werden. Mögliche Skaleneffekte durch gebündelte Ausschreibungen und Vergabe (Abschnitt D3) sind in dem geschätzten Gesamtvolumen nicht eingerechnet.

### Baukostensteigerungen

Der Baukostenindex des Statistischen Bundesamtes weist langjährig **Baukostensteigerungen** von 0,5 bis 1,0 % p.a. aus. Baukosten korrelieren, wie insgesamt die Bautätigkeit, negativ mit dem Zinsniveau für Baufinanzierungen, weshalb die Baukosten zuletzt überdurchschnittlich angestiegen sind (Februar 2015: 1,6 % ggü. Vorjahresmonat). Bei vorausschauender Umsetzungsplanung sind Baukostensteigerungen andauernd zu berücksichtigen. Das Kalkulationstableau auf der beigefügten CD-ROM ermöglicht die Abbildung von Baukostensteigerungen in der Umsetzungsplanung. Bei der Kalkulation der Lebenszykluskosten sind Ersatzinvestitionen mit einer voreingestellten Wachstumsrate von 0,5 % p.a. indexiert. Baukostensteigerungen werden grundsätzlich verzögernde Auswirkungen auf die Umsetzungsplanung haben, wenn sie nicht durch Erlössteigerungen kompensiert werden können.

### Liquidität, Finanzierung

Das jährliche **Instandhaltungs-/Modernisierungsbudget** für den Gesamtbestand der Bahnheim eG beläuft sich derzeit auf ca. 1,2 Mio. Euro. Es wird davon ausgegangen, dass mit Umsetzung des Quartierskonzepts in kommenden Jahren ein überproportionaler Anteil des Budgets auf das Bahnheim entfallen wird. Durch steigende Mieterlöse infolge der vorgesehenen Maßnahmen im Quartier kann das Budget zusätzlich ansteigen. Zur Realisierung der empfohlenen Variante inkl. optionaler Maßnahmen über 20 Jahre hätte die Bahnheim eG nach heutigem Kostenstand basierend auf Baukosten von 9,3 Mio. Euro eine erwartete Belastung von 487.000 Euro p.a. zu tragen (Abschnitt D3). Durch zu erwartende Mehrerlöse und zusätzlich aufgenommenes Eigen- oder Fremdkapital kann die Belastung entsprechend niedriger ausfallen. Es wird davon ausgegangen, dass die empfohlenen Maßnahmen je nach Finanzierung und detaillierter Umsetzungsplanung über einen **Zeitraum von acht bis zwölf Jahren** realisierbar sind.

Da die vorgeschlagenen Investitionen durchgehend werterhöhend sind, kann zur **Finanzierung** auch Fremdkapital eingesetzt werden. Der Umfang hängt von der derzeitigen Finanzierungsstruktur der Bahnheim eG ab. Das derzeitige Zinsumfeld ist äußerst günstig für die Aufnahme von Fremdkapital. Die KfW stellt Darlehen zu einem Zinssatz von 0,75 % (eff.) p.a. zur Verfügung (Abschnitt D2). Bei Sparkassen, Genossenschaftsbanken und Geschäftsbanken sind Finanzierungen voraussichtlich für Zinssätze um 2 % (eff.) p.a. verfügbar.

Die Bahnheim eG sollte auch in Betracht ziehen, **Eigen- oder Fremdkapital bei bestehenden und neuen Mitgliedern einzuwerben**. Die Möglichkeiten dafür sind aus vier Gründen günstig (Abbildung 33):

- „Grüne Gartenstadt“ als prägendes Merkmal mit Ausstrahlung nach innen und außen
- Positive Aufnahme der Quartiersentwicklung von Bewohnern und Außenstehenden
- Hohe Identifikation vieler Bewohner mit dem Quartier
- Geringe Verzinsung von Guthaben bei Kreditinstituten

**Bei Fremdfinanzierung sollte auf einen hohen Tilgungsanteil innerhalb der Zinsbindungsfrist geachtet werden, da bei Anschlussfinanzierungen von deutlich steigenden Zinskosten ausgegangen werden muss.**

### Chancen

Die energetische Modernisierung des Bahnheim-Quartiers ist eine richtungsweisende Investitionsentscheidung, die einige Chancen beinhaltet (Abbildung 33). Diese beziehen sich insbesondere auf das Quartier selbst (z.B. erhöhte Attraktivität, Nutzerzufriedenheit, neue Nutzergruppen, Werterhalt bzw. Wertsteigerung), aber auch auf die Bekanntheit und das Image der Baugenossenschaft. Darüber hinaus können mit den Maßnahmen gewonnene Erfahrungen für kommende Projekte der Bahnheim eG genutzt werden, die auch für weitere lokale oder regionale Akteure oder Projekte von Interesse sind.

<b>Chance</b>	<b>Effekt</b>
Positive Ausstrahlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahnheim als „guter“ Vermieter</li> <li>• Höhere Bekanntheit</li> </ul>
Impuls für Folgeprojekte (Abschnitt F2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachahmer in anderen Beständen oder anderen Liegenschaften der Bahnheim eG; Stigmatisierung der Eigentümer von unmodernisierten Gebäuden, ggf. Modernisierungsaktivität</li> </ul>
Markenbildung „Grüne Gartenstadt Bahnheim“ (Abschnitt E3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrwert für Bewohner (und Bahnheim eG)</li> <li>• Nachhaltige Steigerung der Nutzerzufriedenheit</li> <li>• Neue Nutzergruppen, auch jüngere Bewohner</li> <li>• Belebtes Quartier</li> </ul>
Anstoß für Geothermie in Kaiserslautern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Grüne Gartenstadt mit grüner Fernwärme“</li> <li>• Eventuell Anlagemöglichkeit</li> </ul>
Klimaschutzkonzept Stadt Kaiserslautern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auftreten als relevanter Partner</li> <li>• Geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen, geringere Energieverbräuche für Nutzer</li> </ul>
Eigene Projekthomepage (Abschnitt E2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Bekanntheit der Bahnheim eG</li> <li>• Höhere Akzeptanz der Sanierung</li> </ul>
Wererhalt bzw. Wertsteigerung des Quartiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bessere (finanzielle) Bilanz, mehr Handlungsspielraum, sichere, ggf. steigende Mieteinnahmen, gesteigerte Vermietbarkeit der Wohnungen</li> </ul>

**Abbildung 33: Chancen und positive Effekte durch Umsetzung des Quartierskonzepts**

Opportunitäten, die auch zur Gegenfinanzierung von Maßnahmen im Rahmen des Quartierskonzepts dienen können, erwachsen (im Konsens mit dem Denkmalschutz) durch Möglichkeiten für weitere bauliche Maßnahmen zur Nachverdichtung im Bahnheim-Quartier.

### **Risiken**

Gerade mit Projekten im Bestand sind durch gesteigerte Komplexität (u.a. Planung, Bauprozesse) und externe Einflüsse erhöhte Risiken verbunden (Abbildung 34). Besonders hohe Anforderungen werden an den Koordinierungsprozess gestellt. Zu den wesentlichen Risiken gehören u.a. Kostensteigerungen, Ausführungsrisiken oder Auflagen des Denkmalschutzes. Risiken aus der Bausubstanz sollten durch die durchgeführten Analysen gering sein. Durch entsprechende Gegenmaßnahmen können Risiken minimiert und mit der Nutzung von Chancen zu möglichst großem Projekterfolg führen. Die Auswahl verlässlicher Partner seitens der ausführenden Unternehmen kann sowohl Kosten-, als auch Ausführungsrisiken senken. Der begonnene kommunikative Weg mit den verantwortlichen Personen des Denkmalschutzes sollte weitergeführt werden.

<b>Risiko</b>	<b>(Gegen-)Maßnahmen</b>
Kostensteigerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorausschauende Planung</li> <li>• Festpreise</li> <li>• Starke Bauaufsicht/Sanierungsmanager</li> <li>• Gute, verlässliche Firmen wählen</li> </ul>
Ausführungsrisiko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute, verlässliche Firmen wählen</li> <li>• Auf Referenzen bestehen</li> </ul>
Vermietbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewohner informieren</li> <li>• Keine teilsanierten Wohnungen/Gebäude vermieten</li> </ul>
Denkmalschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung vor Baubeginn</li> <li>• Zwischenstände regelmäßig absprechen</li> <li>• Eventuell Moderator einsetzen</li> </ul>
Liquidität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finanzierungsplan inkl. Cash Flow</li> <li>• Eventuell Stückelung der Maßnahmen</li> </ul>
Finanzierung/Zinsänderungsrisiko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichst hohe Tilgungen (Cash Flow beachten)</li> <li>• Finanzierungsgeber streuen</li> <li>• Lokale Kreditinstitute bevorzugen</li> <li>• Lange Kreditlaufzeiten mit (zur Zeit) geringen Zinsen</li> </ul>
Konflikt mit Beteiligten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beteiligte (Bewohner, Nachbarn, Stadt, etc.) frühzeitig einbinden und informieren, Absprachen treffen</li> </ul>

Abbildung 34: Risiken während der Umsetzung des Quartierskonzepts (eigene Darstellung)

## Bewertung Machbarkeit

Es wird davon ausgegangen, dass die empfohlenen Maßnahmen je nach Finanzierung und detaillierter Umsetzungsplanung über einen Zeitraum von acht bis zwölf Jahren realisierbar sind. Baukostensteigerungen werden grundsätzlich verzögernde Auswirkungen auf die Umsetzungsplanung haben, wenn sie nicht durch Erlössteigerungen kompensiert werden können.

Kritische Maßnahmen hinsichtlich Umsetzung und Nutzerakzeptanz (Fußbodenheizung, Smart Metering) werden durch Prototypen getestet. Zudem werden die Maßnahmen kontinuierlich umgesetzt und können ggf. angepasst werden. Dadurch können größere Risiken während der Umsetzung begrenzt werden. In Abstimmung mit dem Denkmalschutz sollte ein wirtschaftlicher Konsens zwischen Nachverdichtung und Denkmalpflege im Quartier gefunden werden.

Bei Fremdfinanzierung sollte auf einen hohen Tilgungsanteil innerhalb der Zinsbindungsfrist geachtet werden.

## D6 Zwischenfazit: Wirtschaftlichkeit

Für den Umfang der Maßnahmen sowie den Zustand und die Beschaffenheit des Quartiers sind die **Baukosten, Nutzungskosten und Lebenszykluskosten** der empfohlenen Maßnahmen in einem vertretbaren Rahmen, auch durch Zuschüsse, die bei KfW (151/152), BAFA und Bund in Anspruch genommen werden können. Die empfohlenen Maßnahmen tragen mindestens zum Werterhalt des Quartiers bei. Die **Rentabilität** der Maßnahmen dürfte in den meisten denkbaren Szenarien über den gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG liegen. Kritische Maßnahmen hinsichtlich Umsetzung und Nutzerakzeptanz (Fußbodenheizung, Smart Metering) werden durch Prototypen getestet. Zudem werden die Maßnahmen kontinuierlich umgesetzt und können ggf. angepasst werden. Dadurch können größere Risiken während der Umsetzung begrenzt werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die empfohlenen Maßnahmen je nach Finanzierung und detaillierter Umsetzungsplanung über einen **Zeitraum von acht bis zwölf Jahren** realisierbar sind. Baukostensteigerungen werden grundsätzlich verzögernde Auswirkungen auf die Umsetzungsplanung haben, wenn sie nicht durch Erlössteigerungen kompensiert werden können.

Durch **EU-weite Ausschreibung und Skaleneffekte** können voraussichtlich signifikante Kosteneinsparungen erreicht werden. Die Lieferung (und Bezahlung) kann dabei durchaus gestaffelt über einen längeren Zeitraum erfolgen. I.d.R. wird dies den Herstellerfirmen sogar entgegenkommen. Kosten sollten allerdings niemals alleiniges Entscheidungskriterium sein. Weitere Faktoren wie Expertise, Referenzen, Flexibilität, Verfügbarkeit bei Ausbesserungen/Gewährleistungen sind maßgeblich.

Der größte Anteil der Investitionskosten entfällt auf die flächendeckende Installation von **Fußbodenheizungen**. Die Installation von Fußbodenheizungen wird empfohlen, da dadurch die Effizienz der Wärmeverteilung erheblich gesteigert werden kann.

Aus Nutzersicht am besten wäre das **Energieversorgungskonzept** EV3b mit Bioerdgas BHKW in Kooperation mit einem Contractor, das auch die geringsten Gesamtlebenszykluskosten (Eigentümer plus Nutzer) aufweist. EV6 (Fernwärme) erfordert die geringsten Investitionen. In Verbindung mit Flächenheizungen und durch Verhandlung mit SWK sollte die Attraktivität von EV6 gegenüber E3b auch aus Nutzersicht deutlich gesteigert werden können. Dies ist im ersten Schritt die empfohlene Energieversorgungsvariante. Geringere Vorlauftemperaturen bei Flächenheizungen und ein Nahwärmenetz sind Voraussetzung für besonders effiziente Energieversorgungskonzepte (EV2, EV4, EV5), die auch zu späteren Zeitpunkten mit entsprechender Förderung realisiert werden könnten (Abschnitt F2). Vor der Entscheidung für ein



Energieversorgungskonzept sollte ein Angebot für **Fernwärme** pauschal für das ganze Quartier mit SWK ausgehandelt werden. Grundsätzlich empfiehlt sich bei allen Energieversorgungskonzepten eine einheitliche (reduzierte) Grundgebühr für alle Verbrauchsstellen im Quartier.

Die Bahnheim eG sollte angesichts der positiven Einstellung der Bewohner und der Öffentlichkeit zum Quartier in Betracht ziehen, **Eigen- oder Fremdkapital** bei bestehenden und neuen Mitgliedern einzuwerben. Bei Fremdfinanzierung sollte auf einen hohen Tilgungsanteil innerhalb der Zinsbindungsfrist geachtet werden.

In Abstimmung mit dem Denkmalschutz sollte ein wirtschaftlicher Konsens zwischen **Nachverdichtung** und **Denkmalpflege** im Quartier gefunden werden.

## E Kommunikation, Marketing, Nutzerverhalten

### E1 Begriffsabgrenzung: Sanierung, Modernisierung, Revitalisierung

#### Sanierung

Bei der Sanierung steht die Wiederherstellung des Sollzustandes von baulichen und technischen Anlagen im Vordergrund, mit der Werterhalt, aber keine Verbesserung erzielt wird. Damit sind Sanierungsmaßnahmen gleichbedeutend mit Instandsetzungsmaßnahmen, weshalb grundsätzlich keine Legitimation zur (Sanierungs)Kostenumlage auf Mieter folgt. In technischen (DIN-)Normen, die i.d.R. den Stand der Technik wiedergeben, wird grundsätzlich die Terminologie der Instandhaltung (Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung) verwendet. I.d.R. ist mit der energetischen Ertüchtigung von Wohnimmobilien, die über den Stand der Technik hinausgeht, eine energetische Modernisierung (und nicht Sanierung) gemeint, auch wenn die Begriffe Sanierung und Modernisierung in der Praxis meist synonym verwendet werden.

#### Modernisierung

Nach DIN 32736 sollen Modernisierungsmaßnahmen zur Verbesserung von baulichen und technischen Anlagen beitragen, gegenwärtige technische Standards erreichen und eine wirtschaftlichere Nutzung der Immobilie ermöglichen. Im Wohnraumförderungsgesetz (WoFG) §16 Abs. 3 und in §555b BGB werden die nachhaltige Erhöhung des Gebrauchswerts, die Verbesserung der Wohnverhältnisse und die nachhaltige Einsparung von Ressourcen (Energie, Wasser) als Modernisierungsziele genannt. Auch bauliche Änderungen, mit denen neuer Wohnraum geschaffen wird, sind Modernisierungsmaßnahmen (§555b BGB). Modernisierungskosten können in Deutschland in begrenztem Umfang auf Mieter umgelegt werden.<sup>56</sup> Modernisierungen enthalten meist einen Instandhaltungsanteil, der bei der Umlage der Modernisierungskosten auf den Mieter abgezogen werden muss. Spätestens wenn es um Zustimmung des Mieters zu Mieterhöhungen geht, ist die eindeutige Verwendung der Begriffe Instandhaltung, Sanierung und Modernisierung notwendig.

#### Revitalisierung

Revitalisierung bedeutet, veraltete, ungenutzte oder leerstandsgefährdete Bestandsimmobilien durch umfassende bauliche Maßnahmen an gegenwärtige Marktanforderungen anzupassen. Die Maßnahmen liegen meist im Handlungsbereich der Modernisierung (werterhöhende Maßnahmen), aber auch der Instandsetzung (werterhaltende Maßnahmen). Die Nutzungsart der Immobilie bleibt bei einer Revitalisierung – anders als beim Redevelopment – gleich.<sup>57</sup> Als Revitalisierung wird i.d.R. eine bauliche Maßnahme gesehen, deren Investitionsvolumen den Verkehrswert der Immobilie vor Revitalisierung übersteigt.

### E2 Bestehende Nutzergruppen

Mit Kenntnis der aktuellen Mieterstruktur können die Akzeptanz und der Erfolg der geplanten Maßnahmen eingeschätzt werden. Zur Abgrenzung von Haushaltstypen kann das Konzept der Sinus-Milieus angewendet werden. Der GdW leitet aus sozioökonomischen Daten und Bewohnerbefragungen Wohn-

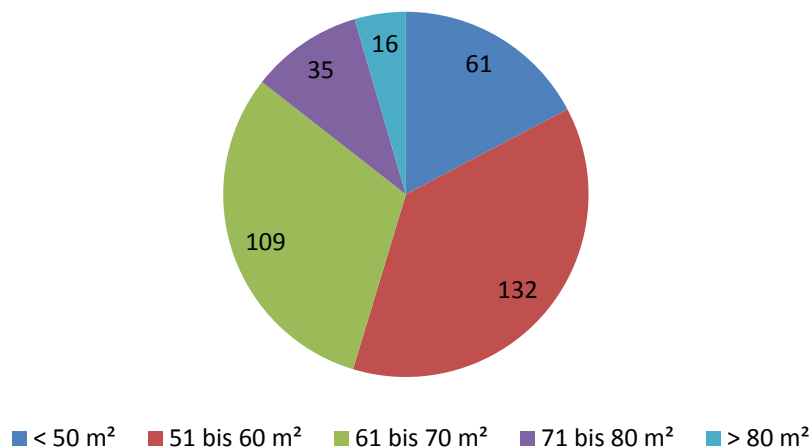
---

<sup>56</sup> Vgl. Falk (2004), S. 605; §§558, 559 BGB. Beachte hierzu das Vermieter-Mieter-Dilemma.

<sup>57</sup> Vgl. Harlfinger (2006), S. 18-19; Falk (2004), S. 730.

profile von Haushalten ab, die sich bspw. hinsichtlich Wohnvorstellungen, gewünschter Wohnungsausstattung und Zahlungsbereitschaft unterscheiden. Sinus-Milieus oder Haushaltstypen liegen für das Bahnheim nicht vor. Auf Basis von Vor-Ort-Begehungen, Gesprächen mit Vertretern der Baugenossenschaft sowie bereitgestellter Daten werden die bestehenden Nutzergruppen wie folgt eingeschätzt:

Die durchschnittliche Haushaltsgröße beträgt 1,6 Personen (Bewohnerbefragung: Ø 1,5 Personen je Haushalt) und liegt leicht unter dem stadtweiten Mittelwert von 1,8 Personen, was auf die relativ kleinen Wohnungsgrößen zurückzuführen ist (Abbildung 35). Etwa 54 % der Wohnungen haben eine Wohnfläche unter 60 m<sup>2</sup> für Ein- bis Zweipersonenhaushalte. Etwa 41 % der Wohnungen weisen Wohnflächen von 61 bis 80 m<sup>2</sup> auf und sind für Zweipersonenhaushalte angemessen. Nur 5 % der Wohnungen sind größer als 80 m<sup>2</sup>, die als Mindestfläche für einen 3-Personenhaushalt angesehen werden. Die bestehenden Nutzergruppen setzten sich demnach vor allem aus Ein- und Zweipersonenhaushalten (93,7 % gem. Bewohnerbefragung) zusammen. Familien sind im Quartier nur vereinzelt anzutreffen.



**Abbildung 35: Verteilung der Wohnungsgrößen im Bahnheim (eigene Darstellung)**

Eine weitere Besonderheit der Bewohnerstruktur ist der hohe Mieteranteil deutscher Herkunft von 94 % (Gesamtstadt Kaiserslautern: ca. 90 %; Statistisches Landesamt, 2014).

Das Quartier weist eine Mietdauer der Bestandsmietverträge von ca. 15 Jahren auf. Im Vergleich mit anderen Wohnungsbestandshaltern ist diese Mietdauer zwar überdurchschnittlich, aber nicht ungewöhnlich und deutet grundsätzlich auf eine hohe Zufriedenheit der Bewohner hin.<sup>58</sup>

Eine Analyse der Bestandsmietverträge ergibt, dass etwa ein Drittel der Mieter vor weniger als fünf Jahren eingezogen ist. Ein weiteres Drittel wohnt zwischen sechs und 15 Jahren und das übrige Drittel bereits mehr als 16 Jahre in der derzeitigen Wohnung. Diese Daten führen zu der Annahme, dass viele langjährige Mieter und Mieterinnen beabsichtigen, möglichst lebenslang im Quartier wohnen zu bleiben. Die Baugenossenschaft gibt die Fluktuationsrate mit 7 bis 10 % p.a. an.

<sup>58</sup> Es existieren kaum verlässliche statistische Daten über die durchschnittliche Mietdauer von Bewohnern, weshalb zum Vergleich Angaben anderer Wohnungsunternehmen mit mindestens 1.500 Wohneinheiten ausgewertet wurden. Das Berliner Wohnungsunternehmen degewo gibt die durchschnittliche Mietdauer mit zwölf Jahren an, GAGFAH mit elf Jahren, Deutsche Annington mit 15 Jahren und die Baugenossenschaft Hegau mit elf Jahren.

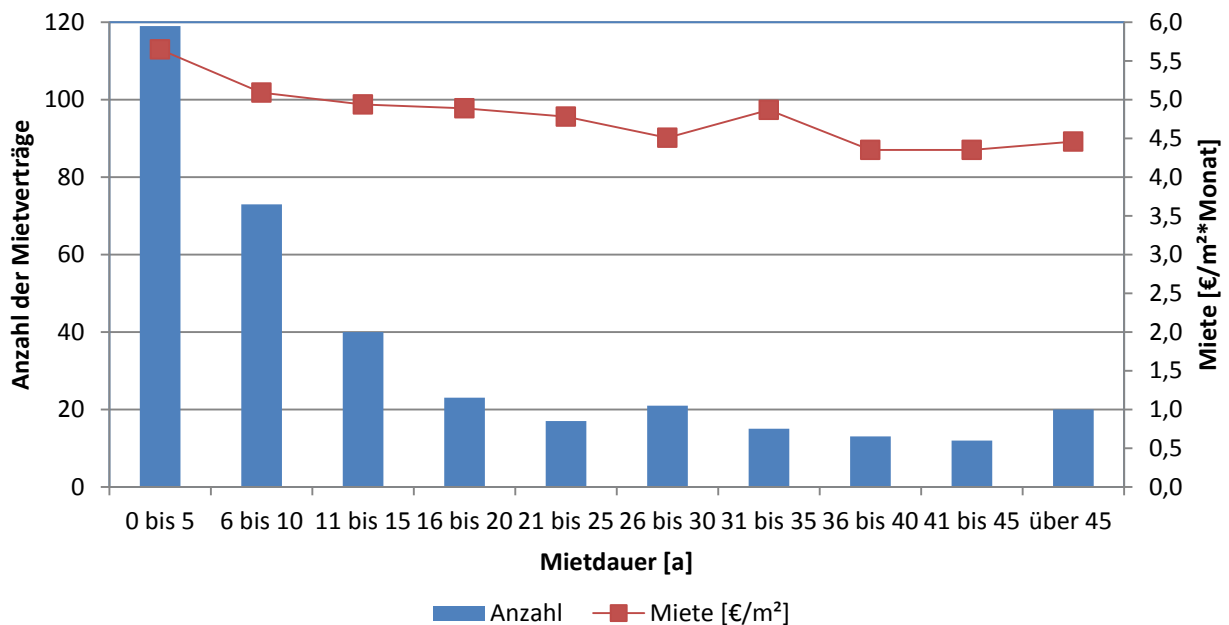


Abbildung 36: Anzahl der Wohnungsmietverträge im Bahnheim in Abhängigkeit von Mietdauer und Miethöhe (eigene Darstellung; Daten: Bahnheim eG)

Die durchschnittliche Miethöhe pro Quadratmeter sinkt mit zunehmender Mietdauer. Momentan liegt das Mietniveau bei Neuverträgen (Mietdauer <5 Jahren) bei etwa 5,65 Euro/m<sup>2</sup> und bei langjährigen Mietern (Mietdauer >16 Jahre) zwischen 4,35 bis 4,89 Euro/m<sup>2</sup> (Abbildung 36).

Aufgrund der vorhandenen Rahmenbedingungen (Lage, Wohnungsgröße, Mietniveau) kann abgeschätzt werden, für welche Nutzergruppen das Quartier auch künftig attraktiv ist.<sup>59</sup> Folgende Rahmenbedingungen werden angenommen:

Das Bahnheim-Quartier wird aufgrund eher kleiner Wohnungen und moderater Mieten vor allem für Ein- und Zweipersonenhaushalte mit niedriger bis mittlerer Kaufkraft attraktiv bleiben. Die Wohnungsausstattung wird beim Auszug langjähriger Mieter an heutige Standards angepasst. Ggf. könnten vereinzelt Wohnungen zusammengelegt werden, um auch für Familien ein attraktives Angebot zu schaffen. Dies sollte – genau wie die in Abschnitt C3 beschriebenen Möglichkeiten der Nachverdichtung – im Einzelfall geprüft werden. Das Quartierskonzept und die anstehenden Maßnahmen schaffen die Möglichkeit, das Bahnheim in seiner historischen Gestalt zu bewahren und zu erneuern. Als „Grüne Gartenstadt“ kann das Quartier ein besonderes Alleinstellungsmerkmal erhalten und damit für bestehende und neue (jüngere) Nutzergruppen mit mittlerer bis überdurchschnittlicher Zahlungsbereitschaft an Attraktivität gewinnen.

### E3 Kommunikation mit Bewohnern

Eine zeitnahe und transparente Informationspolitik der Bahnheim eG ist wesentlich für eine erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen aus Teil C. Die wichtigste Adressatengruppe stellen hierbei die Mieter und Mieterinnen dar, die unmittelbar betroffen sind. Darüber hinaus sollten aber auch Anrainer und Stadt-

<sup>59</sup> Vgl. auch GdW, 2008.

Bewohner über die Ziele, die Umsetzung sowie den Hintergrund der Baumaßnahmen informiert werden. Vier Leitfragen sind weisend in der Kommunikationsstrategie:

- Was passiert gerade?
- Was sollten wir tun und sagen und warum?
- Wie und wann treten wir in Aktion und übermitteln die Informationen?
- Wie und womit machen wir es?

Generell ist eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit Journalisten wichtig für eine adäquate Informationsvermittlung. Die örtliche Bevölkerung sollte regelmäßig durch Pressemitteilungen in regionalen Medien (z.B. Rheinpfalz, Wochenblatt) über Ziele, Umsetzung und Hintergrund der Baumaßnahmen informiert werden. Kontroverse Themen, wie mögliche Mieterhöhungen aufgrund energetischer Modernisierungen, können im Vorfeld objektiv und sachlich erklärt werden. Betriebskosteneinsparungen können notwendige Mieterhöhungen im Zusammenhang mit Modernisierungen kompensieren. Hierzu bedarf es einer offenen und ehrlichen Kommunikation von Beginn der Umsetzung an.

Die Bewohner sollten sowohl allgemeine Informationen als auch spezifische Informationen über einzelne Maßnahmen/Baufortschritte erhalten, um Ängste oder Sorgen zu vermeiden bzw. abzubauen. Im Folgenden werden Maßnahmen für die Kommunikationsstrategie beschrieben.

### **Kommunikation vor und während der Umsetzung**

#### **Baustellenschild**

Während der Sanierungsarbeiten können Info-Tafeln über Bauabschnitte, Zeitpläne und Ansprechpartner informieren. Die Baustellenschilder sollten gut sichtbar an einem zentralen Punkt innerhalb der Bahnheim-Siedlung aufgestellt werden. Abhängig von Material und Größe betragen die reinen Materialkosten ca. 100 bis 1.000 Euro (netto). Zusatzkosten stellen insbesondere die Unterkonstruktion dar (z.B. Betonsockel), die teilweise gemietet werden können (ca. 100 Euro/Monat).

**Fazit:** Geringe Kosten; mittlerer Aufwand bei Erstellung und Konzeption; gute Außenwirkung. Umsetzung empfohlen.

#### **Umfassende Kommunikationsstrategie Beispiel DOGEWO21**

Das Dortmunder **Wohnungsunternehmen** DOGEWO stellt bei Sanierungen umfangreiche Informationen in Form von Flyern zu Verfügung, auch speziell für bestimmte Baumaßnahmen (Balkon, Aufzüge etc.). Die Informationsflyer sind einheitlich nach folgendem Muster aufgebaut:

- Was ist das Ziel der Maßnahme?
- Inwiefern ist der Mieter durch die Maßnahme direkt („in der Wohnung“) betroffen?
- In welchen Schritten werden die Maßnahmen umgesetzt, und wie ist die Dauer der Schritte?
- Was sollte während der Umbauphase beachtet werden (z.B. Urlaub, Hausbesuche)?
- Wer sind persönliche Ansprechpartner für weitere Fragen?

**Fazit:** Mittlere Kosten, mittlerer Aufwand bei Erstellung und Konzeption; hohe Transparenz der Maßnahmen und hohes Potenzial für vertrauensvolle Zusammenarbeit; Umsetzung empfohlen.

#### **FAQ-Liste**

Durch eine **FAQ-Liste** (*frequently asked questions* = häufig gestellte Fragen) werden den Bewohnern Antworten auf die wichtigsten wiederkehrenden Fragen angeboten. Damit werden Wiederholungsfragen vermieden und die Vorgehensweise transparent dargestellt. Ebenfalls wird signalisiert, dass bereits vor Umsetzung der Maßnahmen Bedürfnisse und Ängste der Bewohner bedacht wurden. Eine Liste mit möglichen FAQ-Fragen befindet sich in Anhang 7. Die Liste kann auf der Homepage der Bahnheim eG leicht integriert werden bzw. zusätzlich als Flyer im Quartier in Umlauf gebracht werden.

**Fazit:** Geringe Kosten, mittlerer Aufwand bei Erstellung und Konzeption; Umsetzung empfohlen.

### **Internetpräsenz**

Auf einer eigenen Projekt-Homepage können die Bewohner laufend mit neuen Informationen über aktuelle und kommende Maßnahmen informiert werden. Zwar können Informationen leicht eingebunden werden, die Homepage erfordert aber Aufwand in der Erstellung und kontinuierlichen Pflege. Eine beispielhafte Projekt-Homepage hat die ABG Holding für die Sanierung der Heinrich-Lübke-Siedlung (Frankfurt) erstellt. Link: <http://www.heinrich-luebke-siedlung.de/>

**Fazit:** Mittlere Kosten; hoher Aufwand bei Erstellung und Pflege; Umsetzung bedingt empfohlen.

Es wird in jedem Fall empfohlen, die **bestehende Website der Bahnheim eG** durch ein neues Design, aktuelle Inhalte und ggf. durch eine Verknüpfung oder die Integration der Projekt-Homepage aufzuwerten. Am besten erfolgt dies durch Vergabe an einen Dienstleister. Hierfür würden einmalig Kosten von ca. 5.000 Euro und je nach Umfang laufende Administrationskosten entstehen.

### **Kommunikation nach Umsetzung**

#### **Effizienzhaus Gütesiegel der dena**

Die Energieeffizienz-Plakette der dena kann nach Abschluss der Maßnahmen u.a. gut sichtbar an Hauswänden von Gebäuden aufgebracht werden, die die jeweiligen Energieeffizienzkriterien erfüllen. Voraussetzung ist ein qualitätsgesicherter Energieausweis. Die Plakette wird erst nach vollständiger Sanierung überreicht, nachdem ein Antrag bei der dena eingereicht wurde. Kosten: max. 300 Euro ab 13 WE.

**Fazit:** Geringe Kosten; gute Außenwirkung aufgrund Unabhängigkeit der dena. Umsetzung empfohlen.

#### **Nutzerverhalten und Feedback**

Bestehendes Nutzerverhalten (z.B. für einen sparsameren Energieverbrauch) zu ändern, ist ein kontinuierlicher Prozess. Kommunikation ist wesentlich, um Nutzer zu sensibilisieren, Wissen zu übermitteln, Problemen vorzubeugen und Eigenverantwortung zu fördern. Besonders bei energetischen Modernisierungsmaßnahmen sollte die Kommunikation über alle Projektphasen und darüber hinaus erhalten bleiben. Printmedien, z. B. in Form von Flyern, Broschüren, oder Plakaten, stellen neben internetbasierten Informationsmitteln, wie Homepage und Newsletter, ein geeignetes Instrument dar. Onlinebasierte soziale Netzwerke mit weiterführenden Empfehlungen können zudem die Akzeptanz und Bekanntheit von Energieeffizienzmaßnahmen erhöhen. Allgemein ist deren Gestaltung auf die jeweilige Zielgruppe abzustimmen und konkret, problemorientiert und entscheidungsrelevant zu gestalten.<sup>60</sup>

Neben diesen passiven Mitteln geben (Informations-)Veranstaltungen den Mietern die Möglichkeit, Fragen zu stellen und sich mit den Verantwortlichen direkt auszutauschen. Zu solchen Veranstaltungen ist es ratsam, auch örtlich bekannte Persönlichkeiten, wie einen Bürgervertreter sowie Vertreter ortsan-

---

<sup>60</sup> Vgl. Löbe & Sinning (2014), S. 217-218; McMichael & Shipworth (2013), S. 165.

sässiger Unternehmen (z.B. Energieversorger) hinzu zu bitten, die Vertrauen genießen. Auch persönliche Beratungen der Betroffenen durch z.B. Energieberater oder zu Energieberatern ausgebildete Mitbewohner (Empowerment), sind für eine erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen hilfreich.

Information ist als (erster) Schritt zu höher Nutzerakzeptanz aufzufassen. Wichtig sind darauffolgende Handlungen der Nutzer und auch Feedback. Geeignete Feedbackmaßnahmen sind Smart Metering oder verbrauchsbasierte und transparente Heizkostenabrechnung. Smart Meter machen Energieverbräuche und Energiekosten (z.B. bei offenem Kühlschrank, vergessenem Ladegerät) in Echtzeit sichtbar, sodass Nutzer aus ihrem Verbrauchsverhalten lernen können. Die Folge sind häufig bewusste Einsparaktionen (z.B. ungenutzte Anwendungen ausschalten, Kauf weiterer energiesparender Geräte), auch wenn sich teilweise zeigt, dass nach gewisser Zeit die Motivation der Nutzer nachlässt. Smart Meter sollten deshalb mit weiteren individuellen Anwendungen verbunden und an individuelle Umstände angepasst werden. Durch direktes Feedback können häufig Einsparungen zwischen 5 und 15 % erreicht werden. Durch verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnungen taxieren mehrere Studien<sup>61</sup> Energieverbrauchssenkungen um durchschnittlich ca. 20 %. Als weiterer positiver Effekt steigt die empfundene „Abrechnungsgerechtigkeit“ der Mieter.<sup>62</sup> Am erfolgreichsten sind meist zielgruppenspezifische Kampagnen, in denen Feedback und transparente Rechnungslegung kombiniert werden.

#### E4 Öffentlichkeit/Markenbildung

Einige der in Abschnitt E2 dargestellten Maßnahmen gelten entsprechend für die Kommunikation mit der allgemeinen Öffentlichkeit und zur Markenbildung, insbesondere **Kommunikationsstrategie**, **Internetpräsenz** und möglichst auch Effizienzhaus Gütesiegel. Mit der Energieagentur Rheinland Pfalz kann eine **Energieeinsparkampagne** durchgeführt werden, die auch Teilnehmer außerhalb des Bahnheims anzieht. Kontakt zur Energieagentur kann auf Wunsch durch die Autoren dieser Studie gerne hergestellt werden.

Ein Ziel könnte sein, das Bahnheim-Quartier zur „**Grünen Gartenstadt**“ zu entwickeln, die große Bekanntheit in Kaiserslautern und der Region erlangt. Als „Grüne Gartenstadt“ kann das Quartier ein besonderes Alleinstellungsmerkmal erhalten und damit für bestehende und neue (jüngere) Nutzergruppen mit mittlerer bis überdurchschnittlicher Zahlungsbereitschaft an Attraktivität gewinnen. Mit einer Neuausrichtung könnte das „**Lautrer Wirtshaus**“ selbst zum Anziehungspunkt werden. Eine einladendere und interessantere Gestaltung der **Eingangssituation** von Seiten der Pariser Straße würde dies zusätzlich unterstützen. Anregungen hierzu, die mit überschaubaren Mitteln umsetzbar wären, können aus Machbarkeitsstudien von Studierenden der TU Kaiserslautern entnommen werden, die im WS 14/15 entstanden sind (Abschnitt C3). Auf Wunsch können die Arbeiten von den Autoren dieser Studie bereitgestellt werden.

#### E5 Zwischenfazit: Kommunikation, Marketing und Nutzerverhalten

Die Bewohnerstruktur im Bahnheim ist geprägt von Ein- und Zweipersonenhaushalten mit deutscher Nationalität. Eine hohe Anzahl an langjährigen Mietern deutet auf eine hohe Wohnzufriedenheit hin, die durch die anvisierten Maßnahmen noch gesteigert werden könnte. Im Sinne der Bewohner mit

---

<sup>61</sup> Vgl. Felsmann & Schmidt (2013), Anhang A.

<sup>62</sup> Vgl. Buchanan & Russo & Anderson (2014), S. 143-144; Darby (2006), S. 12; Felsmann & Schmidt (2013), Anhang A, S. 64.

häufig niedrigen bis mittleren Einkommen sind energetische Modernisierungsmaßnahmen, die dazu beitragen, Energiekosten zu senken. Erhöhte energetische Ausstattung und weitere optische Verbesserungsmaßnahmen könnten auch neue, jüngere und zahlungskräftigere Nutzergruppen ins Bahnheim ziehen. Betriebskosteneinsparungen können notwendige Mieterhöhungen im Zusammenhang mit Modernisierungen kompensieren. Hierzu bedarf es einer offenen und ehrlichen Kommunikation von Beginn der Umsetzung an.

Vor und während der Umsetzungsphase der Maßnahmen ist die Kommunikation der Bahnheim eG mit bisherigen Nutzern und der interessierten Öffentlichkeit entscheidend. Informationsflyer mit zielgruppengerechter Ansprache, Baustellenschilder, FAQ-Listen oder eine eigene Internetpräsenz sind Instrumente zur Akzeptanzsteigerung. Kontinuierliche Information über Baufortschritte und nächste Maßnahmen helfen, mögliche Vorbehalte, Sorgen oder Ängste abzubauen. Besonders wirkungsvoll ist es, besondere Meinungsführer bzw. Vertrauenspersonen im Quartier als Promotoren auszumachen und einzusetzen. Auch nach Umsetzung der Maßnahmen sollten die Bewohner weiter Fragen stellen können und Feedback erhalten (z.B. durch Smart Meter). Erfahrungsgemäß lässt die Energieeinsparmotivation der Nutzer mit der Zeit nach. Energiesparkampagnen oder Wettbewerbe können dazu neue Anreize setzen.



## F Fazit und Ausblick

### F1 Zusammenfassung und Ergebnisse

Die **Bahnheim-Siedlung** in Kaiserslautern zeichnet sich durch eine hohe gestalterische Qualität und Schutzwürdigkeit, die es langfristig zu bewahren gilt, aus. Bisher weist das Bahnheim insgesamt einen geringen Modernisierungszustand auf, da Maßnahmen besonders als Einzelmaßnahmen im Bereich der Instandhaltung durchgeführt wurden. Hohe Energieverbrauchswerte, geänderte Nutzeranforderungen und kurz- bis mittelfristige Veränderungen in der Bewohnerstruktur machen umfassende energetische Modernisierungsmaßnahmen zur Neupositionierung der Siedlung am Wohnungsmarkt in Kaiserslautern notwendig. Ziel des Projekts war es deshalb, ein Gesamtkonzept für die energetische Modernisierung des historischen Bestands zu erstellen und dabei größtmögliche Energieeinsparungen bei ressourcenschonender Energiebereitstellung zu erreichen. Dabei wurden denkmalpflegerische, baukulturelle, ökonomische und soziale Belange beachtet.

Basis für die Erstellung des Quartierskonzepts ist die **Bestandsaufnahme** in Teil B. Auffällig ist zum einen, dass abgerechnete Verbrauchswerte etwas niedriger liegen als durch die Energiebilanzierung ermittelt. Dies könnte auf ein sparsames Nutzerverhalten zurückzuführen sein, das aber zumindest in einigen Teilen weiter optimiert werden kann. Zum anderen zeichnet sich die Bebauung im Bahnheim durch eine relativ gute Bausubstanz (Mauerwerk) im Vergleich zu typischen Gebäuden derselben Baualterklassen in Deutschland aus – besonders im denkmalgeschützten Bereich des Bestands. Außenwandstärken zwischen 32 und 50 cm (U-Wert 1,3 bis 0,85 W/(m<sup>2</sup>\*K); IWU-Referenzwert: 1,7 W/(m<sup>2</sup>\*K)) sowie Fenstermodernisierungen (Einbaujahre 1982 bis 1992, U-Wert 2,8 W/(m<sup>2</sup>\*K); IWU-Referenzwert: 3,5 W/(m<sup>2</sup>\*K)) und nachträgliche Dämmungen der obersten Geschossdecken/Dächer bzw. Keller in bisher zehn bzw. acht der 77 Gebäude zeigen erste Energieeinspareffekte. Darüber hinaus ist die Zeilenbebauung vorteilhaft im Vergleich zu freistehenden Gebäuden mit gleichen Abmaßen. Dennoch sind Außenwände sind zum größten Teil in einem energetisch optimierungsfähigen Zustand, der allerdings (bis auf den Putz) aufgrund des Denkmalschutzes und der Wohnungsgrößen kaum baulich geändert werden kann. Der Primärenergiebedarf des gesamten Quartiers inkl. der Geschäftseinheiten liegt klimabereinigt bei derzeit 6,9 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a. Hiervon entfallen 4,3 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a auf die Wärmeversorgung der 369 Wohneinheiten. Der vergleichsweise große Bedarf an Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen bietet einige besondere Chancen für die Entwicklung des Quartiers. Vor allem sind Zeit- und Kosteneinsparungen durch Synergieeffekte aus abgestimmten quartiersweiten Lösungen zu nennen, die auch zu einer wünschenswerten Harmonisierung des äußeren Erscheinungsbildes beitragen können.

Aufbauend auf der Bestandsaufnahme wurden in Teil C **Maßnahmen zur Sanierung des Quartiers** entwickelt. Aufgrund der Beschränkungen durch Anforderungen des Denkmalschutzes sind bei den denkmalgeschützten Gebäuden im Bahnheim die erzielbaren Einsparungen begrenzt. Daher wurde der Fokus bei der Maßnahmenentwicklung nicht nur auf die Dämmung der Außenwände von außen sondern insbesondere auf die Ertüchtigung der übrigen Thermischen Gebäudehülle und die Optimierung der Energieversorgung und Technischen Gebäudeausrüstung gerichtet. Insgesamt wurden neun **Energieversorgungskonzepte** EVO bis EV6 vorgestellt, die sich vor allem nach Umfang der benötigten Investitionen, Grad der Autarkie und Umweltbewertung (CO<sub>2</sub>) unterscheiden und prinzipiell in unterschiedlichen Konstellationen und Zeitabläufen umsetzbar sind.

Insgesamt sind durch die Sanierung des Bahnheim-Quartiers **Energieeinsparungen** im Volumen von ca. 1,87 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a (= 46 %) zu erwarten. Der zu erwartende Primärenergiebedarf nach Sanierung beträgt 2,24 Mio. kWh<sub>PE</sub>/a. Dies entspricht einem Endenergiebedarf (Erdgas) von 2,03 Mio. kWh<sub>EndEn</sub>/a.

Die Energieverbräuche wurden mittels Bilanzierung und Simulationen (8-Zonen-Modelle) in jeweils vergleichbarer Höhe mit Einsparpotenzialen von ca. 50 % ermittelt. Während der Umsetzung des Quartierskonzepts sollten durch weitere Maßnahmen wie z.B. Beratungsangebote oder Smart Metering zusätzlich der Stromverbrauch pro Bewohner reduziert werden.

Entwickelte Maßnahmen in den Bereichen Gebäude, Energieversorgungskonzept und weitere bauliche Maßnahmen werden in der **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** (Teil D) zusammengeführt und daraus der Maßnahmenkatalog mit Ausführungsvarianten, Vorgehensweisen, Prioritäten und Meilensteinen abgeleitet. Der Maßnahmenkatalog bildet die Grundlage für die abschließende Wirtschaftlichkeitsberechnung, die als Lebenszyklusrechnung mit Kosten und Erlösen über 20 Jahre dargestellt ist. Für den Umfang der Maßnahmen sowie den Zustand und die Beschaffenheit des Quartiers sind die Baukosten, Nutzungskosten und Lebenszykluskosten der empfohlenen Maßnahmen in einem vertretbaren Rahmen, auch durch Zuschüsse, die bei KfW, BAFA und Bund in Anspruch genommen werden können. Die empfohlenen Maßnahmen tragen mindestens zum Werterhalt des Quartiers bei. Die Rentabilität der Maßnahmen dürfte in den meisten denkbaren Szenarien über den gewichteten Kapitalkosten der Bahnheim eG liegen. Es wird davon ausgegangen, dass die empfohlenen Maßnahmen je nach Finanzierung und detaillierter Umsetzungsplanung über einen Zeitraum von acht bis zwölf Jahren realisierbar sind. Baukostensteigerungen werden grundsätzlich verzögernde Auswirkungen auf die Umsetzungsplanung haben, wenn sie nicht durch Erlössteigerungen kompensiert werden können.

Durch **EU-weite Ausschreibung und Skaleneffekte** können voraussichtlich signifikante Kosteneinsparungen erreicht werden. Die Lieferung (und Bezahlung) kann dabei durchaus gestaffelt über einen längeren Zeitraum erfolgen. I.d.R. wird dies den Herstellerfirmen sogar entgegenkommen. Kosten sollten allerdings niemals alleiniges Entscheidungskriterium sein. Weitere Faktoren wie Expertise, Referenzen, Flexibilität, Verfügbarkeit bei Ausbesserungen/Gewährleistungen sind maßgeblich.

Die Bahnheim eG sollte Umlagen von Modernisierungskosten **in Abstimmung mit den Mieterhaushalten** einzeln festlegen. Dabei sollten Betriebskosteneinsparungen durch die gesteigerte Energieeffizienz berücksichtigt werden. In Abstimmung mit dem Denkmalschutz sollte ein wirtschaftlicher Konsens zwischen **Nachverdichtung** und **Denkmalpflege** im Quartier gefunden werden.

Kritischer Erfolgsfaktor für Modernisierungsmaßnahmen ist die Akzeptanz seitens der Gebäudenutzer. In Teil E wurden wesentliche Aspekte für Kommunikation, Marketing und energiesparendes Nutzerverhalten gezeigt.

Das Quartierskonzept dient der Bahnheim eG, den Ausführungs- und Bauplanern sowie anderen Bestandhaltern als grundlegende Hilfe für die Modernisierungs- und Sanierungspraxis. Das Konzept und die anstehenden Maßnahmen schaffen die Möglichkeit, das Bahnheim in seiner historischen Gestalt zu bewahren und zu erneuern. Als „Grüne Gartenstadt“ kann das Quartier ein besonderes Alleinstellungsmerkmal erhalten und damit für bestehende und neue Nutzergruppen an Attraktivität gewinnen.

Nach Analyse und Konzepterstellung steht nun die Konkretisierung mit Entscheidungen durch die Gremien der Bahnheim eG an. Die Umsetzung wird mit der Genehmigungsplanung und Genehmigung eingeleitet. Die Bahnheim eG kann dabei durch Einsetzung eines Sanierungsmanagers Unterstützung erhalten, die wie (anteilig) auch das Quartierskonzept durch die KfW gefördert wird.



Abbildung 37: Ablaufphasen mit Entscheidung und Umsetzung der Sanierung (eigene Darstellung)

## F2 Mögliche Folgeprojekte

Die TU Kaiserslautern bereitet mit Partnern einen Antrag für ein Forschungsprojekt im Rahmen des Smart Cities und Communities Programms vor (Horizon 2020). Das Bahnheim-Quartier wäre eines von drei *Lighthouse*-Quartieren in Deutschland, Österreich und Großbritannien. Bei erfolgreicher Bewilligung des Antrags könnten in dem Projekt ab 2016 Maßnahmen mit Förderung durch die EU umgesetzt und die Effizienz im Betrieb für zwei Jahre kontrolliert werden. Investitionen von KMU (wie der Bahnheim eG) im Rahmen von Horizon-Projekten werden mit bis zu 75 % durch die EU bezuschusst. Hinzu kommen Investitionen, die von anderen Partnern (z.B. SWK) im Rahmen des Projekts in Quartieren getätigt werden.

Themenfelder des Antrags können umfassen:

- Energieversorgungskonzepte EV4, EV5: Machbarkeitsanalyse, ggf. Umsetzung
- Thermisch aktivierte Fassaden (an 50er Jahre NDS-Gebäuden) für energieautarke Gebäude
- Energie-, Gesundheits- und Sicherheits-Management System (inkl. Smart Metering)
- Quartiers-WLAN (SWK), Lichtwellen-Datenleitungsnetz (Glasfaser)
- LED-Straßenbeleuchtung (tageslichtgesteuert)
- E-Mobilitäts-Stationen (mit Car Sharing)
- Überdachte Abstellanlage mit Fahrradabstellplätzen und Fahrradboxen (S-Bahn Kennelgarten)

## G Literatur

BBSR/BBR (Hrsg.) (2010): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen (Endbericht), Aktenzeichen 10.08.17.7-08.20, Bonn.

BBR (Hrsg.) (2003): Erneuerung älterer Wohnungsbestände in Stufen, Forschungen, H. 111, Berlin.

BKI (Hrsg.) (2015, 2012): BKI Objektdaten Technische Gebäudeausrüstung – Kosten abgerechneter Bauwerke, Stuttgart.

BKI (Hrsg.) (2014): BKI Baukosten Positionen Altbau – Statistische Kostenkennwerte, Stuttgart.

BKI (Hrsg.) (2014): BKI Baukosten Gebäude Altbau – Statistische Kostenkennwerte, Stuttgart.

BMUB (Hrsg.) (2014a): Energetische Stadtsanierung, Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager, Berlin.

BMUB (Hrsg.) (2014b): Stromspiegel für Deutschland 2104 – Vergleichswerte für Ihren Stromverbrauch, Berlin.

BMVBS (Hrsg.) (2013): Möglichkeiten und Grenzen des Ersatzneubaus, BBSR Kompakt 1/2013, Berlin.

Börstinghaus, U. P. (2014): §559 Mieterhöhung nach Modernisierungsmaßnahmen. In: Blank, Hubert (Hrsg.): Mietrecht. Großkommentar des Wohn- und Gewerberaummietrechts, München.

EA NRW (Hrsg.) (o. J.): Mehr Wärme – weniger Kosten. Moderne Heizungstechnik für Neubau und Modernisierung, Wuppertal.

empirica (Hrsg.) (2014): Gutachten zur „Quantitativen und qualitativen Wohnraumnachfrage in Rheinland-Pfalz bis zum Jahr 2030“, Berlin.

Falk, B. R. (2004): Fachlexikon Immobilienwirtschaft, 3. Aufl., Köln.

Felsmann, C.; Schmidt, J. (2013): Auswirkungen der verbrauchsabhängigen Abrechnung in Abhängigkeit von der energetischen Gebäudequalität – Abschlussbericht, aufgerufen unter: <http://www.wohnungswirtschaft-heute.de/dokumente/prof-felsmann-nutzerverhalten-2013-AbschlussberichtVA.pdf>; letzter Zugriff: 10.04.2015.

GdW (Hrsg.) (2008): Wohntrends 2020, Berlin.

HMULV (Hrsg.) (2011): Energieeinsparung an Fenstern und Außentüren, Wiesbaden.

Immowelt (Hrsg.) (2015): Mietspiegel in Kaiserslautern (2015): <http://www.immowelt.de/immobilienpreise/detail.aspx?geoid=10807312000&etype=1&esr=2&tab=wohnflaeche>, Zugriff am: 09.04.2015.

ISB (Hrsg.) (2014): ISB-Darlehen Mietwohnungen und Modernisierung, Mainz.

IWU (Hrsg.) (2011, 2013): Deutsche Gebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden“, Darmstadt.

KfW (2015a): Merkblatt. Kommunale und soziale Infrastruktur, aufgerufen unter: <https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf>, letzter Zugriff: 12.02.2015.

KfW (2015b): Merkblatt Bauen, Wohnen, Energie sparen, aufgerufen unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme->

[%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000003070\\_M\\_151\\_152\\_EES.pdf](#), letzter Zugriff: 12.02.2015.

KfW (2015c): Energieeffizient wohnen in Baudenkmalen, aufgerufen unter: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Energetische-Sanierung/KfW-Effizienzhaus-Denkmal/>, letzter Zugriff: 12.02.2015.

KfW (2015d): Merkblatt Erneuerbare Energien, aufgerufen unter: <https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000002410-Merkblatt-271-281-272-282.pdf>, letzter Zugriff: 12.02.2015.

Löbe, L.; Sinning, H. (2014): Energiewende als Kommunikationsaufgabe am Beispiel energieeffizienten Bewohnerverhaltens in Bestandssiedlungen, in: Forum Wohnen und Stadtentwicklung, 4/14, S. 215-221.

McMichael, M.; Shipworth, D. (2013): The value of social networks in the diffusion of energy-efficiency innovations in UK households, in: Energy Policy, 53/2013, S. 159-168.

PWIB Wohnungs-Infobörse (Hrsg.) (2015): Mietspiegel Kaiserslautern 2015, <http://www.wohnungsboerse.net/mietspiegel-Kaiserslautern/6318>, Zugriff am: 09.04.2015.

Schmitz, H.; Krings, E.; Dahlhaus, U.; Meisel, U.: Baukosten (2014/2015): Instandsetzung|Wartung|Sanierung (2015), 22. Aufl., Essen.

Skär, S. (2011): Vakuumdämmung: Dünnschicht für den Denkmalschutz, in: bauhandwerk, 06/2011, S. 14/15.

Statistisches Landesamt (Hrsg.) (2014): Rheinland-Pfalz regional: Datenkompass Bevölkerung und Gebiet, Haushalte und Familie, Mainz.

Wiesbaden - Umweltamt (Hrsg.) (2015): „Leitfaden Energetisches Sanieren denkmalgeschützter Gebäude in Wiesbaden“; Wiesbaden, abgerufen unter: [http://www.wiesbaden.de/medien-zentral/dok/leben/planen-bauen-wohnen/P141\\_SL-WI\\_Leitfaden\\_150317\\_web.pdf](http://www.wiesbaden.de/medien-zentral/dok/leben/planen-bauen-wohnen/P141_SL-WI_Leitfaden_150317_web.pdf); letzter Zugriff: 12.02.2015.

## H Fachgebiete

### Das Fachgebiet Immobilienökonomie an der TU Kaiserslautern

Das Fachgebiet Immobilienökonomie ist eines der Kernfachgebiete im Studiengang Facility Management an der TU Kaiserslautern. Immobilienökonomie umfasst die speziellen betriebs- und volkswirtschaftlichen Aspekte der Immobilienwirtschaft. Im Forschungsfeld Immobilienmanagement entwickelt das Fachgebiet Instrumente und Konzepte für nutzergerechtes und wirtschaftliches Bauen und Betreiben von Gebäuden an der Schnittstelle von Ökonomie und Technik. Die Zusammenarbeit in Projekten und laufenden Anträgen umfasst wohnungswirtschaftliche Fragestellungen der Bestandsentwicklung durch Umbau, Modernisierung oder Sanierung. Das Fachgebiet Immobilienökonomie der TU Kaiserslautern ist Forschungspartner der Transparenzoffensive Immobilienwirtschaft, die 2011 unter Federführung von ImmobilienScout24 ins Leben gerufen wurde. Durch die thematische Ausrichtung des Fachgebiets und Projekte im Bereich der Wohnungswirtschaft, die Mitwirkung in der Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung (gif e.V.) und die Transparenzoffensive Immobilienwirtschaft bestehen Kontakte mit Verbänden und Bestandshaltern. Leiter des Fachgebiets Immobilienökonomie ist **Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock**.

Weitere Informationen im Internet: [www.bauing.uni-kl.de/ioe](http://www.bauing.uni-kl.de/ioe)

### Die Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude an der TU Kaiserslautern

Die Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude existiert seit dem Jahr 2010 und ist am Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion angesiedelt. In Forschung und Lehre werden Themen behandelt, welche sich an der Schnittstelle zwischen Tragwerk und Energiehaushalt eines Gebäudes ergeben. Im Fokus stehen die Steigerung der Energieeffizienz und der Nachhaltigkeit durch den Einsatz innovativer Materialien und die Nutzung der Tragstruktur zur Gebäudeklimatisierung. Ein weiterer Schwerpunkt befasst sich mit der Speicherung von Energie in den Tragwerkskomponenten. Verantwortlich für die Arbeitsgruppe ist **Jun. Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn**.

Weitere Informationen im Internet: [www.bauing.uni-kl.de/massivbau/home/lehrgebiet-energieeffiziente-gebäude](http://www.bauing.uni-kl.de/massivbau/home/lehrgebiet-energieeffiziente-gebäude)

### Das Fachgebiet Hauskybernetik an der TU Kaiserslautern

Das Fachgebiet Hauskybernetik wurde im Jahr 2010 neu am Fachbereich Architektur der TU Kaiserslautern eingerichtet. Kybernetische Systeme sind (komplexe) Gesamtsysteme, deren einzelne Teile interdependent verwoben sind und so in der Wirkung auf die anderen Teile und das Gesamtsystem zurückkoppeln. Die Hauskybernetik betrachtet Häuser als dynamische Gesamtsysteme, die als Teil der Umwelt mit dieser interagieren. Im Grundstudium gehören die Pflichtfächer Bauphysik (Thermische Bauphysik) und Hauskybernetik (Grundlagen der klimagerechten, energieeffizienten, nachhaltigen Architektur), im Hauptstudium Entwürfe im Bereich des nachhaltigen Bauens zum Lehrspektrum des Fachgebiets Hauskybernetik. Im Forschungsfokus stehen architektonische Aspekte der nachhaltigen Gebäudesanierung sowie passive, architektonische Strategien zur energetischen Effizienzsteigerung. Als Werkzeug wird in Forschungsarbeiten die energetisch-dynamische Gebäudesimulation genutzt. Das Fachgebiet Hauskybernetik wird von **Jun. Prof. Dr.-Ing. Angèle Tersluisen** geleitet.

Weitere Informationen im Internet: [www.architektur.uni-kl.de/hauskybernetik](http://www.architektur.uni-kl.de/hauskybernetik)

## I Personen

### Ersteller:

Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock, Fachgebiet Immobilienökonomie

Jun. Prof. Dr.-Ing. Angèle Tersluisen, Fachgebiet Hauskybernetik

Jun. Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn, Fachgebiet Massivbau/Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude

Dipl.-Ing. Tillman Gauer, Fachgebiet Immobilienökonomie/Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude

Dipl.-Ing. Lukas Jachmann, Fachgebiet Hauskybernetik

Dipl.-Ing. Sebastian Johann, Fachgebiet Immobilienökonomie

Kamyar Nasrollahi, M.Sc., Fachgebiet Hauskybernetik/Arbeitsgruppe Energieeffiziente Gebäude





## J Anhang

### 1 Gebäudedaten Bahnheim

Merkmal	Bestand		
	DS	NDS	Gesamt
WE	324	45	369
BGF [m <sup>2</sup> ]	28.023	4.203	32.226
MF [m <sup>2</sup> ]	19.336	2.900	22.236
Flächeneffizienz	69%		

Blöcke mit ... WE	Anzahl	Anzahl WE	Erfolgte Sanierungen	Gebäude	Anzahl WE	Maßnahmen
3	2	6		2a, 4c	10	Dach
5	11	55		8	5	Keller, Dach
9	4	36		48	5	Keller, Dach
10	8	80		49, 51, 53	13	Keller, Dach
12	3	36		56	5	Keller, Dach
13	1	13		60	5	Keller, Dach
15	3	45		74	5	Keller, Dach
20	1	20		86, 88	10	Keller, Dach
24	1	24				
25	1	25				
29	1	29				

Gebäude Typ	Anzahl Fenster pro Gebäude(typ)				Summe			
	Anzahl	groß	klein	(Balkon-)Tür	groß	klein	(Balkon-)Tür	
DS								
BH 4/8	15	22	15	0	330	225	0	
BH 46	15	25	6	0	375	90	0	
BH 48	38	24	12	0	360	180	0	
Summe	68				1065	495	0	
NDS								
BH86	6	15	9	6	225	135	90	
BH17abc	3	66	0	16	990	0	240	
Summe	9				1215	135	330	
Summe	145				2280	630	330	<u>3240</u>

Merkmal	Nachverdichtung				
	Neubau 17d	Aufstockung 92-92	Dachausbau	Konversion 58	Gesamt
WE	21	8	17	1	47
BGF [m <sup>2</sup> ]	900	810	1.052	70	2.832
MF [m <sup>2</sup> ]	720	648	841	56	2.265
Flächeneffizienz	80%				

## 2 Eingabedaten des unsanierten Bestandes - Simulationsmodelle

Die Eingabedaten entsprechen nicht exakt der realen Konstruktion. Es handelt sich hierbei um abstrahierte, von der Simulationssoftware verarbeitbare Schichtfolgen, die in der bauphysikalischen Wirkung den realen Konstruktionen entsprechen.

### Thermische Gebäudehülle (ohne Fenster)

Bauteil		Dicke [m]	Material	d [m]	$\lambda$ [W/(mK)]	$C_p$ [kJ/(kg K)]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	U [W/(m <sup>2</sup> K)]
Außenwand	Außenwand_38	0,43	Kalkzementputz	0,030	1,00	1,10	1600	1,05
			Kunstabzugs	0,380	0,52	1,00	1000	
			Kalkzementputz	0,020	1,00	1,10	1600	
	Außenwand_45	0,5	Kalkzementputz	0,030	1,00	1,10	1600	0,92
			Kunstabzugs	0,450	0,52	1,00	1000	
			Kalkzementputz	0,020	1,00	1,10	1600	
	Außenwand_52	0,57	Kalkzementputz	0,030	1,00	1,10	1600	0,82
			Kunstabzugs	0,520	0,52	1,00	1000	
			Kalkzementputz	0,020	1,00	1,10	1600	
Innenwand	0,27	Kalkzementputz	0,015	1	1,1	1600	2,02	
		Vollziegel	0,24	0,5	1	1200		
		Kalkzementputz	0,015	1	1,1	1600		
Dach	Dach_beheizt	0,145	Kalkzementputz	0,015	1	1,1	1600	0,31
			Sparren / Mineraldämmung	0,12	0,04	0,9	80	
			Dachziegel	0,01	0,81	1	1800	
	Dach_unbeheizt	0,03	Sauerkrautplatte	0,02	0,093	2,1	360	1,77
			Luftschicht / Sparren	-	-	-	-	
Dachziegel	0,01	0,81	1	1800				
Decke	Zwischendecke	0,2	Holz	0,01	0,13	2,1	600	1,07
			Luftschicht	-				
			Holz	0,02	0,13	2,1	600	
			Schüttung / Holzbalken	0,15	0,7	1	1800	
	Holz	0,02	0,13	2,1	600			
Kellerdecke	0,2	Beton_2300	0,2	2,1	1	2300	3,77	
Bodenplatte	0,1	Beton_2300	0,1	2,1	1	2300	4,6	

**Fenster & Türen**

Parameter		$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$U_f$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	g [%]	Rahmenanteil [%]
Tür/Fenster	Haustür	5,68	3,4	0,910	0,7
	Wohnungstür	5,68	1,9	0,910	0,99
	Fenster	2,26	2,4	0,678	0,3

**Weitere Angaben**

		Parameter
		<b>LWR [1/h]</b>
Luftwechselrate	Dachraum	0,5
	Wohnraum	0,5
	Treppenraum	0,5
	Kellerraum	0,5
		<b>T<sub>heiz</sub> [°C]</b>
Heizprofil	Heizgrenze 06 -22 Uhr	20
	Heizgrenze 22 -06 Uhr [°C]	18
		<b>Personen bzw. Eintrag</b>
Innere Lasten	Personen pro Wohneinheit von 08 -18 Uhr	0,75
	Personen pro Wohneinheit von 18-08 Uhr	1,5
	Beleuchtung	5 W/m <sup>2</sup>

### 3 Eingabedaten der für die Sanierungen gewählten Materialien

#### Dämmmaterialien

Gedämmtes Bauteil	Material	Referenzprodukt	$\lambda$ [W/mK]	d [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	$\mu$	
Außenwand (innen)	Steinwolle	Aerorock® ID	0,019	0,02	1,05	inkl. Dampfsperre	
			0,019	0,03	1,58		
	Dämmputz	Heck DP MIN	0,070	0,02	0,29	4	
			0,070	0,03	0,43		
	Aerogel	Heck Aero	0,018	0,02	1,11	?	
			0,018	0,03	1,67		
	Calziumsilikat	Klimaplatte CALSITHERM	0,060	0,025	0,42	3-5	
			0,060	0,030	0,50		
	Außenwand (außen)	Dämmputz	Heck DP MIN	0,070	0,02	0,29	4
				0,070	0,03	0,43	
0,070				0,04	0,57		
Dach	Mineralwolle	s. TRNSYS	0,035	0,12	3,43	s. TRNSYS	
			0,035	0,14	4,00		
			0,035	0,16	4,57		
Obersten Geschossdecke	Mineralwolle	Rockwool TEGAROCK	0,035	0,06	1,71	s. TRNSYS	
			0,035	0,08	2,29		
			0,035	0,10	2,86		
Kellerdecke	Mineralwolle	Rockwool CEILROCK	0,036	0,05	1,39	diffusionsoffen	

**Fenster & Türen**

Element	Material	d [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	g [%]	U <sub>g</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	U <sub>f</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]
Fenster	Iso-Fenster, Holzrahmen			0,6	1,06	1,5
				0,5	1,06	1,5
				0,4	1,06	1,5
				0,6	1,06	2,2
Hauseingangstür	Holztür	0,06	0,85			

#### 4 Eingabedaten der untersuchten Einzelmaßnahmen

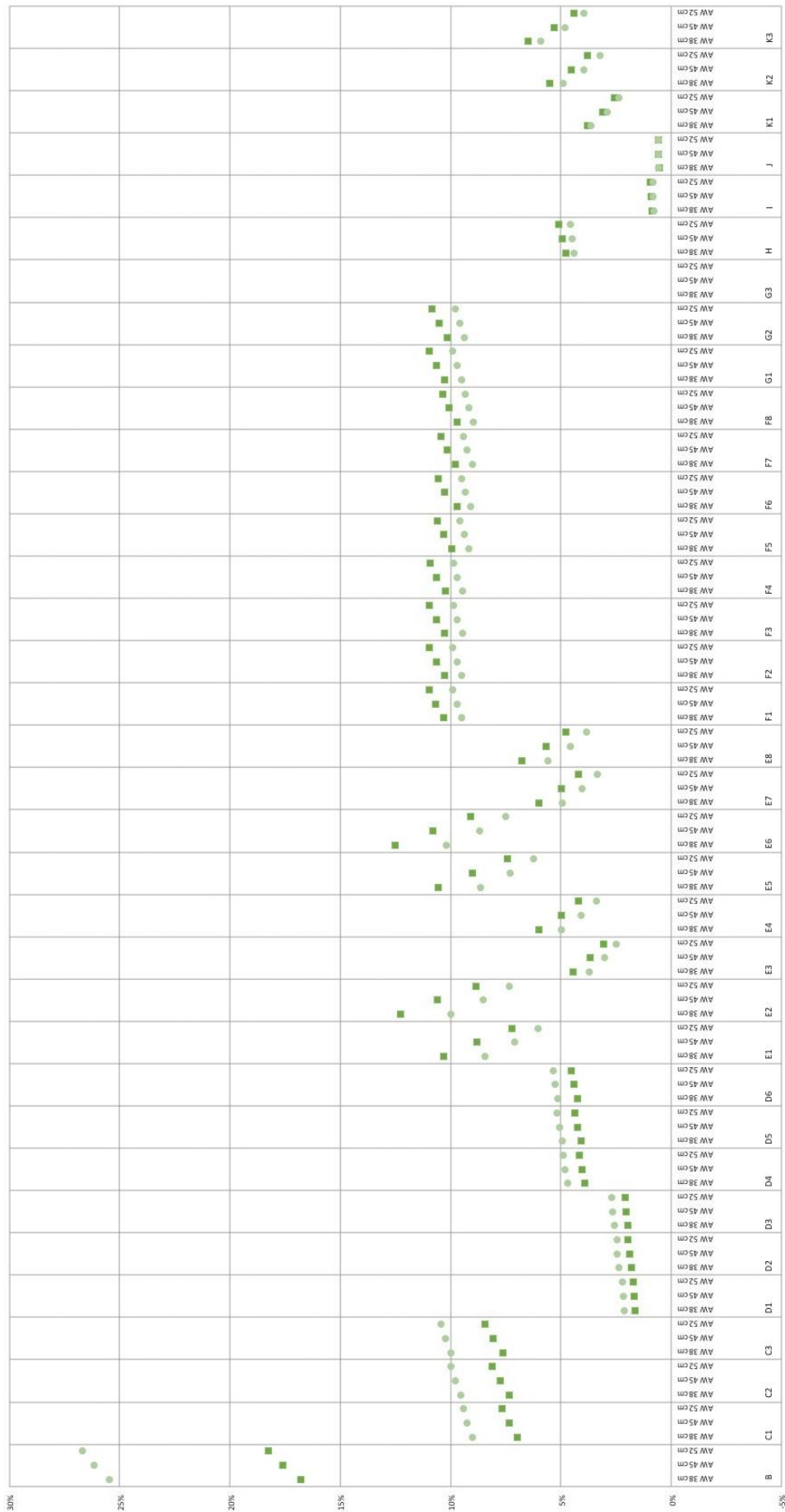
Bauteil		Parameter						Fenster				Raum	
Variante		Material	Referenzprodukt	$\lambda$ [W/m*K]	d [cm]	R [m <sup>2</sup> K/W]	$\mu$	g [%]	$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$U_f$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Rahmenanteil [%]	Zone	Luftwechsel [1/h]
A	A	unsa- niert								1,5		wohnen	0,5
B	B	Kellerdecke	Rockwool CFIII ROCK	0,036	5	1,39	diffusionsoffen					Keller	
C	C1	Dach	s. TRNSYS	0,035	12	3,43	s. TRNSYS					Dach / wohnen	0,1
	C2			0,035	14	4,00							
	C3			0,035	16	4,57							
D	D1	Oberste Geschoss- decke	Rockwool TEGAROCK	0,035	6	1,71	s. TRNSYS					Dach	0,5
	D2			0,035	8	2,29							
	D3			0,035	10	2,86							
	D4	Oberste Geschoss- decke	Rockwool TEGAROCK	0,035	6	1,71	s. TRNSYS					Dach	0,1
	D5			0,035	8	2,29							
	D6			0,035	10	2,86							

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8							
T	Außenwand (innen)	Steinwolle	Aerorock® ID	0,019	2	1,05	inkl. Dampfsperre							wohnen		
				0,019	3	1,58	0									
		Dämmputz	Heck DP MIN	0,070	2	0,29	4									
				0,070	3	0,43	0									
		Aerogel	Heck Aero	0,018	2	1,11	?									
				0,018	3	1,67	0									
		Calziumsilikat	Klimaplatte CALSITHERM	0,060	25	0,42	3-5									
				0,060	30	0,50	0									
	Austausch Fenster: Rahmenanteil	Iso-Fenster, Holzrahmen									60	1,06	1,5	25	wohnen	0,3
											60	1,06	1,5	30		0,3
											60	1,06	1,5	35		0,3
											60	1,06	1,5	40		0,3
											60	1,06	2,2	25		0,3
											60	1,06	2,2	30		0,3
											60	1,06	2,2	35		0,3
											60	1,06	2,2	40		0,3

G	G1	Austausch Fenster: g-Wert						60	1,06	1,5	30	wohnen	0,3
	G2						50	1,06	1,5	30		0,3	
	G3						40	1,06	1,5	30		0,3	
H	H	Nutzung Klapp- läden nachts						Widerstand nachts erhöhen!					
I	I	Hausein- gangstür	Holzstür									Treppe	0,2
J	J	Treppenhaus (innen)	Dämmputz	Heck DP MIN	0,070	0,02	0,29	4					
					0,070	0,02	0,29	4					
K	K1	Außenwände (außen)	Dämmputz	Heck DP MIN	0,070	0,02	0,29	4					
	K2				0,070	0,03	0,43						
	K3				0,070	0,04	0,57						



## 5 Grafische Darstellung der Simulationsergebnisse – Einzelmaßnahmen



## 6 Annahmen zur Berechnung der Lebenszykluskosten/Investitionskosten

Parameter	Relevant für	Annahme
Betrachtungszeitraum	Barwert (LZK), kumulierte Kosten (LZK)	20 Jahre
Diskontierungszinssatz (gewichtete Kapitalkosten)	Barwert (LZK), Investitionsrechnung (Nachverdichtung)	4,0 %
Indexierung Energiekosten (p.a.)	Nutzungskosten (Energie)	1,0 %
Indexierung Produkte & Dienstleistungen (p.a.)	Nutzungskosten (P, I, W)	2,0 %
Indexierung Baukosten (p.a.)	Barwert Baukosten (Ersatzinvestitionen, LZK)	0,5 %
Baukosten (diverse)	Baukosten, LZK	Siehe Kalkulationstabelleau (CD-ROM)
Kostenstand (Baukosten)	Baukosten	2014
Lebensdauer (Bauteile)	Baukosten (LZK)	Siehe Kalkulationstabelleau (CD-ROM)
Gebäudedaten (BGF, Anzahl Fenster/Türen)	Baukosten	Siehe Kalkulationstabelleau (CD-ROM)
Fördermittel	Baukosten (Invest), Nutzungskosten	Tabelle 35
Flächeneffizienz (MF/ BGF)	Mietflächen (Jahresreinertrag)	Bestand: 69 %, Nachverdichtung: 80 %
Verwaltungskosten	Jahresreinertrag (Bestand, Nachverdichtung)	250 €/(a*WE)
Instandhaltungskosten (Neubau)	Jahresreinertrag (Bestand, Nachverdichtung)	8,00 €/(m <sup>2</sup> *a)
Instandhaltungskosten (Bestand)	Jahresreinertrag (Bestand, Nachverdichtung)	8,00 €/(m <sup>2</sup> *a)
Kaltmiete (Neuvermietung, Modernisierung), Bahnheim	Jahresreinertrag (Bestand, Nachverdichtung)	6,75 Euro/m <sup>2</sup> *Monat
Mietausfallwagnis	Jahresreinertrag (Bestand, Nachverdichtung)	1,0 %

## 7 Übersicht der Kosten für die Energieversorgung bei unterschiedlichen finanziellen Rahmenbedingungen

Indexierung Verbrauchskosten	Platz	Name	LZK (gesamt in Mio. €)	Differenz LZK zu min (in 1.000€)	LZK Investor (in Mio. €)	LZK Nutzer (in Mio. €)
1%	1	Bioerdgas-BHKW	3,49	-	0,79	2,69
	2	Erdgas-BHKW	3,61	121,46	1,11	2,50
	3	Blockzentralheizungen	3,85	365,08	0,79	3,06
	4	Fernwärme	4,36	876,78	0,37	4,00
	5	GEH (nach Sanierung)	4,7	1216,81	1,20	3,50
	6	Wärmepumpe	5,34	1852,96	3,18	2,16
	7	GEH (vor Sanierung)	5,35	1863,44	1,20	4,15
1,5%	1	Erdgas-BHKW	3,64	-	0,79	2,85
	2	Bioerdgas-BHKW	3,72	75,98	1,11	2,61
	3	Blockzentralheizungen	4,01	365,07	0,79	3,22
	4	Fernwärme	4,49	850,86	0,37	4,13
	5	GEH (nach Sanierung)	4,81	1171,33	1,2	3,61
	6	Wärmepumpe	5,35	1708,95	1,2	4,15
	7	GEH (vor Sanierung)	5,44	1797,62	3,18	2,26
2%	1	Erdgas-BHKW	3,81	-	0,79	3,01
	2	Bioerdgas-BHKW	3,83	27,27	1,11	2,73
	3	Blockzentralheizungen	4,17	365,07	0,79	3,38
	4	Fernwärme	4,63	823,11	0,37	4,26
	5	GEH (nach Sanierung)	4,93	1122,62	1,2	3,73
	6	Wärmepumpe	5,35	1543,48	1,2	4,15
	7	GEH (vor Sanierung)	5,55	1738,35	3,18	2,37
Ohne Förderung; 1%	1	Blockzentralheizungen	3,61	-	1,11	2,5
	2	Erdgas-BHKW	4,02	409,04	0,79	3,23
	3	Bioerdgas-BHKW	4,19	576,74	0,79	3,39
	4	Fernwärme	4,36	755,32	0,37	4
	5	GEH (nach Sanierung)	4,7	1095,35	1,2	3,5
	6	Wärmepumpe	5,34	1731,5	3,18	2,16
	7	GEH (vor Sanierung)	5,35	1741,98	1,2	4,15

## 8 FAQ-Liste

Die nachstehende Liste wurde von der Dortmunder Gesellschaft für Wohnen mbH (DOGEWO)<sup>63</sup> für ihre Mieterschaft erstellt und kann als Orientierung bei Modernisierungsarbeiten dienen.

### Findet im Zuge der Fassadensanierung/-dämmung auch eine Dachsanierung statt?

In weiten Teilen wurde eine Dämmung der obersten Geschossdecke bereits eingebracht, dort wo noch nicht geschehen, erfolgt dieses im Zuge der Modernisierungsarbeiten.

### Werden Dachrinnen erneuert?

Säuberung und Instandsetzungen finden im Zuge der laufenden Instandhaltungsmaßnahmen statt.

### Wie lange sind die Häuser eingerüstet?

Das ist im Detail noch nicht zu sagen und klärt sich, wenn die laufenden Ausschreibungen vergeben sind; geplant ist eine zugweise Umsetzung, aber auch das hängt von den Ausschreibungen ab. Die Mieter werden noch rechtzeitig über die Dauer der Gerüststandzeiten informiert.

### Wie lange dauern die Umbaumaßnahmen in den Wohnungen bzw. wer übernimmt die vermehrt anfallenden Reinigungsarbeiten?

Für den Austausch der Fenster ist mit ca. 2 Tagen, für die Heizungsarbeiten mit ca. 5 Tagen und bei einer Badmodernisierung ca. 10 Tagen zu rechnen. Die Handwerker sind angehalten, möglichst wenig Schmutz zu machen. Durch Verwendung modernster Geräte ist z.B. ein Fensteraustausch inzwischen auch ohne viel Dreck möglich. Eine vermehrte Treppenhausreinigung wird durchgeführt, zudem besteht die Option einzelne Gutschriften für Reinigungsarbeiten zu geben.

### In welchem Umfang findet der Fensteraustausch statt?

Nur technisch nicht mehr zeitgemäße Fenster (vor allem alte Schwingfenster) werden ausgetauscht.

### Wie sieht die Verbesserung durch die zentrale Heizanlage gegenüber den bestehenden aus?

Die neue Gemeinschaftsanlage wird wesentlich effizienter sein und verbraucht weniger Gas (bis zu 30 % Energieeinsparung sind möglich). Da die einzelne Therme in der Wohnung wegfällt, entfällt zudem die Wartungspauschale je Mieteinheit. Insgesamt besteht weniger Wartungsaufwand bei der zentralen Heizanlage. Durch die neue Kellerdeckendämmung wird zusätzlich Energie eingespart.

### Wie werden die Heizkosten berechnet?

Es erfolgt eine automatische Ablesung (die Daten werden über Funk individuell abgelesen). Die Berechnung entspricht den gesetzlichen Bestimmungen und setzt sich folgendermaßen zusammen: 30% nach der Wohnfläche, 70% nach dem Verbrauch.

### Wie erfolgt die geänderte Abrechnung, wenn man nicht bei DEW21 Kunde ist?

Alle Mieter die Versorgungsverträge **nicht** bei DEW21 haben, müssen diese außerordentlich kündigen mit dem Hinweis "Modernisierung durch den Vermieter. Für alle Mieter, die bei DEW21 Kunde sind, übernimmt DOGEWO21 die Umstellung.

### Können die alten Heizkörper behalten werden?

Nein

---

<sup>63</sup> Online verfügbar unter: <http://www.dogewo21.de/de/Aktuelles/Aktuelle-Modernisierungen/Wickede/FAQModernisierung.htm#top>; zuletzt aufgerufen am: 10.04.2015.

### **Wer repariert entstandene Schäden an Wänden oder Böden und wer übernimmt die Kosten?**

Durch Modernisierung entstandene Schäden werden durch Fachfirmen, beauftragt von DOGEWO21, behoben. Die Kosten dafür übernimmt DOGEWO21.

### **Wer übernimmt Kosten für entstandene Schäden an selbstverlegten Bodenbelägen bei der neuen Leitungsverlegung?**

Bei den Wohnungsbesuchen wird geschaut, ob es eine andere Verlegungsmöglichkeit gibt. Eventuell anfallende Schäden an Böden werden ausgebessert.

### **Wie werden die Leitungen in der Wohnung verlegt?**

Diese Frage wird individuell im Rahmen der Gespräche mit den Mietern bei der Bestandsaufnahme geklärt. Die Heizungsleitungen werden von einzelnen zentralen Punkten in der Wohnung entlang der Wand, knapp oberhalb des Fußbodens, verlegt. Sie werden anschließend mit systemgefertigten ca. 5 cm breiten Fußleisten aus Plastik versteckt.

### **Wo genau werden die Heizungen im Keller verortet?**

Die Detailplanung befindet sich in Vorbereitung. Der Standort wird in den Gemeinschaftsräumen sein.

### **Wenn künftig das Warmwasser auch zentral erzeugt wird, ist dann ausreichend Warmwasser, insbesondere zu den Stoßzeiten (6:00-8:00 Uhr) vorhanden?**

Es ist ein ausreichend dimensionierter Warmwasserspeicher an den Zentralen vorhanden, darüber hinausgehender Bedarf wird in ausreichendem Maße automatisch erzeugt.

### **Müssen für die Leitungsarbeiten Möbel aus den Wohnungen entfernt werden? Wenn ja, kann dafür temporär jeder betroffene Mieter den Trockenraum nutzen?**

Die Details zur Verlegung der Heizleitungen werden im Zuge der Wohnungsbesuche geklärt. Dazu gehört auch, welches Mobiliar ggf. verstellt/abgerückt werden muss.

### **Welche Temperatur erreicht das Wasser im Bad?**

Die Raumtemperatur wird auf 24° C eingestellt, die Wassertemperatur auf 55° C

### **Was ist, wenn man während der Umbaumaßnahmen in Urlaub ist?**

Zur individuellen Absprache, wann Maßnahmen in der Wohnung durchgeführt werden, sind die individuellen Besuche der Mitarbeiter, der jeweiligen beauftragten Firmen, vor Ort zu nutzen. Hierbei findet eine individuelle Terminplanung statt.

### **Sind die Maßnahmen, die im Wohnumfeld getätigt werden mit dem Umweltamt abgesprochen?**

Derzeit gibt es noch keine fertigen Pläne für Maßnahmen im Außenbereich. Um die Maßnahmen zu klären, finden im März zwei Workshops statt. Die Umsetzung erfolgt in Abstimmung mit der Stadt Dortmund. Für bestimmte Maßnahmen müssen zudem Bauanträge und auch Baumfällanträge gestellt werden.

### **Werden die individuellen Besuche vorher telefonisch angekündigt bzw. abgesprochen?**

Ja, die Wohnungsbesuche werden telefonisch angekündigt bzw. entsprechende Termine vereinbart.

### **Einige Mieter nutzen Gas auch zum Kochen. Wird das auch weiterhin möglich sein? Wird ein extra Zähler dazu eingebaut? Brauch man einen extra Gasliefervertrag dazu?**

Im Zuge der Heizungserneuerung wird die komplette Gasversorgung aus der Wohnung entfernt. Kochen mit Gas bzw. über einen Gasanschluss wird nicht mehr möglich sein. Als Ersatz wird vom Mieter ein Elektroherd gekauft, DOGEWO21 beteiligt sich an den Kosten. Das Anschließen erfolgt durch DOGEWO21.