
– Wärmekataster Saarland –



Im Auftrag des

**Ministerium für Wirtschaft, Arbeit,
Energie und Verkehr**

Franz-Josef-Röder-Straße 17
66119 Saarbrücken

• Ministerium für
Wirtschaft, Arbeit,
Energie und Verkehr

SAARLAND

Großes entsteht immer im Kleinen.



Erstellt durch

IZES gGmbH

Altenkesseler Straße 17, Geb.A1
66115 Saarbrücken



Endbericht zum 25.04.2017

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung.....	1
2 Aktueller Wärmebedarf (Bestandsanalyse)	3
2.1 Datenverfügbarkeit	3
2.2 Methodik	5
2.2.1 Datenaufbereitung.....	5
2.2.2 Ermittlung der Wärmesenken im Wohngebäudebereich.....	7
2.2.3 Ermittlung der Wärmesenken im Nicht-Wohngebäudebereich.....	19
2.2.4 Abbildung der Wärmequellen.....	20
2.2.5 Ermittlung des Kältebedarfs.....	22
2.3 Siedlungsstruktur und Quartiersbildung	23
2.4 Wärmebedarf 2016	26
2.5 Einbeziehung bestehender Infrastrukturen zur Wärmeverbrauchsrechnung.....	29
2.5.1 Darstellung des saarländischen Fernwärmenetzes	30
2.5.2 Berücksichtigung des Wärmenetzes bei der Bedarfsberechnung.....	31
2.6 Diskussion der Ergebnisse zum Wärmebedarf 2016.....	32
2.6.1 Schwachstellen der Grundlagen(daten)	32
2.6.2 Sanierung	32
2.6.3 Abgleich von Bedarfsermittlung und Verbrauch in einzelnen Versorgungsgebieten der FVS.....	33
3 Trends bis 2025 und 2035 (Potenziale)	34
3.1 Zeitliche Trends	34
3.1.1 Bevölkerungsentwicklung	34
3.1.2 Einwohnerspezifischer Wohnflächenbedarf.....	38
3.1.3 Temperaturanstieg.....	40
3.1.4 Einkommen privater Haushalte	40

3.1.5	Entwicklung des Sanierungsstandes	41
3.2	Auswirkungen der zeitlichen Trends auf den Wärmebedarf	46
3.2.1	Maximales Einsparungspotenzial.....	46
3.2.2	Wärmebedarf 2025.....	47
3.2.3	Wärmebedarf 2035.....	48
3.3	Diskussion der Trends.....	49
4	Mögliche Projektierungen (Hotspots)	50
4.1	Maßnahmenentwicklung.....	50
4.2	Annahmen zur Einschätzung der Wärmenetze.....	52
4.3	Verschneidung von Wärmequellen und -senken	57
4.4	Wärmesenken im Umfeld bestehender Abwärmequelle	59
4.5	Wärmesenken ohne bestehende Abwärmequelle	67
4.6	Wärmesenken im Umfeld des Fernwärmenetzes Saar	70
4.7	Wärmequellen im Umfeld des Fernwärmenetzes Saar	72
5	Zusammenfassung.....	75
	Literaturverzeichnis.....	79
Anhang A	Datenbankauszug IHK	A-1
Anhang B	Datenblätter der einzelnen Siedlungstypen	B-1
Anhang C	Datenblätter Hotspots	C-1
Anhang D	Geheimhaltungsverfahren des Bundesamtes für Statistik	D-92
Anhang E	Qualität des Zensus2011 Datensatzes	E-1
Anhang F	Besprechungsprotokolle	F-1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überlagerung des ALKIS-Datensatzes und des 3D-Gebäudemodells.....	6
Abbildung 2:	Einteilung der Gebäude in Gebäudeklassen.....	10
Abbildung 3:	Durchschnittliches Baualter pro 100 m x 100 m Gitterzelle im Saarland	11
Abbildung 4:	Baualtersklassen der Gebäude mit Wohnraum im 100 m x 100 m Gitterzellen.....	12
Abbildung 5:	Einteilung der Gebäude in Baualtersklassen.....	13
Abbildung 6:	Clusterung der Straßenzüge auf Basis mittlere Gebäudeinformationen	14
Abbildung 7:	Ergebnis der automatisierten Clusterung	15
Abbildung 8:	Darstellung der Siedlungsstruktur	16
Abbildung 9:	Darstellung der Siedlungsstruktur	17
Abbildung 10:	Unternehmen im Saarland laut IHK-Firmendatenbank.....	20
Abbildung 11:	Anwendungsbereiche und Temperaturniveaus im Bereich Klimatisierung...	22
Abbildung 12:	Gesamtwärmebedarf pro Quartier	28
Abbildung 13:	Spezifischer Wärmebedarf pro m ² Quartiersfläche	28
Abbildung 14:	Spezifischer Wärmebedarf pro m ² Energiebezugsfläche	29
Abbildung 15:	Fernwärmeversorgung im Saarland	30
Abbildung 16:	Bevölkerungsentwicklung 1950 bis 2060 in Deutschland	34
Abbildung 17:	Bevölkerungsentwicklung 2010 bis 2035 im Saarland	35
Abbildung 18:	Bevölkerungsvorausberechnung für das Saarland der IHK des Saarlandes ...	36
Abbildung 19:	Entwicklung der Einwohnerzahlen im Saarland bis 2035.....	37
Abbildung 20:	Entwicklung des Wohnflächenbedarfs pro Einwohner bis 2025 und 2035 ...	39
Abbildung 21:	Kaufkraft-Index der Saarländischen Gemeinden	41
Abbildung 22:	Mittlere energetische Sanierungshäufigkeit in Abhängigkeit vom Gebäudetyp 2011 – 2050.....	43
Abbildung 23:	Entscheidungsbaum zur Entwicklung von Hotspots	51
Abbildung 24:	Ausführung von Wärmenetzen	53
Abbildung 25:	Mittlere spezifische Investitionskosten für Netze.....	55
Abbildung 26:	Kosten der Hausübergabestation von Wärmenetzen	56
Abbildung 27:	Auswahl der zu versorgenden Quartiere	58

Abbildung 28: Wärmenetz Hotspot 1	59
Abbildung 29: Wärmenetz Hotspot 3 - Variante 1	61
Abbildung 30: Wärmenetz Hotspot 3 - Variante 2	61
Abbildung 31: Wärmenetz Hotspot 4	63
Abbildung 32: Wärmenetz Hotspot 5 – Variante 1.....	64
Abbildung 33: Wärmenetz Hotspot 5 – Variante 2.....	65
Abbildung 34: Wärmenetz Hotspot 5 – Variante 3.....	65
Abbildung 35: Wärmenetz Hotspot 46 – Variante 1.....	68
Abbildung 36: Wärmenetz Hotspot 46 – Variante 2.....	68
Abbildung 37: Wärmenetz Hotspot 79 – Variante 1.....	73
Abbildung 38: Wärmenetz Hotspot 79 – Variante 2.....	73
Abbildung 39: Zusammenstellung der untersuchten Hotspots.....	75
Abbildung 40: Leerstandsquoten im 100-Meter-Gitter.....	D-93
Abbildung 41: Leerstandsquoten im 100-Meter-Gitter.....	D-94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der verwendeten Datensatz	4
Tabelle 2:	Kriterien der Gebäudeklasseneinteilung	8
Tabelle 3:	Einteilung der Baualtersklassen.....	11
Tabelle 4:	Auflistung der konstruierten Siedlungstypen.....	18
Tabelle 5:	Wärmebedarfskennzahlen	18
Tabelle 6:	Spezifischer Wärmebedarf für Gebäude funktionaler Prägung.....	19
Tabelle 7:	Übersicht der gebildeten Siedlungsstrukturtypen/Quartiere	23
Tabelle 8:	Eigenschaften der Siedlungsstrukturtypen/Quartiere	25
Tabelle 9:	Wärmebedarf der Siedlungsstrukturtypen/Quartiere	26
Tabelle 10:	Fernwärmegebiete Saar	31
Tabelle 11:	Bevölkerungsentwicklung in den Quartieren.....	38
Tabelle 12:	Wärmebedarfskennzahlen Sanierungsvariante 2025	42
Tabelle 13:	Wärmebedarfskennzahlen Sanierungsvariante 2035	42
Tabelle 14:	Verteilung der Sanierungsquote bis 2025 auf die einzelnen Quartierstypen	44
Tabelle 15:	Verteilung der Sanierungsquote bis 2035 auf die einzelnen Quartierstypen	45
Tabelle 16:	Maximales Einsparpotenzial bei 100 % Sanierungsquote.....	46
Tabelle 17:	Wärmebedarf 2025	47
Tabelle 18:	Wärmebedarf 2035	48
Tabelle 19:	Vergleich verschiedener Wärmeerzeuger	52
Tabelle 20:	Zusammenfassung der Wärmenetzparameter	56
Tabelle 21:	Parameter Wärmenetz Hotspot 1	60
Tabelle 22:	Parameter Wärmenetz Hotspot 3 – Variante 1.....	62
Tabelle 23:	Parameter Wärmenetz Hotspot 4	62
Tabelle 24:	Parameter Wärmenetz Hotspot 5	64
Tabelle 25:	Wärmesenken im Umfeld bestehender Abwärmequelle	66
Tabelle 26:	Parameter Wärmenetz Hotspot 46	67
Tabelle 27:	Wärmesenken ohne Abwärmequelle im Umfeld.....	69

Tabelle 28:	Gebäude an den Fernwärmenetzen im Saarland.....	70
Tabelle 29:	Quartiere an der Fernwärme Saar.....	71
Tabelle 30:	Quartiere im Umfeld der Fernwärme Saar.....	71
Tabelle 31:	Parameter Wärmenetz Hotspot 79	72
Tabelle 32:	Abwärmequellen im Umfeld der Fernwärme Saar	74
Tabelle 33:	Energierrelevante Unternehmen im Saarland mit Mitarbeiterzahlen	A-1
Tabelle 34:	Übersicht zur Auswirkung des Geheimhaltungsverfahrens in der Sonderauswertung des Zensus im 100m-Raster für das Saarland.....	E-1
Tabelle 35:	Auflistung relevanter Akteure	F-3

1 Einleitung

Angesichts des demografischen Wandels werden saarländische Städte und Gemeinden zukünftig mit neuen Herausforderungen im Bereich der Daseinsvorsorge umgehen müssen. Die Anzahl leerstehender Gebäude wird vor allem im ländlichen Raum in den nächsten Jahren deutlich zunehmen, insbesondere in alten Ortskernen, in denen bislang nur wenige Gebäude (energetisch) saniert worden sind und viele Gebäude vor dem Verfall stehen. Andererseits werden neue Wohngebiete an den Ortsrändern erschlossen, sodass in der Praxis trotz eines ausreichenden Siedlungsflächenangebots weiterhin neue Flächen versiegelt werden. Gleiches gilt in abgeschwächter Form auch für die saarländischen Städte. Hier nimmt der Flächenbedarf bei sinkenden Bevölkerungszahlen weiterhin zu. Die notwendige Infrastruktur zur Ver- und Entsorgung der Haushalte ist nur unter hohem finanziellem Aufwand aufrecht zu erhalten, obwohl sie nicht vollumfänglich ausgelastet ist. Besonders in der Wärmeversorgung wird sich dieser Zustand weiter zuspitzen, insbesondere wenn der rückläufige Bevölkerungstrend auch in Zukunft von einem steigenden Flächenbedarf pro Einwohner und steigenden Kosten für die Wärmeversorgung begleitet wird.

Für leitungsgebundene Wärmeversorgungssysteme wie die Fern- bzw. Nahwärme und Gasnetze führt die sinkende Auslastung der Infrastruktur zu zusätzlich steigenden Betriebs- und Kapitalkosten. Die Aufrechterhaltung bestehender Versorgungssysteme kann somit zukünftig in vielen Gebieten aus ökonomischer Sicht nicht mehr gewährleistet werden. In der Praxis äußert sich dies bereits heute in dem Entscheidungsverhalten von Stadtwerken und lokalen Energieversorgungsunternehmen, die langfristige Investitionen in bestehende Netzstrukturen vor sich herschieben, um Lock-In-Investitionen zu vermeiden.

Aus diesem Grund ist es notwendig, den Planungsverantwortlichen – sowohl der öffentlichen Hand als auch der Energiewirtschaft – eine verlässliche Entscheidungshilfe zur Verfügung zu stellen und somit eine Planungssicherheit zu schaffen. Als Grundlage zur Ermittlung von Handlungsoptionen zur Einsparung fossiler Energien im Wärme- und Kältemarkt, zur Verwendung bisher ungenutzter Abwärmepotenziale aus Produktionsprozessen und Versorgungsdienstleistungen (Wärme, Kälte, Kraft, Beleuchtung, Druckluft) spielen in diesem Zusammenhang moderne **Wärmekataster** eine zunehmend wichtigere Rolle.

„Wärmekataster stellen für das Saarland ein wesentliches Instrument der geplanten saarländischen Effizienzstrategie dar. Es ermöglicht den saarländischen Kommunen ihre Wärmeversorgungsstruktur planungssicher zukunftsfähig zu gestalten und ist Grundlage für die Umsetzung des ‚Zukunftsenergieprogramms Wärme‘ der saarländischen Landesregierung. Im Fokus steht dabei die Steigerung des Anteils der Nahwärmenetze in allen Sektoren gegenüber Einzelheizungen. Weiterhin unterstützt es als Planungsinstrument die Überlegungen des saarländischen Energiebeirats im Rahmen der AG Energieeffizienz und wird als wesentlicher Beitrag

zur nationalen Umsetzung der EU-Energieeffizienz-Richtlinie verstanden. Es soll der Öffentlichkeit im Geoportal des Saarlandes zugänglich gemacht werden.“ [MWAEV, 2016]

Ziel des Projektes ist, ein digitales, saarlandweites Wärme-(/Kälte)kataster zu erstellen, das für die interessierte Öffentlichkeit sowie für Fach-/Planungsabteilungen in den Kommunen und im Land aber auch Energieversorgungsunternehmen als Entscheidungshilfe dient. Das Wärme-(/Kälte)kataster soll differenzierte Auswertungen in den Fachabteilungen ermöglichen und gleichzeitig leicht verständlich und transparent sein. Zusätzlich zum reinen Wärme-kataster werden etwa 50 ‚Hotspots‘ ermittelt, die als mögliche Projekte zur Entwicklung neuer und bestehender Nahwärmenetze, insbesondere unter Berücksichtigung industrieller Abwärmepotenziale sowie von Sanierungsgebieten, identifiziert werden. Um den künftigen Wärmebedarf besser abschätzen zu können, wurde zusätzlich ein Entwicklungstrend der Wärmeentwicklung hinterlegt. In diesem Trend sind demografische Daten und Änderungsraten der Wohnfläche pro Einwohner eingeflossen.

2 Aktueller Wärmebedarf (Bestandsanalyse)

Ein Wärmekataster bildet alle vorhandenen Wärmequellen und Wärmesenken innerhalb eines definierten Gebietes (hier: das Saarland) ab.

Wärmequellen stellen zum Beispiel Heiz(kraft)werke, Biogasanlagen und industrielle Abwärmeequellen dar. Wärmesenken sind in erster Linie Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude.

Die Beschreibung zur Erstellung des saarländischen Wärmekatasters konzentriert sich zunächst auf die Aufbereitung und Analyse des Wohngebäudebestandes. Das Ergebnis dieser Analyse ist die Abbildung einer flächendeckenden Siedlungsstruktur mit der quartiersscharfen Angabe des Wärmebedarfs.

Im weiteren Verlauf werden die Nicht-Wohngebäude (Gebäude funktionaler Prägung, wie Schulen, Kindergärten, Rathäuser und Sporthallen, sowie Gebäude gewerblicher und industrieller Nutzung) ergänzt. Der Schwerpunkt der Analyse wird hierbei auf größere Industrie- und Gewerbebetriebe gelegt. Die Grundlage hierfür bilden öffentlich zugängliche Unternehmensdaten der Industrie- und Handelskammer des Saarlandes.

Abschließend wird ein Abgleich zwischen den Wärmequellen und -senken durchgeführt. Der Abgleich bildet die Grundlage zur Identifizierung von Projektierungsmöglichkeiten.

2.1 Datenverfügbarkeit

Zur Abbildung der Wärmesenken und der hierfür notwendigen Siedlungsstruktur sind zunächst alle notwendigen und zugänglichen (Geo-)Daten ermittelt und bei den zuständigen Stellen bzw. Behörden angefragt worden.

Grundlegend entstammen die verwendeten Geo-Daten aus zwei Quellen:

- das Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung (LVGL) und
- das Bundesamt für Statistik (Destatis).

Folgende Liste (Tabelle 1) stellt die erhaltenen Daten, deren Herkunft und deren Informationsgehalt kurz zusammen:

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Datensatz

Datensatz	Bezeichnung	Herkunft	Informationsgehalt
ALKIS-Datensatz	Amtliches Liegenschaftskataster des Saarlandes	LVGL	Geografische Informationen zu Gebäuden und Flurstücken
ATKIS-Datensatz	Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem	LVGL	Flächennutzungen, Straßen, Darstellung sonstiger Informationen (Ortslagen, etc.)
Hauskoordinaten		LVGL	Adressen der Gebäude, Koordinaten, Basis zum Abgleich mit Zensus2011 Raster
3D-Gebäudemodell LOD1	amtlichen 3D-Gebäudemodelle in der Ausprägung LoD1 (LoD1-DE)	LVGL	Höhenangaben der Gebäude (Traufhöhe); Basis: Airborne Laserscan – Befliegung
Baualtersklassen der Gebäude		Destatis (Zensus2011)	Gebäudebestand eingeteilt in die Baualtersklassen des IWU ¹
Nutzungsart der Wohnungen		Destatis (Zensus2011)	Gebäudebestand eingeteilt in die Nutzungsarten ²

Die Beschreibung der einzelnen Datensätze aus Tabelle 1 erfolgt in der Dokumentation der methodischen Vorgehensweise im nächsten Abschnitt (Kapitel 2.2). Anzumerken gilt an dieser Stelle, dass es sich bei allen Datensätzen um Geo-Daten handelt. Die Daten des Statistischen Bundesamtes zum Baualter der Gebäude und zur Nutzungsart (Wohnungen, also Eigentum, Mietwohnung oder Leerstand) stammen aus der statistischen Erhebung des Zensus2011. Das Bundesamt für Statistik stellt diese Informationen in georeferenzierten Rastern (100 m x 100 m) deutschlandweit über die Statistikämter der Länder zur Verfügung. Für das Saarland ist die Datenabfrage direkt beim Bundesamt zu stellen.

Die Daten des LVGL beinhalten nur Informationen zur Gebäudegeometrie. Angaben zum Baualter und Nutzungsart sind zwar im Original-Datensatz hinterlegt – können jedoch aus Gründen des Datenschutzes innerhalb des Projektes nicht eingesehen werden. Daher wird ergänzend zu den Daten des LVGL auf die georeferenzierten Daten des Zensus2011 zurückgegriffen.

¹ Im Rahmen des EU-Projektes „TABULA“ hat das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) eine Gebäudetypologie hinsichtlich der energetischen Bewertung für 13 europäische Länder entwickelt. Diese Gebäudetypologie basiert auf der bereits 1989 durch das IWU für Deutschland erarbeiteten und kontinuierlich gepflegten Einteilung des Gebäudebestandes nach Alter und Größe (IWU. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2012)

² Nutzungsarten der Wohnungen: Eigentum, Mietwohnung, Leerstand

Diese unterliegen ebenfalls den Bestimmungen des Datenschutzes – ermöglichen allerdings eingeschränkt³ Rückschluss auf die Gebäudestruktur innerhalb der einzelnen Rasterzellen. Zur Darstellung der Wärmequellen sind Informationen zu bestehenden Kraftwerken, Industriebetrieben sowie deren Abwärmepotenziale und sonstige Wärmequellen von Bedeutung. Die IZES gGmbH hat diesbezüglich in der Vergangenheit bereits eine umfassende Datenbank⁴ angelegt (vgl. Baur et al., 2014; Springer et al., 2012; Baur et al., 2011), die lediglich durch die Industriebetriebe ergänzt wird. Hierfür wird die Firmendatenbank der IHK des Saarlandes abgefragt. Die genaue Vorgehensweise zur Abbildung der Wärmequellen wird in Kapitel 2.2.4 näher erläutert.

2.2 Methodik

Im Folgenden wird die Methodik zur Ermittlung der Wärmequellen sowie der Wärme- und Kältesenken beschrieben. Dies umfasst die Punkte 1. Datenaufbereitung, 2. Ermittlung der Wärmesenken, 3. Abbildung der Wärmequellen und 4. Ermittlung des Kältebedarfs.

2.2.1 Datenaufbereitung

Nach Erhalt der Daten werden die Daten in das Geo-Informationssystem (GIS) der IZES gGmbH importiert. Bevor die Daten jedoch in die Bearbeitung und Analyse einfließen können, müssen sie entsprechend aufbereitet werden.

Alle Datensätze beinhalten eine Vielzahl an georeferenzierten Informationen. Hieraus wird zunächst eine Vorauswahl getroffen. Alle Daten, mit denen im Folgenden gearbeitet wird, werden vereinheitlicht, d. h. das Datenformat wird entsprechend angepasst, Koordinatensysteme werden transformiert, Dateninkonsistenzen werden bereinigt. Datensätze werden außerdem komprimiert, indem beispielsweise Informationen zur Gebäudehöhe aus dem 3D-Gebäudemodell auf 2D-Datensätze übertragen werden (Erstellung von Footprints).

In einem weiteren Datenaufbereitungsvorgang werden die Geometriedaten aus dem Liegenschaftskataster (ALKIS) mit dem 3D-Gebäudemodell abgeglichen.

³ In einem zweistufigen Verfahren werden die Angaben ‚geschwärzt‘ bzw. ‚verfälscht‘, sodass kein Rückschluss auf einzelne Objekte möglich ist.

⁴ Baur, F. Prof.-Ing. et al.: Holzkaskade. IZES gGmbH; Internationales Institut für Wald und Holz NRW e.V.; ifeu GmbH, 2014
Springer, M., Trapp, M., Ziegler, C.: Optibiogaz. Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann (L); Laborelec (B); INPL-EN-SAIA, Nancy-Universität INPL (F); Université de Liège, Campus d'Arlon (B), 2012

Baur, F. Prof.-Ing. et al.: Biomasse-Potenzialanalyse für das Saarland. IZES gGmbH, 2011



Abbildung 1: Überlagerung des ALKIS-Datensatzes und des 3D-Gebüdemodells

Der ALKIS-Datensatz und das 3D-Gebüdemodell weisen einige Unstimmigkeiten auf. Abbildung 1 zeigt einen Auszug des Gebäudebestands im Saarland. *Rot* dargestellt sind die Gebäude, die in beiden Datensätzen enthalten sind, *gelb* sind Gebäude, die ausschließlich im 3D-Gebüdemodell (LOD 1), *blau* sind Gebäude die nur im ALKIS-Datensatz enthalten sind. Es wird angenommen, dass die blauen Gebäude Neubauten darstellen, die bei der letzten Laserscan-Befliegung vom März/April 2006 [LVGL, 2016] noch nicht existiert haben, allerdings bereits durch das LVGL eingemessen wurden. Gelbe Gebäude sind (einst) existierende Gebäude, die nicht im Liegenschaftskataster enthalten sind. Mehrere Stichproben zeigen, dass diese Gebäude überwiegend dem Bestand zuzuordnen sind. Unklar ist, weshalb diese nicht im ALKIS-Datensatz enthalten sind. Für die weitere Bearbeitung sind diese Gebäude aufgrund der geringen Anzahl irrelevant.

Letztendlich sind die Gebäude aus beiden Datengrundlagen in den Gesamtgebüdebestand integriert worden. Gebäuden, die nur im ALKIS-Datensatz vorhanden sind und die daher keine Gebäudehöhe aufweisen, wird – analog zur Methodik zur Erstellung des Gebäudemodells – eine Mindestgebüdehöhe von 3,00 m zugeordnet [LDBV, 2015].

Des Weiteren sind in Abbildung 1 graue Gebäude dargestellt. Diesen Gebäuden kann keine Hauskoordinate (HK, entspricht Hausnummer) zugeordnet werden. Gebäude ohne Hauskoordinate werden im Weiteren als Nebengebäude behandelt.

Hieraus ergibt sich ein Gebäudebestand von insgesamt ca. 582.000 Gebäuden im Saarland. Davon können etwa 318.000 als Hauptgebäude und 264.000 als Nebengebäude deklariert

werden. Die Nebengebäude werden im Rahmen der Siedlungsstrukturierung und Quartiersbildung sowie bei der Darstellung des Wärmebedarfs nicht berücksichtigt.

Aus dem 3D-Gebäudemodell lassen sich weitere 97.000 Objekte identifizieren. Diesen Objekten sind keine Hauskoordinaten (also kein Hauptgebäude) und kein ALKIS-Datensatz zugeordnet. Stichproben ergaben, dass es sich hierbei um Tankstellenüberdachungen, Hallen, Terrassenüberdachungen etc. handelt. Da diesen Objekten in der Regel kein Wärmebedarf zugeordnet wird, finden sie im weiteren Verlauf der Untersuchung ebenfalls keine Berücksichtigung. Hauptgebäude werden nochmals nach der Nutzung unterteilt. Insgesamt gibt es im Saarland rund 305.000 Gebäude mit Wohnraum, davon sind ca. 296.000 Wohngebäude und 9.000 Gebäude mit gemischter Nutzung. Etwa 13.000 Gebäude befinden sich zudem auf Gewerbe- und Industrieflächen sowie Flächen mit besonderer funktionaler Prägung (Öffentliche Gebäude, Schulen, Kirchen, etc.).

Laut [Zensus2011] gab es im Jahr 2011 insgesamt ca. 308.000 Gebäude mit Wohnraum, davon etwa 299.000 Wohngebäude, 110 Wohnheime und 9.000 sonstige Gebäude mit Wohnraum, allerdings auch insgesamt 3.000 ohne Heizung. Somit ergibt sich eine Abweichung der beheizten Gebäude mit Wohnraum aus der Zensus2011 Befragung und dem ‚ermittelten‘ Gebäudebestand aus den vorhandenen Geo-Daten, der letztendlich als Grundlage zur Wärmebedarfsermittlung herangezogen wird, von lediglich 0,2 %.

2.2.2 Ermittlung der Wärmesenken im Wohngebäudebereich

Die geschaffene Datengrundlage ist im Hinblick auf den Wärmebedarf der Gebäude zu strukturieren, d. h. aus dem gegebenen Gebäudebestand (insbesondere der Gebäude mit Wohnraum) wird eine Siedlungsstruktur abgeleitet, die sich am Wärmebedarf der analysierten Gebäude orientiert. Zur Ermittlung dieser Siedlungsstruktur ist zunächst die Kenntnis der Gebäudetypologie wichtig. Zur Bestimmung der Gebäudetypologie sind zwei Gebäudeinformationen notwendig: die Größe der Gebäude und deren Baualter. In Phase 1 der Datenanalyse werden alle Hauptgebäude analysiert und in Gebäudeklassen gemäß [LBO, 2015] eingeteilt. Anschließend wird in Phase 2 das Baualter der Gebäude (mit Wohnraum) ermittelt.

Phase 1: Einteilung aller Hauptgebäude in Gebäudeklassen

Anhand der Gebäudegrundrisse und der Gebäudehöhen werden alle Hauptgebäude in die Gebäudeklassen eingeteilt. Hierbei dient die Landesbauordnung des Saarlandes (LBO) als Orientierung (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Kriterien der Gebäudeklasseneinteilung nach § 2 (2) LBO, 2015

Gebäude- klasse	Ge- bäude- höhe ¹⁾	NE ²⁾	Fläche/NE	Kategorie
1	≤ 7	≤ 2	≤ 400	freistehend
2	≤ 7	≤ 2	≤ 400	nicht freistehend
3	≤ 7	-		kMFH ³⁾
4	≤ 13	-	≤ 400	gMFH ⁴⁾
5	-	-		HH ⁵⁾

- 1) Die Gebäudehöhe gemäß LBO ist das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel
- 2) NE = Nutzungseinheit
- 3) EZFH = Ein-/Zweifamilienhaus
- 4) kMFH = kleines Mehrfamilienhaus
- 5) gMFH = großes Mehrfamilienhaus
- 6) HH = Hochhaus

Bei der Analyse des Gebäudebestandes und der Einteilung der Gebäude in die richtige Gebäudeklasse ist eine 100 % richtige Zuweisung aufgrund der Datengrundlage praktisch nicht möglich. Das zugrunde liegende 3D-Gebäudemodell in der Version LOD1 (Level of Detail), umgangssprachlich auch „Klötzchenmodell“ genannt, gibt die Höhe der Traufe im Mittel als Gebäudehöhe an. Bei der Ermittlung der Stockwerksanzahl dient diese Höhenangabe lediglich als Orientierung. Die Stockwerksangabe im 3D-Geländemodell ergibt sich rechnerisch aus dem Quotient der Gebäudehöhe und einer Geschosshöhe von 3,50 m [Aringer & Hümmer, 2011]. Die sich ergebenden Stockwerksangaben wurden anhand von Stichproben überprüft und vermehrt als nicht zutreffend interpretiert. Das Klötzchenmodell liefert lediglich die mittlere Traufhöhe der Gebäude. Sowohl ausgebaute Dachräume mit Kniestock als auch Untergeschosse, die aus dem Erdreich schauen, beeinflussen die Ermittlung der Stockwerksanzahl. In einem iterativen Prozess ist unter Berücksichtigung von Kniestock und Untergeschossen eine mittlere Geschosshöhe von 3,00 m ermittelt worden. Bauwerke mit einer Bauwerkshöhe unter 6,00 m werden als eingeschossig daklariert, wenn ihr Kniestock bzw. aus dem Erdreich ragendes Untergeschoss kleiner als 1,50 m ist, und als eineinhalbgeschossig, wenn ihr Kniestock bzw. aus dem Erdreich ragendes Untergeschoss gleich oder mehr als 1,50 m ist. Ab 6,00 m werden sie als zweigeschossig eingestuft. Folgende Abbildung 3 verdeutlicht die getroffenen Annahmen zur Ermittlung der Stockwerksanzahl.

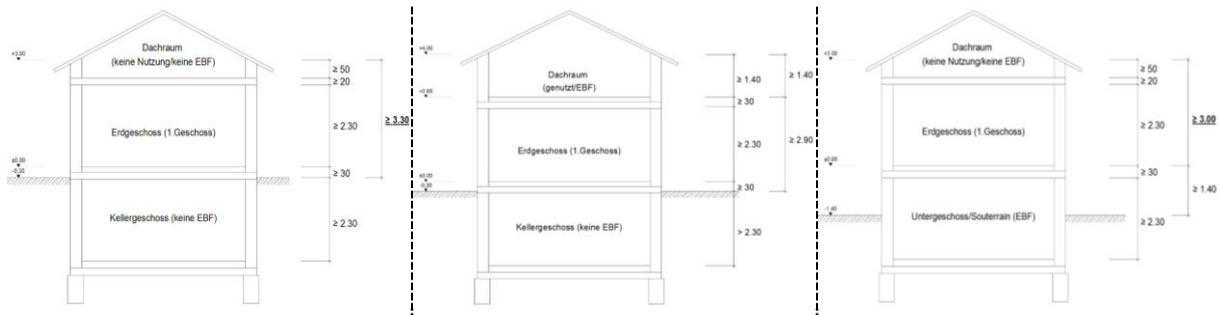


Abbildung 3: Festlegung der Geschosshöhen zur Ermittlung der Stockwerksanzahl⁵

Über die Geschosshöhe ist nun, wie bereits geschildert, die Stockwerksanzahl und die Gebäudehöhe gemäß LBO §2 (2) ermittelt worden. Auf diese Weise lässt sich eine erste Einteilung der Gebäude gemäß Tabelle 2 durchführen. Weitere Kriterien zur Einteilung der Gebäude sind a) die Nutzungseinheit und b) freistehend bzw. nicht freistehend.

Von der Gebäudehöhe lässt sich jedoch nicht direkt auf die Anzahl der Nutzungseinheiten schließen. Es wird angenommen, dass mindestens zwei Geschosse für zwei Wohneinheiten notwendig sind.

Zur Unterscheidung der Gebäudeklasse 1 und 2 wird eine Nachbarschaftsanalyse durchgeführt, die Informationen zur Einordnung der Gebäude in freistehende bzw. nichtfreistehende Gebäude liefert.

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus den Ergebnissen der saarlandweiten Gebäudeklasseneinteilung. In der Darstellung lassen sich die Unterschiede zwischen Stadt-/Ortskernen und Wohngebieten deutlich erkennen. Grüne Gebäude sind Ein- bzw. Zweifamilienhäuser, die überwiegend in reinen Wohngebieten zu finden sind. Gelbe Gebäude sind Gebäude gleicher Kategorie, jedoch nicht freistehend, d. h. in diesen Bereichen wird die Bebauung verdichtet. Der Siedlungskern zeichnet sich in diesem Ausschnitt durch die höchste Verdichtung mit Gebäuden der Klasse 3 und 4 aus.

⁵ EBF: *Energiebezugsfläche* wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels näher erläutert.

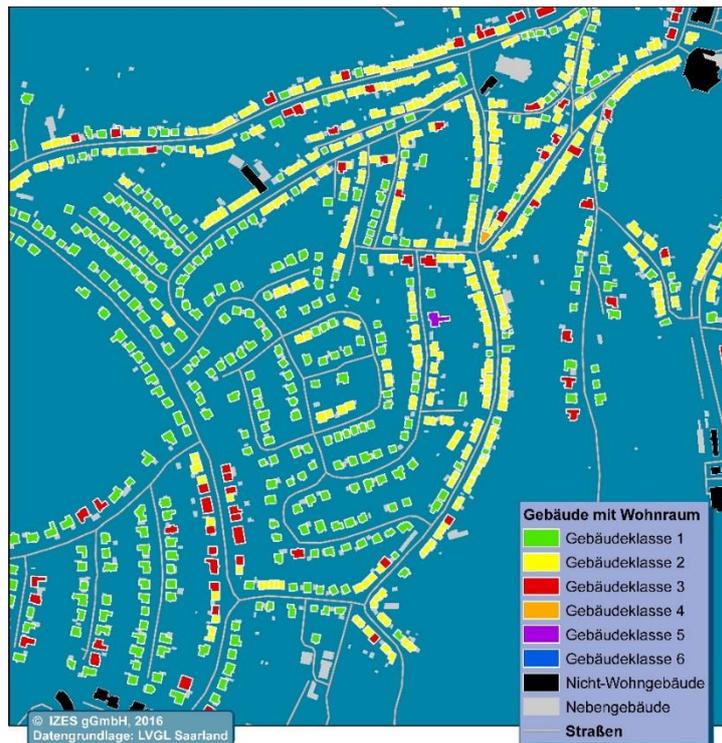


Abbildung 2: Einteilung der Gebäude in Gebäudeklassen gemäß LBO, 2015 (Ausschnitt)

Phase 2: Ermittlung des Baualters der Hauptgebäude

Grundlage dieses Bearbeitungsschrittes sind Angaben des Bundesamtes für Statistik zum Baualter der Gebäude mit Wohnraum im Saarland aus der Zensus2011-Befragung. Diese Informationen stellt das Bundesamt als georeferenzierte Daten zur Verfügung. Zur Darstellung dient ein 100 m x 100 m INSPIRE⁶-konformes Gitterzellenraster (Abbildung 3).

Die Abfrage des Baualters der Gebäude im Saarland beim Bundesamt für Statistik in Wiesbaden erfolgte in Absprache mit der dortigen Mitarbeiterin unter Berücksichtigung des Datenschutzes in Baualtersklassen. Grundsätzlich gilt: Je weniger Klassen angegeben werden, desto höher ist die Anzahl der mit Informationen hinterlegten Gitterzellen.⁷

⁶ EU Richtlinie (2007/2/EG) zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE), 2007

⁷ Zum Datenschutz und zum Geheimhaltungsverfahren des Bundesamtes für Statistik ist in Anhang C die Erläuterung des Bundesamtes zu finden. In Anhang E ist die Datenqualität der zur Verfügung gestellten Daten beschrieben, die sich aus dem zweistufigen Geheimhaltungsverfahren des Bundesamtes ergibt.

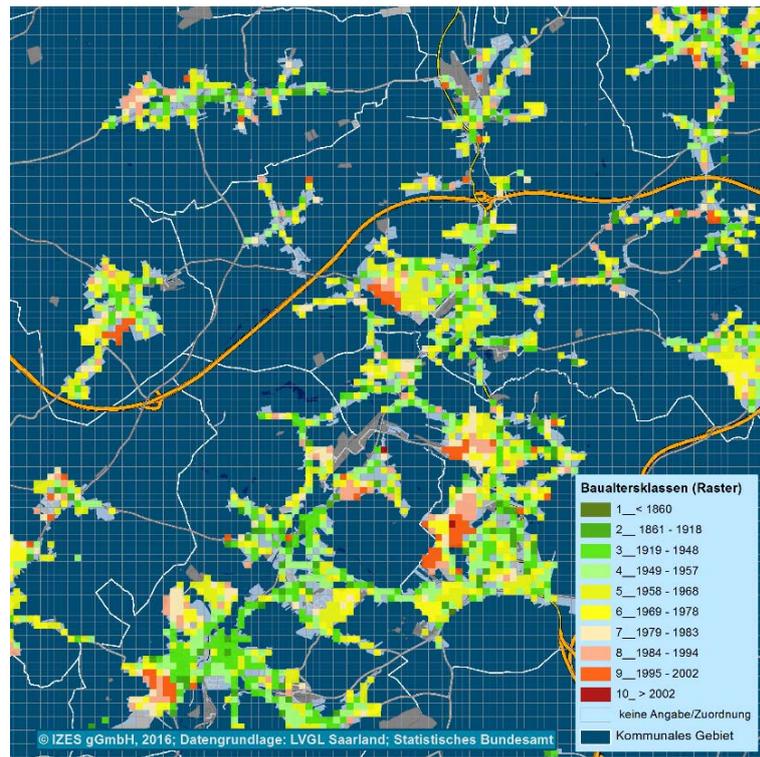


Abbildung 3: Durchschnittliches Baualter pro 100 m x 100 m Gitterzelle im Saarland (Auszug)

Die Einteilung der Baualtersklassen erfolgte anhand der Klassifizierung des Instituts Wohnen und Umwelt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Einteilung der Baualtersklassen [IWU, 2012 & AGFW, 2004]

Baualtersklasse	Erläuterung
< 1860	Evtl. denkmalgeschützter Gebäudebestand
1861 - 1918	Gebäude bis zum 1. Weltkrieg
1919 - 1948	Gebäude vor Gründung der BRD
1949 - 1957	Nachkriegsbauten
1958 - 1968	Wärmeschutz im Hochbau (DIN 4108)
1969 - 1978	Ergänzung der DIN 4108
1979 - 1983	1. Wärmeschutzverordnung
1984 - 1994	2. Wärmeschutzverordnung
1995 - 2002	3. Wärmeschutzverordnung
> 2002	Energieeinsparverordnungen (EnEV)

Die Informationen zum Baualter sind auf drei unterschiedliche Arten in den Gitterzellen hinterlegt. Abbildung 4 zeigt links Gitterzellen, die eine Baualtersklasse eindeutig auf alle Gebäude mit Wohnraum zuweisen. Rechts sind den Gebäuden unterschiedliche Baualtersklassen zugewiesen, eine direkte Zuweisung auf das einzelne Gebäude ist allerdings nicht möglich. In

der dritten Variante sind für die Gitterzelle keine Werte angegeben, entweder existieren in dieser Zelle keine Gebäude mit Wohnraum oder die Angaben sind aus Datenschutzgründen geheim zu halten, z.B. bei weniger als drei Gebäuden pro Gitterzelle.

Das Saarland ist mit über 37.000 Gitterzellen mit Angaben zum Baualter abgedeckt. Von 8.900 Zellen ist eine Übertragung des Baualter von der Gitterzelle auf die Gebäude innerhalb der Zelle direkt möglich, wodurch insgesamt 54.100 Gebäuden ein Baualter direkt zugewiesen werden kann. Diese direkte Übertragung des Baualters von der Gitterzelle auf etwa 18 % der Gebäude mit Wohnraum stellt die Basis der weiteren Berechnungen dar.

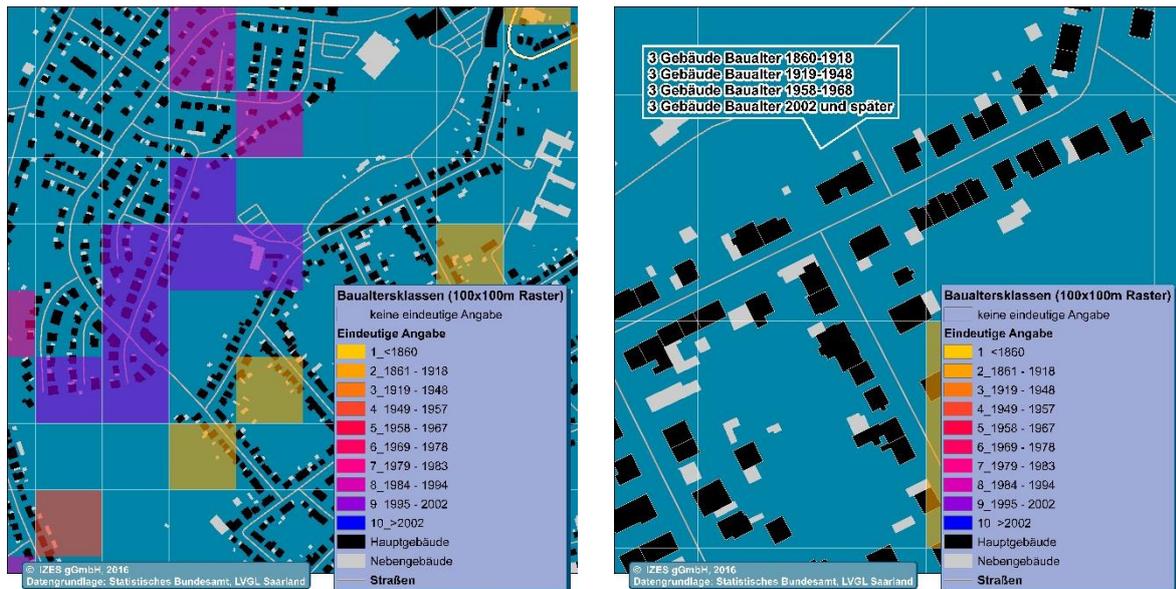


Abbildung 4: *Baualtersklassen der Gebäude mit Wohnraum im 100 m x 100 m Gitterzellen [Zensus2011, 2011](Auszug); links: eindeutige Zuweisung des Baualters aller Gebäude innerhalb einer Gitterzelle; rechts: keine eindeutige Zuweisung des Baualters auf einzelne Gebäude*

Die Gebäude mit bekannter Baualtersklasse und deren Grundstücke sind analysiert worden. Hierzu sind die geometrischen Eigenschaften der Gebäude und Grundstücke in Abhängigkeit des Baualters ausgewertet worden.

Auf Basis dieser Auswertung konnten die Baualterinformationen auf den gesamten Gebäudebestand übertragen werden. Die Übertragung erfolgte in mehreren Schritten, wobei jeder neue Schritt auf dem vorherigen aufbaut. Neben den reinen geometrischen Gebäude- und Flurstücksinformationen wird dabei auch die geografische Lage der Gebäude bzw. deren Entfernung zum Bezugsobjekt berücksichtigt.

Durch die Wahl kleinräumiger, regionaler Zuordnungsgebiete wird eine Differenzierung zwischen städtischen und ländlichen Strukturen angestrebt. Regionale Eigenheiten der einzelnen Gebäude werden stärker gewichtet. Des Weiteren sind die vorgegebenen Gitterzelleninformationen des Zensus2011 berücksichtigt worden. Somit werden den Gebäuden nur Baualtersklassen zugeordnet, die der Zensus2011 für diese Gitterzelle angibt.

Abbildung 5 zeigt letztendlich einen Ausschnitt des Ergebnisses der beschriebenen Zuordnung. Die Zuweisung der Baualtersklassen zeigt sehr deutlich die gewachsenen Siedlungsstrukturen von alten Ortskernen hin zu den Ortsrändern. Des Weiteren ist eine Siedlungsverdichtung durch Schließung von Baulücken erkennbar und die Erschließung neuen Baulands an den Ortsrändern.

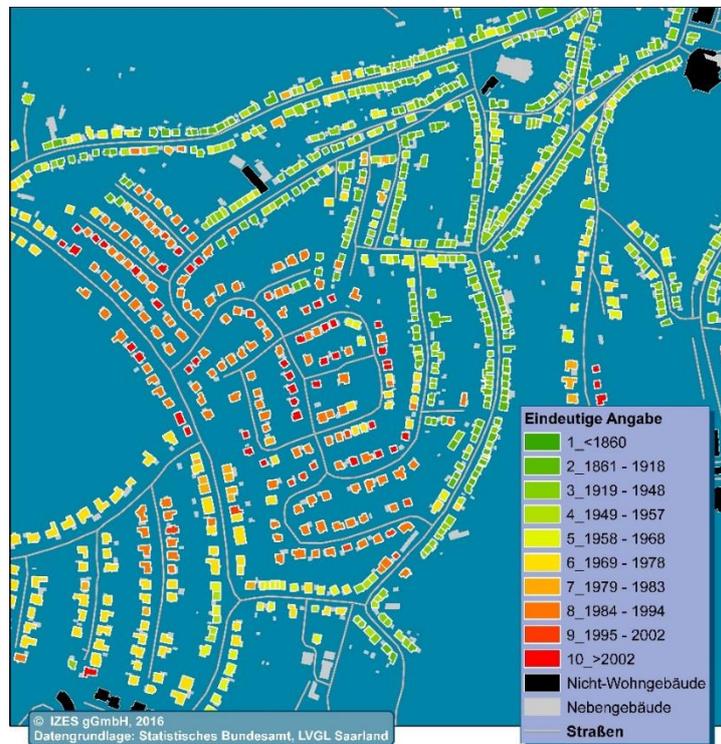


Abbildung 5: Einteilung der Gebäude in Baualtersklassen gemäß IWU, 2012 (Ausschnitt)

Phase 3: Bildung von Quartieren auf Basis der Gebäudetypologie

Die Grundlage zur Definition einer Siedlungsstruktur im Sinne von Quartieren ist in Phase 1 & 2 geschaffen worden. Durch die Kombination von Gebäudeklasse und Baualtersklasse besteht bereits jetzt die Möglichkeit, den Wärmebedarf der Gebäude mit Wohnraum gebäudescharf darzustellen. Diese Vorgehensweise erscheint nicht sinnvoll: Die gebäudescharfe Darstellung basiert in diesem Falle auf Unsicherheiten aus den ersten beiden Phasen. Um diese Unsicherheiten und der hieraus folgenden fehlerhaften Scheingenauigkeit zu vermeiden sowie Datenlücken kompensieren zu können, ist die Darstellung des Wärmebedarfs auf Quartiersebene zu bevorzugen. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Darstellungsweise ist die Wahrung des Datenschutzes, der auf Gebäudeebene nicht gewährleistet ist.

Die Quartiersdarstellung erfordert die Bildung von Siedlungsgebieten ähnlichen Charakters. Sinnvolle Siedlungsstrukturen, wie historische Altstadt etc., sind bereits in früheren Studien (Roth, 1980, Schulz, 1994, Buchert et al., 2004, Blesl et al., 2001/2009) definiert und entwickelt

worden. Begründet in der hohen Anzahl der zu klassifizierenden Gebäude und der damit verbunden großen Datenmenge ist eine automatisierte Klassifizierung der Gebäude mithilfe automatisch abgeleiteter Gebäudemerkmale (Baualter und Gebäudeklasse) und -beziehungen (bspw. geografische Lage und Straßenzugehörigkeit) zu definieren.

Im ersten Schritt der Klassifizierung des Gebäudebestandes werden alle Gebäude ihrem Straßenzug zugeordnet. Die Mittelwerte der Gebäudeinformationen aller einem Straßenzug zugeordneten Gebäude definieren somit einen bestimmten Typ ‚Straße‘. Ändern sich im Straßenverlauf die Gebäudeinformationen grundlegend, ändert sich auch der Typ in diesem Straßensegment. Diese Vorgehensweise verbindet Gebäude gleichen Typs, also mit ähnlichen Gebäudeinformationen, mindestens über ein Straßensegment. ‚Zu kleine Straßensegmente‘ (Stichstraßen, Straßen zu Hinterhäusern etc.) werden über ein Abschneidekriterium von mindestens 500 m² Geschossfläche pro Straßensegment ausgeschlossen, wodurch rund 4.300 von 21.000 Straßensegmenten dem nächstliegenden Nachbar-Straßensegment zugeordnet werden. Die gebildeten Straßentypen stellen die Grundlage der im Folgenden durchgeführten Clusteranalyse dar. Hierbei werden Straßentypen mit ähnlich ausgeprägten Merkmalen gruppiert.

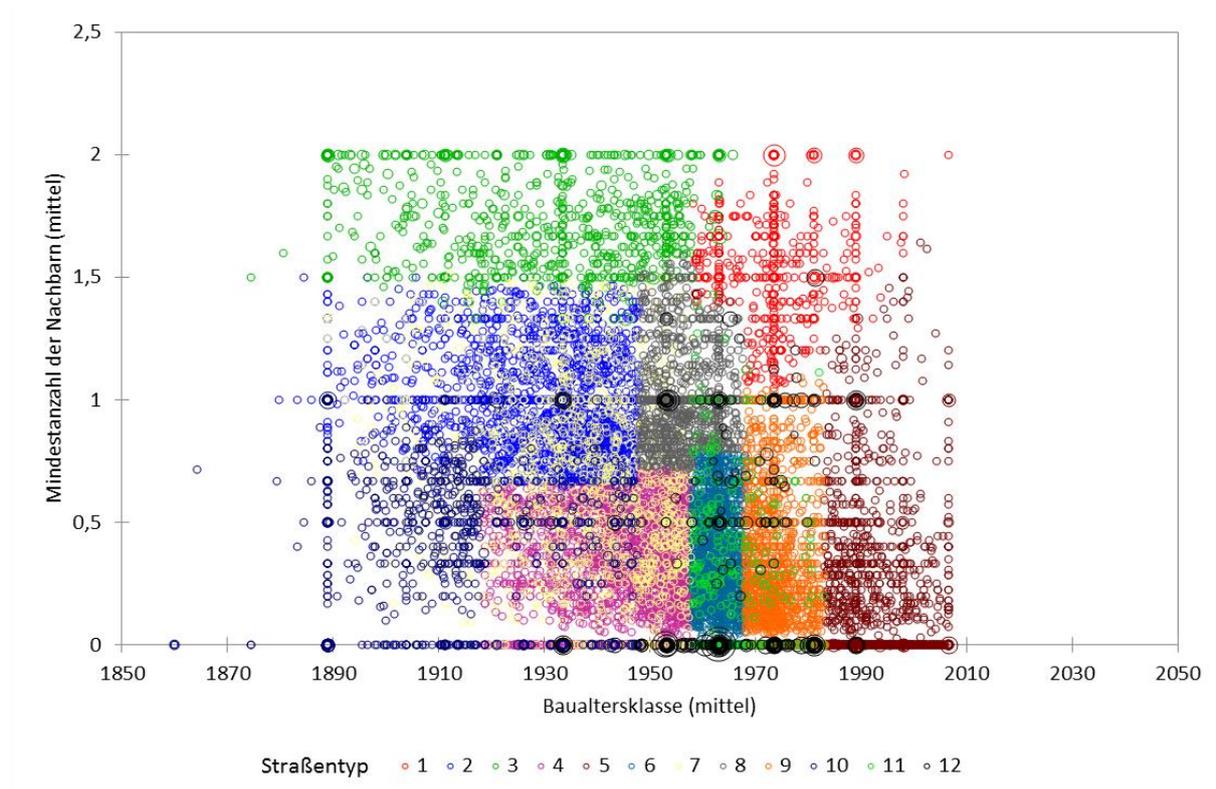


Abbildung 6: Clusterung der Straßenzüge auf Basis mittlere Gebäudeinformationen

In diesem iterativen Prozess werden die Grenzen der einzelnen Gruppierungen für die Hauptmerkmale mittlere Geschossfläche, Gebäudeklasse, Baualtersklasse und Nachbarschaftsinformation, sukzessive angepasst, sodass Siedlungsstrukturen mit deutlich abgegrenzten charakteristischen Eigenheiten entstehen. Folgende Abbildung 6 symbolisiert das vorläufige Ergebnis dieser Clusterung.

Die Grafik zeigt die Verteilung von insgesamt zwölf Straßentypen nach ihrem Baualter (Abszisse), der Mindestanzahl der Nachbarn (Ordinate) und der Geschossfläche (Größe der Kreise) jeweils im Straßenmittel. Unabhängig dieser Clusterung wird der Gebäudetyp VI, Hochhaus, einer separaten Klasse zugeordnet, sodass insgesamt 13 Straßentypen gebildet werden. Die Verteilung aus Abbildung 6 wird in das GIS eingepflegt und kartografisch dargestellt. Alle zusammenhängenden Straßenzüge gleichen Straßentyps werden vereinigt, woraus sich folgende Gebiete gleichen Charakters ergeben (Abbildung 7).

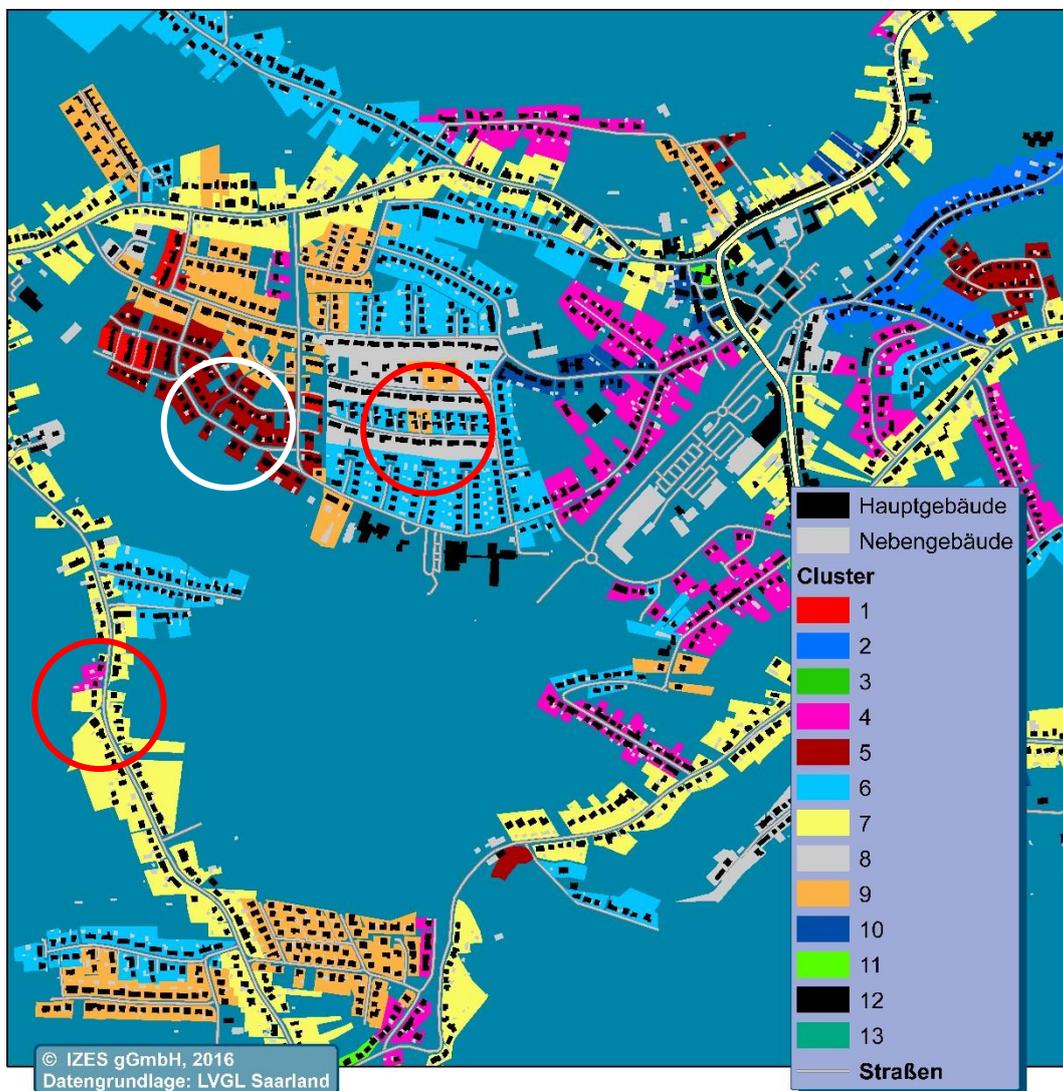


Abbildung 7: Ergebnis der automatisierten Clusterung (Auszug)

Das Ergebnis der Clusterung stellt sich in dieser Phase bereits als sehr zufriedenstellend heraus. Bei näherer Betrachtung zeigen sich an einigen Stellen (rote Kreise in Abbildung 7) allerdings Zuweisungen, die – objektiv betrachtet – fehlerhaft erscheinen, sodass die gesamte automatisierte Clusterung nochmals manuell kontrolliert und an einigen Stellen optimiert wird. Abbildung 7 zeigt zudem Stellen auf, an denen bebaute Straßenzüge nicht vollständig abgedeckt sind, z. B. aufgrund von Baulücken (weißer Kreis). Nach manueller Überarbeitung und Entfernung dieser Lücken stellt sich die Siedlungsstruktur wie folgt dar (Abbildung 8).

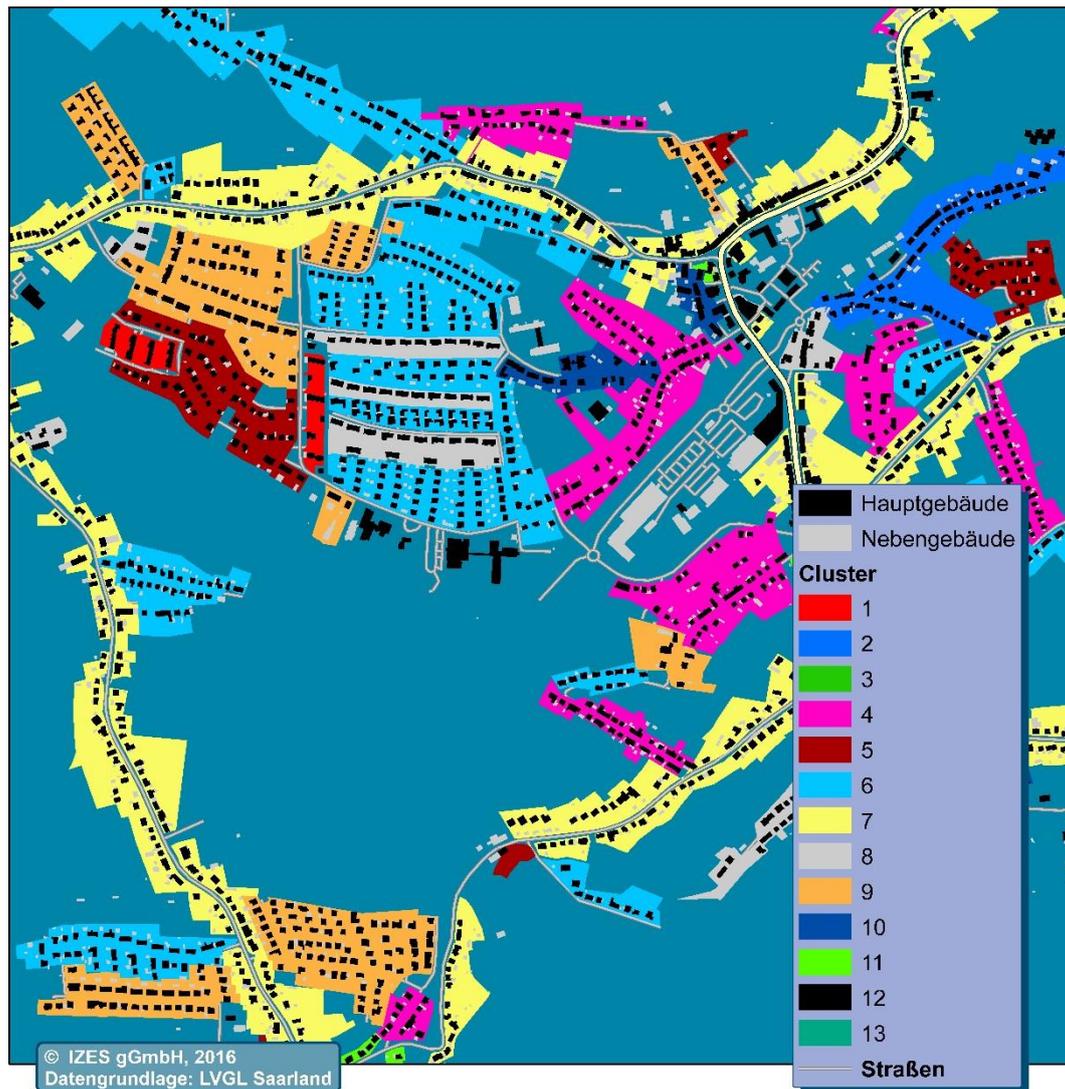


Abbildung 8: Darstellung der Siedlungsstruktur (Auszug ländlicher Struktur)

Deutliche strukturelle Unterschiede für den eher ländlichen Bereich werden in Abbildung 8 ersichtlich. Es ergeben sich zum einen dicht bebaute eher unstrukturierte Dorfkerne älteren Baujahrs. Zum anderen sind in dieser Siedlung ab den 1950er sehr gegliederte Wohnsiedlungen sowie siedlungsverbindende Zonen zu sehen, die sich an den Hauptverkehrsadern orientieren. In einem Gebiet städtischer Struktur treten einzelne Siedlungstypen noch deutlicher

hervor. In Abbildung 9 zeichnet sich bspw. der Innenstadtbereich von Saarbücken deutlich ab. Wobei der alte historische Stadtkern und die angrenzende stark verdichtete Blockrandbebauung innerhalb eines Siedlungstyps liegen.

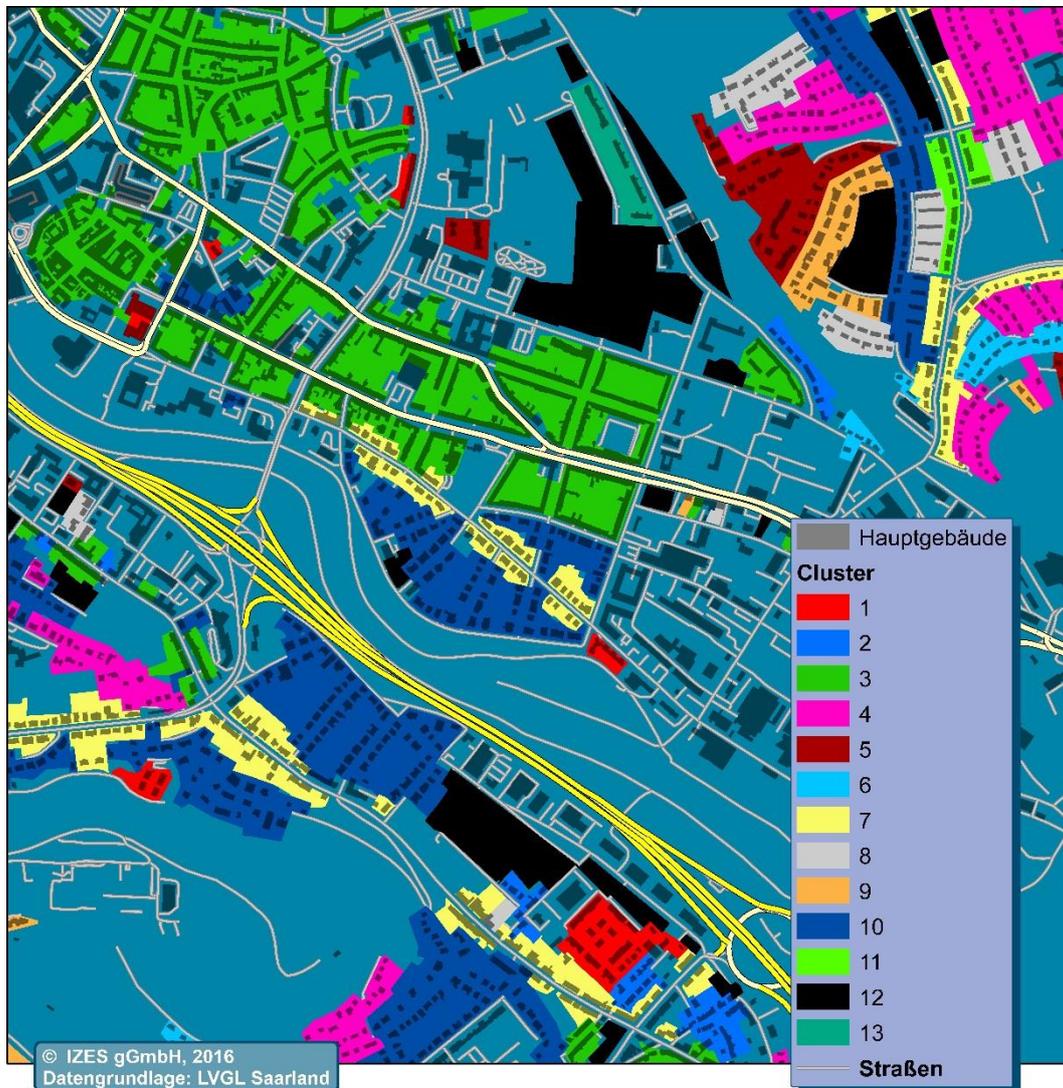


Abbildung 9: Darstellung der Siedlungsstruktur (Auszug städtischer Struktur)

Die einzelnen Siedlungstypen sind im Detail analysiert worden und in Tabelle 4 kurz beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung der Siedlungstypen ist in Anhang B zusammengestellt.⁸

⁸ Im Rahmen der Veröffentlichung im Geoportal Saarland sind die Ergebnisse der Siedlungsstruktur einer Neu-Sortierung – geordnet nach Gebäudetyp und Baualter – und einer veränderten Farbgebung unterlegen.

Tabelle 4: Auflistung der konstruierten Siedlungstypen

Siedlungstyp	Farbcode	Kurzbeschreibung
1		Reihenhaussiedlung (ab 1958 bis heute)
2		Verdichtete Bebauung (bis 1957)
3		Blockrandbebauung (bis 1957)
4		Lockere Bebauung (bis 1968)
5		Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1984 bis heute)
6		Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (1958 bis 1968)
7		Hauptstraßenbebauung (bis 1957)
8		Doppelhaussiedlung (ab 1949 bis 1968)
9		Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1969 bis 1983)
10		Offene teilweise sehr alte Bebauung
11		Hauptstraßenbebauung (ab 1958 bis heute)
12		Großwohnsiedlung
13		Hochhaussiedlung

Phase 4: Ermittlung des Wärmebedarfs in den Quartieren

Zur Ermittlung des Quartierswärmebedarfs wird der Wärmebedarf der einzelnen Wohngebäude ermittelt und auf die Quartiersfläche übertragen. Als Grundlage hierfür werden die Wärmebedarfskennzahlen aus dem Tabula-Projekt⁹ verwendet (Tabelle 5).

Tabelle 5: Wärmebedarfskennzahlen in kWh/(m²*a) [IWU, 2012]

Gebäudeklasse	vor 1860	1860	1919	1949	1958	1969	1979	1984	1995	ab 2002
		1918	1948	1957	1968	1978	1983	1994	2001	
1	170	167	153	170	168	145	114	125	116	86
2		145	128	142	101	118	118	93	86	78
3	177	141	159	148	124	129	114	117	103	71
4				129	117	104	98	91		
5		121	137	136	127	114				
6					110	111	100			

⁹ „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. <http://episcopes.eu/index.php?id=97>

Der in der Tabelle dargestellte Wärmebedarf bezieht sich auf 1 m² Energiebezugsfläche. Gemäß IWU (2012) entspricht die Energiebezugsfläche dem Produkt aus der Netto-Grundfläche (NGF) und der Anzahl beheizter Stockwerke eines Gebäudes.

2.2.3 Ermittlung der Wärmesenken im Nicht-Wohngebäudebereich

Der Nicht-Wohngebäudebereich gliedert sich in die beiden Kategorien Gebäude mit funktionaler Prägung, bspw. Rathäuser, Schulen etc., und gewerblich genutzter Gebäude, wie Bürogebäude (Banken, Versicherungen, etc.) und Gebäude des Einzelhandels. Gebäude mit funktionaler Prägung können mithilfe des entsprechenden ALKIS-Datensatzes zumindest der Kategorie funktionaler Prägung – in den meisten Fällen aber auch der Gebäudefunktion zugeordnet werden. Gebäude, denen über den ALKIS-Datensatz keine Funktion zugeordnet werden können, werden nochmals nachrecherchiert. Erfolgt dadurch immer noch keine Zuordnung, werden diese in die Kategorie Bürogebäude eingeordnet. Den so klassifizierten Gebäuden wird der entsprechende Wärmebedarf gemäß Tabelle 6 zugeordnet.

Tabelle 6: *Spezifischer Wärmebedarf für Gebäude funktionaler Prägung [kWh/(m²*a)] [BMVBS / BBSR, 2009]¹⁰*

Bezeichnung	Wärmebedarf
Betriebsgebäude (Hauptpost, Postbank, Sparkasse, Kompostieranlage, Betriebshof, Saarbahn, Stadtwerke)	170
Bürogebäude	160
Feuerwehr	150
Freizeitanlage (Umkleide, Kiosk etc.)	150
Gebäude für öffentliche Zwecke (Mehrzweckhalle, Kulturhalle, Gemeindezentrum, Bürgerhaus, Gemeindehaus, Theater)	150
Gebäude für Wirtschaft und Gewerbe (Bauhof, Forstamt, Fernmeldeamt, Bundesagentur für Arbeit)	120 bis 160
Gebäude mit Wohnfunktion (Wohnheim, Fördereinrichtung, Schwesternheim)	135
Gefängnis	260
Gericht	110
Hallenbad	550
Heilanstalt/Pflegeheim/Pflegestation	250
Jugendherberge	125
Kindergarten	160
Krankenhaus/Klinik	250
Polizei	125
Rathaus	120
Schulen	140
Sporthalle, Turnhalle	170

¹⁰ BMVBS & BBSR haben 2015 aktualisierte Werte für den Wärmebedarf von Nichtwohngebäuden veröffentlicht. Diese sind unterteilt in sanierte und unsanierte Gebäude. Ist der Sanierungszustand der untersuchten Gebäude bekannt, sind die aktuellen Werte in die Bilanzierung eingegangen, in allen anderen Fällen ist der Wärmebedarf aus Tabelle 6 eingeflossen.

Analog zur Methodik im Wohngebäudebereich wird auch hier der Wärmebedarf der Gebäude auf die Flächen funktionaler Prägung umgelegt und anschließend in die Quartiersdarstellung im Wohngebäudebereich integriert.

2.2.4 Abbildung der Wärmequellen

Zur Versorgung von Wärmesenken im Wohn- und Nicht-Wohngebäudebereich werden mögliche Wärmequellen ermittelt. Der Fokus liegt insbesondere auf dem Bereich der industriellen Abwärme sowie der Bereitstellung der Wärme durch erneuerbare Ressourcen sowie durch Müllverbrennungsanlagen.

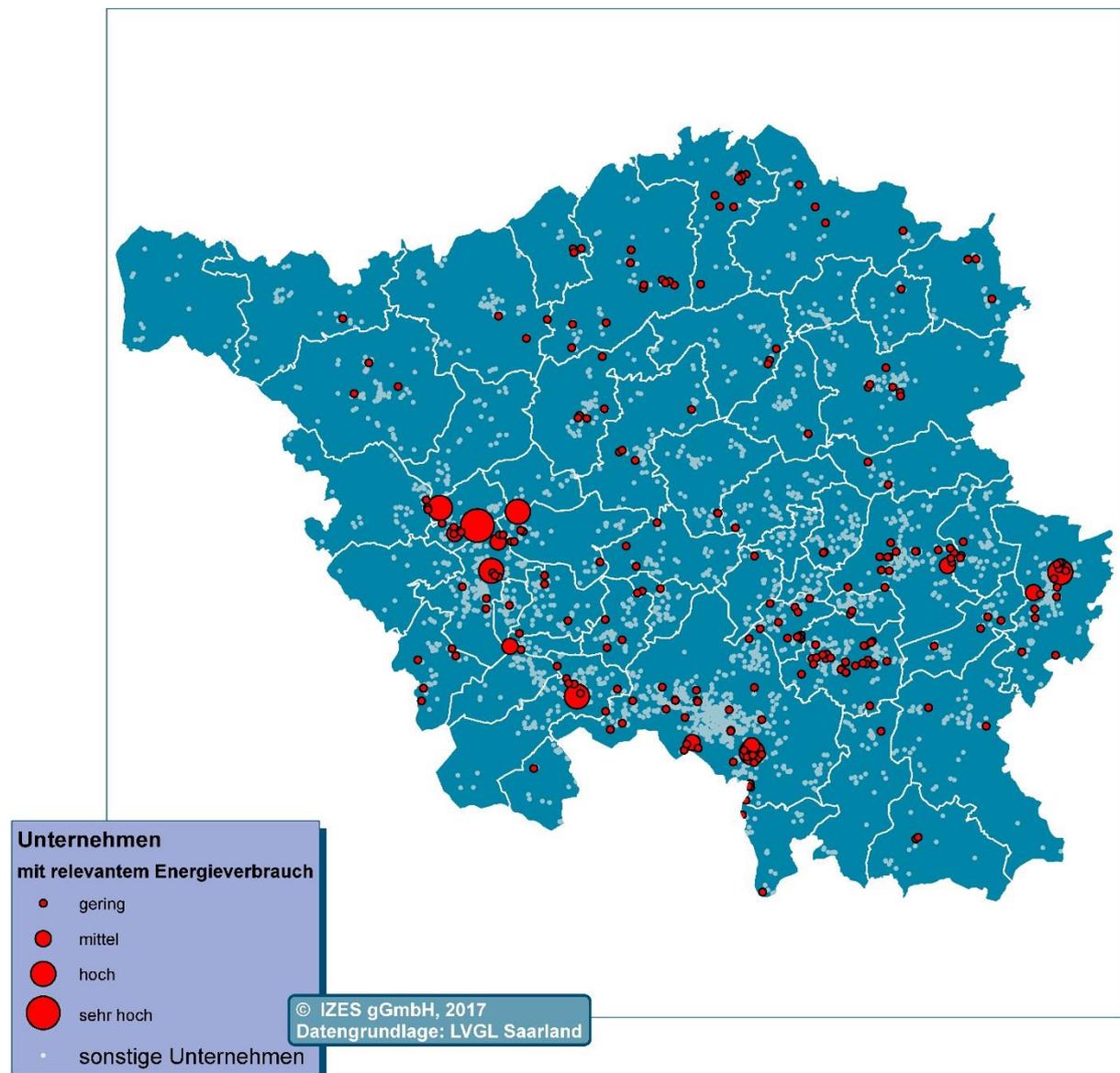


Abbildung 10: Unternehmen im Saarland laut IHK-Firmendatenbank [IHK, 2016b]

Die Ermittlung des Wärmebedarfs und -überschusses von Industrieunternehmen birgt diverse Schwierigkeiten, da von Seiten der Unternehmen nur sehr selten detaillierte Energiebilanzen bereitgestellt werden. Mit diesen wären Rückschlüsse auf die Produktion möglich. Erfahrungen aus ähnlichen, umfangreichen Unternehmensbefragungen per Fragebogen zeigen, dass hier mit Rücklaufquoten im einstelligen Bereich zu rechnen ist. Aus diesem Grund wird von einer saarlandweiten Befragung der Unternehmen abgesehen.

Um trotzdem eine grobe Einschätzung des Potenzials an industrieller Abwärme zu erhalten, sind zwei Angaben wichtig. Die Art des Betriebes und deren Mitarbeiterzahl. Diese Informationen liefert die IHK-Firmendatenbank des Saarlandes¹¹. Alle darin enthaltenen Unternehmen können mit entsprechendem Branchenschlüssel und Mitarbeiterzahlen ausgelesen und nach Relevanz hinsichtlich Energiebedarf und Abwärmepotenzial eingestuft werden. Die Abfrage erfolgte in zwei Schritten: Im ersten Schritt wurden die 50 größten Unternehmen im Saarland und anschließend in Schritt zwei alle weiteren Unternehmen aus energieintensiven Branchen ausgelesen (Abbildung 10).

Insgesamt sind in der Datenbank rund 3.500 Unternehmen registriert – davon etwa 240 mit einem relevanten Energiebedarf und einem evtl. interessanten Abwärmepotenzial sowie ca. 3.300 weitere Unternehmen, die im späteren Projektverlauf bei der Identifikation der 50 Hotspots im Einzelfall nochmals untersucht werden.

Für die 240 im ersten Schritt identifizierten Unternehmen werden die Mitarbeiterzahlen der IHK-Datenbank abgefragt. Sind in der Firmendatenbank keine Angaben zu den Mitarbeiterzahlen vorhanden, werden diese über eine Internetrecherche vervollständigt. Des Weiteren wird soweit möglich der genaue Standort des Unternehmens und der Produktionsstätten nachrecherchiert, da die IHK lediglich die Adresse der Firmenzentralen zur Verfügung stellt.

Den erhobenen Daten, Unternehmensbranche und Mitarbeiterzahl, werden die Kennwerte zur Ermittlung des Wärmebedarfs gemäß [Blesl et al., 2009] in Abgleich eigener Bilanzierungen zugeordnet, woraus sich abschließend ein Wärmebedarf – unterteilt nach Raumwärme, Warmwasser sowie Prozesswärmebedarf (nieder/mittel/hoch) – bestimmen lässt.

Neben der industriellen Abwärme existieren noch weitere Wärmequellen im Saarland. Hierunter fallen bspw. Biogasanlagen, insbesondere jene deren Wärmenutzung defizitär erscheinen, Holzverbrennungen und Müllverbrennungsanlagen.

Diese werden durch die IZES gGmbH bereits erhoben und kontinuierlich aktualisiert.

¹¹ <http://www.ihkn.de/vektor/vektor?bereich=artikel&aktion=suche&status=neu&sprache=ihk&katalogtyp=ihk>, Zugriff am 07.12.2016

2.2.5 Ermittlung des Kältebedarfs

Grundlegend gliedert sich der Kältesektor in die Bereiche Raumklimatisierung (privat sowie gewerblich – Arbeitsplatz & Serverraum) und gewerbliche Kühlung (Lebensmittelkühlung, Tiefkühlung). Diesen Bereichen sind folgende Temperaturniveaus (Abbildung 11) zuzuordnen.

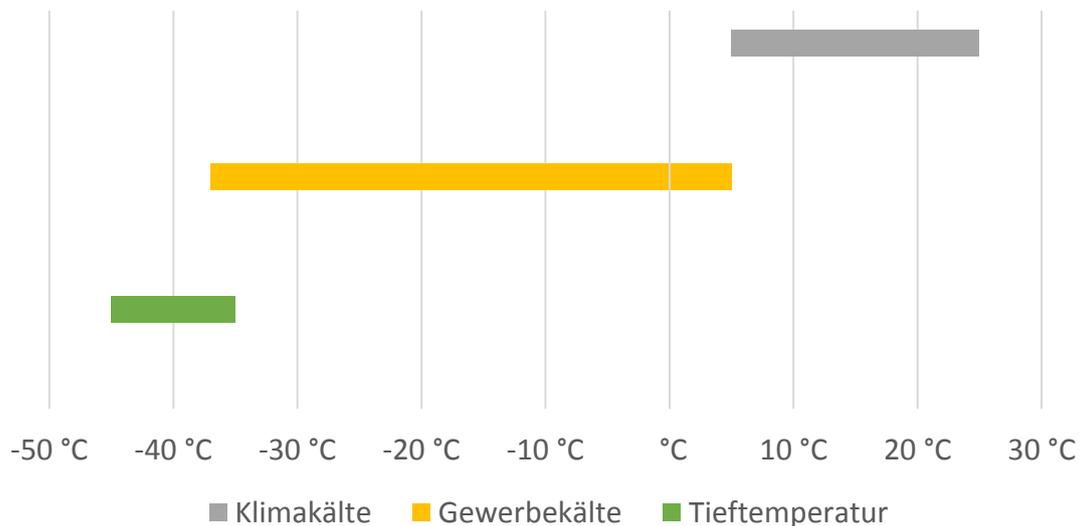


Abbildung 11: Anwendungsbereiche und Temperaturniveaus im Bereich Klimatisierung (eigene Darstellung)

Aus Abbildung 11 lässt sich allerdings noch kein Energiebedarf zur Herstellung eines angenehmen Raumklimas bzw. niedrigerer Temperaturniveaus ableiten. Zur Ermittlung des Kältebedarfs sind in Analogie zum Wärmebedarf weitere Kennwerte, insbesondere der Gebäude, von Bedeutung. Die Ermittlung der speziellen gebäudespezifischen Kennwerte ist zwar in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben worden, allerdings liegen aktuell keine umfassende Erkenntnisse für den Kältebedarf – analog zum Wärmebereich ähnlich Tabelle 5 (Wärmebedarfskennzahlen) und Tabelle 6 (Spezifischer Wärmebedarf für Gebäude funktionaler Prägung) – in der gewünschten Qualität und Konsistenz vor. Alternativ wären mögliche Kälteleistungen für den Wohn- und Nicht-Wohnbereich anhand gemittelter Werte aus der Literatur ableitbar. Es stellt sich allerdings weiter die Frage, welche Gebäude überhaupt klimatisiert sind. Aktuell liegen keine verifizierten Informationen hierzu vor.

Eine Einschätzung des Kältebedarfs würde daher sehr hohen Ungenauigkeiten unterliegen. Aus diesem Grund wird von einer kartografischen Darstellung des Kältebedarfs abgesehen.

2.3 Siedlungsstruktur und Quartiersbildung

Zur Darstellung des Wohngebäudewärmebedarfes ist die Quartiersebene¹² ausgewählt worden. In Kapitel 2.2.2 ist die Vorgehensweise zur Ermittlung der Quartiere auf Basis der gegebenen Siedlungsstruktur bereits beschrieben worden. Insgesamt sind 13 Siedlungsstrukturtypen entwickelt worden. Die Typen orientieren sich an der vorhandenen Gebäudetypologie.

Tabelle 7: Übersicht der gebildeten Siedlungsstrukturtypen/Quartiere

Typ	Kurzbeschreibung	Anzahl Quartiere	Anteil
1	Reihenhaussiedlung (ab 1958 bis heute)	315	2,0%
2	Verdichtete Bebauung (bis 1957)	1.365	7,9%
3	Blockrandbebauung (bis 1957)	465	2,9%
4	Lockere Bebauung (bis 1968)	2.395	15,1%
5	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1984 bis heute)	985	6,2%
6	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (1958 bis 1968)	1.840	11,6%
7	Hauptstraßenbebauung (bis 1968)	4.455	28,0%
8	Doppelhaussiedlung (ab 1949 bis 1968)	755	4,7%
9	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1969 bis 1983)	1.780	11,2%
10	Offene teilweise sehr alte Bebauung	690	4,3%
11	Hauptstraßenbebauung (ab 1964 bis heute)	665	4,2%
12	Großwohnsiedlung	280	1,8%
13	Hochhaussiedlung	30	0,2%
Gesamt		ca.16.000	

Zahlenmäßig lassen sich fast zwei Drittel aller Quartiere den Typen 7 (28,0 %), 4 (15,1 %), 6 (11,6 %) und 9 (11,2 %) zuordnen. Diese vier Siedlungsstrukturtypen treten zumeist gemeinsam bzw. in Kombination auf – häufig in kleineren Ortschaften in der Biosphäre sowie im nördlichen Saarland (ausgenommen sind die Gebiete um die beiden Städte Merzig und St. Wendel herum). In der Regel sind hiervon Orte betroffen, die überwiegend aus einer älteren Hauptstraße bestehen, von der einige locker bebaute Nebenstraßen abgehen, und die in den Nachkriegsjahren (bis in die 1980er Jahre hinein) durch Ein- und Zweifamilienhausgebiete erweitert

¹² Der Begriff Quartier wird hier mit Gebieten gleicher Gebäudetypologie hinsichtlich Wärmebedarf definiert und ist nicht dem Quartiersbegriff der KfW-Quartierskonzepte gleichzusetzen.

worden sind. Beispiele hierfür sind die Orte bzw. Gemarkungen Bebelnheim, Wolfersheim und Breitfurt sowie Eiweiler, Selbach und Neunkirchen/Nahe. Flächenmäßig decken solche Ortschaften etwa 32 % der gesamten bewohnten saarländischen Siedlungsfläche ab.

Einen größeren Anteil nimmt zudem der Siedlungsstrukturtyp 2 ein (7,9 % der Quartiere). Dieser umfasst einerseits ältere, stark verdichtete Quartiere im Zentrum kleinerer Städte und Gemeinden und markiert dort den alten Ortskern. Beispiele sind die Orte Losheim am See, Eppelborn und Illingen. Etwa ein Viertel aller Gemarkungen im Saarland lässt sich hier zuordnen. Andererseits tritt der Siedlungsstrukturtyp 2 in den Gebieten entlang der beiden Siedlungsachsen zwischen Saarbrücken und Saarlouis (Saarschiene) bzw. zwischen Saarbrücken und Neunkirchen auf. Parallel zur Hauptstraße sind dort im Zuge der Industrialisierung (Stahl- und Montanindustrie) dicht bebaute Wohngebiete entstanden. Beispiele hierfür sind die Städte Dudweiler, Sulzbach, Püttlingen, Bous und Ensdorf. Der Flächenanteil des Siedlungsstrukturtyps 2 liegt insgesamt bei etwa 11 % der bewohnten Siedlungsfläche im Saarland.

Den geringsten Anteil (sowohl mengen- als auch flächenmäßig) nehmen die Siedlungsstrukturtypen 3 (je 3 %), 1 (2 % bzw. 1 %), 12 (je 1 %) und 13 (0,1 % bzw. 0,2 %) ein. Sie befinden sich vorrangig in größeren, dicht besiedelten Städten, wie Saarbrücken, Homburg, Saarlouis und Neunkirchen und treten dort als gründerzeitliche Blockrandbebauung, Reihenhaus- oder Großwohnsiedlung der Nachkriegszeit oder als Wohnhochhäuser der 1960er bzw. 1970er Jahre in Erscheinung. Ihr Gesamtanteil an der bewohnten Siedlungsfläche liegt bei etwa 5,5 %. Die übrigen Siedlungsstrukturtypen (5, 8, 10 und 11) treten zu etwa gleichen Anteilen in den saarländischen Gemeinden auf. In Summe bilden sie etwa 20 % der Quartiere und 19 % der bewohnten Siedlungsfläche des Saarlandes ab.

Werden die Angaben stattdessen auf die Energiebezugsfläche bezogen, verändert sich die Verteilung der Flächenanteile zugunsten der hoch verdichteten Siedlungsstrukturtypen. Dies gilt vor allem für die Siedlungsstrukturtypen 3, 12 und 13, die durch einen höhergeschossigen Wohnungsbau gekennzeichnet sind. Quartiere mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern weisen dagegen einen geringeren Flächenanteil im Vergleich zur siedlungsflächenbezogenen Darstellung. Somit verdreifacht sich bei einer energiebezugsflächenbezogenen Darstellung der Flächenanteil höhergeschossiger Quartiere – insbesondere in städtischen Gebieten – wohingegen sich der Flächenanteil in Ein-/Zweifamilienhausgebieten im Durchschnitt um ein Viertel verringert (im Vergleich zur siedlungsflächenbezogenen Darstellung).

Den größten Teil der Energiebezugsfläche machen dennoch weiterhin die Wohngebäude der oben als erstes beschriebenen Siedlungsstrukturen (7, 4, 6, und 9) aus, die überwiegend in kleineren Ortschaften in der Biosphäre sowie in weiten Teilen des Nordsaarlands vorkommen. Siedlungen dieses Typs umfassen etwa 57 % der gesamten bewohnten Energiebezugsfläche im Saarland. Einen großen Anteil der bewohnten Energiebezugsfläche nehmen zudem die Quartiere des Siedlungstyps 2 mit 13 % ein.

Detaillierte Informationen zu den einzelnen, identifizierten Siedlungsstruktur- bzw. Quartiers-typen im Saarland (in Summe bzw. im Mittel) sind in Tabelle 8 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 8: Eigenschaften der Siedlungsstrukturtypen/Quartiere

Typ	Fläche Quartier [Σ m ²]	Fläche Quartier [Ø m ²]	Anzahl Gebäude [-]	Grundfläche [m ²]	Geschossfläche (GF) [m ²]	Energiebezugsfläche (EBF) [m ²]	Anteil Energiebezugsfläche [%]	Energiebezugsfläche pro Gebäude [m ² EBF]	Mittlere Grundflächenzahl (GRZ) [-]	Mittlere Geschossflächenzahl (GFZ) [-]
1	3.239.500	10.200	7.600	733.700	1.772.600	1.370.300	1,7 %	180	0,3	0,7
2	24.330.400	19.300	42.300	4.542.300	13.185.300	10.357.400	12,9 %	245	0,3	0,9
3	6.064.900	13.000	14.900	1.930.600	7.504.600	5.929.500	7,4 %	400	0,5	1,8
4	46.063.000	19.200	53.600	6.476.400	17.233.300	13.276.400	16,6%	250	0,2	0,6
5	20.787.500	21.100	23.400	3.061.300	6.933.200	5.230.300	6,5 %	225	0,2	0,5
6	35.344.000	19.200	39.600	4.979.500	12.572.900	9.535.100	11,9 %	240	0,2	0,5
7	31.811.400	7.100	46.100	5.816.700	16.947.200	13.288.500	16,6 %	290	0,3	0,8
8	12.514.500	16.600	20.800	2.171.000	5.996.500	4.586.800	5,7 %	220	0,2	0,7
9	36.901.800	20.700	38.300	5.555.600	12.846.100	9.854.500	12,3 %	255	0,2	0,5
10	6.462.200	9.400	8.300	1.173.300	3.648.600	2.951.000	3,7 %	355	0,3	0,8
11	3.887.200	5.900	4.300	592.600	1.635.400	1.256.200	1,6 %	295	0,2	0,5
12	3.045.200	10.800	1.400	620.600	2.799.300	2.190.800	2,7%	1.575	0,7	1,6
13	362.800	12.100	80	47.400	472.900	368.300	0,5 %	4.440	0,1	1,1
Gesamt	230.815.600	14.600	300.600	37.700.000	103.547.900	80.195.100	100 %	345	0,2	0,7

2.4 Wärmebedarf 2016

In Kapitel 2.2.2 und Kapitel 2.2.3 ist die Vorgehensweise zur Berechnung des Wärmebedarfs dokumentiert. Tabelle 9 stellt nun den ermittelten Wärmebedarf der Wohngebäude zusammen. Der Wärmebedarf wird absolut pro Siedlungsstruktur- bzw. Quartierstyp und spezifisch auf die Quartiers- und die Energiebezugsfläche bezogen dargestellt.

Tabelle 9: Wärmebedarf der Siedlungsstrukturtypen/Quartiere

Typ	Kurzbeschreibung	Wärmebedarf		
		[GWh/a]	[kWh/(m ² *a) Quartier]	[kWh/(m ² *a) EBF]
1	Reihenhaussiedlung (ab 1958 bis heute)	155	60	110
2	Verdichtete Bebauung (bis 1957)	1.425	70	140
3	Blockrandbebauung (bis 1957)	770	140	130
4	Lockere Bebauung (bis 1968)	1.935	50	145
5	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1984 bis heute)	595	30	115
6	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (1958 bis 1968)	1.370	45	145
7	Hauptstraßenbebauung (bis 1968)	1.860	70	140
8	Doppelhaussiedlung (ab 1949 bis 1968)	595	55	130
9	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1969 bis 1983)	1.330	40	135
10	Offene teilweise sehr alte Bebauung	425	85	145
11	Hauptstraßenbebauung (ab 1964 bis heute)	170	50	135
12	Großwohnsiedlung	275	115	125
13	Hochhaussiedlung	40	105	105
Gesamt		10.940	60	140

Insgesamt wird für das Saarland ein Wärmebedarf für den Wohngebäudebereich von rund 10.900 GWh bilanziert. Aus Tabelle 9 wird ersichtlich, dass ein Großteil hiervon (fast drei Viertel) den bereits im vorangegangenen Abschnitt 2.3 genannten Siedlungsstruktur- bzw. Quartierstypen 4, 6, 7, 9 und 2 zugeordnet werden kann. Die Tabelle verdeutlicht zudem, dass ungefähr zwei Drittel des Wärmebedarfs in weniger dicht besiedelten Gebieten fern der oben

beschriebenen Siedlungsachsen sowie außerhalb von kleineren Städten, wie St. Wendel, Lebach oder Ottweiler, anfallen. Der restliche Wärmebedarf (ein Drittel) verteilt sich auf die verdichteten Wohnquartiere in den Städten.

Auf die Siedlungsfläche bezogen ergibt sich der höchste (spezifische) Wärmebedarfe in den verdichteten Stadtgebieten, die entweder durch Blockrandbebauung (Typ 3), Großwohnsiedlungen (Typ 12) oder Hochhaussiedlung (Typ 13) geprägt sind. Hier liegt der Wärmebedarf je Quadratmeter bebauter Siedlungsfläche bei durchschnittlich etwa 100-140 kWh. Die geringsten siedlungsflächenbezogenen Wärmebedarfe ergeben sich dagegen in den Ein- und Zweifamilienhaussiedlungen, wo der spezifische Wärmebedarf je nach Alter und Baustandard im Mittel zwischen circa 30 und 45 kWh je Quadratmeter variiert.

Auf die Energiebezugsfläche bezogen werden die höchsten Wärmedichten in den Siedlungsstrukturen bzw. Quartieren erzielt, die bereits vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet worden sind. Dies gilt insbesondere für die Siedlungsstrukturtypen 4, 6 und 10, die mit 145 kWh je Quadratmeter Energiebezugsfläche insgesamt die höchsten mittleren Wärmedichten aufweisen. Charakteristisch für diese Gebiete ist neben dem Baualter vor allem die offene Bebauung, die in der Regel für ländliche Gebiete typisch ist. Der höchste (energiebezugs-)flächenbezogene Wärmebedarf ergibt sich daher nicht – anders als bei der siedlungsflächenbezogenen Betrachtung – in städtischen, dicht besiedelten Gebieten, sondern in den weniger dicht besiedelten Gebieten außerhalb der bereits beschriebenen Siedlungsachsen.

Die folgenden drei Abbildungen zeigen jeweils einen Ausschnitt aus dem saarländischen Wärmekataster, in dem der aktuelle Wärmebedarf pro Quartier dargestellt ist. In Abbildung 12 wird der absolute, in Abbildung 13 der auf die Quartiers- bzw. Siedlungsfläche bezogene und in Abbildung 14 der auf die Energiebezugsfläche bezogene Wärmedarf dargestellt.

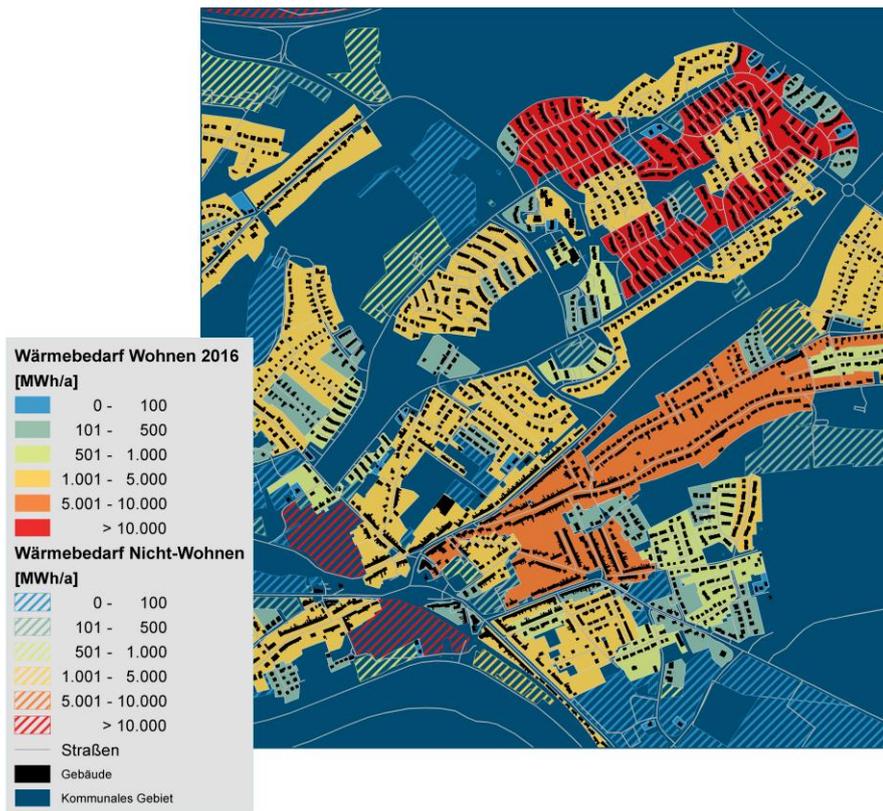


Abbildung 12: Gesamtwärmebedarf pro Quartier [MWh/a]

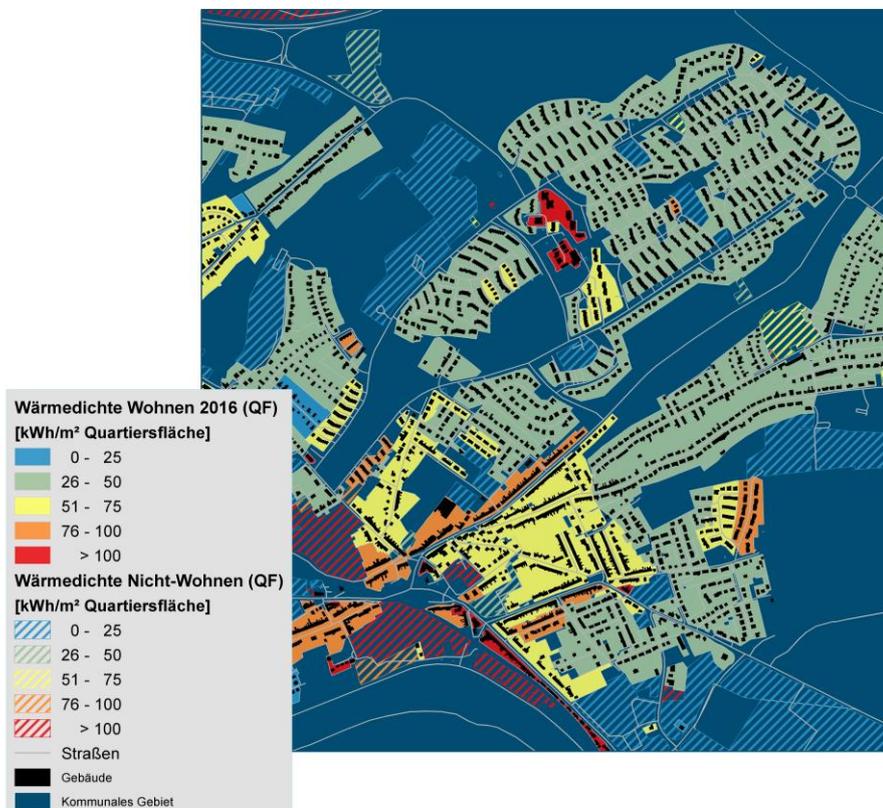


Abbildung 13: Spezifischer Wärmebedarf pro m² Quartiersfläche [kWh/m²*a]

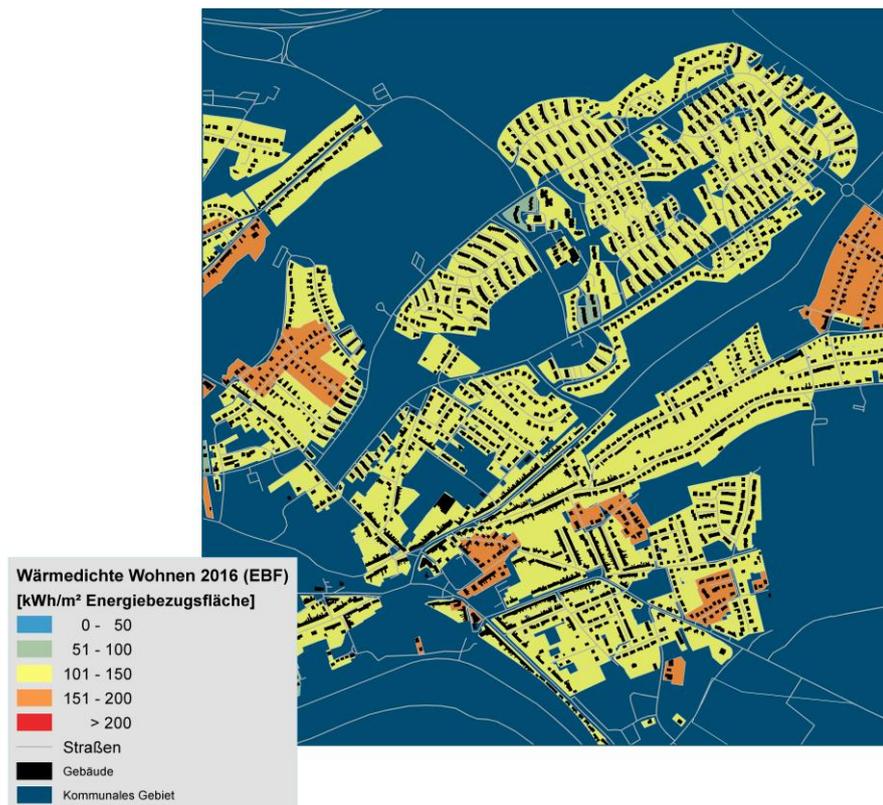


Abbildung 14: Spezifischer Wärmebedarf pro m² Energiebezugsfläche [kWh/m²*a]

2.5 Einbeziehung bestehender Infrastrukturen zur Wärmeverbrauchsrechnung

Kapitel 2.4 zeigt den ermittelten Wärmebedarf für das Saarland. Nun stellt sich die Frage, wie die Versorgung dieses Wärmebedarfs (aktuell) sichergestellt wird.

Eine geografische Zuweisung der einzelnen Energieträger zu den einzelnen Gebäuden ist nur teilweise möglich. Eine direkte Lokalisierung der Gebäude und der Art der Wärmeversorgung ist eindeutig nur bei netzgebunden Systemen zweifelsfrei zu identifizieren. Im Saarland können die Gebäude, die mit Erdgas versorgt werden, anhand des Verlaufs des Gasnetzes ermittelt werden. Die Informationen hierzu sind allerdings nicht zentral organisiert. Sie liegen bei den einzelnen Netzbetreibern bzw. Stadtwerken. Die saarländischen Stadtwerke wurden im Rahmen des „EVU-Workshops“ über das Projekt informiert (vgl. Anhang C) und um Unterstützung gebeten. Die Aufbereitung und Bereitstellung der erforderlichen Geo-Daten war jedoch im Rahmen der Projektlaufzeit nicht möglich.

Eine weitere netzgebundene Wärmeversorgung stellt im Saarland die Fernwärmeversorgung dar. Hierzu liegen zentral gebündelte Informationen vor, die an dieser Stelle in das Projekt einfließen können. Die Fernwärme-Verbund Saar GmbH (FVS) betreibt die Fernwärmeschiene

Saar, die von Dillingen nach Saarbrücken verläuft. Neben der Hauptschiene entlang der Saar existieren noch weitere ‚kleinere‘ Netze im Saarland.

Direkte Verbrauchsangaben über verbleibenden Gebäude, die weder durch Erdgas noch durch die Fernwärme versorgt werden, können nicht hinreichend genau ermittelt werden. Lediglich eine Unterscheidung zwischen Ölheizungen und elektrisch betriebener Heizsysteme ist noch über die Schornsteinfegerinnung möglich, wobei hier bislang keine georeferenzierte Datenbank (saarlandweit) zur Verfügung steht.

2.5.1 Darstellung des saarländischen Fernwärmenetzes

Folgende Darstellung (Abbildung 15) zeigt einen Ausschnitt des Saarlandes mit den durch die Fernwärme versorgten Quartieren.¹³ Der genaue Verlauf der Wärmenetze ist aus Datenschutzgründen nicht dargestellt.

Die Lage der Wärmenetze fließt in die Hotspot-Analyse ein (vgl. Kapitel 4).

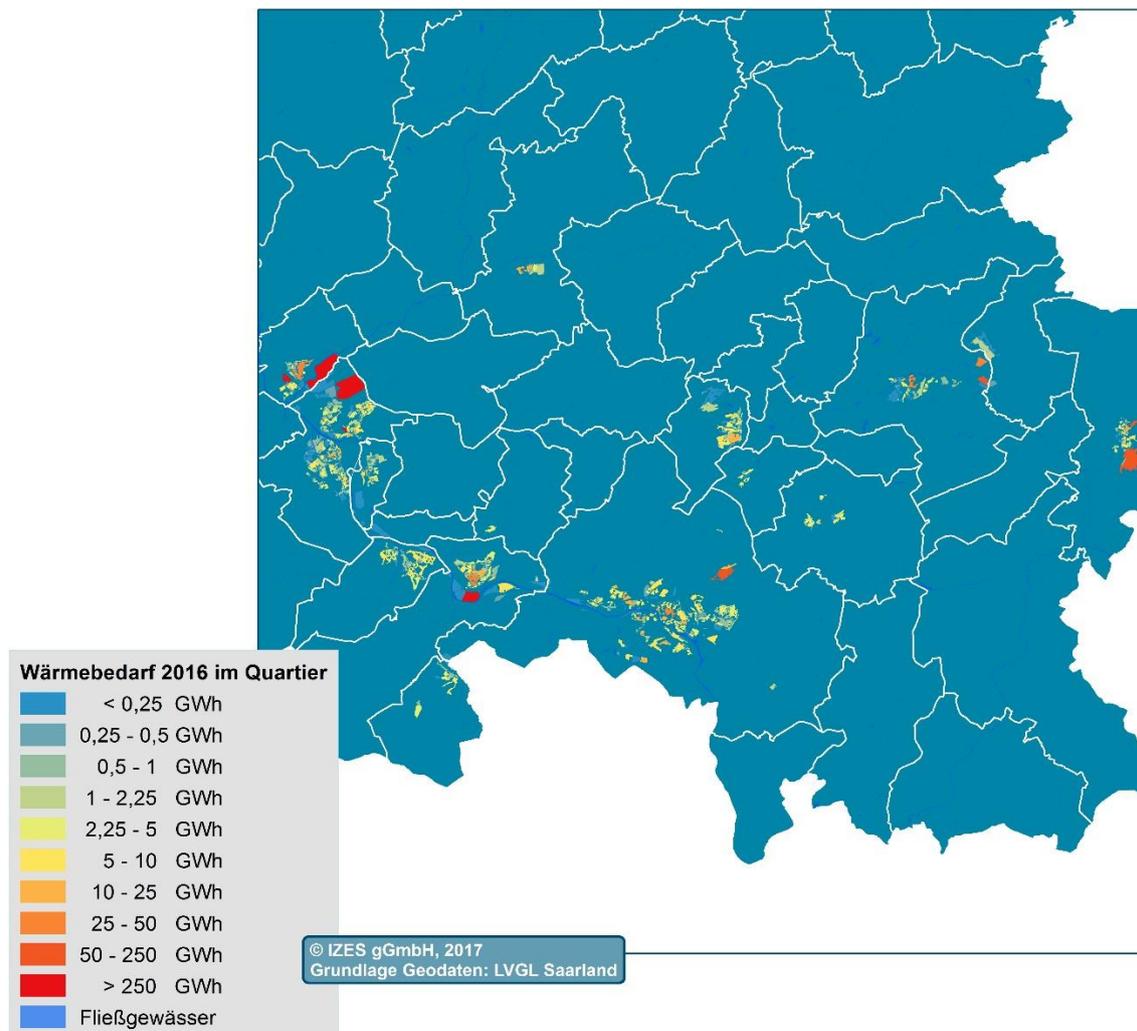


Abbildung 15: Fernwärmeversorgung im Saarland [Brand et al., 2009]¹⁴

¹³ Das Nahwärmenetz in Fürth ist in dieser Darstellung noch nicht eingearbeitet.

¹⁴ Die Nahwärmeversorgung in Fürth ist in der Abbildung nicht dargestellt/Tabelle nicht aufgelistet.

2.5.2 Berücksichtigung des Wärmenetzes bei der Bedarfsberechnung

Gemäß der Auswertung sind an das saarländische Fernwärmenetz etwa 8.800 Gebäude angeschlossen, welche zusammen in einen Wärmebedarf von insgesamt rund 730 MWh pro Jahr aufweisen. Tabelle 10 stellt die einzelnen wärmenetzversorgten Gebiete im Saarland mit der Anzahl der angeschlossenen Gebäude und deren Wärmebedarf pro Jahr zusammen.

Tabelle 10: Fernwärmegebiete Saar¹⁴

Fernwärmegebiet	Angeschlossene Gebäude (gerundet) [-]	Wärmebedarf der angeschlossenen Gebäude [GWh/a]
Steinrausch	890	22,6
Roden	430	21,6
Fraulautern	210	10,5
Dillingen	925	75,8
Saarlouis	1.035	107,4
Lisdorf	385	16,3
Ensdorf	545	21,6
Wadgassen	80	4,8
Hostenbach & Schaffhausen	245	11,7
Völklingen	1.880	126,7
Saarbrücken	270	60,7
Göttelborn	1	176,0
Homburg	180	91,0
Lebach	160	14,3
Neunkirchen	70	22,7
Quierschied (+Brach)	1.185	48,2
St. Ingbert	25	3,0
Sulzbach	12	11,4
Dorf im Warndt	45	1,7
Großrosseln	275	13,3

In der Untersuchung nach möglichen, neuen Projektierungen sind die Gebäude, die bereits an die Fernwärme Saar angeschlossen sind, von untergeordnetem Interesse. Interessant sind dagegen die Gebäude, die an der Fernwärme liegen, jedoch nicht an diese angeschlossen sind. Diese könnten im Zuge einer Verdichtung den Anschlussgrad der Wärmenetze erhöhen.

2.6 Diskussion der Ergebnisse zum Wärmebedarf 2016

2.6.1 Schwachstellen der Grundlagen(daten)

Die Grundlage für die Kartierung des Wohngebäudebereichs bilden in erster Linie Geo-Daten. Der verwendete Datensatz des 3D-Gebäudemodells steht lediglich in der Detailausführung LOD1, d.h. als Klötzchenmodell (ohne Dachkörper), zur Verfügung. Aufgrund dessen ist es möglich, dass Gebäudehöhen falsch interpretiert werden und zu falschen Geschossangaben führen. Anhand der iterativen Vorgehensweise und einer Vielzahl an Stichproben zur Verifizierung der Geschossanzahl ist die Fehlerquote in diesem Bearbeitungsprozess auf ein Minimum reduziert worden.

Eine weitere Unsicherheit beinhaltet die Bestimmung des Baualters mittels Zensus2011-Rasterdatensatz. Auch hier ist durch ein iteratives Verfahren – nach Ansicht der Bearbeiter des Projektes – innerhalb der begrenzten Projektlaufzeit ein optimales Ergebnis erzielt worden.

Nach der Ermittlung der Siedlungsstruktur sind den Gebäuden die Wärmebedarfskennzahlen entsprechend des Gebäudetyps zugewiesen worden, woraus sich der Jahreswärmebedarf ermitteln lässt. Dieser Arbeitsschritt greift auf Literatur- bzw. externe Daten zu, die nicht in jedem Falle verifiziert werden konnten. Allerdings erschien die Nutzung der verifizierten IWU-Datenbank als deutlich sinnvoller als eine Eigenerhebung, da hier jahrelange Erfahrung und Datenbankentwicklung im Gebäudebereich einfließen.

Neben dem Wohngebäudebereich ist auch im gewerblichen und industriellen Bereich auf branchenspezifische Wärmebedarfskennzahlen aus der Literatur zurückgegriffen worden. Diese sind mit einem laufenden Projekt der IZES gGmbH [Tänzer & Groß, 2015]¹⁵ abgeglichen worden. Daneben sind Standorte der Betriebe nochmals intensiv nachrecherchiert worden, um diese im Wärmekataster präziser zu lokalisieren und fehlende Informationen zu ergänzen.

2.6.2 Sanierung

Neben den bereits geschilderten Unsicherheiten im vorangegangenen Abschnitt soll an dieser Stelle nochmals auf die Wärmekennzahlen des IWU hingewiesen werden. Diese bilden den aktuellen Wärmebedarf je nach Gebäudetyp ab. Dabei wird vorausgesetzt, dass Gebäude aus älteren Baujahren bereits mindestens einmal (energetisch) saniert worden sind.

In der Literatur existieren aktuell keine verifizierten Aussagen zum genauen Sanierungsstand der Gebäude je nach Baualter. Zur Abbildung des Wärmebedarfs stellt dies aber keine direkte Hürde dar. Leidglich zur Definition der Trendentwicklungen bzw. besseren Einschätzung der zukünftigen Sanierungsquote (Kapitel 3) wäre diese Information hilfreich gewesen.

¹⁵ Abwärmeatlas - Erhebung, Abschätzung und Evaluierung von industrieller Abwärme in Deutschland - Potenziale und Forschungsbedarf. <http://www.izes.de/projekte/abw%C3%A4rmeatlas-erhebung-absch%C3%A4tzung-und-evaluierung-von-industrieller-abw%C3%A4rme-deutschland>

2.6.3 Abgleich von Bedarfsermittlung und Verbrauch in einzelnen Versorgungsgebieten der FVS

In den beiden Abschnitten zuvor (Kapitel 2.6.1 und 2.6.2) ist auf die Schwachstellen und Unsicherheiten der Untersuchung hingewiesen worden. Wie bereits beschrieben, sind die hieraus resultierenden Schwachstellen mittels iterativer Bearbeitungsprozesse weitestgehend vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert worden.

Zur Evaluation der Ergebnisse hat die FVS – vertreten durch die Steag New Energies (vgl. SNE, 2016) – der IZES gGmbH Verbrauchs-/Realdaten zweier ausgewählter fernwärmeversorgter Gebiete zur Verfügung gestellt. Als Gebiete wurden ein homogenes Wohngebiet, Saarlouis Steinrausch, und ein heterogenes Gebiet, Quierschied, ausgewählt.

In dem heterogenen Gebiet weicht der Verbrauchswert vom bilanzierten Wärmebedarf im Wärmekataster um rund 15 % ab. Dies liegt in erster Linie an der Unsicherheit im Bereich ‚Gewerbe‘. Im Zentrum von Quierschied sind Gewerbeflächen (Einzelhandel und Dienstleistungen), die nicht näher identifiziert und somit wärmebedarfsseitig nicht genauer definiert werden konnten.

Im Gebiet Steinrausch liegt die Abweichung zwischen bilanziertem Wärmebedarf im Wärmekataster und dem Verbrauchswert der Steag New Energies bei lediglich 1,6 %. Dies weist darauf hin, dass insbesondere der Wohngebäudebereich eine sehr hohe Qualität aufweist.

Für die gesamte Fernwärmeschiene gibt die FVS im Jahr 2015 einen Wärmeabsatz von rund 808 GWh/a an (FVS, 2016). Das Wärmekataster weicht mit der bilanzierten Wärmemenge lediglich um 10 % ab. Dies entspricht einer Abweichung von rund 80 GWh/a.

3 Trends bis 2025 und 2035 (Potenziale)

Im vorangegangenen Kapitel ist der aktuelle Wärmebedarf ermittelt worden. Im Rahmen des Projektes Wärmekataster Saarland ist neben dem aktuellen Wärmebedarf auch der zukünftige Wärmebedarf im Sinne eines Trends darzustellen. Die Trendentwicklungen fließen in die Bewertung der einzelnen Hotspots (Kapitel 4) ein.

Hierzu werden im Folgenden Annahmen zur Wärmebedarfsentwicklung bis 2025 und 2035 getroffen. Berücksichtigt werden Entwicklungen der Bevölkerung und des Wohnflächenbedarfs sowie die Sanierungstätigkeit bzw. Sanierungsbereitschaft.

3.1 Zeitliche Trends

3.1.1 Bevölkerungsentwicklung

In Deutschland zeichnete sich bislang ein kontinuierliches Wachstum der Bevölkerung ab. Allerdings wird aufgrund der Altersstruktur der Bevölkerung zukünftig ein Rückgang prognostiziert. Das Statistische Bundesamt zeigt in der 13. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung diese Entwicklung in Form unterschiedlicher Varianten (vgl. Abbildung 16).

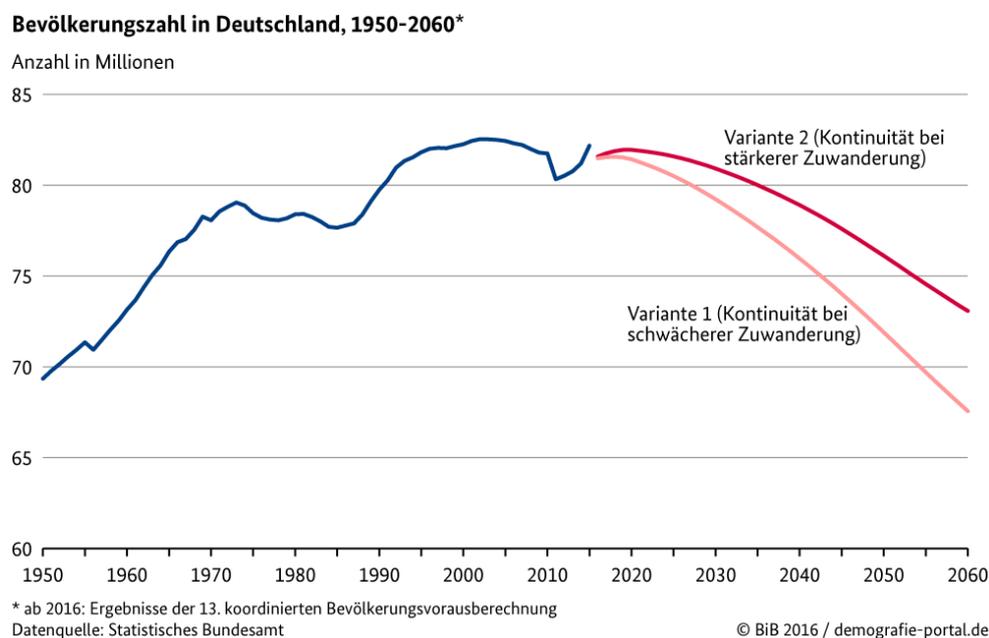


Abbildung 16: Bevölkerungsentwicklung 1950 bis 2060 in Deutschland [Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, 2016]

Abbildung 16 stellt ab dem Jahr 2025 zwei Prognosevarianten der Bevölkerungsentwicklung dar: Variante 1 beschreibt die Entwicklung mit einer schwächeren Zuwanderung, wohingegen Variante 2 von einer stärkeren Zuwanderung ausgeht.

Diese beiden Varianten liegen auch der Bevölkerungsvorausberechnung für das Saarland zugrunde. Für das Saarland liegen Bevölkerungszahlen für die Jahre 2025, 2030 und 2035 vor. Abbildung 17 zeigt die Entwicklung der Bevölkerung im Saarland von 2010 bis 2015. Ab 2015 sind drei lineare Trends unter Berücksichtigung der Schätzungen der Bevölkerungsvorausberechnung für 2025, 2030 und 2035 dargestellt.

Trend 1 (rot) ist die lineare Fortschreibung der Bevölkerung basierend auf der bisherigen Bevölkerungsentwicklung. Trend 2 (blau) zeigt die Entwicklung basierend auf der bisherigen Entwicklung und der Vorausberechnung der Variante 1. Diese beiden Trends sind annähernd gleich. Trend 3 (dunkelblau) basiert ebenfalls auf der bisherigen Entwicklung und der Vorausberechnung der Variante 2 mit einer leicht höheren Bevölkerungszahl.

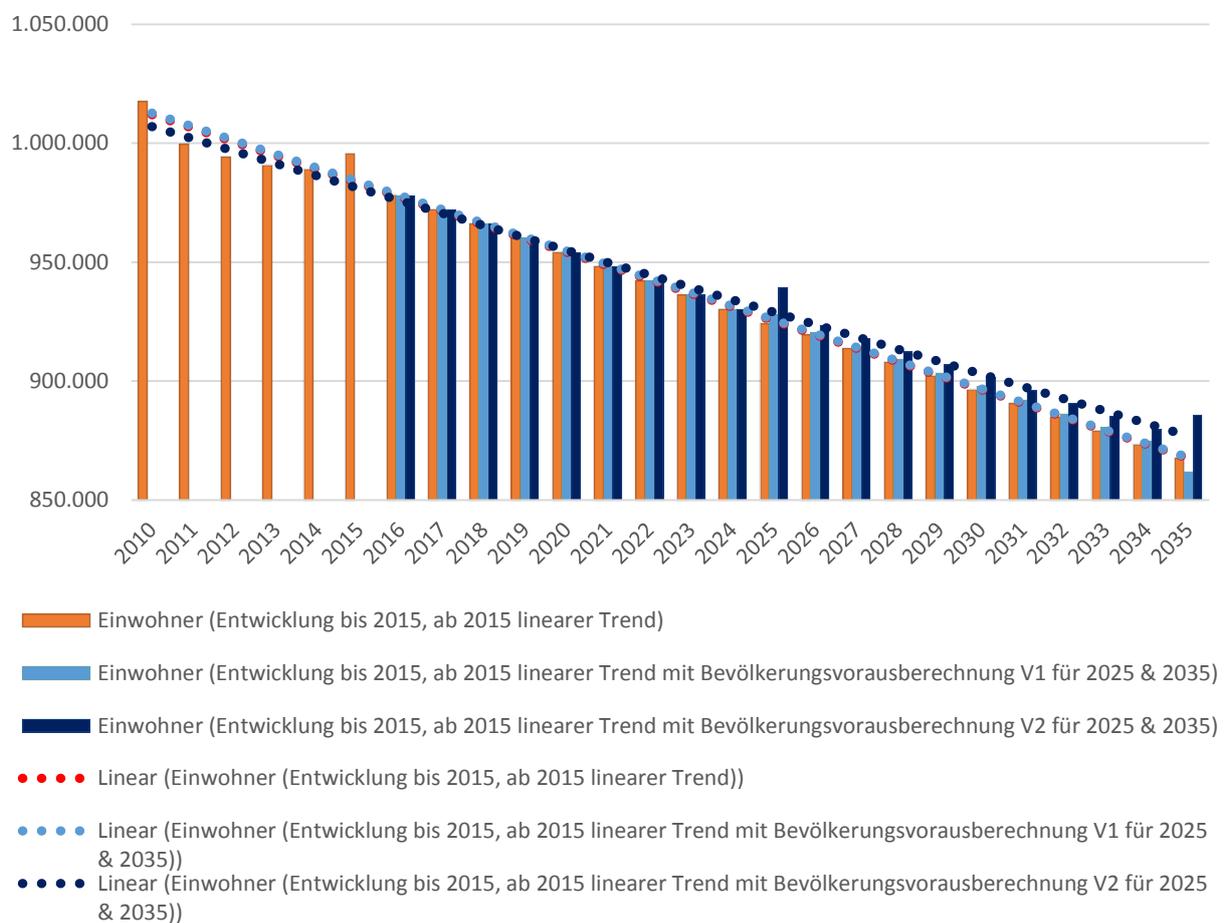


Abbildung 17: Bevölkerungsentwicklung 2010 bis 2035 im Saarland [eigene Darstellung nach Statistisches Landesamt Saarland, 2015]

Insgesamt geht in allen Trends die Bevölkerung im Saarland mindestens auf rund 885.000 Einwohner zurück. Diese Entwicklung entspricht auch der durch die IHK des Saarlandes angegebenen Bevölkerungsentwicklung gemäß Abbildung 18.

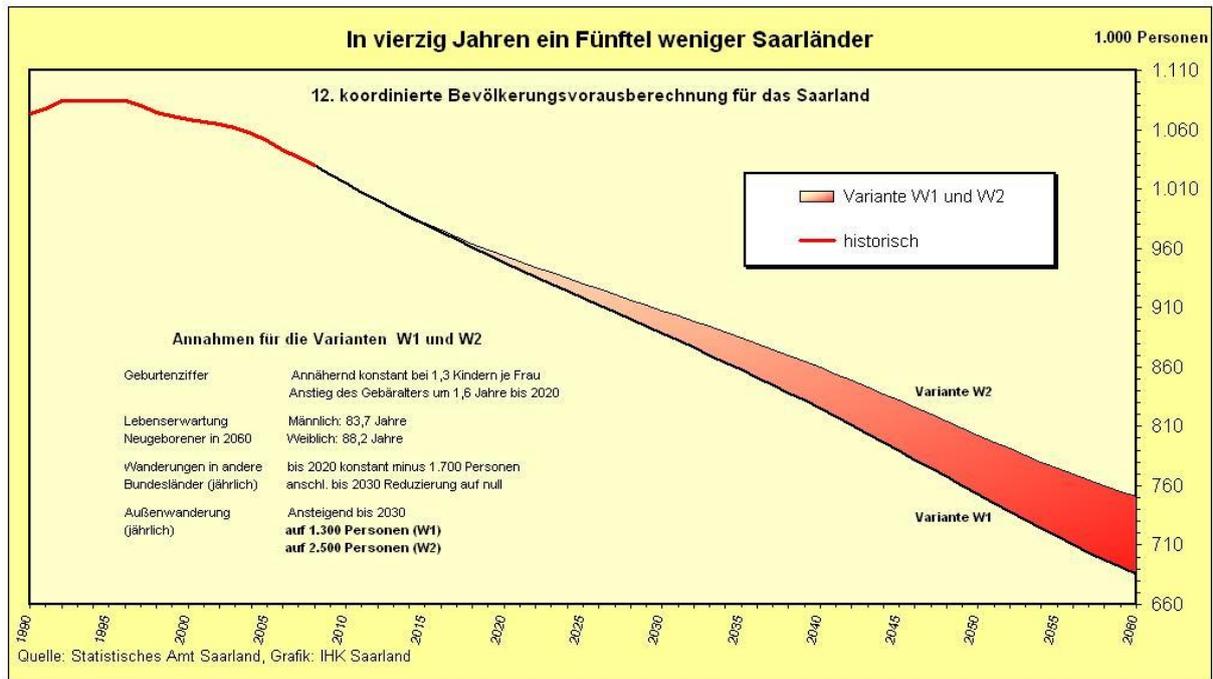


Abbildung 18: Bevölkerungsvorausberechnung für das Saarland der IHK des Saarlandes [IHK, 2016a]

Für die Abschätzung der künftigen Wärmebedarfe ist es sinnvoll, regional divergierende Entwicklungen zu berücksichtigen.

Die meisten Gemeinden im Saarland sind von dem gesamtheitlichen Trend im Saarland betroffen. Demgegenüber stehen Gemeinden, deren Trend weniger deutlich ist, bis hin zu Gemeinden, deren Trend gegensätzlich ist (vgl. Abbildung 19).

Die regionalen Trendentwicklungen können aus der Bevölkerungsvorausberechnung des Bundesamtes für Statistik abgeleitet werden.

Die Angaben der Bevölkerungsvorausberechnung des Bundesamtes für Statistik stehen jeweils auf Ebene der Landkreise zur Verfügung. Die berechnete Bevölkerung des Statistischen Bundesamtes, zunächst nur Variante 1, wird basierend auf der prozentualen Verteilung der linearen Fortschreibung der bisherigen Entwicklung auf Gemeindeebene auf die einzelnen Kommunen verteilt. Die Vorausberechnung erfolgt allerdings aufgrund der nicht vorhersehbaren Zuwanderungsentwicklung in zwei Varianten. Interessant für die Wärmebedarfsermittlung ist insbesondere die Verteilung der Zuwanderung auf die einzelnen Gemeinden. Als Grundlage dient die 1. Variante der Berechnung. Hierzu wird die Differenz zu einer mittleren Entwicklung zwischen Variante 1 und 2 nach der aktuellen bzw. bisherigen Zuwandererverteilung im Saarland gemäß aktuellem Flüchtlingsatlas vorgenommen. Somit ist die eine mittlere Bevölkerungsentwicklung mit einer zusätzlichen regionalen Verteilung der Zuwanderung vorgenommen worden.

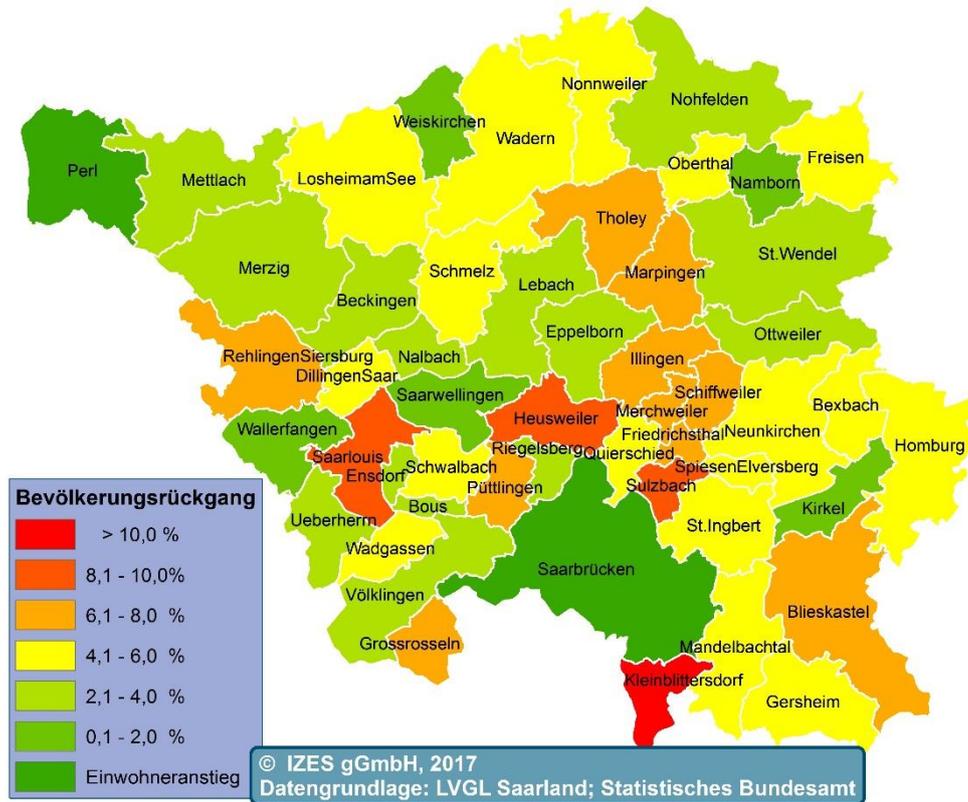


Abbildung 19: Entwicklung der Einwohnerzahlen im Saarland bis 2035 [Zensus2011, 2014]

Die Ergebnisse aus dieser Prognose müssen nun von der Gemeindeebene auf die einzelnen Quartiere in den Gemeinden übertragen werden. Hierzu sind zunächst die aktuellen Einwohnerzahlen der Quartiere zu ermitteln. Das Bundesamt für Statistik bietet, ähnlich wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, georeferenzierte Einwohnerverteilungen in einem 100 m x 100 m Raster für Gesamtdeutschland an. Werden die Einwohnerzahlen auf die Quartiere übertragen, ergibt sich allerdings in der Summe im Vergleich zu der Gesamteinwohnerzahl des Saarlandes eine Abweichung von rund 25 %. Eine weitere Möglichkeit, die aktuelle Einwohnerzahl je Quartier zu bestimmen, besteht in der Ableitung der Einwohnerzahl mittels der durchschnittlichen Wohnfläche je Einwohner. Hierzu liegen für das Saarland gemeindespezifische Angaben vor.¹⁶ Wird die durchschnittliche Wohnfläche je Einwohner mit der ermittelten Wohnfläche in den Quartieren verrechnet, ergeben sich lediglich Abweichungen in Höhe von rund 12 %. Die Ermittlung der aktuellen Einwohnerzahlen je Quartier geht nicht in die aktuelle Wärmebedarfs-ermittlung ein, sie dient aber für die Verteilung der prognostizierten Einwohnerzahlen für 2025 und 2035 von der Gemeindeebene auf die darin liegenden Quartiere. D. h. die Prognosen der jeweiligen Gemeinden werden auf alle Quartiere bezogen, eine quartiersbezogenen Prognose innerhalb einer Gemeinde ist nicht möglich.

Tabelle 11 zeigt die Entwicklung der Bevölkerung in den 13 definierten Quartierstypen.

¹⁶ Genaue Beschreibung der Wohnfläche in Kapitel 3.1.2.

Tabelle 11: Bevölkerungsentwicklung in den Quartieren

Typ	Anzahl Quartiere	Einwohner über EBF	Einwohner (Statistik)	Abweichung	Einwohner 2025	Veränderung	Einwohner 2035	Veränderung
1	315	20.800	18.700	10%	17.500	-7%	16.400	-13%
2	1.365	144.900	127.300	12%	120.900	-5%	113.200	-11%
3	465	87.800	79.300	10%	76.800	-3%	71.80	-10%
4	2.395	182.100	157.500	14%	148.100	-6%	138.700	-12%
5	985	73.700	63.800	13%	60.200	-6%	56.400	-12%
6	1.840	131.800	114.200	13%	107.000	-6%	100.300	-12%
7	4.455	186.000	162.200	13%	152.200	-6%	142.500	-12%
8	755	65.100	57.400	12%	53.600	-7%	50.200	-13%
9	1.780	137.100	118.400	14%	110.700	-7%	103.700	-12%
10	690	41.300	36.400	12%	34.600	-5%	32.400	-11%
11	665	17.400	15.200	13%	14.600	-4%	13.600	-10%
12	280	35.500	32.200	9%	31.300	-3%	29.200	-9%
13	30	7.100	6.500	9%	6.400	-2%	6.000	-8%
Gesamt	16.000	1.130.600	989.000	12%	934.000	-5%	874.400	-11%

Im Mittel geht die Bevölkerung im Saarland um 5 % bis 2025 und um 11 % bis 2035 zurück. Die Verteilung des Rückgangs basiert auf der unterschiedlichen Anzahl und Verteilung der jeweiligen Quartiere in den Kommunen.

3.1.2 Einwohnerspezifischer Wohnflächenbedarf

Zur Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs spielt neben der Bevölkerungsentwicklung auch der einwohnerspezifische Wohnflächenbedarf eine wichtige Rolle. Von 2011 bis 2014 ist der Wohnflächenbedarf pro Einwohner kontinuierlich gestiegen.

Der höchste Bedarf ist in den Landkreisen St. Wendel und Merzig-Wadern zu verzeichnen, wohingegen im Landkreis Neunkirchen und im Regionalverband Saarbrücken der Bedarf unter dem saarlandweiten Durchschnitt liegt. Im vorangegangenen Kapitel ist der aktuelle Wohnflächenbedarf bereits zur Bestimmung der quartiersbezogenen Einwohnerzahl berücksichtigt worden. Für die Zukunft wird der Bedarf zur Ermittlung der vorhandenen Wohnfläche bzw. der Energiebezugsfläche benötigt. Prognosen zum Wohnflächenbedarf in der Zukunft liegen lediglich in Form der Wohnflächennachfrage und des Neubaubedarfs vor. Diese finden allerdings aufgrund der fehlenden Detailschärfe lediglich als Einstufung der zu treffenden Annahme Beachtung.

Daher wird auf Basis der bisherigen Entwicklung analog zur Ermittlung der Bevölkerungszahlen für 2015 und 2035 ein linearer Trend pro Gemeinde abgeleitet (vgl. Abbildung 20).

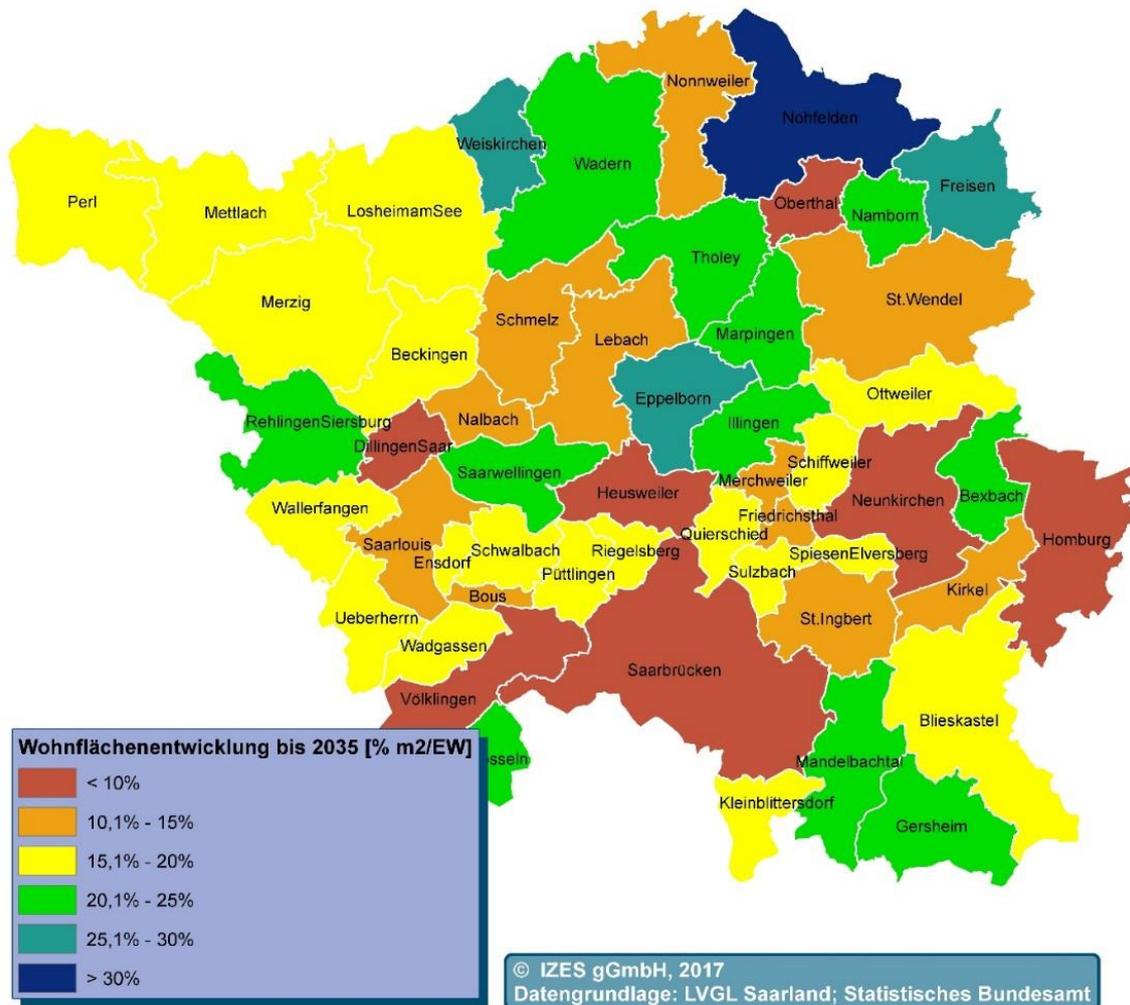


Abbildung 20: Entwicklung des Wohnflächenbedarfs pro Einwohner bis 2025 und 2035 [Zensus2011, 2014]

Dieser Trendentwicklung wird für alle Gemeinden im Saarland durchgeführt und anschließend gleichsam auf die Quartiere in den Gemeinden projiziert. Die Zunahme der Wohnfläche je Einwohner ist im Allgemeinen gegenläufig zur Bevölkerungsentwicklung. Infolgedessen wird der Rückgang der Gesamtwohnfläche abgemindert.

Unter Umständen ist es möglich, dass der prognostizierte Wohnflächenbedarf innerhalb eines Quartiers die derzeitigen Wohnflächenkapazitäten übersteigt. In diesem Fall ist – vorausgesetzt es bestehen noch freie Bauflächen innerhalb des Quartiers – davon auszugehen, dass ein oder mehrere neue Wohngebäude innerhalb des Quartiers errichtet werden. Da diese nach den neusten energetischen Standards gebaut werden, haben sie allerdings nur geringfügig Einfluss auf den Wärmebedarf innerhalb des Quartiers. Daher wurde für diesen Fall vereinfachend angenommen, dass die derzeitige Wohnfläche (inklusive Leerstand) unverändert bleibt.

3.1.3 Temperaturanstieg

Einfluss auf den zukünftigen Wärmebedarf hat zudem der Klimawandel. Zwischen 1881 und 2015 ist die mittlere Temperatur in Deutschland um ca. 1,4 °C gestiegen [DWD, 2016]. Der Deutsche Wetterdienst prognostiziert für die Zukunft einen weiteren Temperaturanstieg. In diversen Klimaszenarien werden unterschiedliche Zunahmen berechnet.

Diese Temperaturzunahme bedeutet für die Zukunft einen geringeren Wärmebedarf. In Gesprächen mit Energieberatern hat sich allerdings herausgestellt, dass diese Temperaturentwicklung für eine gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung bspw. zur Erstellung von Energieausweisen oder der Auslegung von Heizungsanlagen, aktuell nur eine untergeordnete Rolle spielt. Aufgrund dessen wird auch im Rahmen dieser Bilanzierung auf die Integration einer Temperaturzunahme verzichtet, sollte aber bei konkreten Projektierungen bedacht werden.

3.1.4 Einkommen privater Haushalte

Das Einkommen privater Haushalte hat neben den bereits beschriebenen Parametern ebenfalls Einfluss auf den zukünftigen Wärmebedarf. Aus dem Einkommen der privaten Haushalte lässt sich ein Kaufkraft-Index ableiten, der wiederum Auswirkung auf die Sanierungstätigkeit haben kann. Die IHK des Saarlandes hat für den Großteil der Saarländischen diesen Index ermittelt (vgl. Abbildung 21) [IHK, 2016c].

Anhand der Abbildung kann der Kaufkraft-Index auf die Quartiere übertragen werden. Diese Übertragung kann allerdings nur pauschal auf alle Quartiere innerhalb einer Kommune erfolgen. Eine quartiersbezogene Differenzierung wäre möglich bei Kenntnis der Eigentumsverhältnisse der Gebäude. Da durch die pauschale Übertragung ggf. eine Fehlentwicklung dargestellt wird, wird auf die Integration der Kaufkraft im Folgenden verzichtet. Existieren im Rahmen einer Aktualisierung des Wärmekatasters Daten zu Eigentumsverhältnissen, ließen sich die Einflüsse der Kaufkraft auf die Sanierungsraten integrieren.

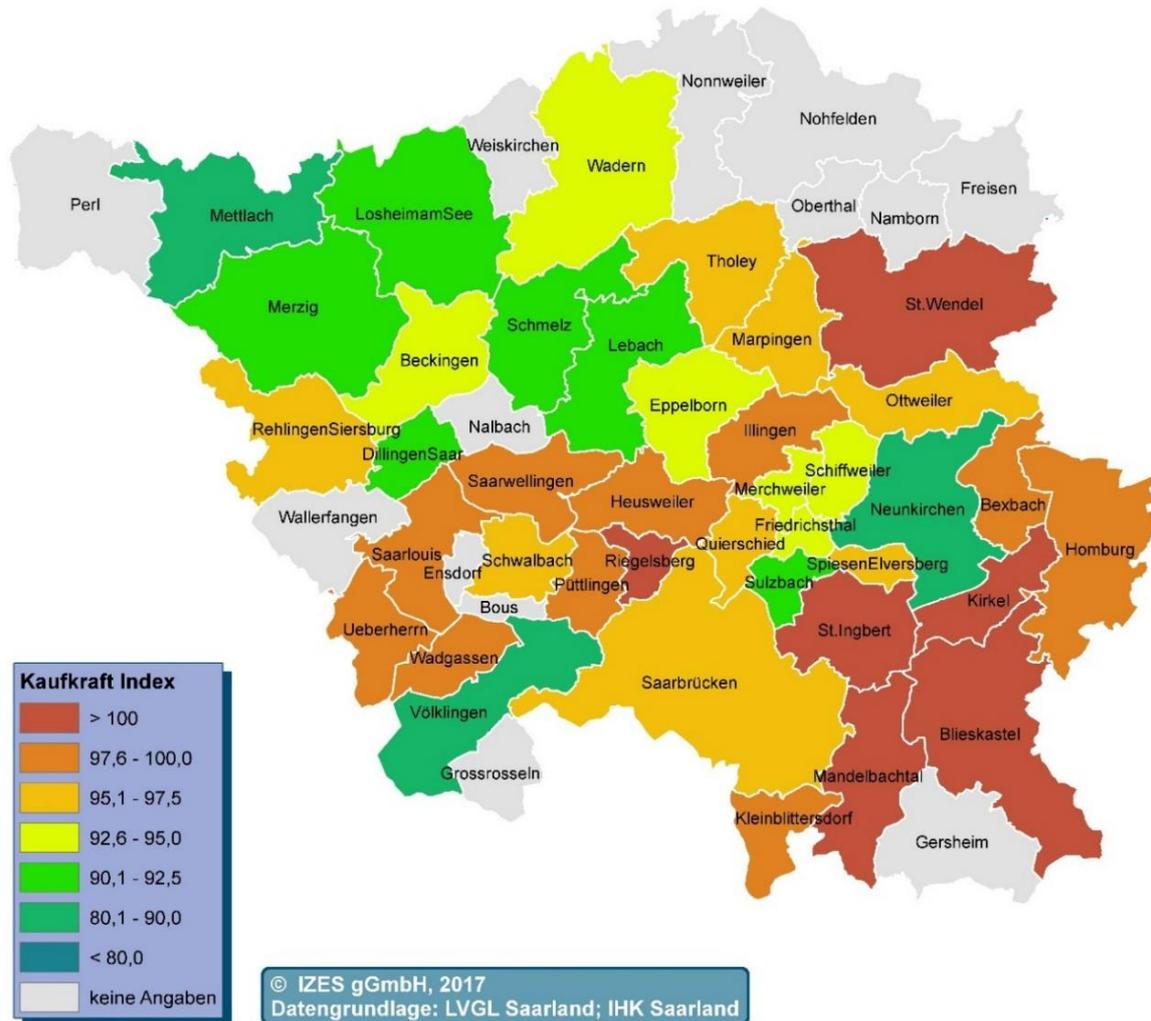


Abbildung 21: Kaufkraft-Index der Saarländischen Gemeinden [IHK, 2016c]

3.1.5 Entwicklung des Sanierungsstandes

Die Entwicklung des Sanierungsstandes hat einen enormen Einfluss auf den zukünftigen Wärmebedarf im Saarland. Auf der einen Seite ist der Sanierungsgrad der einzelnen Gebäude entscheidend. Auf der anderen Seite ist es ausschlaggebend, welche Gebäude saniert werden. Die Sanierungsrate ist im Laufe des Projektes in Zusammenarbeit mit Vertretern der Energiewirtschaft und des Baugewerbes für die 13 Siedlungsstrukturen einzeln festgelegt und zur Verifizierung mit Literaturwerten abgeglichen worden.

Sanierungsgrad der Gebäude

Das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU, 2012) hat analog zur Ermittlung des Wärmebedarfs des aktuellen Gebäudebestandes in Deutschland das Sanierungspotenzial der Gebäude unterteilt nach Gebäudealter und -typ ermittelt und in einem Webtool¹⁷ (vgl. Kapitel 2.2.2) zusammengestellt. Dieses Sanierungspotenzial wird für zwei Ausbaustufen berechnet und bereitgestellt. Variante 1 impliziert eine normale Sanierungsvorgehensweise auf Basis des aktuellen energetischen Standards. Variante 2 stellt eine optimierte bzw. erweiterte Sanierung dar, d.h. hier werden alle Gebäude unabhängig des Baualters auf einen optimierten energetischen Standard gebracht. Für den Sanierungsgrad der saarländischen Gebäude wird angenommen, dass unabhängig von der Sanierungsquote die Sanierungsvariante 1 bis 2025 realisierbar ist. Des Weiteren scheint Variante 2 bis 2035 umsetzbar zu sein. Aus diesen beiden Sanierungsvarianten ergeben sich die folgenden Wärmebedarfskennzahlen für die Jahre 2025 (Tabelle 12) und 2035 (Tabelle 13).

Tabelle 12: Wärmebedarfskennzahlen Sanierungsvariante 2025 [kWh/m²]

Ge- bäude- klasse	vor 1860	1860 - 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	ab 2002
1	100	102	91	118	123	96	83	101	104	80
2		100	78	88	70	82	93	80	78	77
3	109	93	94	92	80	87	82	85	82	67
4				79	79	71	70	69		
5		85	84	83	78	75				
6					70	71	69			

Tabelle 13: Wärmebedarfskennzahlen Sanierungsvariante 2035 [kWh/m²]

Ge- bäude- klasse	vor 1860	1860 - 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	ab 2002
1	63	72	64	75	83	72	59	71	71	69
2		66	57	65	53	61	66	57	54	64
3	67	59	66	67	5	64	60	63	63	60
4				58	58	53	53	53		
5		55	61	60	58	55				
6					52	54	52			

Diese Wärmebedarfskennzahlen werden analog zum aktuellen Wärmebedarf (vgl. Kapitel 2.2.2) auf die einzelnen Gebäude übertragen, wodurch sich der Wärmebedarf für 2025 und 2035 bei einer 100 %-igen Sanierungsrate (bezogen auf die einzelnen Quartiere) ergibt.

¹⁷ <http://episcopes.eu/building-typology/webtool/>

Sanierungsrate im Saarland

Eine Sanierungsrate von 100 % ist bis 2025 bzw. 2035 jedoch nicht realistisch. Dies würde bedeuten, dass der gesamte Gebäudebestand bis dahin saniert worden ist. In Gesprächen mit Experten aus der Energie- (Stadtwerken, Energieversorgern, etc.) und Bauwirtschaft (Energieberatern, Gutachtern, etc.) (siehe Anhang C) ist für das Saarland eine Sanierungsquote von etwa 20 % bis 2035 als realistisch eingeschätzt worden.

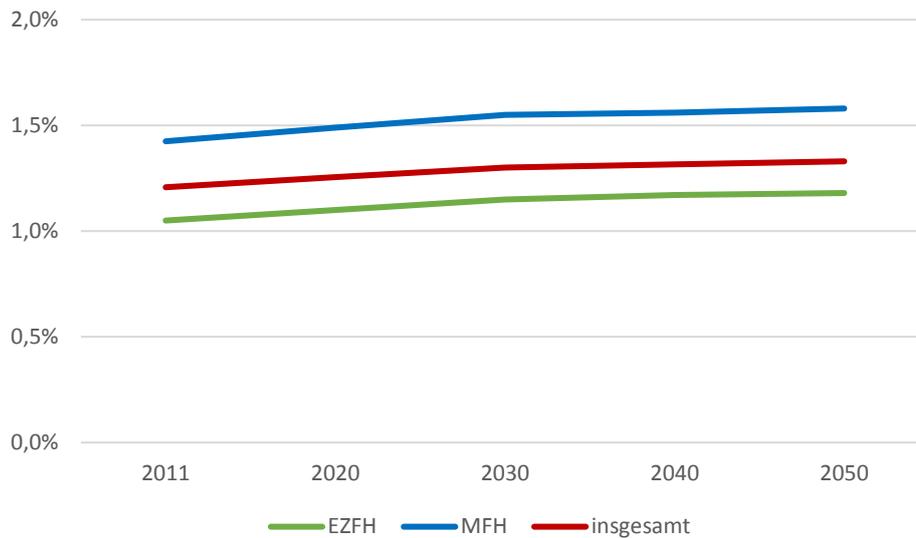


Abbildung 22: Mittlere energetische Sanierungshäufigkeit in Abhängigkeit vom Gebäudetyp 2011 – 2050 [eigenen Darstellung nach Prognos et al., 2014]

Die angenommene Sanierungsquote stimmt auch in etwa mit der Einschätzung der [Prognos et al., 2014] überein, die eine Sanierungshäufigkeit von ca. 1,1 % - 1,3 % pro Jahr mit einer leicht ansteigenden Tendenz prognostizieren (vgl. Abbildung 22).

Für die Bilanzierung des zukünftigen Wärmebedarfs wird somit insgesamt mit einer eher konservativen Sanierungsrate von 20 % weitergerechnet.

Werden die Annahmen auf die einzelnen Quartierstypen übertragen, ergeben sich hieraus die in Tabelle 14 (rund 9 % bis 2025) und Tabelle 15 (rund 20 % bis 2035) dargestellten Sanierungsquoten.

Tabelle 14: Verteilung der Sanierungsquote bis 2025 auf die einzelnen Quartierstypen

Typ	Anzahl Gebäude [-]	Sanierungs-Häufigkeit [% p.a.]	Sanierte Gebäude bis 2025 [-]	Sanierungs- quote [% p.10a]	
1	Reihenhaussiedlung (ab 1958 bis heute)	7.600	0,9	700	10
2	Verdichtete Bebauung (bis 1957)	42.300	1,0	4.100	15
3	Blockrandbebauung (bis 1957)	14.500	1,5	2.100	11
4	Lockere Bebauung (bis 1968)	53.600	1,1	5.700	4
5	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1984 bis heute)	23.400	0,4	900	12
6	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (1958 bis 1968)	39.600	1,2	4.700	3
7	Hauptstraßenbebauung (bis 1968)	46.100	0,3	1.300	11
8	Doppelhaussiedlung (ab 1949 bis 1968)	20.800	1,1	2.200	7
9	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1969 bis 1983)	38.300	0,7	2.600	12
10	Offene teilweise sehr alte Bebauung	8.300	1,2	900	2
11	Hauptstraßenbebauung (ab 1964 bis heute)	4.300	0,2	80	6
12	Großwohnsiedlung	1.400	0,4	80	5
13	Hochhaussiedlung	80	0,5	3	9
Total	300.600		25.500	9	

Die Verteilung basiert auf der durch [Prognos et al., 2014] dargestellten Sanierungshäufigkeiten (vgl. Abbildung 22) je nach Gebäudetyp. In der Spalte „Sanierungshäufigkeit“ der Tabelle 14 werden diese Angaben den einzelnen Siedlungsstrukturen zugeordnet.

Dieser Einschätzung liegen die Gespräche mit Energieberatern zugrunde. Bspw. stellte sich in den Expertengesprächen heraus, dass die Wahrscheinlichkeit der Gebäudesanierung an Hauptstraßen niedriger ist als in reinen Wohngebieten. Aufgrund dessen wurde den Siedlungsstrukturtypen 7 und 11 eine geringe durchschnittliche Sanierungshäufigkeit zugeordnet. Der Siedlungsstrukturtyp 11 – als weiteres Beispiel – ist geprägt durch Gebäude jüngeren Baualters. Daher ist hier die (angenommene) Sanierungswahrscheinlichkeit nochmals geringer als zum Beispiel in den Wohngebieten des Siedlungsstrukturtyps 7.

Analog verhält sich die Einschätzung bis zum Jahr 2035 (Tabelle 15). Im Mittel wird mit den getroffenen Annahmen bis zum Jahr 2035 eine Gesamtsanierungsquote von 20 % erreicht.

Tabelle 15: Verteilung der Sanierungsquote bis 2035 auf die einzelnen Quartierstypen

Typ	Anzahl Gebäude [-]	Sanierungshäufigkeit [% p.a.]	Sanierte Gebäude bis 2035 [-]	Sanierungsquote [% p.20a]	
1	Reihenhaussiedlung (ab 1958 bis heute)	7.600	1,4	1.700	23
2	Verdichtete Bebauung (bis 1957)	42.300	1,2	9.100	22
3	Blockrandbebauung (bis 1957)	14.500	1,6	4.400	31
4	Lockere Bebauung (bis 1968)	53.600	1,2	12.000	23
5	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1984 bis heute)	23.400	1,2	3.700	16
6	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (1958 bis 1968)	39.600	1,3	9.700	25
7	Hauptstraßenbebauung (bis 1968)	46.100	0,4	3.100	7
8	Doppelhaussiedlung (ab 1949 bis 1968)	20.800	1,2	4.700	23
9	Ein-/Zweifamilienhaussiedlung (ab 1969 bis 1983)	38.300	1,3	7.500	20
10	Offene teilweise sehr alte Bebauung	8.300	1,3	2.000	25
11	Hauptstraßenbebauung (ab 1964 bis heute)	4.300	0,5	300	7
12	Großwohnsiedlung	1.400	1,3	250	19
13	Hochhaussiedlung	80	1,3	10	18
Total	300.600		58.400	20	

In der Sanierungshäufigkeit der [Prognos et al., 2014] ist sowohl die Teilsanierung als auch die Vollsanierung mit eingeschlossen. Daher ist an dieser Stelle diesbezüglich keine Unterscheidung erforderlich.

3.2 Auswirkungen der zeitlichen Trends auf den Wärmebedarf

3.2.1 Maximales Einsparungspotenzial

Unter der Annahme, dass alle Wohngebäude im Saarland bis 2025 bzw. 2035 saniert werden, ließe sich bis 2025 etwa ein Drittel des aktuellen Wärmebedarfs einsparen, bis 2035 sogar bis zu über 50 %. Tabelle 16 zeigt die Einsparpotenziale unterteilt nach Siedlungsstrukturtyp.

Tabelle 16: Maximales Einsparpotenzial bei 100 % Sanierungsquote

Typ	Anzahl Quartiere [-]	Wärmebedarf 2016 [GWh/a]	Opt. Wärmebedarf 2025 [GWh/a]	Einsparung [%]	Opt. Wärmebedarf 2035 [GWh/a]	Einsparung [%]
1	315	155	110	29	80	48
2	1.365	1.425	925	35	650	54
3	465	770	495	36	350	55
4	2.395	1.935	1.290	33	900	53
5	985	595	485	18	355	40
6	1.840	1.370	955	30	670	51
7	4.455	1.860	1.220	34	855	54
8	755	595	395	34	285	52
9	1.780	1.330	940	29	680	49
10	690	425	275	35	190	55
11	665	170	120	29	85	50
12	280	275	180	35	135	51
13	30	40	25	38	20	50
Total	16.000	10.940	7.410	32	5.260	52

Insbesondere die Siedlungsstrukturtypen 4, 7, 6 und 9, die sich, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, größtenteils auf Teile der Biosphäre sowie des Nordsaarlandes verteilen (vgl. Kapitel 2.3), bergen hohe absolute Einsparpotenziale. Insgesamt könnten bei einer vollständigen Sanierung dieser Siedlungsgebiete ca. 2.100 GWh Wärme eingespart werden. Dies entspricht etwa 60 % des gesamten Wärmeeinsparpotenzials der Wohngebäude im Saarland.

Ein hohes theoretisches Einsparpotenzial weisen zudem die Quartiere des Siedlungsstrukturtyps 2 auf – also vor allem die Quartiere im alten Ortskern kleinerer Ortschaften sowie die städtischen Gebiete, die weitestgehend im Rahmen der Industrialisierung entlang der Saar- bzw. saarländischen Industrieschiene entstanden sind. Sie weisen ein Einsparpotenzial von etwa 500 GWh bzw. 14 % auf.

Relativ gesehen, können zudem in den Gebieten des Siedlungsstrukturtyps 10 (offene, teilweise alte Bebauung) und des Siedlungsstrukturtyps 3 (Blockrandbebauung) die höchsten Einspareffekte mit jeweils 55 % bei vollständiger Sanierung erzielt werden.

Hinsichtlich der Einsparung pro Quartier ergeben sich die höchsten Einsparpotenziale in den stark verdichteten (städtischen) Siedlungsgebieten des Siedlungsstrukturtyps 3 (Blockrandbebauung), 12 (Großwohnsiedlungen) und 13 (Wohnhochhäuser) sowie in den Quartieren des bereits im vorherigen Absatz benannten Siedlungsstrukturtyps 2. Je Quartier könnten durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen im Mittel 350-600 MWh Wärme eingespart werden. Ein vergleichsweise geringes Einsparpotenzial je Quartier existiert dagegen in Ein- und Zweifamilienhaussiedlungen (Typ 5) sowie in Reihenhaussiedlungen (Typ 1) jüngerer Alters. Das geringste Einsparpotenzial (unter 200 MWh je Quartier) in Bezug auf die Quartiersfläche weisen allerdings neuere Wohnquartiere auf, die an einer Hauptstraße gelegen sind (Typ 11).

Die Darstellung des maximalen Einsparpotenzials stellt die Grundlage zur Ermittlung bzw. Abschätzung der künftigen Wärmebedarfe dar. Hierzu werden zusätzlich die in Kapitel 3.1.5 bereits beschriebenen Sanierungsquoten berücksichtigt. Für den Wärmebedarf im Nichtwohngebäudebereich existieren derzeit dagegen keine verifizierten Prognosen; daher wird für diese Gebäude der heutige Wärmebedarf auf die Jahre 2025 und 2035 projiziert.

3.2.2 Wärmebedarf 2025

Der zu erwartende Wärmebedarf im Wohngebäudebereich im Jahr 2025 liegt bei rund 10.460 GWh und damit ca. 4,4 % unter dem heutigen ermittelten Wärmebedarf. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Sanierungsansätze können somit bis 2025 bis zu 480 GWh Wärme eingespart werden. Dies entspricht 6 % der maximal möglichen Einsparung für 2025. Tabelle 17 zeigt die Verteilung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Siedlungsstrukturtyp.

Tabelle 17: Wärmebedarf 2025

Typ	Anzahl Quartiere [-]	Wärmebedarf 2016 [GWh/a]	Wärmebedarf 2025 [GWh/a]	Einsparung [GWh/a]	Einsparung [%]
1	315	155	145	10	6,5
2	1.365	1.425	1.345	80	5,6
3	465	770	700	70	9,1
4	2.395	1.935	1.845	90	4,7
5	985	595	585	10	1,7
6	1.840	1.370	1.305	65	4,7
7	4.455	1.860	1.815	45	2,4
8	755	595	560	35	5,9
9	1.780	1.330	1.295	35	2,6
10	690	425	395	30	7,1
11	665	170	165	5	2,9
12	280	275	260	15	5,5
13	30	40	35	5	12,5
Total	16.000	10.940	10.460	480	4,4

Etwa 63 % der zu erwartenden Wärmeinsparungen entfallen auf den eher ländlich geprägten Raum. Die größten Wärmeeinsparungen innerhalb der nächsten Jahre sind dort dementsprechend für die Gebiete des Siedlungsstrukturtyps 4 (13,5 %), 6 (9,8 %), 7 (12,0 %) und 9 (9,3 %) zu erwarten. Den städtischen Gebieten entlang der Saar- bzw. der saarländischen Industriemagistrale können dagegen 37 % der erwarteten Einsparungen zugeordnet werden. Dabei entfällt der größte Anteil (7,2 %) auf den Siedlungsstrukturtyp 3 (Blockrandbebauung), in dem auch die höchsten relativen Einsparungen (9,1 %, siehe Tabelle 17) im Vergleich zum derzeitigen Wärmebedarf erzielt werden können. Die geringste relative Einsparung wird voraussichtlich in Neubaugebieten des Siedlungsstrukturtyps 5 (1,7 %) sowie in den Quartieren des Siedlungsstrukturtyps 7 (2,4 %) und 11 (2,9 %) erzielt. Aufgrund der direkten Lage der Gebäude an stark befahrenen Hauptstraßen sind diese im Vergleich zu anderen Gebieten vergleichsweise unattraktiv als Wohngebiet. Daher ist die Sanierungswahrscheinlichkeit hier wesentlich geringer. Aus diesem Grund muss davon ausgegangen werden, dass nur ein geringer Teil des in diesem Bereich bestehenden Sanierungspotenzials tatsächlich genutzt wird.

3.2.3 Wärmebedarf 2035

Der Wärmebedarf im Wohngebäudebereich im Jahr 2035 liegt bei rund 9.895 GWh. Im Vergleich zu 2025 können voraussichtlich noch weiter 565 GWh eingespart werden.

Die Verteilung der Wärmemengen verhält sich analog zum Wärmemengenbedarf im Jahr 2025 (vgl. Tabelle 18). Insgesamt kann bis zum Jahr 2035 bei einer mittleren saarlandweiten Sanierungsquote von rund 20 % eine Wärmeeinsparung in Höhe von 9,6 % erzielt werden.

Tabelle 18: Wärmebedarf 2035

Typ	Anzahl Quartiere [-]	Wärmebedarf 2016 [GWh/a]	Wärmebedarf 2035 [GWh/a]	Einsparung [GWh/a]	Einsparung [%]
1	315	155	135	20	12,9
2	1.365	1.425	1.260	165	11,6
3	465	770	635	135	17,5
4	2.395	1.935	1.745	190	9,8
5	985	595	565	30	5,0
6	1.840	1.370	1.235	135	9,9
7	4.455	1.860	1.765	95	5,1
8	755	595	525	70	11,8
9	1.780	1.330	1.223	100	7,5
10	690	425	370	55	12,9
11	665	170	160	10	5,9
12	280	275	235	40	14,5
13	30	40	35	5	12,5
Total	16.000	10.940	9.895	1.045	9,6

3.3 Diskussion der Trends

Die bilanzierten Wärmebedarfe für die Jahre 2025 und 2035 basieren im Gesamten, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, auf sehr konservativen Ansätzen. Infolgedessen ergeben sich vergleichsweise geringe Einsparungen.

Zudem basieren die getroffenen Ansätze in der Regel auf Durchschnittswerten. Alle hiervon abgeleiteten Faktoren stellen daher auch nur gemittelte Werte dar. Werden die angenommenen Werte bspw. zur Auslegung von Wärmenetzen herangezogen, kann es aufgrund der konservativen Sanierungsansätze zu einer Überdimensionierung der Wärmenetze kommen. Daher sind im Falle von konkreten Anlagenprojektierungen nochmals Einzelfalluntersuchungen durchzuführen. Die Trends 2025 und 2035 geben hierfür eine erste Einschätzung ab. Bei einer Sensitivitätsanalyse sollten im Rahmen konkreter Projektierungen mindestens die hier angenommenen Einsparungen zu Grunde gelegt werden.

4 Mögliche Projektierungen (Hotspots)

4.1 Maßnahmenentwicklung

Eine nachhaltige Wärmeversorgung für die Zukunft bedarf einer fundierten Planungsgrundlage für die Entwicklung von Projekten im Wärmesektor. Das Wärmekataster Saarland stellt diese Planungsgrundlage dar. Ziel ist es, Projektieren die Möglichkeit zu geben, konzentriert an Standorten mit hohen Umsetzungswahrscheinlichkeiten ihre Arbeit durchzuführen.

Die flächendeckende Identifikation des Gebäudebestandes und der Definition der Gebäudetypologie und infolgedessen einer Siedlungsstruktur für das Saarland bilden die Basis zur Darstellung des heutigen und zukünftig zu erwartenden Wärmebedarfes.

Auf dieser Grundlage können mögliche Projektansätze und Maßnahmen erkannt, detaillierter untersucht und entwickelt werden. Für die Entscheidung, welche Maßnahmen für welche Gebiete sinnvoll erscheinen, dient der Entscheidungsbaum in Abbildung 23. Ausgehend vom Wärmebedarf und der Wärmedichte auf Quartiersebene werden Handlungsvorschläge für eine sinnvolle zukunftsfähige Wärmeversorgung unterbreitet. Bspw. eignen sich Quartiere mit hohem Wärmebedarf – allerdings niedriger Wärmedichte – nicht für die Versorgung mittels eines Wärmenetzes. Stattdessen sind sie als Sanierungsgebiet geeignet.

Der Fokus dieses Entscheidungsbaumes liegt auf der Identifikation von Quartieren, die zukünftig mittels Wärmenetze versorgt werden können. Grundlegend wird hier zwischen zwei Typen unterschieden: 1. Die Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz in Verbindung mit einer industriellen Abwärmequelle und 2. die Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz mit einer neu zu installierenden Wärmequellen auf Basis regenerativer Quellen. Zwischen Gebäudesanierung und Wärmenetzen stellt sich zudem die Frage nach der Lage und Flächenprägung der untersuchten Quartiere. Liegen Quartiere in unmittelbarer Nähe zu bestehenden Wärmenetzen sind diese ggf. an die Wärmenetze anzubinden. Stehen die Quartiere in Verbindung mit Gewerbe- bzw. Industrieflächen sind diese nochmals im Einzelfall zu untersuchen.

Dieser Entscheidungsbaum stellt eine generelle Vorgehensweise zur Ermittlung möglicher Projekte im Wärmesektor dar.

Im Folgenden werden – hiervon abweichend – zuerst die Gebiete untersucht, in deren Umfeld sich eine industrielle Wärmequelle befindet. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, alle ermittelten Abwärmequellen aus der Industrie zu untersuchen und zu ermitteln, inwieweit deren Abwärmepotenziale sinnvoll genutzt werden können. Liegen Quartiere im Umfeld dieser Abwärmequellen und weisen eine hohe Wärmedichte auf, werden sie mittels Wärmenetz miteinander verbunden. Nach der Untersuchung der Abwärmequellen werden Quartiere mit einer hohen Wärmemenge und einer hohen Wärmedichte untersucht, die über ein Wärmenetz versorgt werden können, allerdings einer (neuen) Wärmequelle bedürfen. Diese Vorgehensweise ergibt sich aus der im Rahmen der Auftragsvergabe erfolgten Aufgabenpriorisierung.

Zur Einschätzung dieser Wärmenetzoptionen werden für jede einzelne Maßnahme die Kosten für ein mögliches Wärmenetz und der Hausanschlüsse zusammengestellt.

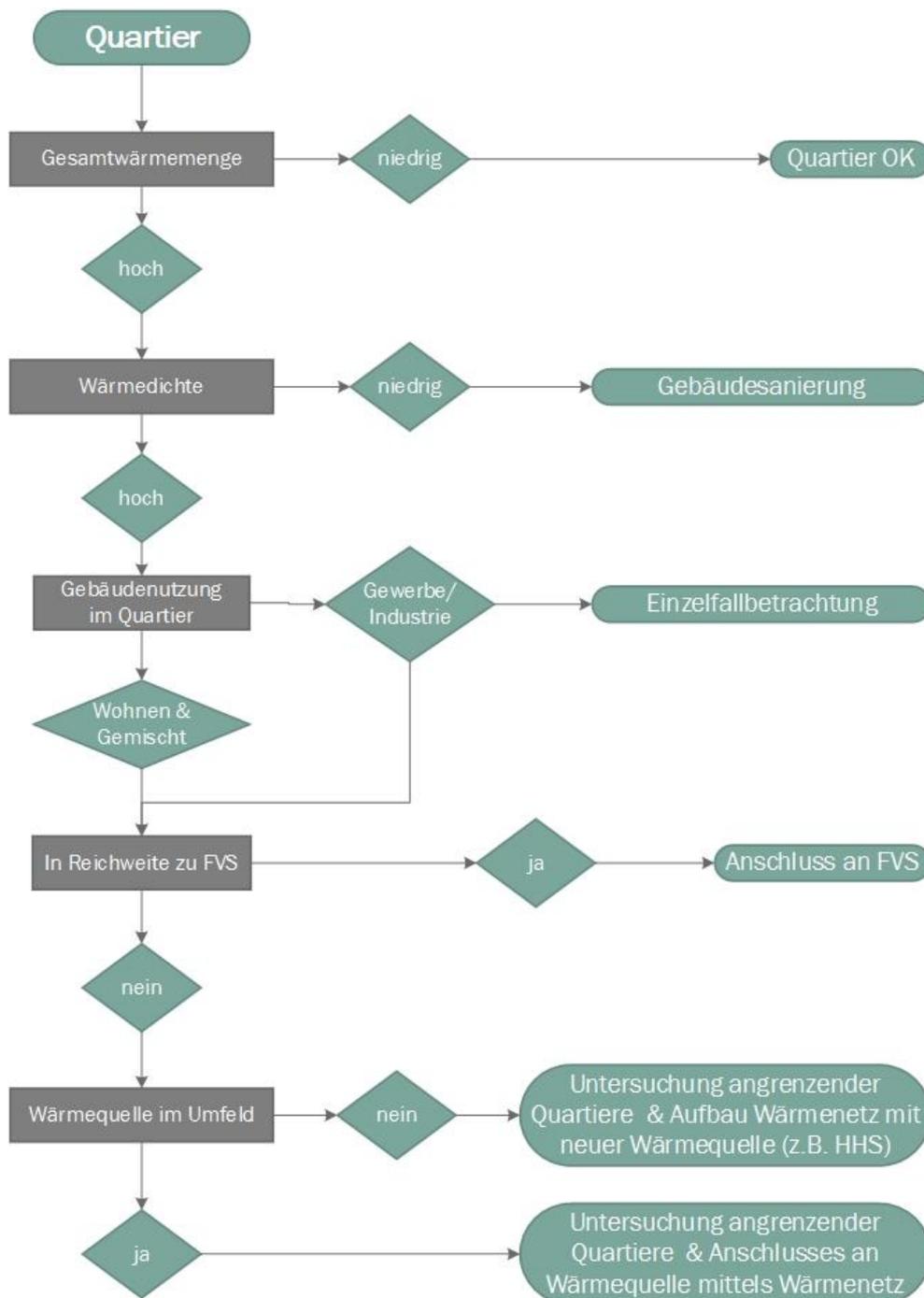


Abbildung 23: Entscheidungsbaum zur Entwicklung von Hotspots

Zur Bilanzierung der Kosten für Wärmenetze und Hausanschlüsse sind verschiedene Annahmen zu treffen, die im Folgenden zunächst dargelegt werden.

4.2 Annahmen zur Einschätzung der Wärmenetze

Zur Identifikation möglicher Hotspots zum Nahwärmeausbau bzw. neuer Nahwärmenetze werden die Erkenntnisse aus der Ermittlung der Wärmesenken und -quellen miteinander verschnitten und es wird eine erste Grobeinschätzung der möglichen Kosten vorgenommen.

Die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab, wobei die Wärmedichte und der Anschlussgrad des zur erschließenden Gebietes die Hauptkriterien darstellen. Des Weiteren sind kostenbeeinflussende Faktoren für ein Wärmenetz: die Art der Wärmebereitstellung, die Wärmenetzauslegung, wie Variante der Netzausführung (Strahlennetz/Ringnetz/Maschennetz), Untergrund (un-/befestigtes Gelände), Material und Durchmesser des Leitungsnetzes, sowie die Hausinstallation. Nachfolgend werden die Parameter kurz erläutert.

Für eine Grobeinschätzung werden im Folgenden die Kosten für die Netzauslegung und die Hausinstallation mit einbezogen. Kosten für die Wärmebereitstellung bleiben an dieser Stelle zunächst unberücksichtigt, da diese sehr stark von der Art und Leistung der Wärmebereitstellung abhängig sind (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Vergleich verschiedener Wärmeerzeuger [UMSICHT, 2001]

Wärmeerzeuger	Leistungsbe- reich	Temperaturbe- reich	Wärmegeste- hungskosten	Investitions- kosten
Blockheizkraftwerk	$\geq 7W_{th}$	bis 90°C (max. 120°C)	1-4 ct/kWh	750-1.250 €/kW _{el}
Brennstoffzelle	$\geq 215kW_{th}$	bis 90°C	7-12 ct/kWh	3.600 €/kW _{el}
Abwärmenutzung	0,1-2MW _{th}	bis 130°C	0,5-1,5 ct/kWh	Gering
Hackschnitzelfeuerung	0,1-2MW _{th}	bis 130°C	4-6 ct/kWh	61-102 €/kW _{th}
Grundwasserwärmepumpen	0,1-2MW _{th}	bis 70°C	3,5-4,5 ct/kWh	
Tiefe Erdwärmesonden	0,1-2MW _{th}	60-100°C	3-4 ct/kWh	
Solarthermie mit Speicher	0,1-2MW _{th}	60-70°C (max. 95°C)	10-20 ct/kWh	1.789-2.812 €/MWh*a
Gasmotor Wärmepumpe	0,1-2MW _{th}	bis 75°C	6-9 ct/kWh	
Niedertemp. Heizkessel	0,1-2MW _{th}	bis 130°C	2,5-3,5 ct/kWh	17-61 €/kW
Brennwert-Heizkessel	0,1-2MW _{th}	bis 130°C	2,5-3,5 ct/kWh	35-90 €/kW

Veränderte Rahmenbedingungen (Zinssätze, Vergütung, Fördermittel etc.) führten in den vergangenen Jahren zu Wärmegestehungskosten, die von den hier dargestellten Kosten abweichen. Bspw. können Investitionskosten für eine Holzhackschnitzelfeuerung zwischen ca. 120 und 480 €/kW_{th} variieren, abhängig von der entsprechenden Kesselleitung [BMVBS, 2012].

Parameter Wärmenetz

Wie bereits erwähnt, ist die Auslegung eines Wärmenetzes von vielen Faktoren abhängig. Für diese Grobabschätzung werden folgenden Faktoren berücksichtigt:

- Art des Wärmenetzes (Strahlennetz/Ringnetz/Maschennetz)
- Trassenführung (un-/befestigtes Gelände)
- Verlegesituation (bestehende Infrastruktur)
- Netzdimensionierung (Temperatur, Druck, Rohrdurchmesser)

Art des Wärmenetzes

Wärmenetze können grundsätzlich, wie in Abbildung 24 dargestellt, als Strahlen-, Ring- und Maschennetz ausgeführt werden, wobei die einzelnen Ausführungen im Einzelnen nochmals modifizierbar sind.

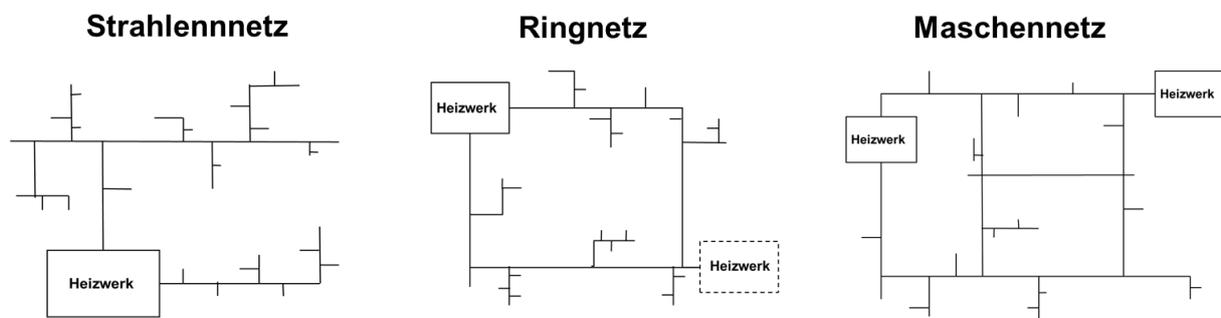


Abbildung 24: Ausführung von Wärmenetzen [eigene Darstellung nach Berens, Conrad, 2002]

Bei der Planung kleinerer bis mittlerer Netze sind Strahlennetze zu bevorzugen, da hier die Trassen die geringste Länge aufweisen. Stehen mehrere Wärmeerzeuger in einem Gebiet zur Verfügung ist ein Ringnetz von Vorteil, trotz höherer Verlegekosten ist dadurch eine höhere Versorgungssicherheit und bessere Erweiterbarkeit gewährleistet; gleiches gilt für Maschennetze, die aufgrund hoher Investitionskosten nur für große Wärmenetze in Frage kommen. Die Wahl der Ausführung ist jeweils vom Einzelfall abhängig und wird mittels einer GIS-Analyse durchgeführt. Mittels dieser Analyse werden den einzelnen Wärmequellen, abhängig von der Entfernung zwischen Quelle und Senke sowie des Abwärmepotenzials der Wärmequelle, potenzielle Wärmeabnehmer zugeteilt. Aus dieser Zuordnung ergibt sich somit die Form bzw. der Aufbau des Netzes, wobei i.d.R. das Strahlennetz die wohl geeignete Form darstellt. Ein entscheidender Faktor zur Auslegung eines Wärmenetzes stellt die Gegebenheit der Trassenführung dar. Wird die Trasse in eine bestehende Infrastruktur, in einem Neubaugebiet oder innerhalb einer Grünfläche verlegt, hat dies erhebliche Auswirkungen auf die Verlegekosten. Ist das Gelände befestigt bzw. muss anschließend (wieder) befestigt werden, sind deutlich

höhere Kosten zu erwarten als bei unbefestigten Flächen (vgl. Abbildung 25). In Neubaugebieten können diverse Infrastrukturleistungen kumuliert und somit der Kostenanteil für das Wärmenetz minimiert werden. Das Verlegen der Netzleitung in einer bestehenden Infrastruktur erhöht die Wahrscheinlichkeit, die Anschlussquote sukzessive zu verbessern. Im Rahmen dieser Untersuchung wird von der Verlegung in eine bestehende Infrastruktur (Straßennetz) ausgegangen, da das bestehende Straßennetz die Grundlage für die beschriebene GIS-Analyse zur Ermittlung der Trassenführung darstellt. Ist diese Variante wirtschaftlich, so sollte sich bei der Optimierung innerhalb einer Projektierung ebenfalls eine Wirtschaftlichkeit einstellen.

Netzdimensionierung

Die Netzdimensionierung wird im Wesentlichen von zwei gegenläufigen Einflüssen bestimmt. Die Tiefbaukosten je nach verwendetem Rohrdurchmesser und -material stehen dem Druckverlust des Netzes entgegen. Dies wiederum führt zu erhöhten Stromkosten für den Betrieb der Pumpen. Um eine optimale Auslegung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu erreichen, ist eine Einzelfallprüfung notwendig, die Netzstruktur, Temperaturen im Vor- und Rücklauf, Gleichzeitigkeitsfaktoren sowie geodätische Höhen berücksichtigt. [UMSICHT, 2001].

Relevante Parameter zur Grobauslegung des Wärmenetzes

Im Rahmen des Projektes konnte sich darauf verständigt werden, sich vereinfachend auf folgende Annahmen bezüglich der Grobauslegung der Wärmenetze zu beschränken.

In der Literatur werden für die Trassenführung pro Meter sowohl in befestigtem als auch unbefestigtem Gelände je nach eingesetztem Rohrdurchmesser und verwendetem Material unterschiedliche spezifische Netzbaukosten von ca. 120 € bis über 650 € (bei DN 150) angegeben (vgl. Abbildung 25; [Manderfeld et al., 2008]), laut [Hensel, 2013] sogar bis zu 2.140 €, allerdings bei einem Rohrdurchmesser von 600 mm. Die typische Nennweite der Rohrdurchmesser für Verteilnetze liegt zwischen 50 mm und 300 mm [Manderfeld et al., 2008].

Der Rohrdurchmesser ist abhängig vom Material der Rohre, der Wärmemenge, die in dem entsprechenden Netzabschnitt zu transportieren ist, und der Dämmung der Rohre. Als Grundannahme sind entsprechend gedämmte Stahlrohre gewählt worden. Die Auslegung der Nenn-durchmesser erfolgt unter Annahme des maximalen Heizleistungsdurchsatzes nach dem R-Wert bei 100 Pa/m (Druckabfall). Mit der folgenden Formel lässt sich der benötigte Massenstrom basierend auf der zu transportierenden Wärmemenge ermitteln, woraus sich schlussendlich auf Basis der Rohrkennwerte (also Innendurchmesser, Querschnittsfläche) ein Nenn-durchmesser ergibt.

$$m = \frac{Q}{c_p * dT}$$

mit Q : Wärmeleistung [Watt]
 m : Massenstrom [kg/h]
 cp : Spezifische Wärmekapazität von Wasser
 dT : Temperaturspreizung im Wärmenetz

Die angenommene Temperaturspreizung wird mit 30°C definiert. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser liegt bei 4.185 J/kg*K. Der Mindestdurchmesser der Netze wird mit DN 80 festgelegt. Ist der Rohrdurchmesser ermittelt, können anhand der spezifischen Investitionskosten aus Abbildung 25 die Kosten des jeweiligen Netzabschnittes und infolgedessen die Gesamtkosten des Netzes berechnet werden.

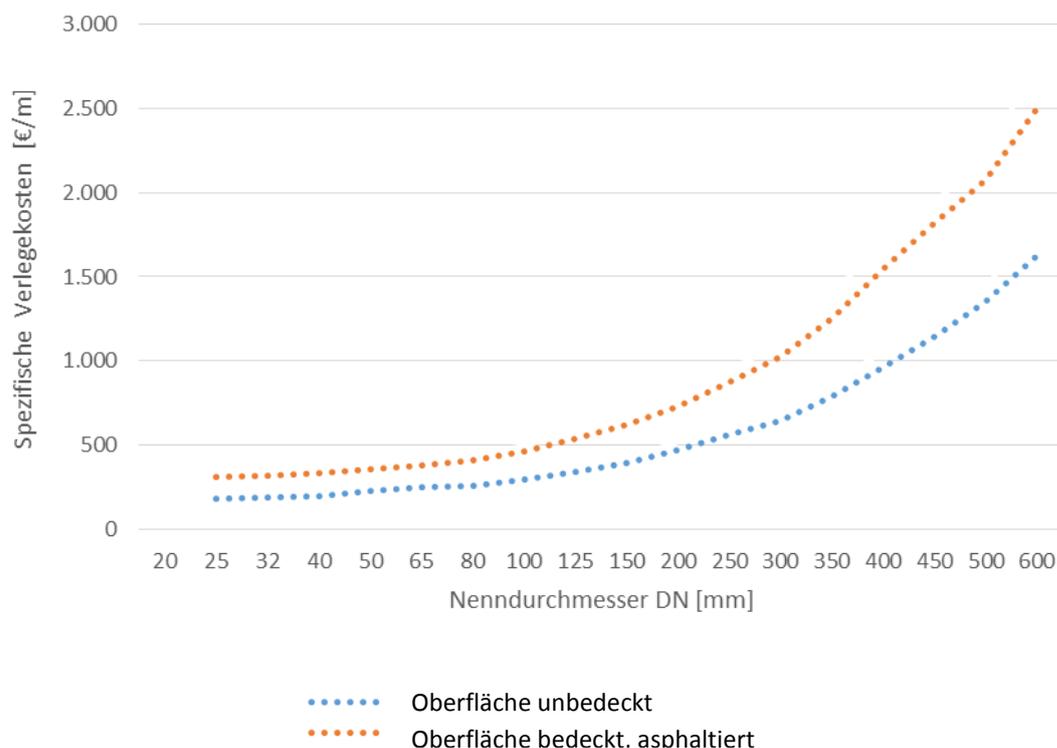


Abbildung 25: Mittlere spezifische Investitionskosten für Netze [eigene Darstellung nach Manderfeld et al., 2008]

Ein entscheidender Faktor für die Kostenermittlung der Wärmenetze ist die Anschlussquote. In den Quartieren, die durch die Wärmenetze versorgt werden, wird eine anzustrebende Anschlussquote von 60 % angesetzt.

Parameter Hausübergabestation

Für die Hausübergabestation stehen die drei Systemvarianten Durchflusssystem, Speichersystem und Speicherladesystem zur Verfügung. Die Kostensituation für jeden dieser Anschlüsse je nach Gebäudetyp setzt sich wie in Abbildung 26 zusammen.

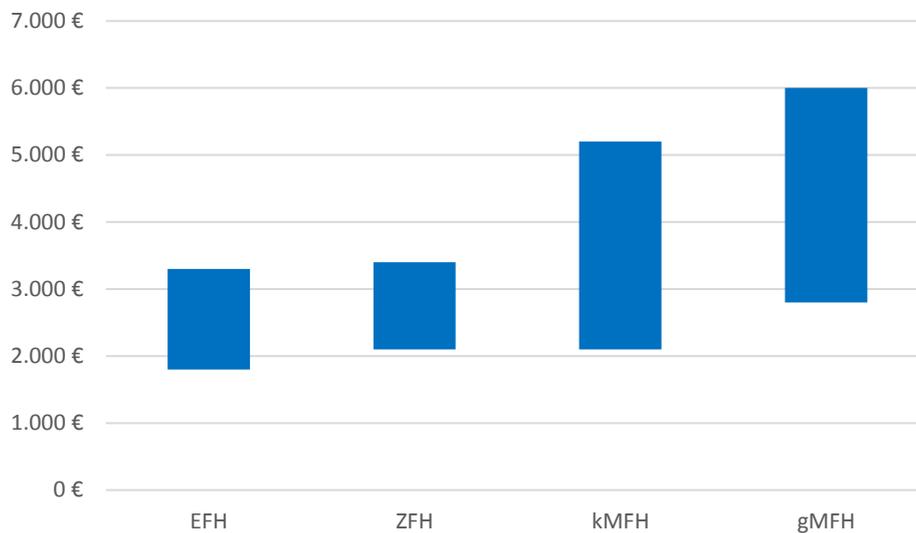


Abbildung 26: Kosten der Hausübergabestation von Wärmenetzen [eigene Darstellung nach UMSICHT, 2001]

Nach Informationen eines Anlagenbetreibers kann für eine Hausübergabestation im Leistungsbereich ca. 15 kW rund 2.800 €, im Leistungsbereich 50 kW rund 5.000 € angesetzt werden [GKM, 2012]. Diese Angaben liegen auch in den jeweiligen Bandbreiten in Abbildung 26. Für die Berechnung werden für jeden Gebäudetyp die Mittelwerte für Speichersysteme zugrunde gelegt (Tabelle 20).

Tabelle 20: Zusammenfassung der Wärmenetzparameter

Hausübergabestation	
EFH & ZFH	2.600 €/Anschluss
kMFH	3.600 €/Anschluss
gMFH	4.400 €/Anschluss

Zusätzlich zur Hausübergabestation ist eine Hausanschlussleitung einzuplanen. Der Leitungsquerschnitt wird analog zur Ermittlung der Netzauslegung ermittelt, wobei ein Mindestdurchmesser von DN 32 festgelegt wird. Die Leitungslänge wird pauschal mit 15 m definiert.

4.3 Verschneidung von Wärmequellen und -senken

Die Verbindung von Wärmequellen und Wärmesenken durch ein Wärmenetz wird mittels geografischem Informationssystem (GIS) durchgeführt. Zunächst werden die Quartiere ausgewählt, die zur Versorgung durch das Wärmenetz infrage kommen. Diese Auswahl orientiert sich insbesondere an der Wärmedichte der Quartiere. Sollen die Quartiere durch Abwärme versorgt werden, ist zu prüfen, ob der Wärmebedarf der Gebäude in den ausgewählten Quartieren die Wärmekapazität der Abwärmequelle nicht übersteigt. Findet die Versorgung nicht durch eine Abwärmequelle statt, ist zunächst ein geeigneter Standort für die Wärmequelle zu ermitteln. Sind in den ausgewählten Quartieren gemeinnützige Einrichtungen enthalten, wird der Anlagestandort beispielhaft auf der Grundstücksfläche der gemeinnützigen Einrichtung verortet. Sind keine gemeinnützigen Einrichtungen vorhanden, wird der Standort in das Quartier mit der höchsten Wärmedichte verlegt.

Abbildung 27 zeigt einen Ausschnitt aus dem Wärmekataster mit den Quartieren und deren Wärmedichte sowie einer Abwärmequelle. Für die Auswahl der Quartiere stehen zwei bis drei Bereiche zur Verfügung. Die Quartiere mit der kürzesten Entfernung zur Wärmequelle sind hier grün markiert. Allerdings ist die Wärmedichte in diesen Quartieren gering, da es sich um ein Neubaugebiet handelt. Die nächsten Quartiere, die zur Auswahl stehen, sind rot markiert, wobei die Wärmedichte im Vergleich zu den Quartieren innerhalb der blauen Markierung ebenfalls niedriger ist. Die Auswahl der Quartiere mit einer Wärmedichte im Bereich von 50-100 kWh/m² Quartiersfläche erscheint in diesem Fall sinnvoller als die Auswahl der nächstliegenden Quartiere. In diesem Fall werden daher die Quartiere innerhalb der roten und blauen Markierung als Wärmeversorgungsgebiet ausgewählt.

Sind Wärmequelle und -abnehmer definiert, werden diese auf Basis der vorhandenen Infrastruktur (Straßennetz) auf dem kürzesten Weg miteinander verbunden. Hierdurch entsteht eine Netzstruktur, die unter Umständen noch manuell zu überarbeiten ist. Das sich dadurch ergebende Wärmenetz ist im folgenden Abschnitt dargestellt und stellt lediglich eine erste Überlegung einer möglichen Netzführung dar. Aus diesem Wärmenetz kann die Netzlänge, die abgegebene Wärmemenge sowie die Zahl der angeschlossenen Gebäude ermittelt werden. In Verbindung mit den oben definierten Kostenparameter kann eine Einschätzung der untersuchten Gebiete hinsichtlich ihrer Kosten für ein Wärmenetz abgegeben werden. In den folgenden Abschnitten sind die möglichen Wärmenetze, deren Rahmendaten und die sich ergebenden Kosten zusammengestellt.



Abbildung 27: Auswahl der zu versorgenden Quartiere

Jede einzelne Betrachtung stellt einen Hotspot dar. Die Zusammenstellung der Kosten für die Hotspots soll eine erste Einschätzung ermöglichen, ob sich eine detailliertere Betrachtung der Hotspots für die Realisierung eines Wärmenetzes lohnt. Diese Analyse ersetzt jedoch keine Projektierungsplanung.

4.4 Wärmesenken im Umfeld bestehender Abwärmequelle

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Verschneidung von Wärmesenken und Abwärmequelle dargestellt. Insgesamt sind 40 Hotspots, nach der in Kapitel 4.3 geschilderten Vorgehensweise bearbeitet und die Kosten zusammengestellt worden. Im Folgenden werden vier Hotspots genauer beschrieben.

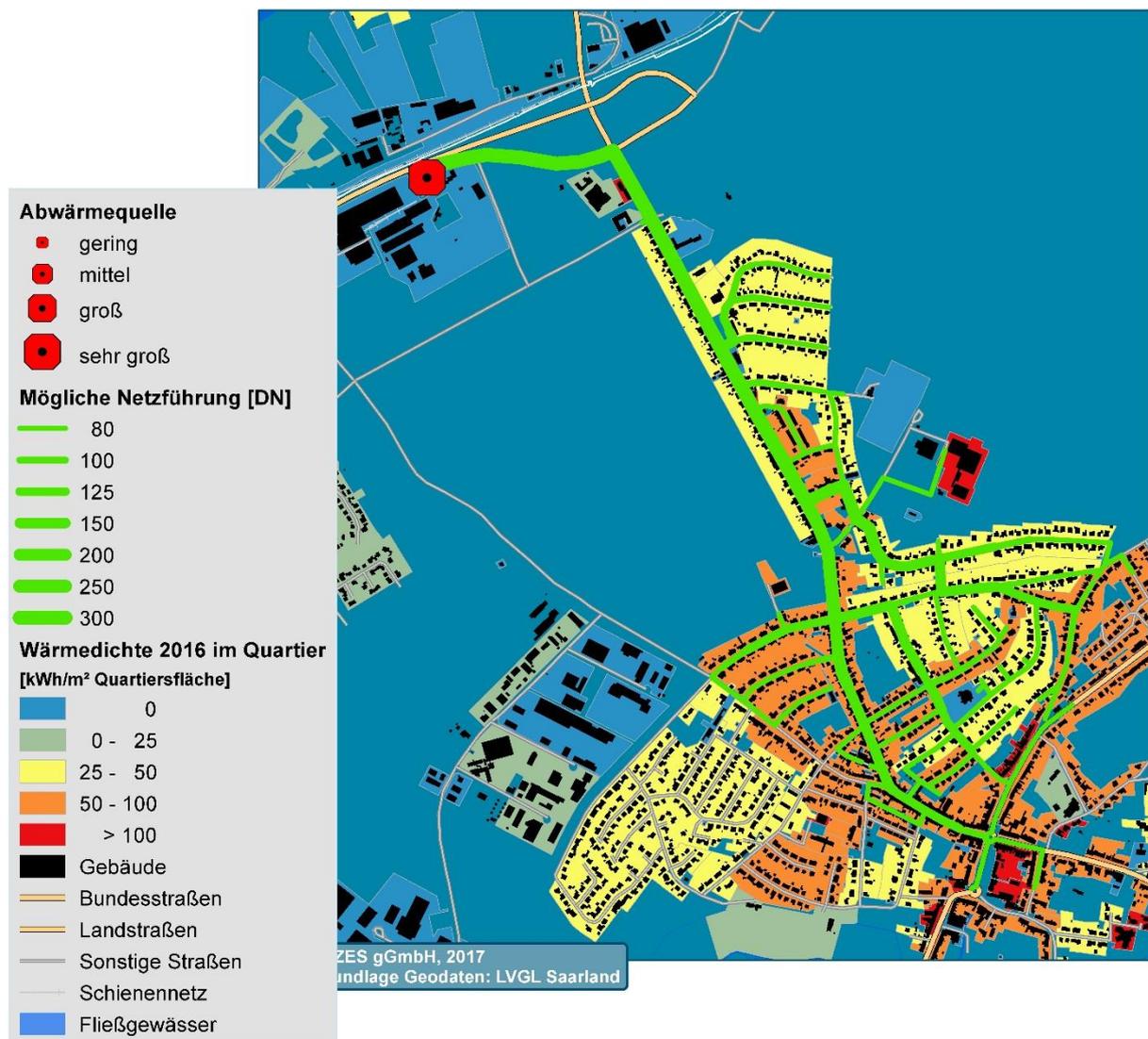


Abbildung 28: Wärmenetz Hotspot 1

Abbildung 28 zeigt das Ergebnis einer möglichen Wärmenetzführung zur Versorgung der in Abbildung 27 ausgewählten Quartiere. Das Netz führt über eine Gesamtlänge von rund 12 km von der Wärmequelle entlang der Straßenzüge in die einzelnen Quartiere zu jedem einzelnen Gebäude. Der Rohrdurchmesser liegt nahe der Wärmequelle bei DN 300 und nimmt mit wachsender Entfernung zur Wärmequelle immer weiter ab. Insgesamt können in diesem Gebiet über 900 Gebäude an das Netz angebunden werden. In die Kostenzusammenstellung gehen

mit einer anzustrebenden Anschlussquote von 60 % insgesamt rund 550 Gebäude mit einem Wärmebedarf von rund 19,6 GWh/a ein. Die mittleren spezifischen Netzkosten liegen bei 550 €/m und die Hausanschlusskosten (Übergabestation und Hausanschlussleitung) im Mittel bei rund 7.400 € pro Abnehmer.

Letztendlich ergeben sich Kosten für die Versorgung der Quartiere durch ein Wärmenetz von ca. **2,1 ct/kWh**. Hierzu sind die Kosten für die Wärmeeinspeisung in das Netz noch zu addieren. Die spezifischen Kosten des Netzes basieren auf den Wärmebedarfsberechnungen für das Jahr 2016. In Kapitel 3 sind die Entwicklungen des Wärmebedarfs für die Jahre 2025 und 2035 bilanziert worden, die die mögliche Netzauslastung in den nächsten Jahren zeigen sollen. Aufgrund dessen sind die spezifischen Kosten zusätzlich auf Basis des Wärmebedarfs 2035 zusammengestellt worden. Unter den o.g. Annahmen für die Trends im Bereich steigen die spezifischen Kosten im Jahr 2035 auf rund 2,2 ct/kWh. Dieser Kostenanstieg kann allerdings durch die Erhöhung der Anschlussquote entgegengewirkt werden. Tabelle 21 stellt die beschriebenen Parameter für das Wärmenetz nochmals zusammen.

Tabelle 21: Parameter Wärmenetz Hotspot 1

Abwärme	[GWh/a]	725,6
Netzlänge	[km]	12,3
Anzahl der Gebäude	[-]	909
Angeschlossene Gebäude	[-]	545
Wärmebedarf 2016	[GWh/a]	19,6
Wärmebedarf 2035	[GWh/a]	9,1
Wärmedichte 2016	[kWh/m]	1.600
Mittlere Kosten Hausanschluss	[€/Einheit]	7.400
Mittlere Kosten Netz	[€/m]	550
Kosten Wärmetransport 2016	[ct/kWh]	2,1
Kosten Wärmetransport 2035	[ct/kWh]	2,2

Bei Hotspot 1 ist die Vorgehensweise zur Auswahl bereits geschildert worden. Ggf. kann eine abweichende Auswahl der Quartiere ebenfalls sinnvoll sein.

So werden, beispielsweise, für Hotspot 3 zwei Varianten gerechnet. Variante 1 (Abbildung 29) basiert auf der geschilderten Vorgehensweise, wohingegen Variante 2 (Abbildung 30) ein angrenzendes Gewerbegebiet statt des Wohngebietes erschließt. Aufgrund der fehlenden Angaben zum Wärmebedarf in diesem Gewerbegebiet ist die Kostenzusammenstellung nicht möglich. Daher ist bei der Erschließung von Gewerbeflächen immer eine Einzelfallprüfung erforderlich, um detailliertere Angaben zum Wärmebedarf der einzelnen Firmen zu erhalten, auch wenn im Wärmekataster teilweise Informationen zum Wärmebedarf vorliegen.

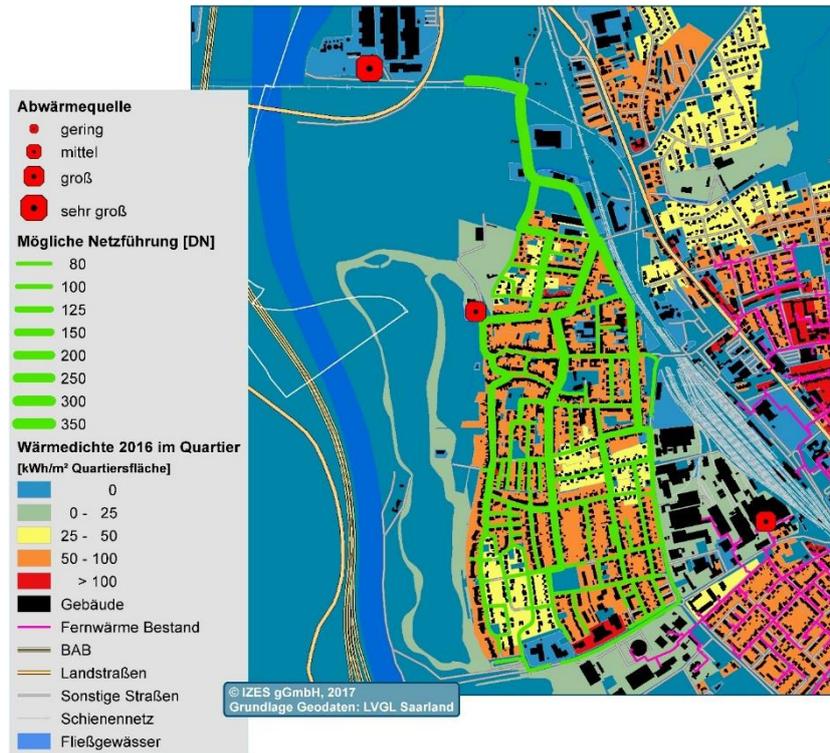


Abbildung 29: Wärmenetz Hotspot 3 - Variante 1

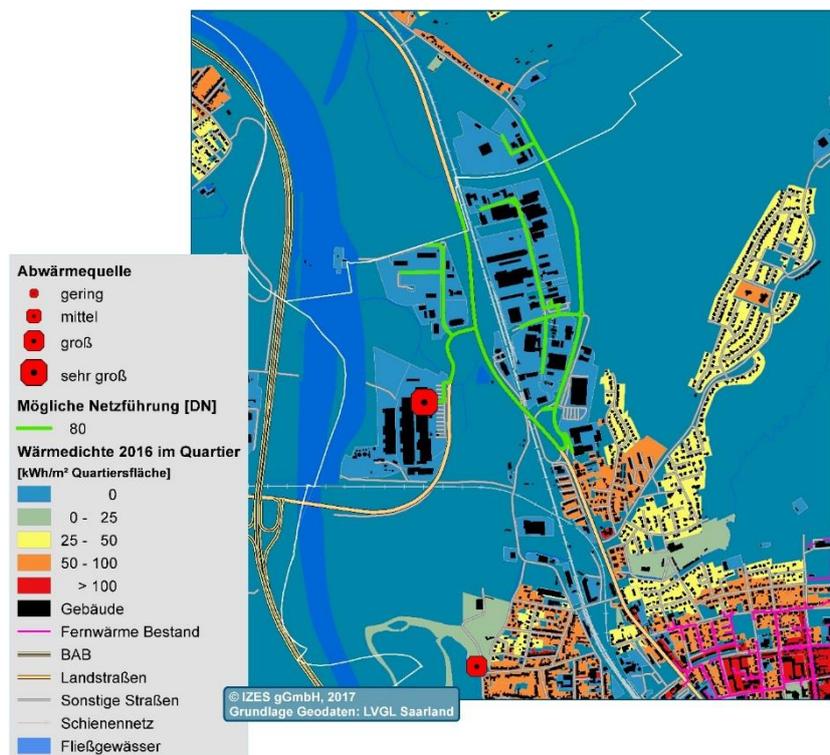


Abbildung 30: Wärmenetz Hotspot 3 - Variante 2

Tabelle 22 stellt die relevanten Parameter für ein mögliches Wärmenetz zusammen. Bei einer Gesamtnetzlänge von knapp 17 km und 739 angeschlossenen Gebäuden mit einem Wärmebedarf 2016 von rund 25,4 GWh/a entstehen für das Netz und die Hausanschlüsse Kosten in Höhe von ca. **2,2 ct/kWh**.

Tabelle 22: Parameter Wärmenetz Hotspot 3 – Variante 1

Abwärme	[GWh/a]	587,1
Netzlänge	[km]	16,9
Anzahl der Gebäude	[-]	1.231
Angeschlossene Gebäude	[-]	739
Wärmebedarf 2016	[GWh/a]	25,4
Wärmebedarf 2035	[GWh/a]	24,2
Wärmedichte 2016	[kWh/m]	1.500
Mittlere Kosten Hausanschluss	[€/Einheit]	7.400
Mittlere Kosten Netz	[€/m]	530
Kosten Wärmetransport 2016	[ct/kWh]	2,2
Kosten Wärmetransport 2035	[ct/kWh]	2,3

In Abbildung 29 sind 2 Wärmequellen zu erkennen, die im Rahmen dieser Bilanzierung nicht miteinander verbunden und separat bilanziert werden.

Hotspot 4 in Abbildung 31 zeigt innerhalb eines kleinen Gebietes vier Wärmequellen. Da die beiden Wärmequellen mit der höchsten Wärmemenge den Wärmebedarf der angrenzenden Quartiere vollständig decken, wird auf eine separate Bilanzierung aller vier Quellen verzichtet. Tabelle 23 stellt die Ergebnisse der Kostenberechnung zusammen.

Tabelle 23: Parameter Wärmenetz Hotspot 4

Abwärme	[GWh/a]	214,9
Netzlänge	[km]	8,8
Anzahl der Gebäude	[-]	537
Angeschlossene Gebäude	[-]	322
Wärmebedarf 2016	[GWh/a]	12,5
Wärmebedarf 2035	[GWh/a]	11,4
Wärmedichte 2016	[kWh/m]	1.400
Mittlere Kosten Hausanschluss	[€/Einheit]	7.600
Mittlere Kosten Netz	[€/m]	490
Kosten Wärmetransport 2016	[ct/kWh]	2,8
Kosten Wärmetransport 2035	[ct/kWh]	3,1

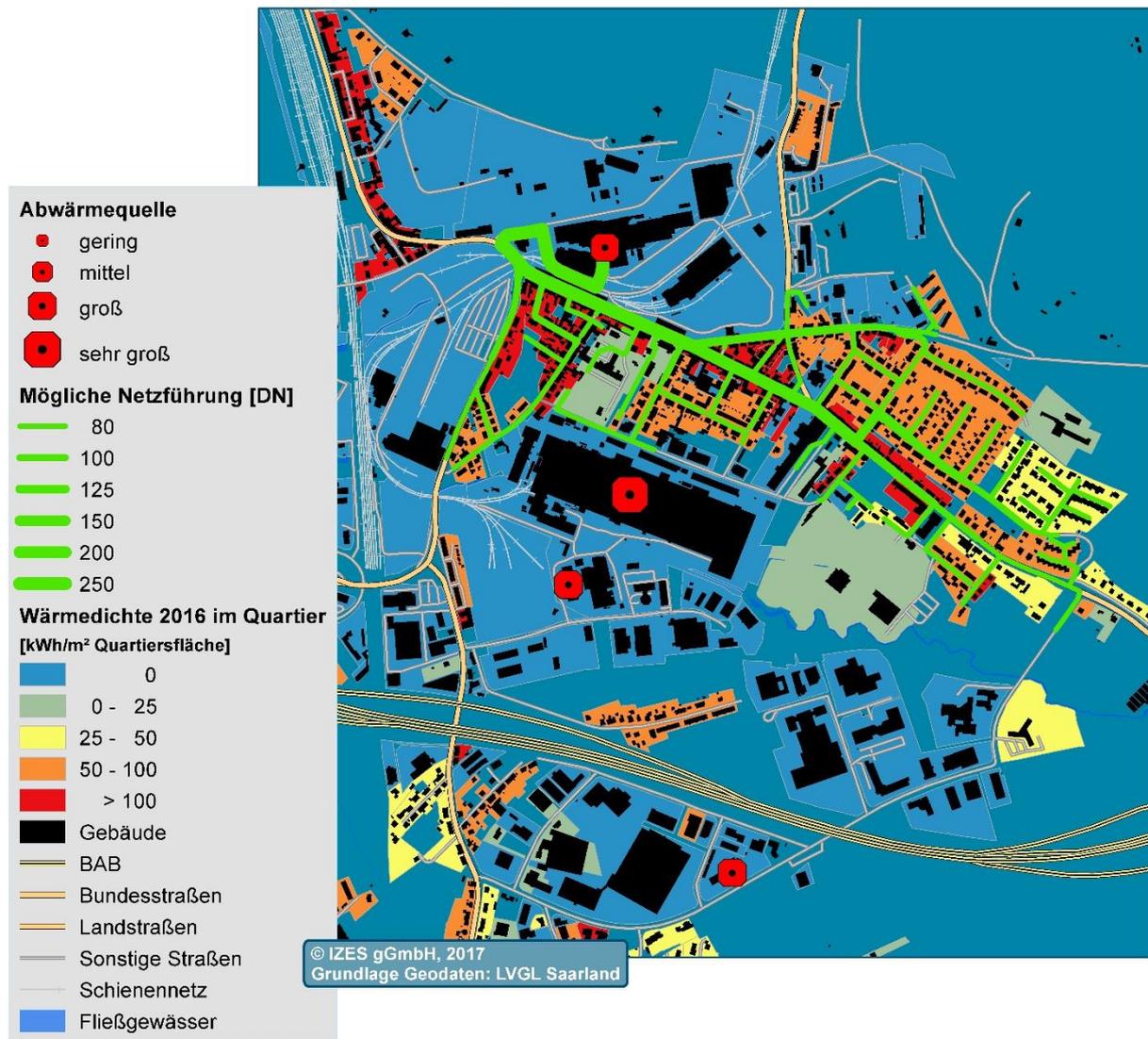


Abbildung 31: Wärmenetz Hotspot 4

Die Netzführung basiert, wie beschrieben, auf der Auswahl von Quartieren mit hoher Wärmedichte. Quartiere mit geringer Wärmedichte werden im Einzelfall in die Betrachtung mit integriert. Für Hotspot 5 werden exemplarisch mehrere Varianten unterschiedlicher Ausprägung berechnet und miteinander verglichen. Alle Varianten erschließen das angrenzende Quartier mit der sehr hohen Wärmedichte. In Variante 1 wird zusätzlich ein kleines Wohngebiet erschlossen. Dem gegenüber erschließt Variante 2 ein deutlich größeres Gebiet. Variante 3 belässt es bei dem Quartier mit hoher Wärmedichte. Tabelle 24 stellt die 3 Varianten gegenüber. Die Variante 1 stellt die Variante dar mit den geringsten spezifischen Kosten, allerdings wird hier von dem sehr hohen Abwärmepotenzial nur ein geringer Teil in Anspruch genommen. In Tabelle 25 sind die Ergebnisse der Kostenermittlung abschließend für alle Hotspots mit Abwärmequelle aufgelistet. Die Abbildungen mit den Wärmenetzen sind in Anhang C auf separaten Datenblättern mit den entsprechenden Parametern nochmals dargestellt.

Tabelle 24: Parameter Wärmenetz Hotspot 5

Variante		1	2	3
Abwärme	[GWh/a]	183,7	183,7	183,7
Netzlänge	[km]	2,4	6,0	7,3
Anzahl der Gebäude	[-]	23	271	402
Angeschlossene Gebäude	[-]	14	163	241
Wärmebedarf 2016	[GWh/a]	4,9	11,4	12,4
Wärmebedarf 2035	[GWh/a]	4,7	10,8	11,8
Wärmedichte 2016	[kWh/m]	2.000	1.900	1.700
Mittlere Kosten Hausanschluss	[€/Einheit]	9.300	7.400	7.500
Mittlere Kosten Netz	[€/m]	530	480	510
Kosten Wärmetransport 2016	[ct/kWh]	1,4	1,5	2,3
Kosten Wärmetransport 2035	[ct/kWh]	1,5	1,5	2,4

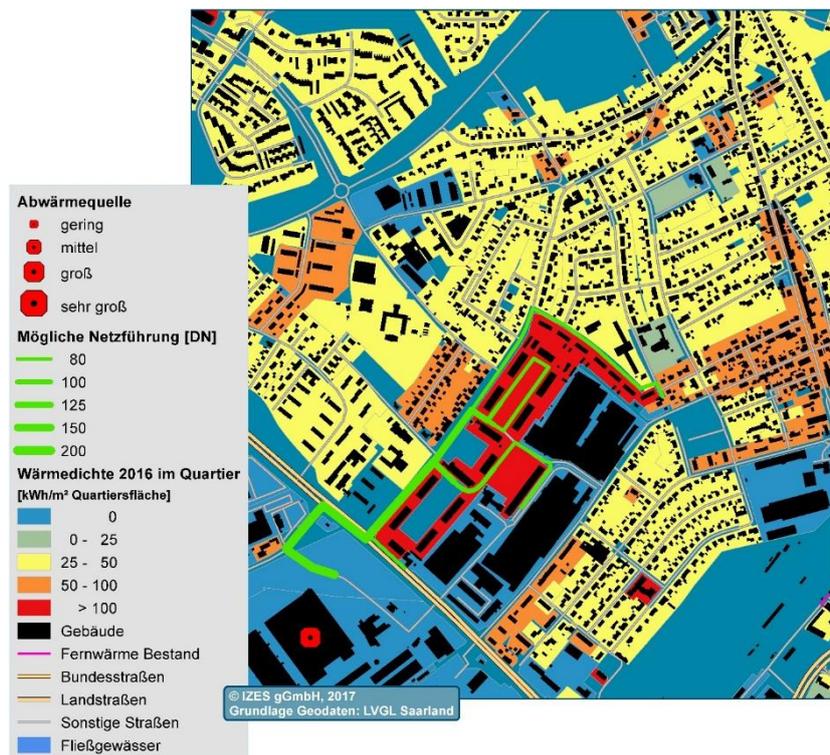


Abbildung 32: Wärmenetz Hotspot 5 – Variante 1

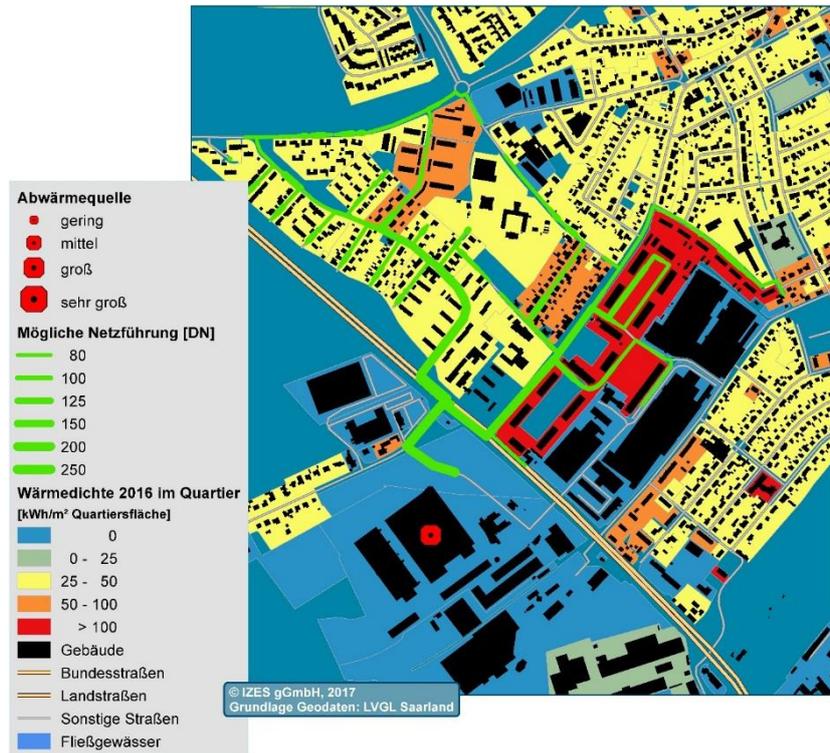


Abbildung 33: Wärmenetz Hotspot 5 – Variante 2

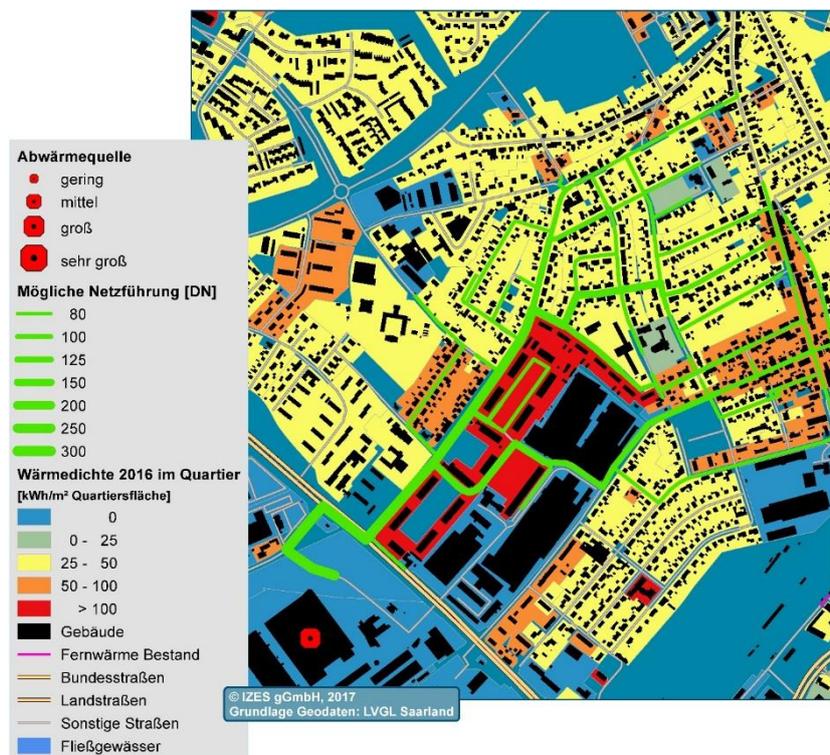


Abbildung 34: Wärmenetz Hotspot 5 – Variante 3

Tabelle 25: Wärmesenken im Umfeld bestehender Abwärmequelle

Hotspot	Name	Ort	Abwärme [GWh/a]	Netzlänge [km]	Angeschl. Gebäude [-]	Wärme bedarf [GWh/a]	Wärme dichte [MWh/a]	Wärme bedarf [GWh/a]	Mittl. Kosten Hausanschluss [€/unit]	Mittl. Kosten [€/m]	Wärme- transport [ct/kWh]	Wärme- transport [ct/kWh]
1	KIRCHHOFF Automotive Deutschland GmbH	Saarwellingen	725,6	12,26	545	19,6	1,60	19,1	2.800	550	2,1	2,2
2	* Schaeffler Technologies GmbH & Co. AG	Homburg	613,9	5,64	15	0,4	0,07	0,4	2.800	210	14,0	14,5
3	Nemak Dillingen GmbH	Dillingen	587,1	16,88	739	25,4	1,50	24,2	2.800	530	2,2	2,3
4	* Saint-Gobain PAM Deutschland GmbH	Saarbrücken	214,9	8,79	322	12,5	1,42	11,4	7.600	490	2,8	3,1
5	Robert Bosch GmbH	Homburg	183,7	2,41	14	4,9	2,03	4,7	9.100	530	1,4	1,5
6	Stahlguss Saar GmbH	St. Ingbert	59,7	9,05	391	13,3	1,47	12,9	7.300	540	3,1	3,2
7	* Urgo GmbH	Sulzbach	58,6	14,86	712	20,3	1,37	19,5	7.200	520	3,3	3,5
8	Villeroy & Boch AG	Mettlach	24,9	8,28	462	16,7	2,02	15,6	2.800	430	1,5	1,6
9	V & B Fliesen GmbH	Merzig	22,5	6,51	305	15	2,30	14,4	7.600	610	2,2	2,3
10	NANO-X GmbH	Saarbrücken	16,5	4,43	114	4,1	0,93	3,8	7.400	430	3,5	3,8
11	Johnson Controls Headliner GmbH	Überherrn-Altforweiler	15,7	11,17	331	11,4	1,02	11,1	7.400	550	3,9	4,0
12	CHEPHASAAR Chemisch-Pharmazeutische Fabrik	St. Ingbert	15,5	5,97	212	7,3	1,22	7,1	7.200	460	3,0	3,1
13	Across Barriers GmbH	Saarbrücken	12,1	8,05	35	10,8	1,34	10,8	2.800	400	1,5	1,5
14	Martin Luck Metallgießerei GmbH	Saarbrücken	12,1	8,05	35	10,8	1,34	10,8	2.800	400	1,5	1,5
15	Zeher GmbH	Saarbrücken-Klarenthal	10,8	1,87	63	1,8	0,96	1,6	7.500	480	4,0	4,5
16	Dürr Assembly Products GmbH	Püttlingen	10,4	3,28	163	5,6	1,71	5,5	7.300	490	2,6	2,7
18	Kerzenfabrik Pazen GmbH	St. Wendel	10,3	5,5	125	8,3	1,51	8	7.500	430	2,0	2,1
17	ENHA Kunststoffverarbeitungs-GmbH	Nonweiler	10,3	1,94	43	1,6	0,82	1,5	7.200	460	4,0	4,1
19	Peptido Chemische und Pharmazeutische Rohstoff	Bexbach	8,6	3,55	145	3,8	1,07	3,7	7.200	480	3,8	3,9
20	Saar-Color Lackfabrik GmbH	Kirkel-Limbach	5,9	4,24	122	3,8	0,90	3,6	7.200	450	3,8	4,0
21	Nothof Verpackungen GmbH	St. Ingbert	5,8	1,77	49	1,4	0,79	1,3	7.200	450	4,4	4,5
22	K2S GmbH	Neunkirchen	5,6	1,09	29	1,7	1,56	1,6	7.400	400	2,0	2,1
23	MHA Zentgraf GmbH & Co. KG	Merzig	5,5	2,00	101	3,2	1,60	1,9	5.300	410	2,2	3,7
24	NTC Nano Tech Coatings GmbH	Tholey	5,2	2,09	68	2,6	1,24	2,5	7.300	450	2,9	3,0
25	Gebrüder Arweiler GmbH & Co. KG	Dillingen	4,9	2,56	116	3,8	1,48	3,7	7.300	460	2,8	2,9
26	* Reichert GmbH	Gersheim	4,8	2,3	35	2	0,87	1,9	7.200	490	3,6	3,7
27	* Marquardt GmbH	St. Ingbert	4,8	2,48	85	2,4	0,97	2,3	7.200	480	3,9	4,1
28		Wadern-Krettnich	4,1	1,68	52	1,9	1,13	1,9	7.200	430	3,0	3,0
29	Bauglasindustrie GmbH	Schmelz	3,9	1,78	2	0,1	0,06	0,1	2.800	230	27,7	27,7
30	Saar-Tonindustrie GmbH Dachziegelwerke	Kleinbittersdorf	3,4	8,42	386	13,6	1,62	13,2	2.800	570	2,2	2,2
31	Welgo GmbH	Nohfelden	2,4	3,78	46	2	0,53	2	2.800	530	5,3	5,4
32	renitax Holzwerkstoffveredelung GmbH	Wadern-Nunkirchen	2,3	0,64	5	0,4	0,63	0,4	4.100	390	3,5	3,5
33		Nohfelden	1,8	2,16	62	2,2	1,02	2,2	7.200	490	3,5	3,6
34	Jolly-Stone GmbH	Schiffweiler-Heiligenwald	1,6	1,57	1	0	0,00	0	2.800	160	26,4	26,4
35	Gebr. Müller GmbH & Co. KG	Nohfelden-Wolfersweiler	1,4	0,66	17	0,8	1,21	0,8	7.300	450	2,9	2,9
37	Biogasanlage	Homburg	1,3	1,78	72	2,3	1,29	2,2	7.300	450	3,0	3,1
36	Biogasanlage	Losheim	1,3	9,77	277	11,2	1,15	10,9	7.300	630	3,8	3,9
38	Schreinerei Mesmer GmbH	Lebach-Thalexweiler	1,2	0,93	33	2,2	2,37	2,2	7.100	460	1,5	1,6
39	Bäckerei Gillen GmbH	Freisen	1,1	2	49	1,7	0,85	1,7	7.400	450	3,8	3,8
40	* Baustoffwerk Sehn Fertigaragen GmbH & Co. KG	St. Ingbert	0,8	2,53	106	2,7	1,07	2,7	7.300	480	3,8	3,9

* Zusammenfassung mehrerer Abwärmequellen

4.5 Wärmesenken ohne bestehende Abwärmequelle

Die Ermittlung der Hotspots ohne bestehende Abwärmequelle ist bereits in Abschnitt 4.3 geschildert worden. Der Unterschied zu den Hotspots mit bestehender Abwärmequelle liegt darin, dass hier noch kein festgelegter Ort der Wärmebereitstellung existiert. D. h. der Standort einer möglichen Anlage muss und kann noch an die Gegebenheiten vor Ort angepasst werden. Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen exemplarisch hierfür zwei Wärmenetzausprägungen in Schwalbach-Elm. Der Standort einer möglichen Wärmequelle wird auf ein sehr zentral gelegenes Quartier mit gemeinnützigen Einrichtungen in direkter Nachbarschaft zu Quartieren mit sehr hoher Wärmedichte gelegt. Ausgehend von diesem Standort werden in Variante 1 lediglich Quartiere mit hoher Wärmedichte einbezogen und in Variante 2 zusätzlich noch angrenzende Wohngebiete mit niedrigerer Wärmedichte.

Die Kostenzusammenstellung zeigt, dass Variante 1 mit 2,4 ct/kWh etwas besser abschneidet als Variante 2 mit 2,6 ct/kWh.

Tabelle 26: Parameter Wärmenetz Hotspot 46

Variante		1	2
Netzlänge	[km]	3,8	7,4
Anzahl der Gebäude	[-]	251	598
Angeschlossene Gebäude	[-]	151	359
Wärmebedarf 2016	[GWh/a]	6,3	13,2
Wärmebedarf 2035	[GWh/a]	6,1	13,0
Wärmedichte 2016	[kWh/m]	1.700	1.800
Mittlere Kosten Hausanschluss	[€/Einheit]	7.500	7.500
Mittlere Kosten Netz	[€/m]	359	400
Kosten Wärmetransport 2016	[ct/kWh]	2,4	2,6
Kosten Wärmetransport 2035	[ct/kWh]	2,6	2,8

Obwohl die Kosten pro Klowattstunde im gleichen Bereich liegen, können durch Variante 2 allerdings über 200 Gebäude mehr angeschlossen und versorgt werden. Eine mögliche Anlagengröße liegt im Bereich von 3,5 MW bis 8 MW je nach Variante (bei einer Anschlussquote von 60 %).

Abschließend sind in Tabelle 27 die Ergebnisse der Kostenermittlung abschließend für alle Hotspots ohne Abwärmequelle aufgelistet.

Die Abbildungen mit den Wärmenetzen sind in Anhang C auf separaten Datenblättern mit den entsprechenden Parametern nochmals dargestellt.

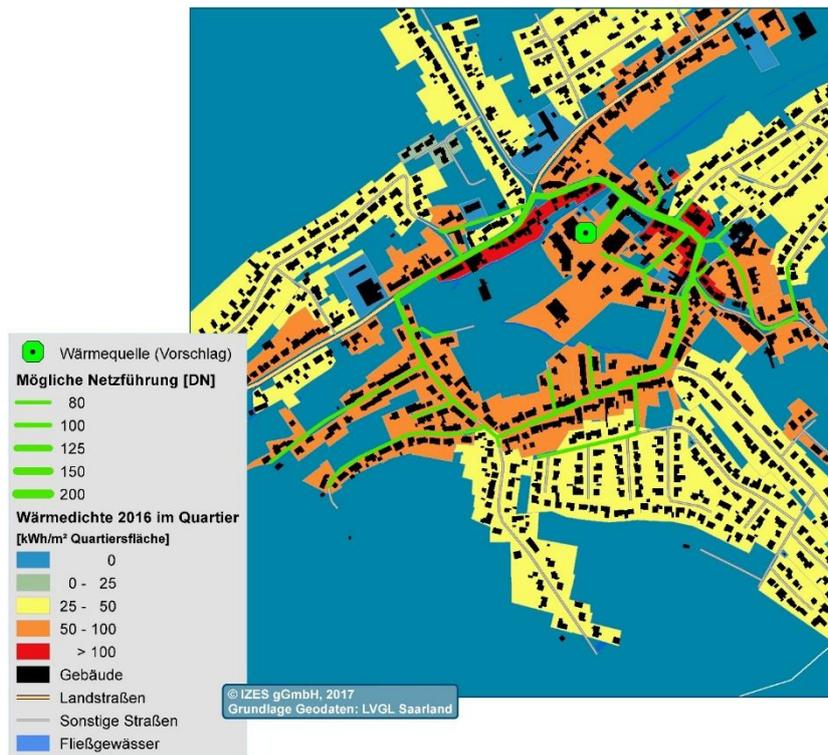


Abbildung 35: Wärmenetz Hotspot 46 – Variante 1

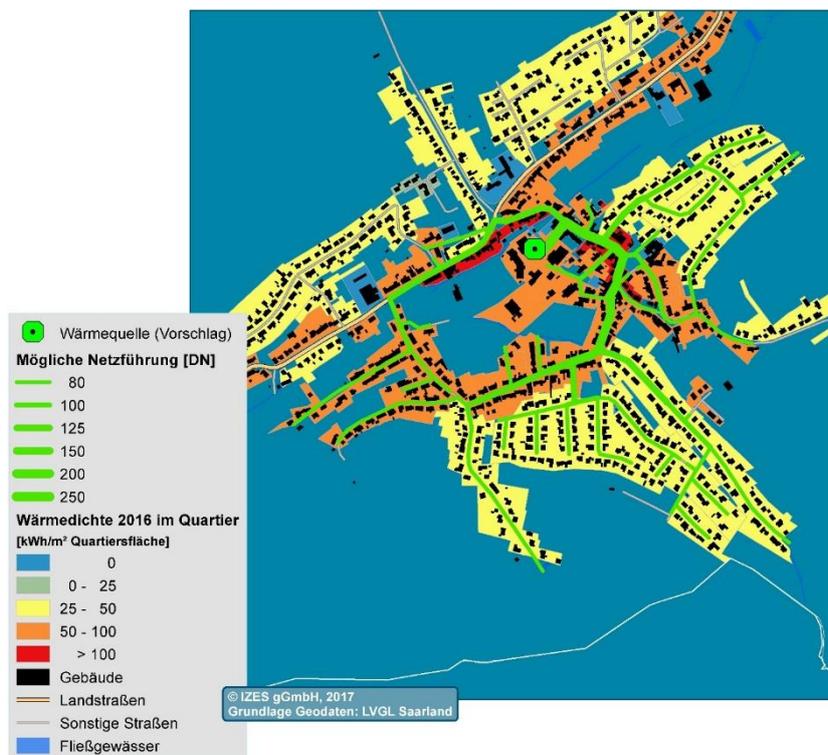


Abbildung 36: Wärmenetz Hotspot 46 – Variante 2

Tabelle 27: Wärmesenken ohne Abwärmequelle im Umfeld

Hotspot	Name	Ort	Netzlänge [m]	Angeschl. Gebäude [-]	Wärmebedarf 2016 [MWh/a]	Wärmedichte 2016 [kWh/m]	Wärmebedarf 2035 [MWh/a]	Mittl. Kosten Hausanschluss [€/unit]	Mittl. Kosten Netz [€/m]	Wärme- transport 2016 [ct/kWh]	Wärme- transport 2035 [ct/kWh]
41	Merzig	Trierer Straße	2,7	22	8,1	3,0	8,1	7.792	222	0,5	0,5
42	Saarbrücken, Güdingen	Sonnenbergstraße	0,016	10	7,3	11,4	7,3	7.500	370	0,2	0,2
43	Merzig	Kaserne 'Auf der Ell'	0,027	16	5,4	2,1	5,4	7.500	360	1,0	1,0
44	Ottweiler	Friedrich-Ebert-	0,175	105	6,1	1,8	6,1	7.500	400	2,1	2,0
45	Eppelborn, Wiesbach	Kirchenstraße	0,118	71	4,3	2,1	4,3	7.500	370	1,8	1,7
46	Schwalbach, Elm	Kirchenweg	0,251	151	6,3	1,7	6,1	7.500	360	2,4	2,6
47	Kirkel, Limbach	Casar-Straße	10,4	298,8	9,9	0,9	9,5	7.666	350	3,6	4,0
48	Ottweiler	Kieferweg	2,3	41,4	1,8	0,8	1,7	7.552	340	3,5	3,7
49	Ottweiler	Schloßstraße	2,6	94,2	5,3	2,1	5,1	7.752	330	1,8	2,0
50	Blieskastel	Alte Marktstraße	4,4	186	8,8	2,0	8,5	3.900	320	1,2	1,3
51	Saarbrücken, Ensheim	Schulstraße	5,7	271,2	9,8	1,7	9	7.572	320	2,5	3,0
52	Beckingen, Düppenweiler	Am Mühlenberg	2,8	138,6	5,8	2,1	5,6	7.516	350	2,2	2,3
53	Perl, Besch	Moselstraße	1,8	84,6	3,6	2,0	3,3	7.602	320	2,1	2,4
54	Blieskastel	Breitfurter Straße	1,4	75,6	2,9	2,0	2,8	7.586	370	2,4	2,5
55	Rehlingen-Siersburg,	Neunkircher Straße	2,4	98,4	4,7	2,0	4,5	7.676	340	2,1	2,3
56	Völklingen, Lauterbach	Hauptstraße	3,7	208,8	8,4	2,2	7,8	7.583	410	2,3	2,7
57	Wallerfangen, lhn	Weinbachstraße	2,4	86,4	3,8	1,6	3,7	7.800	370	2,5	2,7
58	Losheim am See; Britten	Palz	3,6	111	4,7	1,3	4,6	7.500	360	2,7	2,8
59	Mettlach, Wehingen	Wellinger Weg	2,3	59,4	2,9	1,3	2,8	7.755	310	2,4	2,6
60	Losheim am See; Bergen	Am Südhang	4,2	131,4	5,4	1,3	5,2	7.467	370	2,8	3,0
61	Schmelz, Limbach	Dorfstraße	3,8	141,6	7,2	1,9	7	7.531	360	2,1	2,2
62	Blieskastel, Breitfurt	Neue Gasse	6,0	249,6	9,0	1,5	8,8	7.595	380	2,8	3,0
63	Nohfelden, Neunkirchen-Nahe	Schulstraße	4,8	160,2	6,9	1,4	6,8	7.554	380	2,6	2,7
64	Bous	Kraftwerk	30,9	1276,8	50,5	1,6	49,1	7.556	470	2,8	3,0
65	Neunkirchen Kohlhof	Klinikweg	3,7	135,6	6,1	1,7	5,9	7.484	390	2,4	2,6
66	Neunkirchen, Münchwies	Turmstraße	3,5	103,2	6,1	1,8	6	7.416	410	2,1	2,2
67	Eppelborn, Wiesbach	Vor der Hub	4,2	145,8	7,4	1,8	7,2	7.411	440	2,3	2,4
68	Wadern	Christiansenberg	2,0	39	2,4	1,2	2,3	7.334	320	2,2	2,4
69	Illingen	Kapellenstraße	9,4	339	13,3	1,4	13	7.500	410	2,9	3,0
70	Völklingen, Ludweiler	Hohlstraße	5,9	270	11,3	1,9	10,7	7.492	380	2,3	2,6
71	Heusweiler	Am Markt	0,9	16,8	2,2	2,4	2,2	7.757	310	1,1	1,1
72	Kleinblittersdorf;	St.-Barbara-Straße	1,2	42,6	1,6	1,3	1,6	7.500	390	3,0	3,1
73	Kleinblittersdorf	Merowinger Straße	2,4	60	3,6	1,5	3,5	7.284	370	2,1	2,2
74	Merchweiler	Poststraße	6,6	311,4	13,3	2,0	12,6	7.549	390	2,3	2,6
75	Beckingen, Reimsbach	Zur Plätsch	3,9	113,4	5,3	1,4	5,2	7.481	370	2,5	2,7
76	Friedrichsthal, Bildstock	Birkenweg	4,9	154,8	6,8	1,4	6,7	7.640	370	2,6	2,7
77	Heusweiler, Holz	Heusweilerstraße	11,5	426,6	15,5	1,3	15	7.616	340	2,8	3,1
78	Beckingen	Bergstraße	1,4	33	2,3	1,6	2,3	7.696	320	1,8	1,8

4.6 Wärmesenken im Umfeld des Fernwärmenetzes Saar

Der Entscheidungsbaum in Abbildung 23 sieht neben der Entwicklung von Wärmenetzen die Anbindung von Quartieren mit hoher Wärmedichte an bestehende Wärmenetze vor. Tabelle 28 zeigt die erschlossenen Gebiete der Fernwärme Saar mit der Anzahl der angeschlossenen Gebäude, deren Wärmebedarf und der Anzahl der Gebäude im Umkreis von 20 m um die Fernwärmeleitung. Hieraus lässt sich eine Anschlussquote abschätzen.

Tabelle 28: Gebäude an den Fernwärmenetzen im Saarland

Gebiet	Angeschlossene Gebäude [-]	Wärmebedarf 2016 [GWh/a]	Anzahl der Gebäude im 20m Umkreis	Anschlussquote
Steinrausch	890	22,6	1.085	82%
Roden	430	21,6	890	49%
Fraulautern	210	10,5	450	46%
Dillingen	925	75,8	1.690	55%
Saarlouis	1.035	107,4	1.585	65%
Lisdorf	385	16,3	690	56%
Ensdorf	545	21,6	905	60%
Wadgassen	80	4,8	300	26%
Schaffhausen & Hostenbach	245	11,7	895	28%
Völklingen	1.880	126,7	2.085	90%
Saarbrücken ¹⁸	270	60,7	5.100	-
Göttelborn	1	176,0	3	33%
Homburg	180	91,0	455	40%
Lebach	160	14,3	270	60%
Neunkirchen	70	22,7	345	21%
Quierschied	1.185	48,2	1.940	61%
St. Ingbert	25	3,0	75	33%
Sulzbach	12	11,4	45	26%
Dorf im Warndt	45	1,7	130	35%
Großrosseln	275	13,3	445	62%

Bei einer Erhöhung der Anschlussquote in den bereits erschlossenen Quartieren ließen sich weitere knapp 1.500 GWh/a erschließen. Tabelle 29 zeigt die Potenziale in den Quartieren, die bereits durch die Fernwärme erschlossen sind und der Quartiere in unmittelbarem Abstand (15 m) zum Fernwärmenetz Saarland.

¹⁸ Für Saarbrücken liegen keine Detailpläne der Fernwärmeleitung vor. Hier sind alle Gebäude, die in einem Abstand von 20 m zur Fernwärmeleitung liegen, berücksichtigt.

Tabelle 29: Quartiere an der Fernwärme Saar

	quartiersbezogen	gebäudebezogen	Quote
Anzahl der Quartiere mit Fernwärme	ca. 1.000	ca. 1.000	-
Anzahl der Gebäude ¹⁹	28.500	13.700	48%
Wärmebedarf 2016 ²⁰	1.500 GWh	730 GWh	50%
Wärmebedarf 2025 ²³	1.200 GWh	200 GWh ²¹	17%
Wärmebedarf 2035 ²³	1.100 GWh	130 GWh ²¹	12%

Neben den Quartieren in denen bereits ein Wärmenetz liegt, besteht die Möglichkeit angrenzende Quartiere an das Netz anzubinden. Tabelle 30 zeigt, dass sich innerhalb von 100 m Entfernung zum Fernwärmenetz Saar bis zu 420 Quartiere mit einem Wärmebedarf von insgesamt rund 370 GWh befinden.

Tabelle 30: Quartiere im Umfeld der Fernwärme Saar

Anzahl der Quartiere in 100 m Entfernung zum Fernwärmenetz	420
Anzahl der Gebäude ²²	12.600
Wärmebedarf 2016 ²³	370 GWh
Wärmebedarf 2025 ²³	315 GWh
Wärmebedarf 2035 ²³	290 GWh

¹⁹ Es sind nicht unbedingt alle Gebäude im Quartier angeschlossen.

²⁰ Bzgl. allen Gebäude in den Quartieren.

²¹ Inkl. 100% Sanierung aller angeschlossenen Gebäude.

²² Es sind nicht unbedingt alle Gebäude im Quartier angeschlossen.

²³ Bzgl. allen Gebäude in den Quartieren.

4.7 Wärmequellen im Umfeld des Fernwärmenetzes Saar

Neben der Einbindung relevanter Quartiere in das bestehende Fernwärmenetz Saar werden zusätzlich weiteren Abwärmequellen im Umfeld des bestehenden Fernwärmenetzes untersucht. Insbesondere die Anbindung der Müllverbrennungsanlage AVA Velsen mit einer Abwärmemenge von 250 GWh ist zu untersuchen. Für die Anbindung werden 2 Varianten betrachtet. Variante 1 bezieht alle angrenzenden Quartiere der Haupttrasse mit ein (Abbildung 37). In Variante 2 werden lediglich die direkt berührten Quartiere berücksichtigt (Abbildung 38). Tabelle 31 stellt die Parameter der Trasse und der beiden Anschlussvarianten gegenüber.

Tabelle 31: Parameter Wärmenetz Hotspot 79

Variante		1	2
Abwärme	[GWh/a]	250	250
Gesamtlänge		13,2	8,6
davon Haupttrasse	[km]	5,9	5,9
Anzahl der Gebäude	[-]	1.400	400
Angeschlossene Gebäude	[-]	850	230
Wärmebedarf 2016	[GWh/a]	33,2	18,4
Wärmebedarf 2035	[GWh/a]	14,7	7,4
Wärmedichte 2016	[kWh/m]	2.500	2.100
Mittlere Kosten Hausanschluss	[€/Einheit]	4.300	5.700
Mittlere Kosten Netz	[€/m]	2.190	3.130

Die Haupttrasse weist eine Länge von rund 5,9 km auf. In Variante 1 werden in den angrenzenden Quartieren unter Berücksichtigung einer Anschlussquote von 60 % insgesamt rund 850 Gebäude angeschlossen. In Variante 2 werden lediglich rund 230 Gebäude angeschlossen. Für diese Varianten werden keine spezifischen Kosten berechnet, da hier die Anbindung einer weiteren Wärmequelle an die Fernwärmeschiene betrachtet wurde.

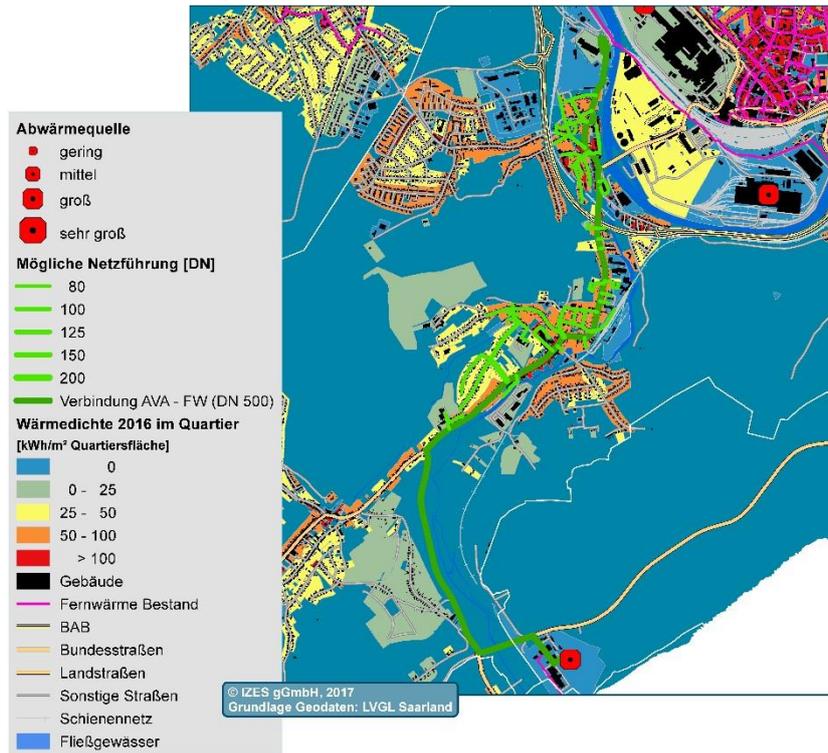


Abbildung 37: Wärmenetz Hotspot 79 – Variante 1

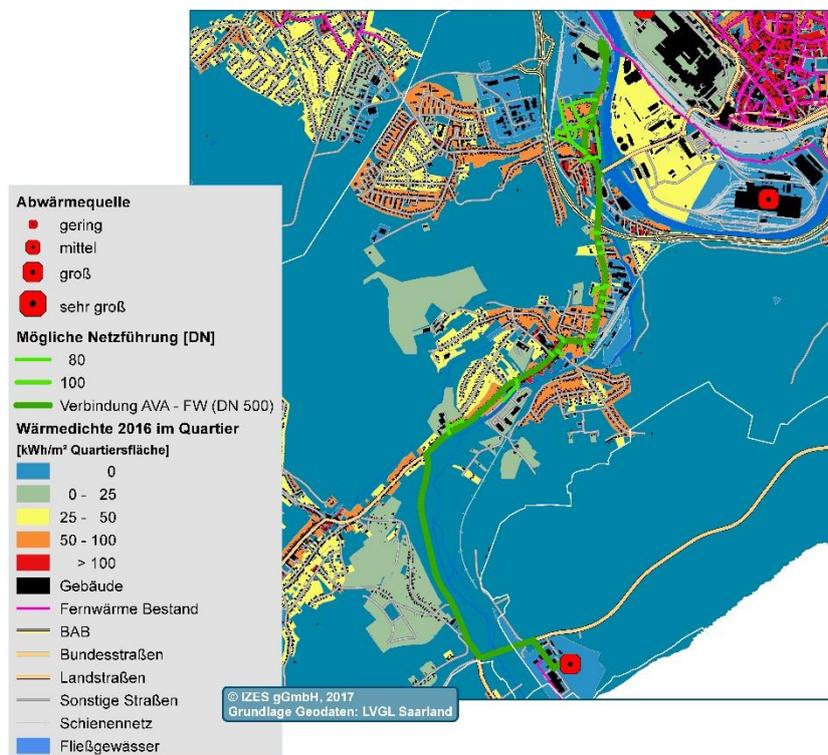


Abbildung 38: Wärmenetz Hotspot 79 – Variante 2

In Tabelle 32 sind weitere Abwärmequellen neben der AVA Velsen aufgelistet, die für eine Anbindung an die Fernwärme Saar in Betracht kommen. Hierunter befinden sich Firmen, die sehr nah am Fernwärmenetz Saar liegen. Für einzelne Unternehmen konnte nicht ausgeschlossen werden, dass diese bereits ans Fernwärmenetz angeschlossen sind.

Tabelle 32: *Abwärmequellen im Umfeld der Fernwärme Saar*

Name	Anschluss an FW	Abwärmemenge [GWh]
Schröder Fleischwarenfabrik GmbH & Co. KG	X	1,0
Ludwig Schokolade GmbH & Co. KG	X	3,0
Schwamm & Cie mbH	X	0,5
Meguïn GmbH & Co. KG	X	523,9
Peptido Chemische und Pharmazeutische Rohstoff GmbH	O	8,6
Nanogate AG	X	86,2
Across Barriers GmbH	O	12,1
STAFF DECOR Deutschland GmbH	X	0,2
Alchimea Naturwaren GmbH	O	0,2
Gebrüder Arweiler GmbH & Co. KG	O	4,9
Saar-Bandstahl GmbH	?	27,9
Martin Luck Metallgießerei GmbH	O	11,2
MAT Foundries Europe GmbH	?	279,1
Stahlwerk Bous GmbH	X	206,5
Bartz-Werke GmbH	X	122,8
Saarstahl LD-Stahlwerk	X	446,5
Stadco Saarlouis Ltd. & Co. KG	X	12,1
Eberspächer GmbH & Co. KG	?	55,4
ZF Friedrichshafen AG, Werk 1, Hauptwerk	X	241,5
ZF Friedrichshafen AG, Werk 5	X	43,3

In Spalte „Anschluss an FW“ ist dargestellt, ob die Abwärmequelle an die Fernwärme Saar angeschlossen ist. Mit „X“ gekennzeichnete Betriebe sind als angeschlossen identifiziert worden. Bei Kennzeichnung mit „O“ ist ein Anschluss unwahrscheinlich, da die Distanz zwischen Fernwärmenetz und Abwärmequelle hierfür zu groß ist. Für die Betriebe, die mit einem Fragezeichen gekennzeichneten sind, ist ein Anschluss weder nicht eindeutig zu erkennen noch auszuschließen.

5 Zusammenfassung

Das Wärmekataster Saarland stellt den aktuellen Wärmebedarf 2016 flächendeckend für das gesamte Saarland auf Quartiersebene dar. Zusätzlich wird eine Prognose für den zukünftigen Wärmebedarf in den Jahren 2025 und 2035 abgegeben. Grundlegend basiert das Wärmekataster auf der Liegenschaftskarte (ALKIS) und dem 3D-Gebäudemodell des Saarlandes. Hieraus ist für den Wohngebäudebereich die Siedlungsstruktur ermittelt und in 13 Siedlungsstrukturtypen eingeteilt worden. Zusätzlich sind Flächen mit besonders funktionaler Prägung, also Flächen mit gemeinnützigen Einrichtungen, sowie Industrie- und Gewerbeflächen bei der Kartierung berücksichtigt worden.

Das Kataster bildet somit den gesamten Gebäudebestand im Saarland hinsichtlich des aktuellen und zukünftigen Wärmebedarfes ab. Damit stellt das Wärmekataster ein Werkzeug für zukünftige Planungen im Wärmesektor zur dar.

Die Angaben zum Wärmebedarf werden im Rahmen dieser Studie durch erste identifizierte und bewertete Projektierungen – Hotspots – ergänzt, die sich aus dem Kataster ergeben.

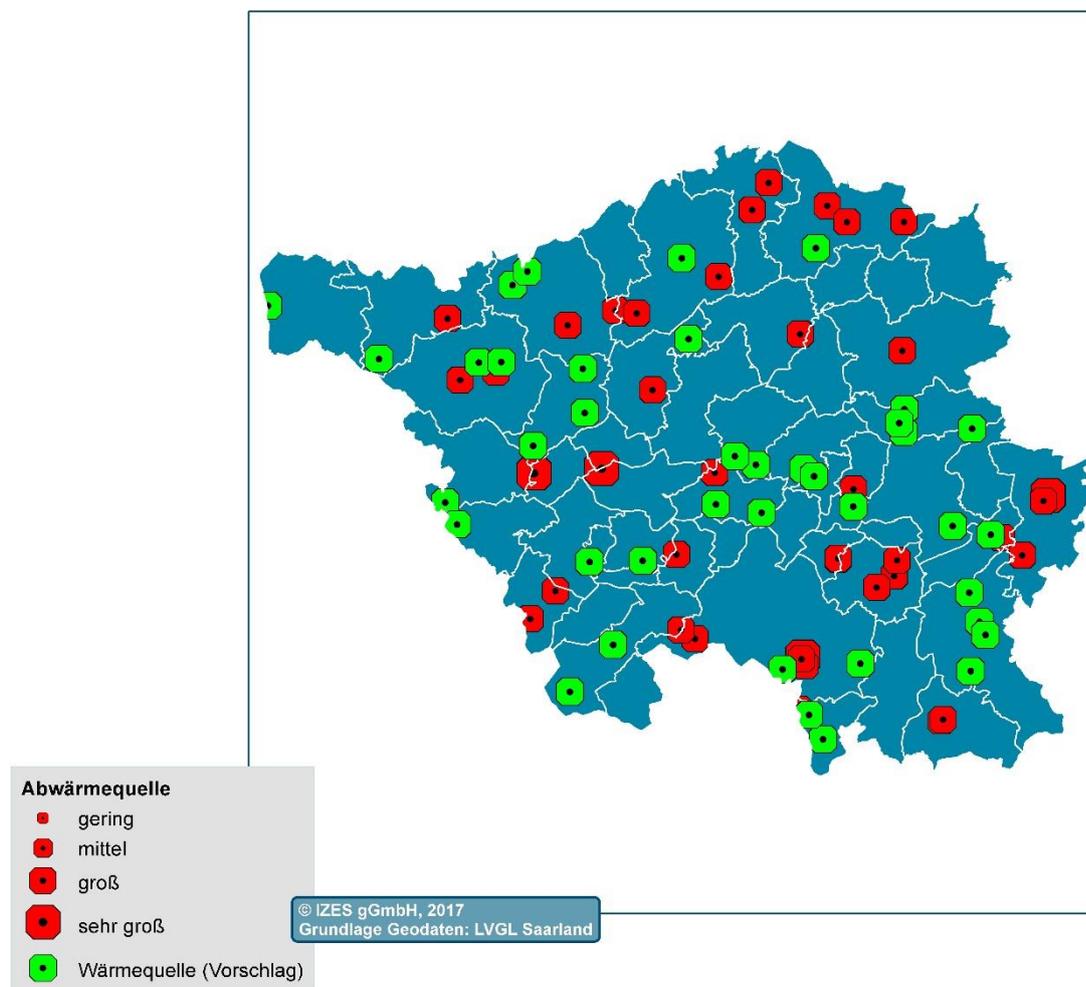


Abbildung 39: Zusammenstellung der untersuchten Hotspots

Insgesamt sind fast 80 Hotspots untersucht worden, die sich durch Quartiere mit hoher Wärmemenge und zusätzlich hoher Wärmedichte hervorheben (vgl. Abbildung 39). Hiervon liegt 40 Hotspots eine industrielle Abwärme als Ausgangspunkt zugrunde. Daneben sind weitere 38 Quartiere betrachtet worden, die für eine Nahwärmeversorgung geeignet wären – für die allerdings keine Abwärmequelle vorhanden ist. Zusätzlich ist die Anbindung an das bestehende Fernwärmenetz Saar sowohl für angrenzende Quartiere als auch für nahliegende Abwärmequellen geprüft worden. Durch die detaillierte Dokumentation der Vorgehensweise zur Identifikation der Hotspots ist diese übertragbar und auf weitere Gebiete innerhalb des Wärmekatasters Saarland anwendbar.

Die erste grobe Abschätzung der Kosten der rund 80 untersuchten Hotspots ergab, dass ca. 25 % der Hotspots wirtschaftlich umsetzbar sind, unter der Annahme, dass die spezifischen Kosten für die Infrastruktur (Netz, Hausanschluss) bei rund 2 ct/kWh liegen. Wird die Grenze der Wirtschaftlichkeit bei rund 3 ct/kWh definiert, sind bis zu 75 % aller Hotspots umsetzbar. Bei einer anzustrebenden Anschlussquote von 60 % und unter Berücksichtigung des heutigen Wärmebedarfs (2016) können somit über 1.600 Gebäude mit einem kumulierten Wärmebedarf von rund 135 GWh über Wärmenetze versorgt werden. Im Realisierungsbereich bis 75 % entspricht dies über 13.000 Gebäuden mit einem Wärmebedarf von 600 GWh/a.

Die Ergebnisse der Kostenbilanzierung zeigen, dass im Saarland eine Vielzahl an Gebieten für eine Wärmeversorgung über ein Wärmenetz geeignet wären. Die bisherige Auswahl der Quartiere weist eine mittlere Wärmedichte von 1,9 MWh/m Trasse und bzgl. der Quartiersfläche im Mittel eine Dichte zwischen 50 und 100 kWh/m² auf. Die dargestellten Hotspots zeigen eine erste Auswahl an Möglichkeiten, die aufgrund der Wärmemenge und Wärmedichte getroffen wurde. Darüber hinaus existieren noch weitere Quartiere die ggf. interessant für eine Wärmenetzplanung erscheinen. Allerdings wurden diese aufgrund der Auswahlkriterien in dem vorliegenden Bericht nicht berücksichtigt.

Andererseits stellen die gezeigten Netzfürhungen der Hotspots lediglich Vorschläge dar, die keinen fest definierten Netzverläufen entsprechen und in keiner Weise bindend sind. Netzfürhungen können verkürzt, ausgeweitet oder gänzlich anders geführt werden. Bspw. orientiert sich die hier dargestellte Linienführung stets am Straßennetz, daher könnte sich ein Trassenverlauf durch unbefestigtes Gelände positiv auf die hier bilanzierten Investitionskosten des Wärmenetzes auswirken. Hotspots, die momentan als unwirtschaftlich gekennzeichnet sind, können durch eine geänderte Netzfürhungen, bspw. aber auch durch die Bündelung von Baumaßnahmen wieder deutlich besser abschneiden. Hotspots die hier als wirtschaftlich eingeschätzt werden, können durch solche Maßnahme optimiert werden. Daher ersetzt die vorliegende Untersuchung keine detaillierte Machbarkeitsstudie zur Umsetzung eines Wärmenetzes. Andererseits können hier identifizierten Hotspots als hinfällig betrachtet werden, wenn in dem entsprechenden Gebiet bereits ein Gasnetz vorhanden ist oder die geografischen Gegebenheiten ein Wärmenetz nicht zulassen (z. B. zu große Höhenunterschiede).

Für die Hotspots, bei denen der Fokus auf der Nutzung industrieller Abwärme liegt, sind im nächsten Schritt zunächst die untersuchten Unternehmen anzusprechen und die hier bilanzierten Werte mit den realen Abwärmemengen abzugleichen. Sind die bilanzierten Werte realistisch bzw. liegt die tatsächliche Abwärmemenge eines Betriebes über dem bilanzierten Wärmebedarf der in den Hotspots angeschlossenen Gebäude, kann eine detaillierte Untersuchung stattfinden.

Im Rahmen dieser Studie lag der Fokus auf der Abbildung des Wärmebedarfs aus dem Wohngebäude- und Nicht-Wohngebäudebereich. Der Wohngebäudebereich ist auf Basis der Grundlagendaten bestmöglich dargestellt worden. Im Nicht-Wohngebäudebereich sind allerdings noch Unsicherheiten zu berücksichtigen. Gewerbe und Industrieflächen werden über die Angaben der IHK-Datenbank entsprechend abgebildet. Hier sind die Unsicherheiten bereits im Detail geschildert worden (Kapitel 2.2.4; z. B. die genaue Lage der Wärmequelle bzw. des Wärmebedarfs). Des Weiteren sind Gebäude mit gemischter Nutzung als Wohngebäude deklariert und die Kennwerte von Wohngebäuden angesetzt worden, wodurch wiederum Abweichungen zum tatsächlichen Wärmebedarf entstehen können. Bei Gebäuden auf Flächen mit besonders funktionaler Prägung sind auch größere Nebengebäude in die Berechnung mit aufgenommen worden. Aufgrund der Tatsache, dass die berücksichtigten Hauptgebäude durch die georeferenzierte Hausnummer identifiziert worden sind, sind auf diesen Flächen meist nur Verwaltungsgebäude als Hauptgebäude erkannt worden (z.B. Verwaltungstrakt eines Krankenhauses). Allerdings fällt der Wärmebedarf in den meisten Fällen in den weiteren Gebäudeteilen an. Durch die Integration der größeren Nebengebäude sind somit auch die Funktionsgebäude mit einem Wärmebedarf bilanziert worden. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen ist der erhobene Wärmebedarf durch Vergleichsgebiete verifiziert worden. Insbesondere im Wohngebäudebereich liegen die Abweichungen unter 2 %. In heterogenen Gebieten reicht die Abweichung bis maximal 15 %. Diese Abweichungen befinden sich im Hinblick auf die Größe des Untersuchungsgebietes noch in einem vertretbaren Rahmen. Hinsichtlich der untersuchten Hotspots basieren die ermittelten Kosten auf einer fundierten Grundlage und halten einer belastbaren Prüfung stand.

Bei der Identifikation geeigneter Hotspots für Wärmenetze lag der Fokus in erster Linie auf der Integration der vorhandenen Abwärmequellen. Die im zweiten Schritt ermittelten Hotspots ohne Abwärmequellen sind unabhängig von einer speziellen Wärmequelle bilanziert worden. Die Wirtschaftlichkeit dieser Ansätze hängt daher auch von der Wahl des entsprechenden Wärmeerzeugers ab. Zentrumsnah zu versorgende Quartiere bedürfen einer anderen Anlagenplanung als Quartiere an Randlagen. An Ortsrandlagen mit Anbindung auf große Freiflächen ließen sich Solarthermische Kraftwerke als Wärmeerzeuger einsetzen, wohingegen zentrumsnahe Standorte eher Raum für bspw. Holzhackschnitzelanlagen (unter Berücksichtigung der Zuwegbarkeiten) bieten. Aus Gründen der Flexibilität ist auf eine Bilanzierung mit Wärmeerzeugern verzichtet worden.

Unabhängig von der Fokussierung dieser Untersuchung bestehen hinsichtlich einer zukünftigen Entwicklung im Wärmesektor im Saarland noch weitere Möglichkeiten, die hier nur am

Rande berücksichtigt wurden. Neben der Ausweisung von Sanierungsgebieten und Angaben zum zukünftigen Gebäudeleerstand können bereits erste Aussagen getroffen werden. Baulücken, die sich zur Nachverdichtung eignen, sind innerhalb der Untersuchung nicht explizit herausgearbeitet worden, wobei diese durchaus Einfluss auf den Wärmebedarf und insbesondere auf die Wärmedichte ausüben. Des Weiteren existiert im Saarland eine Vielzahl an stillgelegten Absenkweihern, die ggf. zur saisonalen Wärmespeicherung eingesetzt werden können. Da die Lage dieser Weiher aktuell nicht kartiert ist, ist auf eine Berücksichtigung verzichtet worden. Im Zusammenhang mit solarthermischen Kraftwerken und interessanten Quartieren in der Nähe von Absenkweihern kann diese Variante zusätzlich in Betracht gezogen werden.

Das Wärmekataster versteht sich als ein essentieller Baustein der saarländischen Wärmewende und in diesem Sinne als grundlegendes Werkzeug zur Identifikation erster Projekte hinsichtlich einer nachhaltigen und vor allem kosteneffizienten Wärmeversorgung. Bedeutend für die praktische Anwendung ist eine kontinuierliche Aktualität und Verbesserung bzw. Minimierung der geschilderten Schwachstellen. Durch die Integration weiterer geografischer Informationen (Gasnetze, Speichermöglichkeiten, Freiflächen etc.) ist eine zusätzliche Steigerung der Qualität erreichbar, woraus sich weitere Projektierungen ergeben.

Das Wärmekataster Saarland ist online verfügbar unter: <http://geoportal.saarland.de/>

Literaturverzeichnis

- AGFW (Hg.) (2004): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der KWK und regenerativer Energien. Pluralistische Wärmeversorgung. Frankfurt.
- Aringer, Klement; Hümmel, Frank (2011): Die dritte Dimension im Kataster. Aufbau eines landesweiten Gebäudemodells am Beispiel Bayerns. In: *zfv* 136 (4), S. 210–218.
- Baur, Frank Prof.-Ing.; Fassbender, Beate; Frantzen, Jörg; Speck, Mike; Springer, Mikael; Trapp, Manuel et al. (2011): Biomasse-Potenzialanalyse für das Saarland. Der Teilplan Biomasse zum Master-Plan Neue Energie. Endbericht. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes. IZES gGmbH. Saarbrücken. Online verfügbar unter http://www.saarland.de/dokumente/thema_energie/20111231_Biomassepotentialstudie.pdf, zuletzt geprüft am 07.12.2016.
- Baur, Frank Prof.-Ing.; Wern, Bernhard; Kay, Sonja; Vogler, Cornelia; Gärtner, Sven; Hienz, Gunnar et al. (2014): Holzkaskade. Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz - nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Holzkaskadennutzung. Endbericht. FKZ 03KB016B. Hg. v. BMU Programm „Energetische Biomassenutzung“. IZES gGmbH; Internationales Institut für Wald und Holz NRW e.V.; ifeu GmbH. Saarbrücken, Münster, Heidelberg. Online verfügbar unter http://www.izes.de/cms/upload/publikationen/2014_IZES_IFEU_IHWH_2014_-_Gesamtbericht_Holzkaskade.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2016.
- Berens, Christine; Conrad, Ralph (2002): Studie zur Ausführung eines Nahwärmenetzes für den Einsatz regenerativer Energien in der Stadt Landau/Pfalz. Machbarkeitsstudie: Hg. v. Im Auftrag der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz. Fachhochschule Trier Fachbereich Versorgungstechnik. Trier.
- Blesl, Markus; Fahl, U.; Voß, A. (2001): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und regenerativer Energien – Pluralistische Wärmeversorgung. AGFW-Hauptstudie, Band 2, Teil 1: Wärmeversorgung des Gebäudebestandes. Institut für Energiewirtschaft und rationelle. Frankfurt. Online verfügbar unter http://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/1587/1/PW1-Bd2-Teil1B_Teil2.pdf, zuletzt geprüft am 28.10.2016.
- Blesl, Markus; Kempe, Stephan; Ohl, Michael; Fahl, Ulrich; König, Andreas; Jenssen, Till; Eltrop, Ludger (2009): Wärmealas Baden-Württemberg - Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen. Unter Mitarbeit von Universität Stuttgart. Universität Stuttgart.
- BMVBS (Hg.) (2012): Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012. BMVBS-Online-Publikation. Unter Mitarbeit von André Hempel, Horst-Peter Schettler-Köhler (Leitung), Andrea Vilz, Bearbeitung: Schmidt Reuter (Integrative Planung und Beratung GmbH, Köln), Dr. Dieter Thiel, Marco Ehrlich. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Nr. 08/2012). Online verfügbar unter [Seite 79](http://www.energie-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- kompetenz-bw.de/fileadmin/user_upload/energiemanagement/Wissensportal/Ausbildungen/energieauditor_16247_kommunal/16-Kostenkennwerte-Technik.pdf, zuletzt geprüft am 21.02.2017.
- BMVBS / BBSR (Hg.) (2009): Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden. Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (BBSR-Online-Publikation, 09).
- Brand, Michael Dr.; Spreer, Frithjof; Trapp, Manuel (2009): Voruntersuchung zum weiteren Fernwärmeausbau im Saarland. im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und des Ministeriums für Wirtschaft und Wissenschaft. Hg. v. IZES gGmbH. Saarbrücken.
- Buchert, Matthias; Fritsche, Uwe; Jenseit, Wolfgang (2004): Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland – Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung – Verknüpfung des Bereiches Bauen und Wohnen mit dem komplementären Bereich „Öffentliche Infrastruktur“. Hg. v. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 298 92 303/02 und UBA-FB 000543. Öko-Institut e.V., IÖR Dresden. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2600.pdf>, zuletzt geprüft am 28.10.2016.
- Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (2016): Demografieportal des Bundes und der Länder. Online verfügbar unter <https://www.demografie-portal.de/SharedDocs/Informieren/DE/ZahlenFakten/Bevoelkerungszahl.html>, zuletzt aktualisiert am 13.01.2017.
- DWD (2016): Klima in Deutschland. Temperaturentwicklung von 1881 bis 2015 und erwartete Zunahme bis 2010. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Offenbach am Main. Online verfügbar unter http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/_functions/aktuellemeldungen/bilder/160308_DWD_KlimaPK_2016_Lufttemperatur_D.png?__blob=poster&v=2, zuletzt aktualisiert am 16.01.2017.
- Europäischen Union (2007) EU Richtlinie (2007/2/EG) zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). INSPIRE, vom 14.03.2007. Fundstelle: Amtsblatt der Europäischen Union, S. L 108/1. Online verfügbar unter http://www.geodaten.niedersachsen.de/download/26285/RICHTLINIE_2007_2_EG_INSPIRE_deutsche_Fassung_vom_14.03.2007.pdf, zuletzt geprüft am 13.09.2016.
- FVS (2016): Die Fernwärmeschiene Saar. Fernwärme-Verbund Saar GmbH. Online verfügbar unter <http://www.fvs.de/portrait.php>, zuletzt geprüft am 15.12.2016.
- GKM (2012): Projektbeschreibung Ottweiler-Fürth Nahwärmeversorgung. GKM Ingenieure GmbH. Ottweiler-Fürth.
- Hensel, Piet (2013): Optimierung des Ausbaus von Nah- und Fernwärmenetzen. unter Berücksichtigung eines bestehenden Gasnetzes. Dissertation. Universität Paderborn. Online verfügbar unter <http://d-nb.info/104378005X/34>.
- IHK (2016a): Bevölkerungsvorausberechnung (Varianten W1 und W2). Online verfügbar unter http://www.saarland.ihk.de/p/Demografischer_Wandel-9-6953.html.

- IHK (2016b): IHK-Firmendatenbank Saarland. Industrie- und Handelskammer des Saarlandes. Online verfügbar unter http://www.ihkn.de/vektor/vektor?_bereich=artikel&_aktion=suche&_status=neu&_sprache=ihk&_katalogtyp=ihk, zuletzt geprüft am 24.10.2016.
- IHK (2016c): MB Research Marktzahlen Saarland. Hg. v. IHK, Michael Bauer Research GmbH, Nürnberg und CIMA Beratung + Management GmbH, BBE Handelsberatung GmbH. Saarbrücken. Online verfügbar unter <http://www.saarland.ihk.de/ihk-saarland/Integrale?SID=CRAWLER&MODULE=Frontend.Media&ACTION=ViewMediaObject&Media.PK=2745&Media.Object.ObjectType=full&bvm=bv.144224172,d.bGs>, zuletzt geprüft am 16.01.2017.
- IWU (2012): TABULA. Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU). Darmstadt. Online verfügbar unter <http://www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/tabula/> und <http://episcopo.eu/index.php?id=97>, zuletzt geprüft am 13.09.2016.
- LVGL (2016): DGM1. Informationen zum DGM1. Hg. v. Landesamt für Vermessung, Geoinformation und Landentwicklung. Saarbrücken. Online verfügbar unter https://www.shop.lvgl.saarland.de/index.php?option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=1060, zuletzt geprüft am 17.10.2016.
- Manderfeld, Markus; Jentsch, Andrej; Bohn, Kerstin; Richter, Dr. Stephan; Pohlig, Astrid; Dötsch, Christian (2008): Handbuch zur Entscheidungsunterstützung - Fernwärme in der Fläche. Leitungsgebundene Wärmeversorgung im ländlichen Raum. Hg. v. Fernwärmeversorgung Niederrhein GmbH und Projektträger Jülich. Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT; GEF Ingenieur AG.
- Ministerium der Justiz (2015) Landesbauordnung des Saarlandes (LBO). LBO, vom 18.02.2004 zuletzt geändert durch das Gesetz vom 15.07.2015. Fundstelle: Amtsbl. I S. 632. Online verfügbar unter http://www.saarland.de/dokumente/res_innen/2130-1.pdf, zuletzt geprüft am 13.09.2016.
- MWAEV (2016): Ausschreibung: Erstellung eines saarländischen Wärmekatasters. Hg. v. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr. Referat D/6 Grundsatzfragen der Energie- und Klimaschutzpolitik. Saarbrücken.
- Prognos; EWI; GWS (2014): Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose. Projekt Nr. 57/12 Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Unter Mitarbeit von Dr. Michael Schlesinger (Prognos), PD Dr. Dietmar Lindenberger (EWI), Dr. Christian Lutz (GWS). Basel/Köln/Osnabrück.
- Reinel; Thomas (LVG) (2015): Kundeninformation LoD1. Hg. v. Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. LDBV. Online verfügbar unter http://www.ldbv.bayern.de/file/pdf/3759/Kundeninformation_LOD1.pdf, zuletzt geprüft am 16.06.2016.
- Roth, Ueli (1980): Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Forschungsprojekt BMBau RS II 4 - 704102 - 77.10. Hg. v. Bundesmin. für Raumordnung, Bauwesen u. Städtebau. Bad Godesberg.
- Schulz, Wolfgang (1994): Ermittlung und Verifizierung der Potentiale und Kosten der Treibhausgas-minderung durch Kraft-Wärme-Kopplung zur Fern- und Nahwärmeversorgung im Bereich Siedlungs-KWK. DBU-Abschlussbericht-AZ-02631. Unter Mitarbeit von Klaus Traube und Hans-Ulrich Salmen. Bremer Energie-Institut. Bremen.

- SNE (2016): Projektbesprechung Steag New Energies mit IZES gGmbH zur Anbindung der AVA Velsen an die Fernwärmeschiene Saar. Saarbrücken, 19.05.2016. Besprechung an IZES gGmbH.
- Springer, Mikael; Trapp, Manuel; Ziegler, Claudia (2012): Optibio gaz. Aktion 4: Durchführung einer Bestandsaufnahme sowie Analyse der Stoffströme und der globalen Effizienz von Modellanlagen für die Biogaserzeugung in der Großregion. Hg. v. Au Pays de l'Attert (Belgien). Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann (L); Laborelec (B); INPL-ENSAIA, Nancy-Universität INPL (F); Université de Liège, Campus d'Arlon (B). Arlon, Belgien. Online verfügbar unter http://www.optibio gaz.eu/index.php/de/accueil_de, zuletzt geprüft am 07.12.2016.
- Statistisches Bundesamt (2011): Informationen zur Geheimhaltung von Verhältniszahlen bei Gitterauswertungen im Zensus 2011. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.
- Statistisches Landesamt Saarland (2015): Die Entwicklung der Bevölkerung im Saarland 2014 bis 2060. Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Statistische Berichte. Hg. v. Statistisches Landesamt Saarland. Saarbrücken.
- Tänzer, Guilleim; Groß, Bodo Dr. (2015): Abwärmearatlas - Erhebung, Abschätzung und Evaluierung von industrieller Abwärme in Deutschland - Potenziale und Forschungsbedarf. Laufzeit: 01/2015 bis 12/2017. Hg. v. Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). IZES gGmbH. Saarbrücken. Online verfügbar unter <http://www.izes.de/projekte/abw%C3%A4rmeatlas-erhebung-absch%C3%A4tzung-und-evaluierung-von-industrieller-abw%C3%A4rme-deutschland>, zuletzt geprüft am 15.12.2016.
- UMSICHT (2001): Nahwärme Forum. Hg. v. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. München. Online verfügbar unter <http://www.leitfaden-nahwaerme.de>, zuletzt geprüft am 20.10.2016.
- Zensus2011 (2011): Gebäude und Wohnungen sowie Wohnverhältnisse der Haushalte. Zensusdatenbank Zensus 2011 der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.zensus2011.de>, zuletzt geprüft am 19.10.2016.
- Zensus2011 (2014): Gebäude und Wohnungen sowie Wohnverhältnisse der Haushalte. Bundesrepublik Deutschland am 9. Mai 2011. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://ergebnisse.zensus2011.de/auswertungsdb/download?pdf=00&tableid=1&locale=DE&gmdblt=1>, zuletzt geprüft am 19.10.2016.