Stadt Sindelfingen

Kommunaler Wärmeplan Sindelfingen

Ein Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2040

Erstellt im Auftrag der Stabsstelle Klimaschutz und nachhaltige Mobilität der Stadt Sindelfingen

Heidelberg & Sindelfingen, 2023

Impressum:

INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Erstellt durch:
Angelika Paar, Dr. Sara Ortner, Celina Thomé, Sören Breidenbach

ifeu Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg Telefon +49 (0)6 221. 47 67 - 0 E-Mail ifeu@ifeu.de www.ifeu.de

1 Inhalt

Abbildungsverzeichnis **5**

Tabellenverzeichnis **8**

Abkürzungsverzeichnis und Begriffsdefinition **9**

Kurzfassung **12**

1 Hintergrund und Zielsetzung **20**

2 Bestandsanalyse Wärmebedarf und Versorgungsstruktur **21**

2.1 Gemeinde- und Gebäudestruktur in Sindelfingen 23

2.2 Versorgungsinfrastruktur 28

2.2.1 Auswertung der Verbrauchsdaten 28

2.2.2 Auswertung der Kehrbuchdaten 30

2.2.3 Darstellung der leitungsgebundenen Energieinfrastruktur 31

2.2.4 Zentrale Fernwärmeversorgung 32

2.3 Wärmeverbrauch und Treibhausgasemissionen 34

2.3.1 Energie- und THG-Bilanz 37

3 Potenzialanalyse **40**

3.1 Fernwärmepotenziale 40

3.2 Wärmebedarfsentwicklung 44

3.2.1 Effizienzpotenziale 44

3.2.2 Wärmebedarf durch Neubau 46

3.2.3 Effekt der Klimaerwärmung 48

3.2.4 Räumliche Darstellung der Bedarfsentwicklung 49

3.3 Potenziale erneuerbare Wärme 51

3.3.1 Sonnenenergiepotenziale 53

3.3.1.1 Dachflächen 53

3.3.1.2 Freiflächen 56

3.3.2 Geothermische Wärme 57

3.3.3 Umgebungswärme (Luft, Seewasser, Fluss, Tiefgarage, Tunnel, Grundwasser etc.) 62

3.3.3.1 Seen und Flüsse 62

3.3.3.2 Luft 62

3.3.4 Biomasse (feste Biomasse, Biogas) 63

3.3.4.1 Feste Biomasse 63

3.3.4.2 Biogas 64

3.3.5 Abwärme 65

3.3.5.1 Abfall (Deponiegas, Restmüll) 65

2 Inhalt

3.3.5.2 Abwasser (Kanal, Kläranlage, Klärgas) 66
3.3.5.3 Industrie 68
3.3.5.4 Tiefgaragen 69
3.3.5.5 Geplante Überdeckelung der A81 70
3.4 Potenzial an erneuerbarem Strom 70
3.5 Zusammenfassung der Potenziale an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme 75

4 Verbrauchs- und Versorgungsszenario 79
4.1 Eckpunkte zur zielkonformen Wärmeversorgung 79
4.2 Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung 80
4.2.1 Dezentrale Versorgung 81
4.2.2 Fernwärme bis 2030 82
4.2.3 Quartierslösungen 84
4.2.4 Gebiete mit besonderen Herausforderungen 86
4.2.5 Prüfgebiete 88
4.2.5.1 Prüfgebiete für Fernwärme nach 2030 88
4.2.5.2 Quartierslösungen nach 2030 89
4.2.5.3 Dezentrale Versorgung nach 2030 90
4.2.6 Zusammenfassende Darstellung der Eignungsgebiete (Zonierung) 91
4.3 Entwicklung des Versorgungsszenarios und der Treibhausgasbilanz 93
4.3.1 Herausforderungen im Zielszenario 94
4.3.2 Der Umgang mit Mercedes-Benz im Wärmeplan 96
4.3.3 Erneuerbare Wärme für die Fernwärme 96
4.3.4 THG-Bilanz 2030 und 2040 101

5 Wärmewendestrategie 103
5.1 Strategiefelder 103
5.1.1 Gebäudesanierung und NT-Readiness beschleunigen 104
5.1.2 Lenkung der Heizungsumstellungen in Gebieten mit dezentraler Versorgung 105
5.1.3 Aufbau von Quartierslösungen zur gemeinsamen Energieversorgung (Gemeinschaftsprojekt Wärmewende) 106
5.1.4 Ausbau und Verdichtung des Bestands-Fernwärmenetzes 107
5.1.5 Transformation der Fernwärme 108
5.1.6 Flächenmanagement zum Ausbau der erneuerbaren Energien 109
5.1.7 Organisatorische Rahmenbedingungen in der Verwaltung, bei den Stadtwerken und darüber hinaus schaffen 110

1 Inhalt

5.2 Schwerpunktsetzung bis 2030 111

5.2.1 M1: Vorbildwirkung der Stadt ausbauen, Gebäude, Infrastruktur und öffentliche Flächen aktivieren 111

5.2.2 M2: Flächenbereitstellung für technische Anlagen der Wärmewende 113

5.2.3 M3: Klimaneutralität der städtischen Unternehmen und Zweckverbände 113

5.2.4 M4: Dekarbonisierung der Fernwärme 115

5.2.5 M5: Pilotquartier Hinterweil 116

5.2.6 M6: Organisatorische Verankerung der Wärmeplanung 117

6 Literaturverzeichnis 118

7 Anhang 120

7.1 Vollbenutzungsstunden als Grundlage für die Verbrauchsermittlung 120

7.2 Daten zu den Grafiken 121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtwärmeverbrauch und Energieträgeranteil Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verbrauchsdaten der Stadtwerke und der Kehrbuchdaten 13

Abbildung 2: Darstellung der verschiedenen Eignungsgebiete in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung 16

Abbildung 3: Szenario für die Wärmenachfrage in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz und Makadamwerk). Quelle: Eigene Darstellung 17

Abbildung 4: Begriffsabgrenzung von Heizwärmbedarf, Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergie 23

Abbildung 5: Einteilung des Stadtgebiets Sindelfingen in Sozialräume und Baublöcke 24

Abbildung 6: Gebäudebestand in Sindelfingen nach Nutzung. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Gebäudedaten, die von der Stadt Sindelfingen zur Verfügung gestellt wurden. 26

Abbildung 7: Die Verteilung der Baualtersklasse für jene Gebäude, die über die entsprechende Information verfügen (1.300 Gebäudeumrisse). Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Gebäudedaten, die von der Stadt Sindelfingen zur Verfügung gestellt wurden. 27

Abbildung 7-a: Die Verteilung der Baualtersklasse der Gebäude in der Stadt Sindelfingen nach Baujahr (Quelle: Wärmeatlas BW) 26

Abbildung 8: Energieverbrauch Gas in den Jahren 2018-2021, nicht witterungsbereinigt, ohne Mercedes -Benz. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten, die von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden. 28

Abbildung 9: Energieverbrauch Fernwärme in den Jahren 2018-2021, nicht witterungsbereinigt. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten, die von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden. 29

Abbildung 10: Aufteilung der Kehrbuchdaten nach Feuerstättenart. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kehrbuchdaten der Bezirksschornsteinfeger. 30

Abbildung 11: Altersstruktur der Feuerstätten in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kehrbuchdaten der Bezirksschornsteinfeger 31

Abbildung 12: Fernwärme- und Gasnetz Sindelfingen 32

Abbildung 13: Übersicht der Energieerzeugungsanlagen auf der Gemarkung Sindelfingens 34

Abbildung 14: Gesamtwärmeverbrauch und Energieträgeranteil Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verbrauchsdaten der Stadtwerke und der Kehrbuchdaten 35

Abbildung 15: Darstellung des Wärmeverbrauchs nach Gebäudenutzung und Anwendung (ohne Mercedes Benz); Quelle: Eigene Darstellung 36
Abbildung 16: Auswertung der Energieträger nach Siedlungsbezirk 37
Abbildung 17: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Sindelfingen 2009 bis 2019 38
Abbildung 18: Entwicklung der THG-Emissionen Sindelfingen 2009 bis 2019 39
Abbildung 19: Darstellung der Wärmedichten auf Blockebene. Quelle: Eigene Darstellung 41
Abbildung 20: Darstellung der Wärmedichten auf Ebene von 100 x 100 m Raster. Quelle: Eigene Darstellung 42
Abbildung 21: Energieträgeranteil (Endenergie) nach Wärmedichtenklasse dargestellt in einer Wasserfallgrafik. Quelle: Eigene Darstellung 44
Abbildung 22: Darstellung von Effizienzpotenzialen für Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden, differenziert nach Baualtersklasse. Quelle: (ebd.) basierend auf BMWi (2014) 45
Abbildung 23: Entwicklung des Wärmebedarfs von Bestandsgebäuden in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz). Quelle: Eigene Darstellung 46
Abbildung 24: Eigene Darstellung auf Basis von Institut Wohnen und Umwelt (2023) 49
Abbildung 25: Räumliche Entwicklung der Wärmedichten auf Baublockebene im Jahr 2030 in Sindelfingen 50
Abbildung 26: Räumliche Entwicklung der Wärmedichten auf Baublockebene im Jahr 2040 in Sindelfingen 51
Abbildung 27: Einordnung des Potenzialbegriffs nach Kaltschmitt et al. (2003) 52
Abbildung 28: Übersicht städtischer Gebäude mit hohem bis sehr hohem Solarpotenzial (Stand: 2021, Quelle: Energieatlas Baden-Württemberg) 55
Abbildung 29: Übersicht zu Freiflächenpotenzialen in Sindelfingen (Stand: 2023, Quelle: Amt für Stadtentwicklung und Geoinformation, erstellt im Rahmen der Suchraumkulisse PV auf Freiflächen) 57
Abbildung 30: Zulassungsfähigkeit von Erdwärmepumpen im Kreis Böblingen (Landratsamt Böblingen) 59
Abbildung 31: Minimales Geothermie Potenzial in Sindelfingen (Stand: 2023, Quelle: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH) 60
Abbildung 32: Geothermie Potenzial in Darmsheim (Stand: 2023, Quelle: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH) 61
Abbildung 33: Darstellung der potenziellen Gebiete, die durch Energie aus Abwasser versorgt werden können 67
Abbildung 34: Potenzielle Tiefgaragen im Stadtgebiet 70
Abbildung 35: Übersicht zu Parkplatzflächen im Innenstadtgebiet, eingeteilt in drei Größenkategorien 72

Abbildung 36: PV-Potenzialflächen auf dem Werksgelände von Mercedes-Benz auf Parkplätzen 73

Abbildung 37: Umwandlungsverhältnisse zwischen erneuerbaren Strom und erneuerbarer Wärme (Quelle: Darstellung ifeu auf Basis von Agora Energiewende 2020, PWC 2020, ifeu 2012) *) Abhängig von Gebäude, Wärmequelle und Heizungstemperatur 78

Abbildung 38: Gebiete, die sich aufgrund der Siedlungstypologie und des Wärmeverbrauchs für eine dezentrale Versorgung auszeichnen. Quelle: Eigene Darstellung 82

Abbildung 39: Räumliche Darstellung der Fernwärme-Eignungsgebiete, die bis 2030 erschlossen werden können. Quelle: Eigene Darstellung 83

Abbildung 40: Wärmeverbrauch der Fernwärme-Eignungsgebiete, die bis 2030 erschlossen werden können. Quelle: Eigene Darstellung 84

Abbildung 41: Räumliche Darstellung jener Gebiete, die sich für eine zentrale Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen auszeichnen. Quelle: Eigene Darstellung 86

Abbildung 42: Darstellung jener Gebiete, deren zielkonforme Wärmeversorgung einer detaillierten Prüfung bedürfen. Quelle: Eigene Darstellung 87

Abbildung 43: Gebiete, für die eine detaillierte Prüfung hinsichtlich des möglichen Ausbaus der Wärmenetzinfrastruktur erfolgen soll und eine Realisierung spätestens ab 2030 erfolgen soll. Quelle: Eigene Darstellung 89

Abbildung 44: Gebiete, für die eine detaillierte Prüfung hinsichtlich des möglichen Ausbaus von Quartierslösungen erfolgen soll und eine Realisierung spätestens ab 2030 erfolgen soll. Quelle: Eigene Darstellung 90

Abbildung 45: Gebiete, für die eine zentrale Versorgung aus techno-ökonomischer Sicht als nicht sinnvoll erachtet wird. Quelle: Eigene Darstellung 91

Abbildung 46: Darstellung der verschiedenen Eignungsgebiete in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung 92

Abbildung 47: Szenario für die Wärmenachfrage in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz und Makadamwerk). Quelle: Eigene Darstellung 94

Abbildung 48: Umstellungsszenarien der Darmsheimer Fernwärme (Quelle: Eigene Darstellung) 97

Abbildung 49: Möglicher Standort einer Solarthermie-Freiflächenanlage, Quelle: Stadtverwaltung Sindelfingen inkl. eigener Ergänzungen 98

Abbildung 50: Umstellungsszenarien der Fernwärme Hauptnetz (Quelle: Eigene Darstellung) 100

Abbildung 51: THG-Bilanz der Wärmeversorgung in Sindelfingen entsprechend der Versorgungsszenarien (Quelle: Eigene Darstellung) 102

Abbildung 52: Überblick über die Strategiefelder der Wärmewende (Quelle: eigene Darstellung) 103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der technisch erschließbaren Potenziale für die Wärme- und Stromerzeugung 14
Tabelle 2: Maßnahmenüberblick 18
Tabelle 3: Überblick über die Sozialräume in Sindelfingen 24
Tabelle 4: Daten zu Fernwärmeerzeugern in den FW-Netzen in Sindelfingen im Jahr 2020 32
Tabelle 5: Endenergieverbräuche je Energieträger in den Jahren 2009 und 2019 in MWh 38
Tabelle 6: Wärmedichten und darauf aufbauende Einschätzungen zum Fernwärmenetzausbau 41
Tabelle 7: Auswertung der Wärmedichten in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz) 43
Tabelle 8: Abschätzung der zukünftigen Wärmebedarfe im Flugfeld 47
Tabelle 9: Quantifiziertes Abwasserpotenzial für die beiden Quartiere Fronäcker und Krautgartensiedlung (Quelle: Eigene Berechnung) 67
Tabelle 10: PV-Potenziale für Parkplatzflächen in Sindelfingen (Eigene Berechnung) 72
Tabelle 11: Zusammenfassende Darstellung der technisch erschließbaren Potenziale für die Wärmeerzeugung 76
Tabelle 12: Zusammenfassende Darstellung der technisch erschließbaren Potenziale für die Stromerzeugung 76
Tabelle 13: Wärmeverbrauch der verschiedenen Eignungsgebiete entsprechend der Zonierung (Quelle: eigene Darstellung) 92
Tabelle 14: Auswertung der Vollbenutzungsstunden je Gebäudefunktion. 120

Abkürzungsverzeichnis und Begriffsdefinition

%	Prozent
§	Paragraph
°C	Grad Celsius
a	Jahr
ALKIS	amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
Baublock	
BEG-Förderung	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Block-Heizkraftwerk
BICO2 BW	CO2-Bilanzierungstool Baden-Württemberg
BISKO	Bilanzierungssystematik Kommunal
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
bzw.	beziehungsweise
CCS	CO_2-Abscheidung und -Speicherung
CO_2	Kohlendioxid
DWA	Deutsche Bereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EE	Erneuerbare Energien
EEQ	Erneuerbare Energiequellen
etc.	et cetera
ETS II	Emsissionshandelsystem
EW	Einwohner und Einwohnerinnen
FFÖ-VO	Freiflächenöffnungsverordnung
FTG	Fernwärme Transportgesellschaft mbH
FW	Fernwärme
Gebäudeumriss	
GEG	Gebäude Energiegesetz
ggf.	gegebenenfalls
GUD	Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk
GWh	Gigawattstunde

ha	Hektar
Hausumring	
HKW	Heizkraftwerk
inkl.	inklusive
iSFP	Individuelle Sanierungsfahrplan-Beratung
K	Kelvin
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
Keff	Regionale Kompetenzstellen des Netzwerks Energieeffizienz
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
km^2	Quadratkilometer
kWh	Kilowattstunde
KWP	Kommunale Wärmeplanung
l	Liter
LODWAD 2.0	Wärmeatlas Deutschland 2.0
lt.	laut
m	Meter
m^2	Quadratmeter
mind.	mindestens
MWh	Megawattstunde
MWp / MW_{peak}	Megawatt peak
NT	Niedertemperatur
NWG	Nicht-Wohngebäude
PtG	Power to Gas
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaik-Thermo-Hybrid-Solarkollektor
Q_g	Endenergieverbrauch
Q_h	Heizwärmebedarf
Q_{outg}	Erzeugernutzwärmeabgabe
RBB	Restmüllheizkraftwerk Böblingen
rd.	rund
RED II	Erneuerbare Energie Richtlinie
RMHKW	Restmüll-Heizkraftwerk
s	Sekunde
s.	siehe
s. u.	Siehe unten
TAB	Thermische Abfallbehandlungen
THG	Treibhausgas
TWh	Terawattstunde
u. a.	Unter anderem
vgl.	vergleiche
vs.	versus

VZÄ	Vollzeitäquivalente
W	Watt
WEG	Wohnungseigentümergemeinschaft
WG	Wohngebäude
WP	Wärmepumpe
z. B.	Zum Beispiel

Kurzfassung

Um die menschengemachte Klimaerwärmung zu begrenzen und die Netto-Treibhausgasneutralität bis 2040 erreichen zu können, ist es auch auf kommunaler Ebene notwendig, Strategien und Maßnahmen zur klimaneutralen Energieversorgung zu entwickeln. Die zentralen Säulen für ein Gelingen der Wärmewende sind die Senkung des Gesamtbedarfs an Wärme durch Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle und Optimierung der Heizungssysteme, aber auch die Umstellung auf erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung. Wärme ist nicht so leicht transportierbar wie Strom – die Gegebenheiten vor Ort sind entscheidend für die zukünftige Wärmeversorgung und Kommunen kommt in der Nutzung dieser Gegebenheiten eine zentrale Rolle zu.

Der kommunale Wärmeplan soll für die Gestaltung der Wärmewende vor Ort die Grundlagen liefern. Er bildet die Situation vor Ort im Wärmesektor ab und prüft für die Zukunft Möglichkeiten zur Umgestaltung und Weiterentwicklung von Infrastrukturen, er zeigt Einsparpotenziale, Potenziale der erneuerbaren Energien Transport- und Speichermöglichkeiten von Wärme durch Fernwärmenetze. Der Wärmeplan soll somit ein wichtiges Werkzeug der kommunalen Stadtentwicklung werden.

Sindelfingen ist laut Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg eine jener Städte, die zur Erstellung eines Wärmeplans verpflichtet sind. Der Bericht zum Wärmeplan besteht im Folgenden aus den Teilen Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Verbrauchs- und Versorgungsszenario, Wärmewendestrategie und Schwerpunktsetzung mit Maßnahmen bis 2030. Der Bericht basiert auf verschiedenen Datengrundlagen vieler helfender Akteure, die auch eine zentrale Rolle für die Wärmewende spielen. Zu erwähnen sind insbesondere die Stadtwerke Sindelfingen, die Schornsteinfeger in den Kehrbezirken der Stadt, die Wohnstätten, der Eigenbetrieb zur Stadtentwässerung, der Zweckverband RMHKW Böblingen wie auch die Stadtverwaltung selbst mit den unterschiedlichen Ämtern und Abteilungen.

Die **Bestandsanalyse** fokussiert auf den aktuellen Stand der Wärmeversorgung in Sindelfingen im Jahr 2019. Der Wärmeverbrauch in diesem Jahr liegt bei **1.200 GWh**, wovon mehr als die Hälfte (630 GWh) auf das Mercedes-Benz Werk entfällt. Die Ausgangssituation für die Transformation der Wärmeversorgung ist gut: Es besteht bereits ein räumlich weit verzweigtes Fernwärmenetz, das mit relativ wenig Aufwand verdichtet bzw. ausgebaut werden kann.

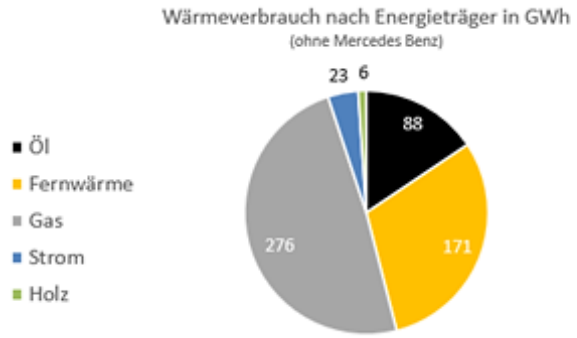

Abbildung 1: Gesamtwärmeverbrauch und Energieträgeranteil Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verbrauchsdaten der Stadtwerke und der Kehrbuchdaten

Eine Aufteilung der eingesetzten Energieträger zur Deckung des Energieverbrauchs in Abbildung 1 zeigt, dass fast die Hälfte des Wärmeverbrauchs ohne Mercedes-Benz[1] über Erdgas erzeugt wird, rund 1/3 über Fernwärme. Der Fernwärmeanteil liegt somit deutlich über dem Bundesdurchschnitt, der laut BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2022 bei rd. 14 % liegt. Der Anteil von Heizöl beträgt rd. 16 %. Rund 4 % des Wärmeverbrauchs wird durch Strom und Umweltwärme und 1 % durch Holz bereitgestellt. Unter Berücksichtigung des Einsatzes von Holz in der Zusatzheizung erhöht sich der Anteil von Biomasse auf rd. 3 %. Nicht dargestellt ist der Einsatz von Solarthermie und Photovoltaik (PV). Hierzu liegt keine verlässliche Datenquelle vor. Der größte Anteil des Wärmeverbrauchs, etwa 65 %, fällt in Wohngebäuden an. Die Nachfrage nach Räumwärme dominiert (rd. 85 %), der Anteil von Warmwasser beträgt rd. 11 % und jener für Prozesswärme 3 %.

Die **Potenzialanalyse** teilt sich in zwei Teile auf:

- Wärmebedarfsentwicklung
- Potenziale erneuerbarer Energien

Eine der zentralen Säulen für ein Gelingen der Wärmewende ist eine **Senkung des Gesamtbedarfs** an Wärme. Da der Raumwärmebedarf einen Großteil der Wärmenachfrage bestimmt, kann eine Reduktion vor allem durch Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle erfolgen. Sanierungsentscheidungen für Bestandsgebäude werden von den Eigentümern getroffen, die ordnungsrechtliche Steuerung erfolgt vorrangig durch Vorgaben im Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) auf Bundesebene. Auch die Fördermittel werden vorrangig auf Bundesebene zur Verfügung gestellt, vor allem im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

Für die Fortschreibung des Wärmebedarfs wurde auf die Studie „Sektorziele 2030“ im Auftrag des Umweltministerium Baden-Württembergs zurückgegriffen (Kelm et al. 2022). Für die Analyse kann auf die Reduktion des Energieverbrauchs, differenziert nach

[1] Im kommunalen Wärmeplan erschien es den Gutachtern und Gutachterinnen sinnvoll, Mercedes-Benz als größten Wärmeverbraucher im Stadtgebiet nicht in die Betrachtung einzubeziehen. Grund hierfür ist die Komplexität des Energieverbrauchs und der Versorgungsströme auf dem Werksgelände. Jedoch wurden zentrale Aspekte wie Abwärmepotenziale, Dachflächen- und Parkplatzflächenpotenziale und natürlich die Abwärme des GUD in den Wärmeplan einbezogen.

Raumwärme und Warmwasser und Gebäudefunktion und Baualtersklasse[1] zurückgegriffen werden. Dem Szenario liegt eine Steigerung der Sanierungsrate um ca. 35 % zugrunde. Somit sinkt der Wärmebedarf von rd. 560 GWh im Basisjahr auf rd. 480 GWh im Jahr 2030, was einem Anteil von 86 % entspricht. Im Jahr 2040 beträgt der Wärmebedarf im Zielszenario nur noch rd. 350 GWh, was einem Anteil von 63 % im Vergleich zum Jahr 2019.

Um den Wärmebedarf in der Zukunft vollständig abbilden zu können, wurden auch die Neubaugebiete einbezogen. Bis 2030 wird mit einem Mehrbedarf durch Neubau (z.B. am Flugfeld, Post-Voba-Areal, Almendäcker etc.) von rund 2,8 GWh pro Jahr gerechnet, bis 2040 werden es 3,95 GWh pro Jahr. In Darmsheim kämen weitere 0,7 GWh bis 2030 hinzu, bis 2040 rund 0,8 GWh.

In der Potenzialanalyse wurde darüber hinaus betrachtet, welche erneuerbaren Energien in welchen Mengen nutzbar wären. Für Sindelfingen wurden folgendes Potenzial ermittelt:

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der technisch erschließbaren Potenziale für die Wärme- und Stromerzeugung

[1] Sofern diese Information verfügbar ist

WÄRME	von [GWh/a] (konservative Abschätzung)	bis [GWh/a]
Solarthermie		
…Dachflächen < 300 qm	15	23
…Dachflächen > 300 qm	106	170
…Freiflächen	77	77
Oberflächennahe Geothermie		
… Sonden (nur Darmsheim)	3,9	11,9
…Kollektoren (Sportplätze)	1,5	1,5
Biomasse		
…Feste Biomasse	5	50
…Biogas	14	34
Abwärme		
…Deponiegas	2	2
…Abfall	97	97
…Abwasser: Kanal	8	10
…Abwasser: Kläranlage	20	20
…Industrielle Abwärme	0,5	Nicht konkreter abschätzbar
SUMME WÄRME	**350**	**496**
Photovoltaik		
…Dachflächen	120	120
…Parkplätze	45	74
...Parkplätze Mercedes-Benz	12	18
…Freiflächen	27	27
Wind		
Fünf Windkraftanlagen je 7,5 MW	75	75
SUMME STROM	**279**	**314**

Im nächsten Schritt wird aus den ermittelten Bestandsdaten, den oben dargestellten Effizienzpotenzialen und den Potenzialen zur Nutzung erneuerbarer Energien ein **Verbrauchs- und Versorgungsszenario** errechnet, welches das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung anstrebt. Dazu werden Eignungsgebiete für dezentrale und zentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Bei der Identifikation der Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung wurde folgendes beachtet:

- Anhand von Wärmedichten und spezifischen Wärmebedarfen werden Gebäude identifiziert, bei denen eine zentrale Versorgung ausgeschlossen werden kann.
- Gleichzeitig werden jene Gebiete identifiziert, in denen der Ausbau und die Verdichtung des Bestandswärmenetzes bis 2030 sinnvoll erscheint. Dabei werden auch zeitliche Einschränkungen (z. B. beschränkte Personalkapazitäten für den Ausbau bzw. Modernisierungsrate der Heizungen) berücksichtigt.
- Quartierslösungen werden ausgewiesen, wo aus der Potenzialanalyse die Nutzung von Solarthermie sowie Energie aus Abwasser aus der Kanalisation sinnvoll erscheint.
- Gebiete mit besonderen Herausforderungen bei der Dekarbonisierung (z. B. die Innenstadt oder besonders eng bebaute Gebiete), werden als Sondergebiete dargestellt.

Aufgrund der angesetzten Effizienzentwicklungen und weiterer Unsicherheiten werden Gebiete, die sich bis 2030 nicht für den Fernwärmeausbau präqualifizieren als Prüfgebiete ausgewiesen. Das Ergebnis zeigt die folgende Abbildung, die als Zonierung für die Wärmeplanung genutzt werden kann.

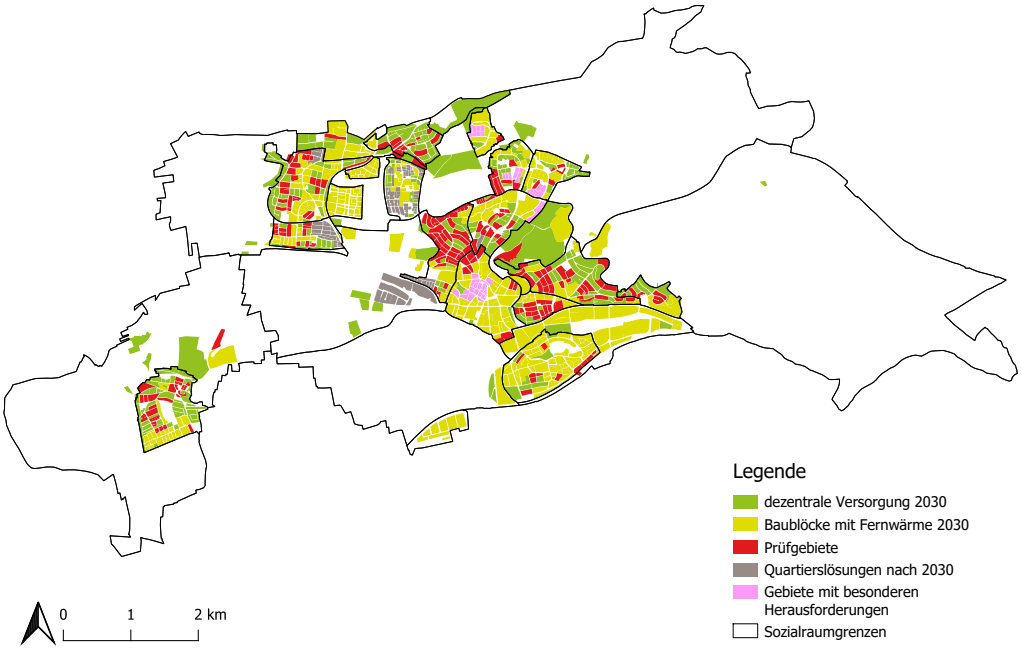

Abbildung 2: Darstellung der verschiedenen Eignungsgebiete in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Erstellung des Zielszenarios sind neben der oben dargestellten Zonierung auch der Endenergieverbrauch und die eingesetzten Energieträger für die Jahre 2030 und 2040 zu bestimmen. Dies erfolgte unter folgenden Annahmen:

- In bereits bestehenden Fernwärmegebieten werden bis 2030 alle Kessel ausgetauscht und durch Fernwärme ersetzt, die älter als 20 Jahre sein werden;
- In Gebiete, die sich für den Einsatz von Wärmepumpen eignen, erfolgt der Ersatz der aktuellen Heizung nach 20 Betriebsjahren.

- In Wärmenetzausbaugebieten werden bis 2030 jene Gebäude erschlossen, deren Kessel dann mindestens 30 Jahre alt sein werden.
- Zwischen 2030 und 2040 werden alle fossilen Heizungen ausgetauscht, wenn diese länger als 17 Jahre in Betrieb sind. Dies gilt in Gebieten, die sich für die zentrale Versorgung eignen genauso wie für Gebiete mit dezentraler Versorgung[1].
- Im Szenario Fernwärme 2040 werden jene Prüfgebiete, die sich nach 2030 für einen Fernwärmeausbau aus heutiger Sicht eignen, mit Fernwärme versorgt. Im Szenario Wärmepumpen 2040 werden diese Gebiete nicht weiter durch Fernwärme erschlossen, sondern mit Wärmepumpen versorgt.

Daraus resultieren folgende Verbrauchsentwicklungen bis 2040.

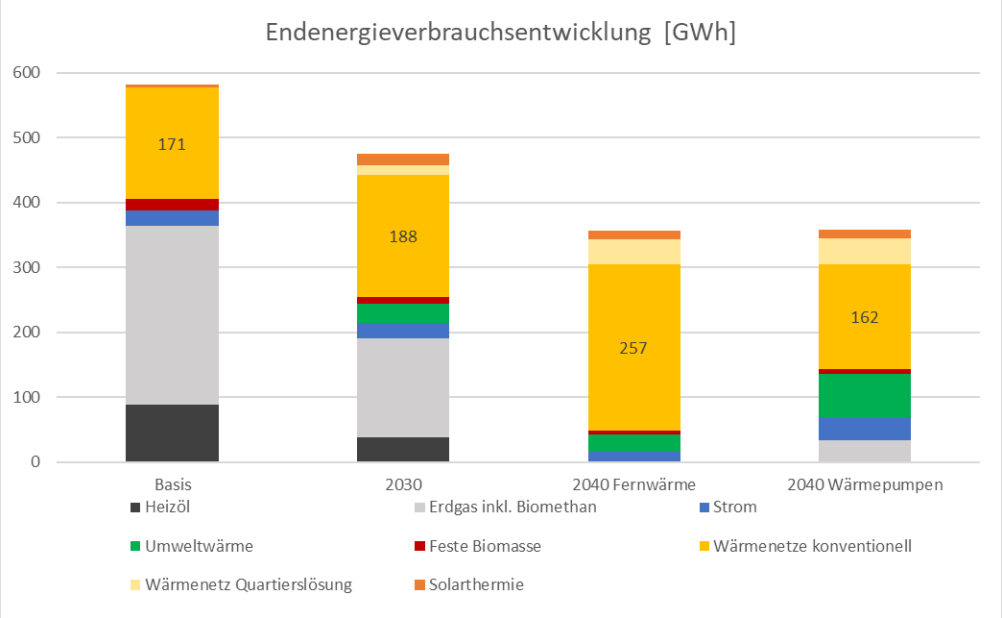

Abbildung 3: Szenario für die Wärmenachfrage in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz und Makadamwerk). Quelle: Eigene Darstellung

Der Anteil der Fernwärme steigt unter den getroffenen Annahmen von rd. 30 % im Basisjahr auf rd. 43 % im Jahr 2030 an. Der Anteil von Erdgas reduziert sich im selben Zeitraum von 47 % auf rd. 30 % und jener von Heizöl von 15 % auf 8 %. Neben dem Fernwärmeausbau wurde unterstellt, dass der Anteil von Wärmepumpen steigen wird: Auch wenn keine signifikante Steigerung der Stromnachfrage ersichtlich ist, steigt der Anteil der Umweltwärme auf 5 %.

Mit diesem Szenario werden die rund 125.000 Tonnen THG-Emissionen im Basisjahr, die auf die Wärmeversorgung in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz) zurückzuführen sind, bis 2030 halbiert. Diese Reduktion ist insbesondere auf den Verbrauchsrückgang durch die Effizienzverbesserungen wie auf den starken Ausbau der Fernwärme zurückzuführen, was zu einem deutlichen Rückgang der Heizöl- und Endgasverbräuche führt. Bis 2040 könnten durch die Transformation des Wärmesektors rund 77 % (im Wärmepumpenszenario) bzw. 82 % (im Fernwärmeszenario) der THG-Emissionen im Wärmesektor eingespart werden. Eine vollständige Dekarbonisierung ist aufgrund der Energieträger in der Fernwärme (RMHKW, Klärschlammverbrennung) und dem Wärmepumpenstrom im Szenario nicht erreichbar. Hierfür wären zusätzliche Maßnahmen wie eine CO_2-Abscheidung und

[1] Die verkürzten Betriebszeiten ergeben sich daraus, dass nach 2020 u. a. noch Gaskessel eingebaut wurden und somit im Jahr 2040 keine 20 Betriebsjahre erreichen werden.

Speicherung wie auch ein stärkerer Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor notwendig.

Diese skizzierte Transformation erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken aller beteiligten Akteure und Akteurinnen unter dem Dach einer **Wärmewendestrategie**. Diese soll im Kern folgende Ziele verfolgen:

- Beschleunigung der Gebäudesanierung und die Vorbereitung der Gebäude für den Einsatz von Niedertemperatur (NT-Readiness) sowie eine Lenkung der Heizungsumstellung in Fernwärmegebieten
- Lenkung der Heizungsumstellungen in Gebieten mit dezentraler Versorgung
- Aufbau von Quartierslösungen zur gemeinsamen Energieversorgung
- Ausbau und Verdichtung der Fernwärme
- Transformation der Fernwärme
- Raum- und Flächenmanagement für den EE-Ausbau

Um diese Strategie Realität werden zu lassen, wurden in einem gemeinsamen Diskussionsprozess folgenden **sechs Maßnahmen bis 2030** ausgearbeitet, die zur Umsetzung empfohlen wurden.

Tabelle 2: Maßnahmenüberblick

	Ziele	Maßnahmen
M1	Vorbildwirkung der Stadt ausbauen, Gebäude, Infrastruktur und öffentliche Flächen aktivieren	Endenergieverbrauch städtische Liegenschaften reduzieren und wo möglich an Fernwärme anschließen PV-Anlagen auf Dachflächen ausbauen PV auf Parkplatzflächen realisieren
M2	Bereitstellung von privaten und öffentlichen Flächen und Infrastruktur für die Wärmewende	Ausbau von Solarthermie und PV-Anlagen auf privaten Dächern und Parkplatzflächen Ausbau zentraler Energieversorgungsanlagen für Mikronetze, Quartierslösungen
M3	Verpflichtung der städtischen Unternehmen und Zweckverbände auf das Ziel Klimaneutralität 2040 und die Ziele der Wärmeplanung	Festlegung einheitlicher Ziel- und Umsetzungsvereinbarung zwischen Stadt, Eigenbetrieben, Zweckverbänden und kommunalen Unternehmen Kontinuierliche Umsetzung dieser Zielsetzung
M4	Dekarbonisierung der Fernwärme	Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Fernwärme Weitgehende Dekarbonisierung der Fernwärme bis 2040
M5	Entwicklung eines klimaneutralen	Umsetzung von Pilotprojekten Intensive Beratung und Begleitung Verbreitung der Erfahrungen auf die Gesamtstadt

	Pilotquartiers im Hinterweil bis 2035	
M6	Organisatorische Verankerung der Wärmeplanung	Implementierung der Ergebnisse des Wärmeplans in den betroffenen Verwaltungsbereichen Aktivierung und Begründung einer Rückkopplungsschleife zwischen Stabsstelle und Fachämtern

1 Hintergrund und Zielsetzung

Der Mensch beschädigt seine Umwelt und damit seinen eigenen Lebensraum durch den großen Ausstoß von Treibhausgasen (THG) und die daraus resultierenden globalen Klimaveränderungen nachhaltig. Die gesellschaftlichen Auswirkungen der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern in Deutschland werden aktuell sehr deutlich. Alle drei Aspekte des energiewirtschaftlichen Zieldreiecks – Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit – machen eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung notwendig.

Diese Notwendigkeit hat das Land Baden-Württemberg in einem Klimaschutzgesetz formuliert. In der aktuellen Fassung wird darin festgelegt, dass bis 2040 eine Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen ist und dass im Sektor Gebäude bis 2030 das Zwischenziel von 65 % THG-Reduktion im Vergleich zu 1990 erreicht werden muss.

Die kommunale Wärmeplanung leistet hier einen wichtigen Beitrag, die Wärmewende strategisch voranzutreiben. Auf dieser gesetzlichen Grundlage aufbauend wurde im vorliegenden Bericht und in den mit der Berichterstellung einhergehenden Zusammenarbeit mit der Verwaltung sowie den relevanten Akteure und Akteurinnen (insbesondere den Stadtwerken Sindelfingen) eine Wärmeplanung erarbeitet, die aufzeigt, wie die Stadtgebiete zukünftig mit treibhausgasneutraler Wärme versorgt werden können und welche Maßnahmen diese Transformation bis 2040 unterstützen.

Der Wärmeplan und die darauf fußende Strategie liefern einen robusten Transformationspfad für das Jahr 2030 und darüber hinaus eine richtungssichere Vorbereitung der Aktivitäten von 2030 bis 2040. Die erarbeitete Strategie folgt dabei im wesentlichen folgenden handlungsleitenden Grundlagen:

- der aktuellen Infrastruktur in Sindelfingen in Bezug auf die Wärmeversorgung,
- der Wärmedichte in den Baublöcken und Quartieren sowie
- den Potenzialen an erneuerbaren Energien, die in Zukunft einen wesentlicheren Beitrag zur Wärmeversorgung leisten müssen.

Die Strategien werden in konkrete Maßnahmen übersetzt, so dass eine Umsetzung der Wärmeplanung und damit eine nachhaltige Versorgung der Bevölkerung in Sindelfingen mit Wärme ermöglicht wird. Hierfür sind umfangreich Kapazitäten zu mobilisieren, Bauleistungen in Gebäuden und im öffentlichen Raum notwendig, Flächen für erneuerbare Energien zu erschließen sowie Zielkonflikte zu diskutieren und zu überwinden. Dafür ist die Beteiligung vieler Akteure und Akteurinnen in Sindelfingen notwendig, auch dies wird in den Maßnahmen explizit genannt.

Die Wärmewende ist eine große Herausforderung! In Sindelfingen sind die Startbedingungen jedoch sehr gut, es gibt viele aktive Menschen und Institutionen, die ihren Beitrag leisten können und möchten.

2 Bestandsanalyse Wärmebedarf und Versorgungsstruktur

Die Bestandsanalyse hat zum Ziel, den Gebäudebestand im gesamten Gebiet der Stadt Sindelfingen zu beschreiben und den aktuellen Wärmebedarf und -verbrauch[1], die vorhandenen Gebäudetypen, die eingesetzten Energieträger und Technologien zu ermitteln sowie die Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude zu erfassen. Darüber hinaus soll eine Treibhausgasbilanz für Sindelfingen erstellt werden (siehe 2.3.1).

Die Datenerhebung und Analyse im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfolgt gebäudescharf, die Ergebnisdarstellung erfolgt jedoch unter Einhaltung des Datenschutzes auf Baublockebene. Die den Analysen zugrunde liegende räumliche Datenauflösung wird an den entsprechenden Stellen ausgeführt. Zudem werden Steckbriefe für die einzelnen Quartiere erstellt, die detaillierte Informationen zum Gebäudebestand, den Potenzialen, der zukünftigen Wärmeversorgung und möglichen Maßnahmen beinhalten.

Das Klimaschutzgesetz in Baden-Württemberg (§ 7 e) ermächtigt Gemeinden zur Datenerhebung von vorhandenen Daten bei natürlichen und juristischen Personen. Die Datenermächtigung umfasst u. a. die Erfassung von

- gebäudescharfen Verbrauchsdaten für Strom, Gas und Fernwärme
- Lage und Alter von Wärmenetz- und Gasnetzinfrastruktur
- Gebäudescharfe Informationen zu den eingesetzten Technologien (Leistung, Energieträger, Alter, Art) auf Basis der Kehrbuchdaten
- Erhebung von Informationen zum Endenergieverbrauch, Wärmeenergiebedarf bzw. –verbrauch und Art der Wärmeenergiebedarfsdeckung bei Gewerbe und Industriebetrieben

Die Erhebung der Verbrauchsdaten erfolgte für die Jahre 2018 bis 2020 bzw. 2021. Darüber hinaus liegen für die Gebäude die Daten des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) vor, angereichert durch weitere Informationen (z. B. Baugenehmigungen). Diese Daten beinhalten neben Informationen zum Standort und Gebäudeumriss auch Informationen zum Gebäudetyp und der Nutzung und wurden sukzessive durch die Stadt um weitere Informationen ergänzt, beispielsweise um Informationen zum Baualter oder der Geschosszahl.

Die für die Potenzialanalyse berücksichtigten Datenquellen werden in Abschnitt 3 dargestellt.

[1] Im Folgenden wird nur noch der Ausdruck Wärmeverbrauch verwendet. Wenn keine gemessenen Verbrauchsdaten vorliegen wird auf Basis generischer Ansätze und weiterer Informationen (z. B. Leistung Heizung, WaD 2.0 des ifeu) der Verbrauch bestimmt. Auf die entsprechenden Schritte wird an den jeweiligen Stellen eingegangen.

Die Darstellung des Wärmeverbrauchs in Sindelfingen erfordert das Zusammenführen der verschiedenen Datenquellen. Dies erfolgt auf Basis der Adresse der einzelnen Gebäude. Nach Zusammenführen der vorhandenen Daten werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Identifikation der beheizten Gebäude
2. Identifikation von Haupt- und Zusatzheizung beim Einsatz mehrere Energieträger bzw. Technologien
3. Identifikation von mitversorgten Gebäuden
4. Ermittlung von Verbrauchswerten bei Gebäuden ohne leitungsgebundene Infrastruktur unter Berücksichtigung der Nennwärmeleiste und durchschnittlichen Vollbenutzungsstunden ähnlicher Gebäudetypen
5. Schließen von Datenlücken durch Abgleich mit Informationen des Wärmeatlases (WAD 2.0) des ifeu[1]

Für die nachfolgenden Darstellungen werden unterschiedliche Kennwerte angesetzt. Für die Darstellung der Bestandsanalyse wird der Endenergieverbrauch (Q_G) dargestellt. Die Wärmebedarfsentwicklung weist den Heizwärmebedarf (Q_h) aus, da hier der Fokus auf der Darstellung von Effizienzpotenzialen der Gebäudehülle liegen. Um zukünftige Eignungsgebiete für die zentrale und dezentrale Versorgung zu identifizieren, wird teilweise auf die Erzeugernutzwärmeabgabe (Q_{outg}) zurückgegriffen, die die jährlich benötigte Wärmemenge jeweils einschließlich des thermischen Aufwands zur Übergabe, Verteilung und Speicherung abbildet. Eine Darstellung der verschiedenen Kennwerte findet sich in Abbildung 4.

[1] Für Details siehe https://www.ifeu.de/methoden-tools/modelle/waermeatlas/

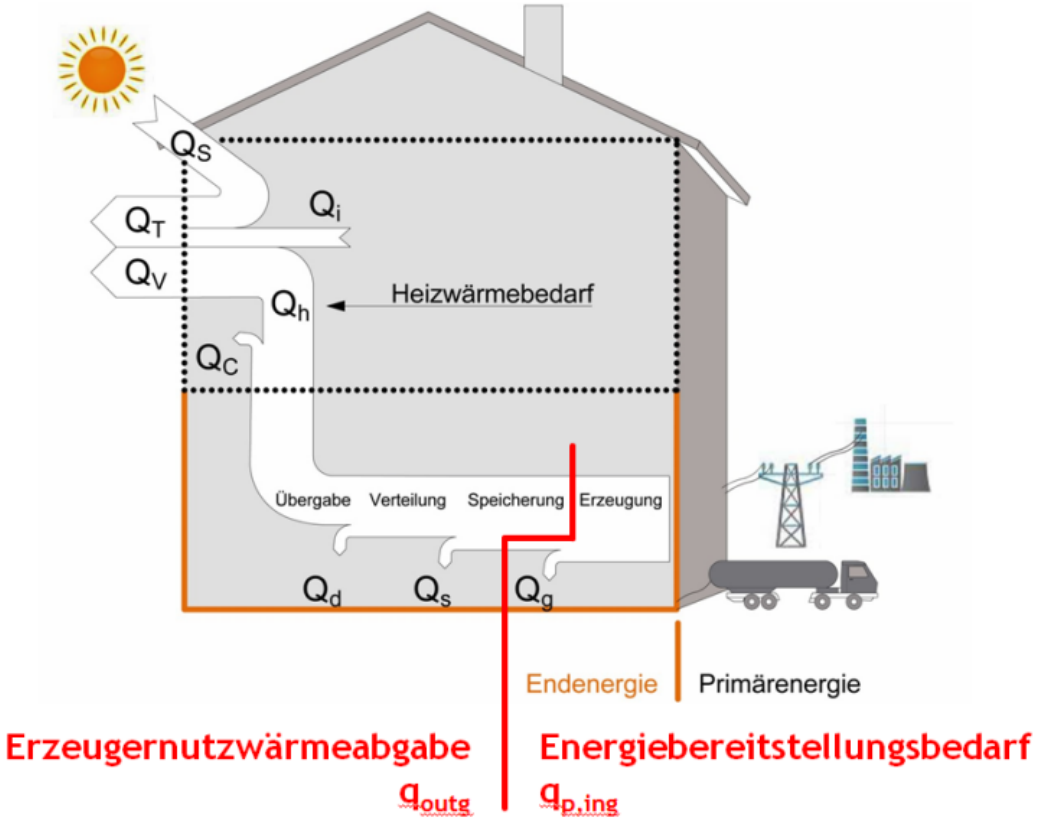

Abbildung 4: Begriffsabgrenzung von Heizwärmbedarf, Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergie[1]

Die vorhandenen Infrastrukturen und für die Wärmebereitstellung eingesetzten Technologien basieren auf Datengrundlagen aus dem Jahr 2021. Es werden jedoch Verbrauchswerte für das Jahr 2019 angesetzt, da dieses Jahr mit weniger Unsicherheiten einhergeht als die Jahre 2020 und 2021 (Corona-Pandemie).

2.1 Gemeinde- und Gebäudestruktur in Sindelfingen

In Sindelfingen wohnen insgesamt rd. 64.300 Einwohner[2], davon rd. 4.300 in Darmsheim und 13.800 in Maichingen. Das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS,) ergänzt um weitere Informationen durch die Stadt, enthält für Sindelfingen rd. 21.000 Gebäudeumrisse mit weiterführenden Informationen. Der Gebäudebestand in Sindelfingen kann in 29 Sozialräume und rd. 1.100 Baublöcke[3]. eingeteilt werden, wie in Abbildung 5 dargestellt ist.

[1] Quelle: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Beratung_und_Information/SanierungsfahrplanBW/Musterbericht_SFP_Anmerkungen_f%C3%BCr_Energieberater.pdf

[2] Stand 30.11.2022, Quelle: https://www.sindelfingen.de/start/Politik+Verwaltung/Zahlen_Daten_Fakten.html

[3] Die Baublockgrenzen werden vom Amt für Stadtentwicklung und Geoinformation zur Verfügung gestellt und sind Gebiete, die von Straßen oder anderen Barrieren (z. B. Fluss, Gemeindegrenze, etc.) umschlossen

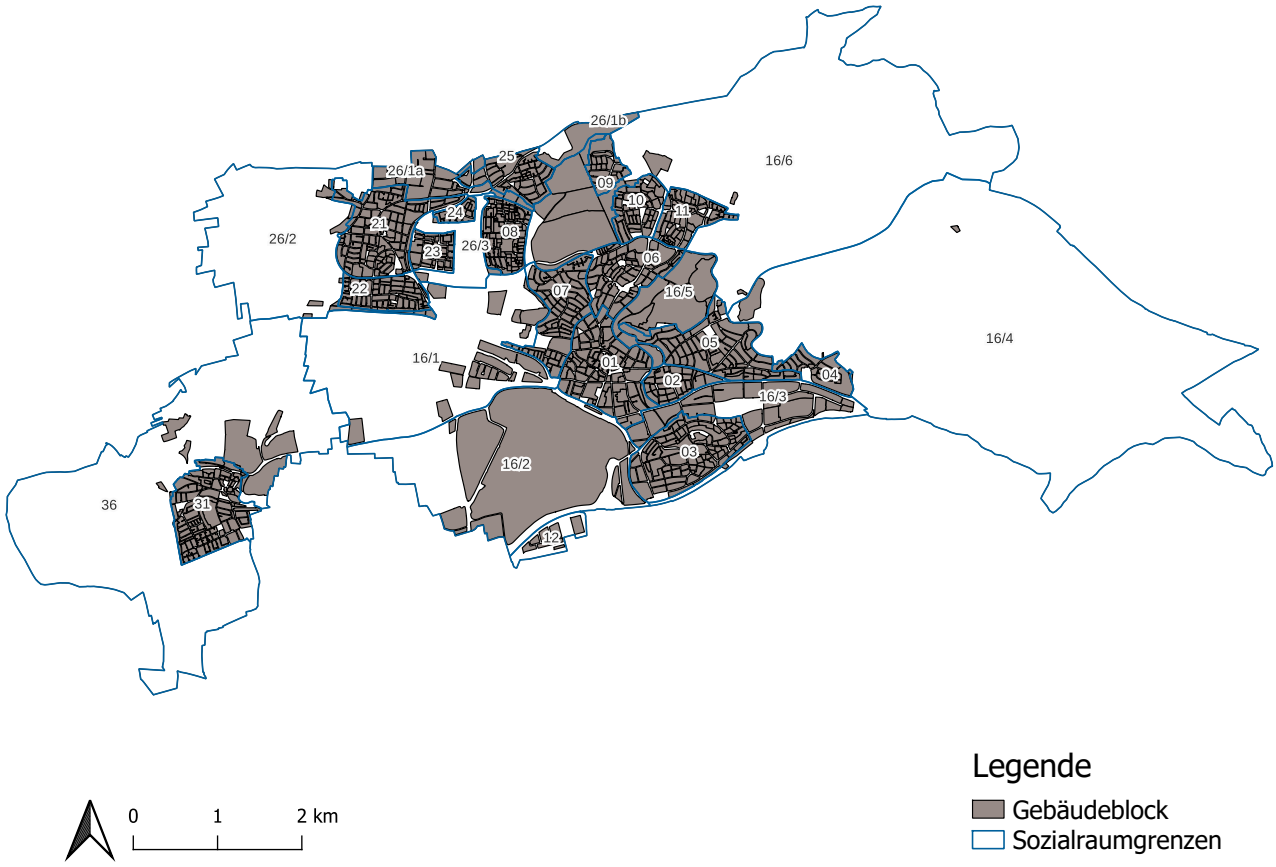

Abbildung 5: Einteilung des Stadtgebiets Sindelfingen in Sozialräume und Baublöcke

Eine Beschreibung der Sozialräume ist in Tabelle 3 dargestellt. Sowohl Baublöcke als auch Sozialräume stellen zwei räumliche Abgrenzungen dar, auf die in den weiterführenden Analysen zurückgegriffen wird.

Tabelle 3: Überblick über die Sozialräume in Sindelfingen

Sozialraum-nummer	Sozialraum	Sozialraum-nummer	Sozialraum
1	Innenstadt	**16/4**	Sozialraum 16/4
2	Lange Anwanden	**16/5**	Sozialraum 16/5
3	Goldberg	**16/6**	Sozialraum 16/6
4	Viehweide	**21**	Maichingen
5	Unter den Weinbergen	**22**	Krautgartensiedlung
6	Rotbühl	**23**	Allmendäcker

sind. Um den Datenschutz einzuhalten, werden die Baublöcke für die Darstellung für die finale Ergebnisdarstellung dahingehend zusammengefasst, das mindesten 5 Gebäude in einem zusammengefassten Baublock enthalten sind.

Sozialraum-nummer	Sozialraum	Sozialraum-nummer	Sozialraum
7	Schleicher	**24**	Grünäcker
8	Hinterweil	**25**	Landhaussiedlung
9	Eichholz	**26/1a**	Sozialraum 26/1a
10	Spitzholz	**26/1b**	Sozialraum 26/1b
11	Eschenried	**26/2**	Sozialraum 26/2
12	Flugfeld	**26/3**	Sozialraum 26/3
16/1	Fronäcker	**31**	Darmsheim
16/2	Daimler	**36**	Sozialraum 36
16/3	Sozialraum 16/3		

Von den rund 21.000 übermittelten Gebäudeumrissen wurden auf Basis der zur Verfügung gestellten Informationen ca. 10.800 Gebäude identifiziert, bei denen davon auszugehen ist, dass diese beheizt werden. Bei 95 % dieser Gebäude konnte entweder direkt ein Verbrauch zugewiesen werden, eine Heizungstechnologie identifiziert werden oder aber ist aufgrund der vorhandenen Energieinfrastruktur und Informationen der Stadtwerke davon auszugehen, dass die Versorgung über eine leitungsgebundene Energieinfrastruktur vorherrscht. Die der Analyse zugrunde liegenden Daten werden in 2.2 detailliert dargestellt.

In Abbildung 6 ist der Anteil von Nichtwohngebäuden (NWG) und Wohngebäuden (WG) an allen Gebäudeumrissen dargestellt (links), sowie der Anteil der verschiedenen Nutzungen am beheizten Gebäudebestand (Mitte). Es zeigt sich, dass durch die Einschränkung auf beheizte Gebäude die Zahl der Wohngebäude überwiegt, die Fläche der Nichtwohngebäude jedoch größer ist (rechts), was zum Großteil auf die Gebäude von Mercedes-Benz in Sindelfingen zurückzuführen ist.

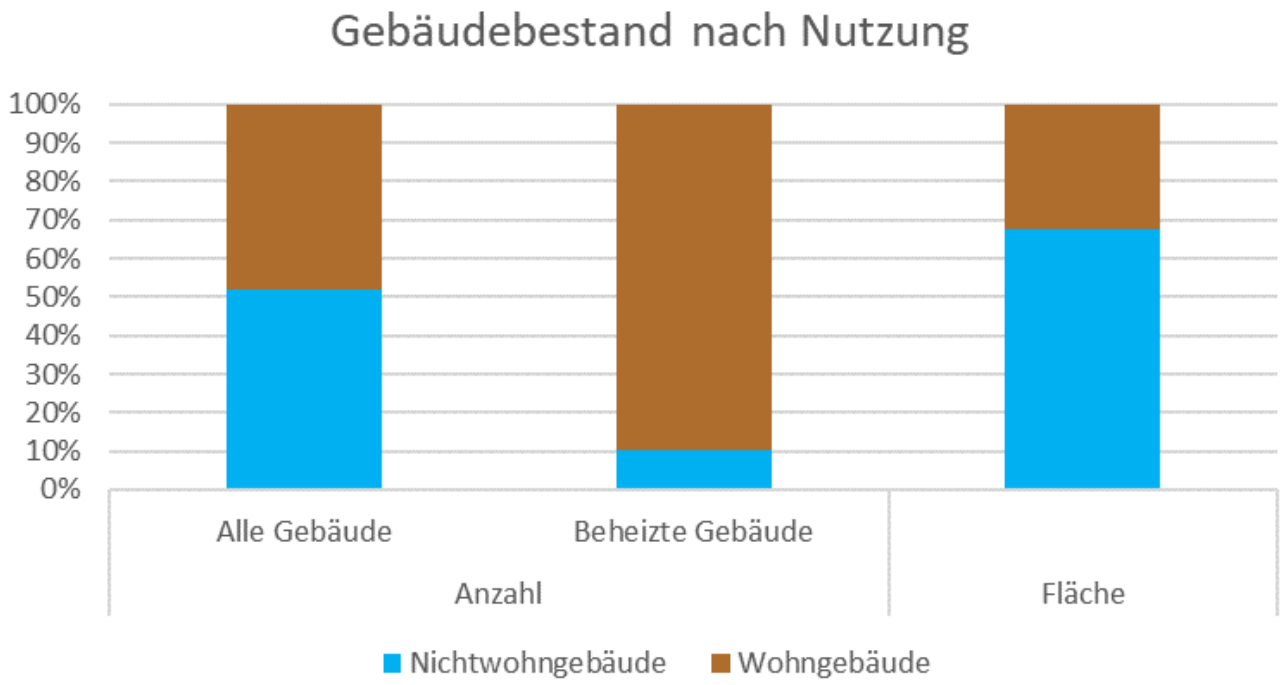

Abbildung 6: Gebäudebestand in Sindelfingen nach Nutzung. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Gebäudedaten, die von der Stadt Sindelfingen zur Verfügung gestellt wurden.

Informationen zum Baualter sind nur eingeschränkt verfügbar. Insgesamt liegen diese Informationen für rd. 1.300 Gebäude vor, die Verteilung der Baualtersklasse für diese Gebäude ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Verteilung der Baualtersklasse der Gebäude in der Stadt Sindelfingen nach Baujahr ist in Abbildung (7-a) dargestellt.

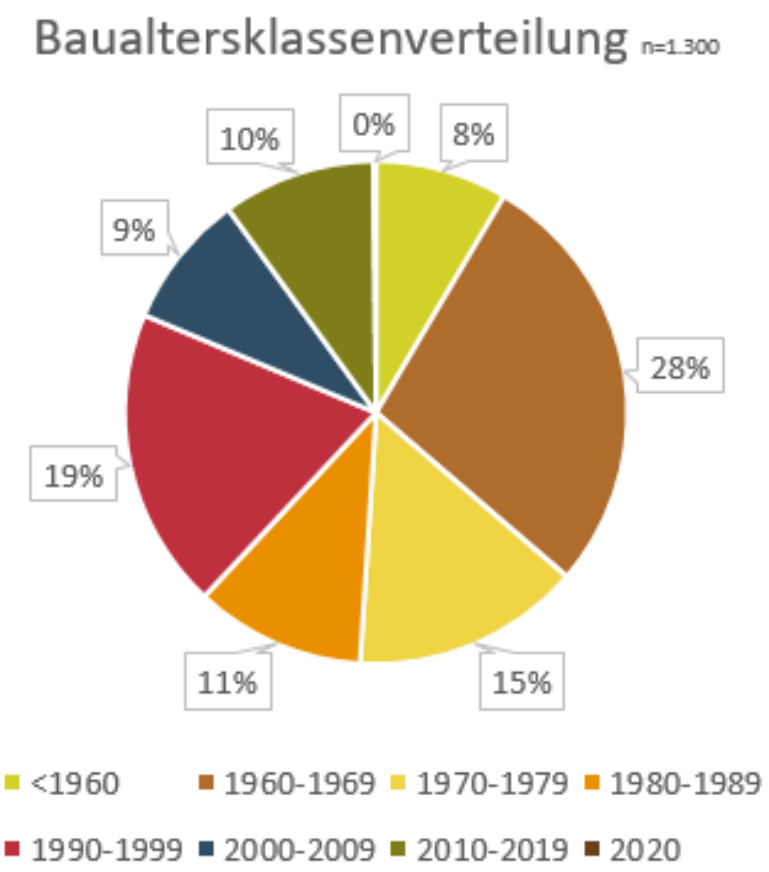

Abbildung 7: Die Verteilung der Baualtersklasse für jene Gebäude, die über die entsprechende Information verfügen (1.300 Gebäudeumrisse). Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Gebäudedaten, die von der Stadt Sindelfingen zur Verfügung gestellt wurden.

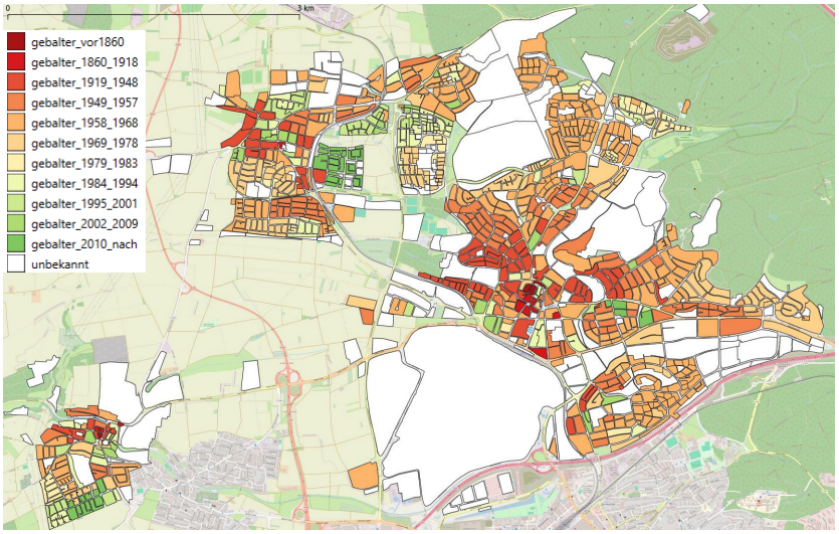

Abbildung 7-a: Die Verteilung der Baualtersklasse der Gebäude in der Stadt Sindelfingen nach Baujahr (Quelle: Wärmeatlas BW)

2.2 Versorgungsinfrastruktur

2.2.1 Auswertung der Verbrauchsdaten

Die Entwicklung des Energieverbrauchs für Fernwärme und Gas in Sindelfingen ist in Abbildung 8 und Abbildung 9 dargestellt. Die Entwicklung des Gasverbrauchs ist differenziert nach den durch die Stadtwerke zugewiesenen Standardlastprofilen[1] dargestellt. Es zeigt sich, dass jeweils mehr als 100 GWh des Gasverbrauchs bei Gasabnehmern anfällt, deren Leistung gemessen ist und es sich somit und besondere Abnehmer handelt. Darunter fällt u. a. auch der Betriebsverbrauch von Fernwärmeerzeugungsanlagen.

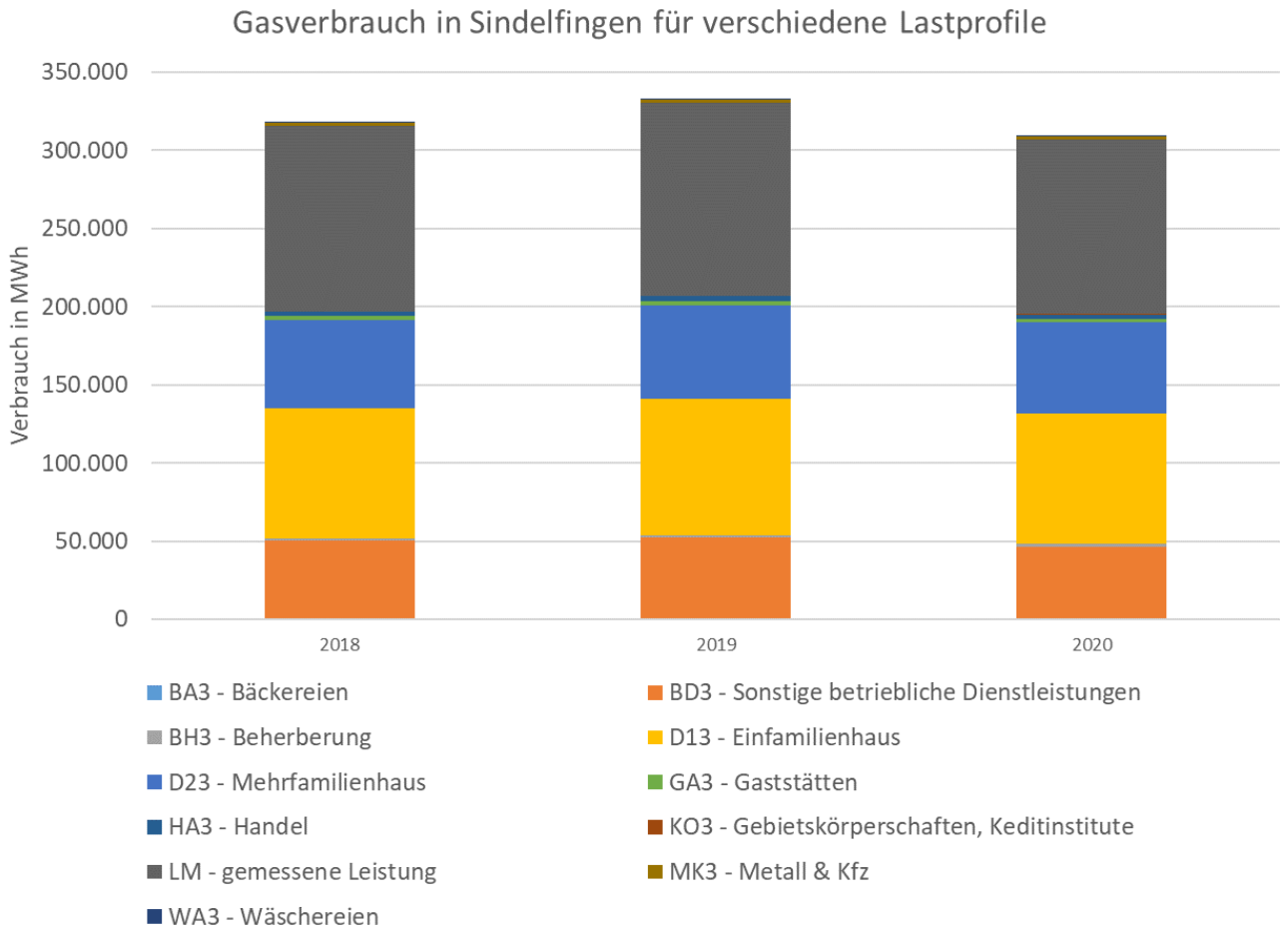

Abbildung 8: Energieverbrauch Gas in den Jahren 2018-2021, nicht witterungsbereinigt, ohne Mercedes -Benz. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten, die von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden.

Bei der Darstellung des Fernwärmeverbrauchs in Sindelfingen fällt auf, dass vor allem Haushalte versorgt werden (zwischen 38 % 2020 und 40 % 2018), der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (zwischen 20 % 2020 und 22 % 2021) und Öffentliche Einrichtungen (rd. 19 % im Jahr 2021 und 20 % in den Jahren 2018 und 2019). Fernwärme in

[1] Bei einem Standardlastprofil handelt es sich um eine zeitliche Verteilung des Gasverbrauchs, welche für unterschiedliche Verbrauchsgruppen (z. B. Bäckereien, Gaststätten etc.) festgelegt ist.

der Industrie wird nur zu einem geringen Anteil eingesetzt (zwischen 2 und 3 %). Der Rest fällt auf den Betriebsverbrauch. Das ist der Verbrauch der Block-Heizkraftwerke (BHKW) der Stadtwerke.

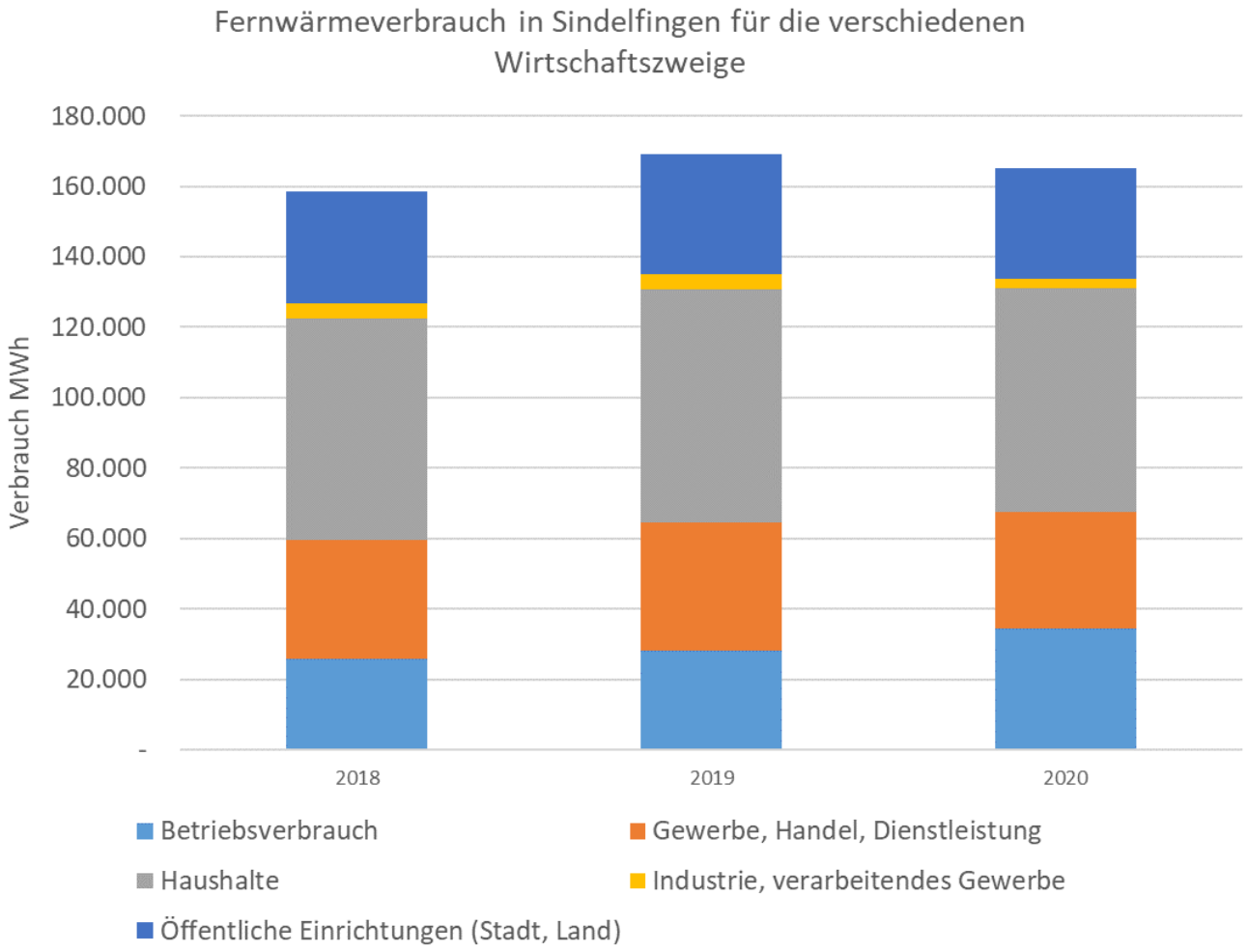

Abbildung 9: Energieverbrauch Fernwärme in den Jahren 2018-2021, nicht witterungsbereinigt. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten, die von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden.

In der Befragung von 21 Unternehmen bezüglich ihrer Abwärmepotenziale (s. Kapitel 3.3.5.3) wurden auch Verbrauchsdaten abgefragt. Die Angaben zu Energieträgern und Verbrauch zeigen, dass sieben Betriebe (unter anderem) Fernwärme nutzen und zehn Unternehmen auf Erdgas und Heizöl angewiesen sind. Nicht alle Unternehmen gaben ihren Energieverbrauch an. Die vorhandenen Daten zeigen einen Heizölverbrauch von 1,2 GWh und einen Erdgasverbrauch von 1.400 GWh an. Die Unternehmen haben in Summe einen Endenergieverbrauch von über 4.000 GWh. Die Rückmeldungen der Unternehmen lassen keine fundierten Rückschlüsse über die Anwendung (Raumwärme, Warmwasserbereitstellung oder Prozesswärme) zu.

2.2.2 Auswertung der Kehrbuchdaten

Das gesamte Gebiet der Kommune Sindelfingen fällt in die Zuständigkeit von fünf Bezirksschornsteinfeger. Insgesamt konnten rd. 15.600 Feuerstätten in 8.000 Gebäuden identifiziert werden. Eine Aufteilung nach Art der Feuerstätte ist in Abbildung 10 dargestellt. In rd. 55 % der Feuerstätten wird Gas als Brennstoff eingesetzt, in 26 % der Feuerstätten Biomasse, und in 18 % Öl.

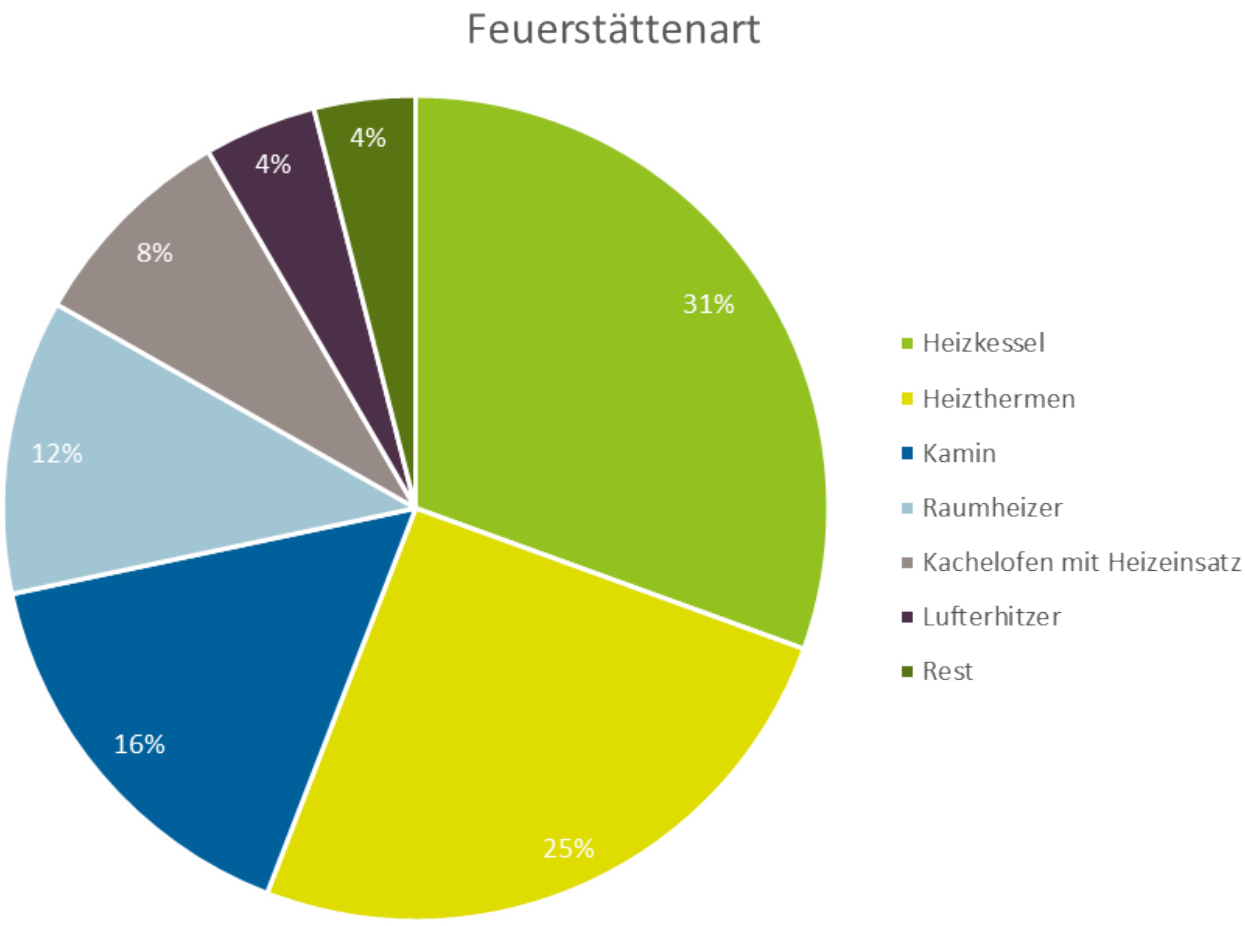

Abbildung 10: Aufteilung der Kehrbuchdaten nach Feuerstättenart. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kehrbuchdaten der Bezirksschornsteinfeger.

Von den installierten Heizthermen wird in 70 % der Fälle die Brennwerttechnologie eingesetzt, bei den Heizkesseln beträgt der Anteil der Brennwerttechnologie rd. 32 %. In 37 % der Fälle werden Einzelraumheizungen eingesetzt.

Die Alterststruktur der in Sindelfingen gängigsten Feuerstätten ist in Abbildung 11 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass rd. 20 % der installierten Heizungen vor 1989 installiert wurden und somit über 30 Jahre alt sind. Weitere 20 % der Heizungen sind älter als 20 Jahre. Bei Öl-Heizungen liegt der Anteil der Heizungen, die älter als 30 Jahre sind bei rd. 26 %, rd. 36 % sind älter als 20 Jahre.

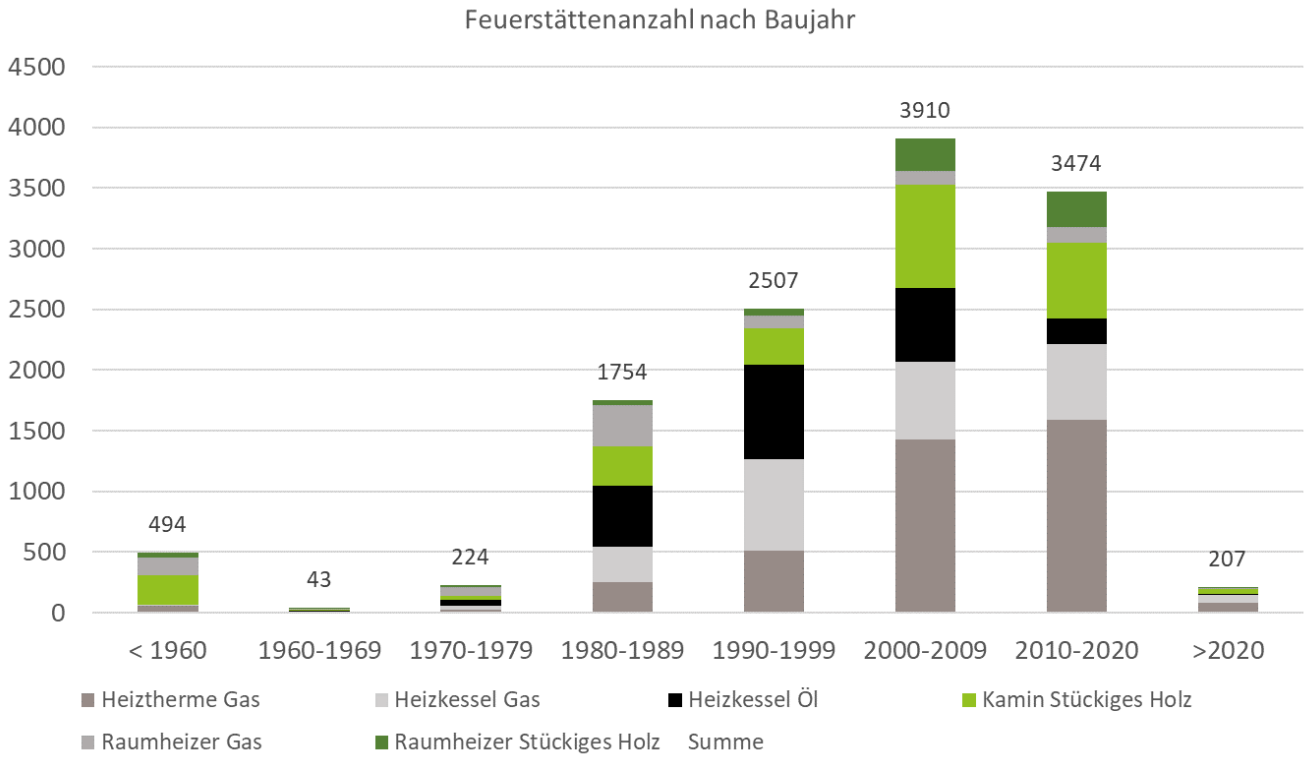

Abbildung 11: Altersstruktur der Feuerstätten in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kehrbuchdaten der Bezirksschornsteinfeger

2.2.3 Darstellung der leitungsgebundenen Energieinfrastruktur

Die Lage der Energieinfrastruktur ist in Abbildung 12 dargestellt. Es zeigt sich, dass fast flächendeckend in der Stadt Sindelfingen Gasversorgungsleitungen verfügbar sind und zusätzlich die Fernwärmeinfrastruktur weitere Gebiete mit leitungsgebundener Wärme versorgt. Insgesamt konnten rd. 5.400 Gas-Hausanschlüsse identifiziert werden, die in Betrieb sind und rd. 1.000 Fernwärme-Anschlüsse.

Bezogen auf die Baublöcke wird in rd. 950 Baublöcken (von insgesamt rund 1.100 Baublöcken) mindestens ein Gebäude entweder durch Fernwärme (FW) oder Gas versorgt. Der Anteil der Blöcke in denen Gebäude sowohl über Fernwärme als auch Gas versorgt werden, ist gering und beträgt 6 %.

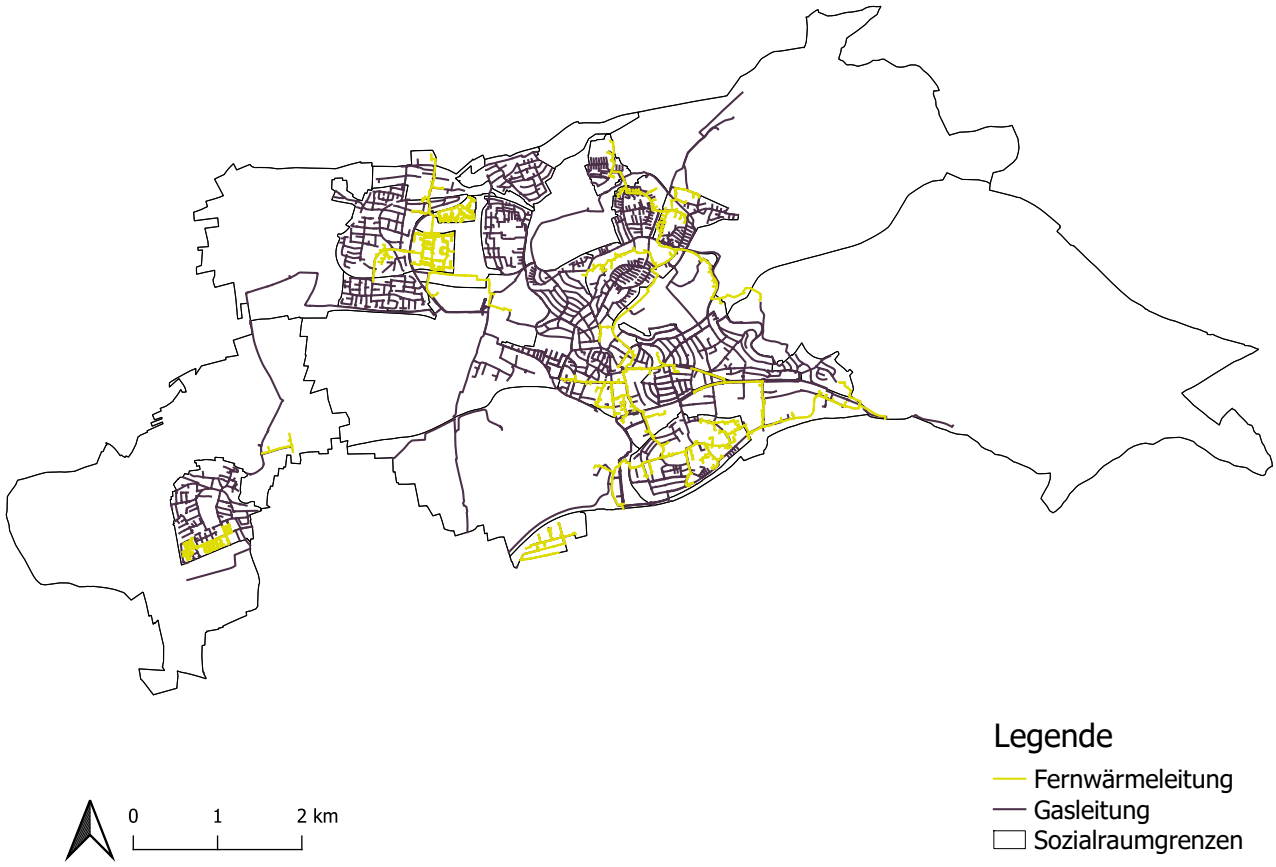

Abbildung 12: Fernwärme- und Gasnetz Sindelfingen

2.2.4 Zentrale Fernwärmeversorgung

Das Fernwärmenetz in Sindelfingen wird von unterschiedlichen Quellen gespeist. Die detaillierten Erzeugerdaten sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Hauptenergiequelle ist das Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) des Landkreises Böblingen, welches die Stadt Sindelfingen und Böblingen mit Wärmeenergie versorgt. Am Standort Restmüllheizkraftwerk wird zudem ein Biomasse-Heizkraftwerk (HKW) betrieben. Eine weitere wichtige Energiequelle stellt das Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk (GUD) von Mercedes-Benz dar. Alle genannten Energiequellen stellen Fremdbezüge durch die Stadtwerke dar.

Im Zuge des FW-Ausbaus der Stadtwerke Sindelfingen wurden einige Blockheizkraftwerke (BHKW) und Heizkessel, die ins Fernwärmenetz einspeisen, von den Stadtwerken übernommen (Hohenzollern mit Deponiegas, Eichholzschule, BHKW in Maichingen, Schwenninger Straße). Diese Erzeuger sind dezentral im Netz verteilt.

In Darmsheim wird ein separates Wärmenetz betrieben, versorgt wird dieses über zwei BHKW (Wolfachstraße und Hölderle).

Tabelle 4: Daten zu Fernwärmeerzeugern in den FW-Netzen in Sindelfingen im Jahr 2020

Fernwärmegebiet	Erzeuger / Energieträger	Wärmemenge 2020 in MWh
Kernstadt	Restmüllheizkraftwerk (auf der Gemarkung Böblingen)	97.358
	Biomasse-HKW (auf der Gemarkung Böblingen)	23.008
	Mercedes-Benz, Erdgas-GUD	64.616*
	Hohenzollern, Erd- und Deponiegas-BHKW	1.039
	Eichholzschule, Heizöl-Kessel	87
Maichingen	Erdgas-BHKW Schwenninger Str. und Heizkraftwerk Grünäcker	22.376
Darmsheim	Erdgas-BHKW Wolfachstraße	934
	Erdgas-BHKW Hölderle	3.542
SUMME		**212.960**

Quelle: Stadtwerke Sindelfingen 2021 *) Aufgrund der Verbindung der Fernwärme über die FTG-Trasse mit Böblingen ist eine mengenmäßige Trennung der Wärmeabgabe insbesondere aus dem GUD-Heizkraftwerk Mercedes-Benz nicht möglich.

Das Fernwärmenetz und somit auch die Erzeuger sind mit dem Netz der Stadtwerke Böblingen über die Trasse der Fernwärme Transportgesellschaft mbH (FTG) verbunden.

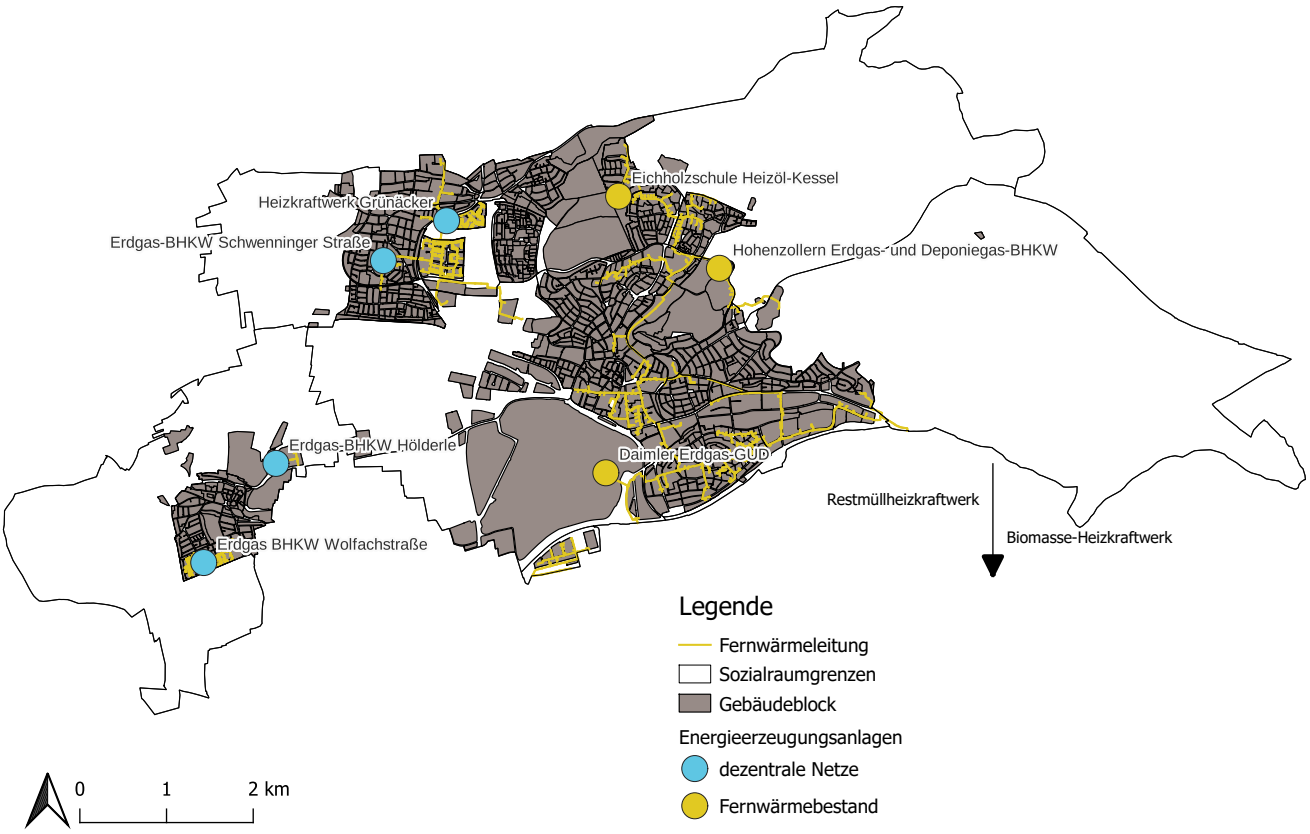

Abbildung 13: Übersicht der Energieerzeugungsanlagen auf der Gemarkung Sindelfingens

2.3 Wärmeverbrauch und Treibhausgasemissionen

Eine Zusammenführung der Datenquellen zeigt, dass der absolute Wärmeverbrauch im Basisjahr in Sindelfingen rd. 1.200 GWh[1] beträgt. Das Werk von Mercedes-Benz macht mehr als die Hälfte des Gesamtverbrauchs von Sindelfingen aus (rd. 630 GWh im Jahr 2019).

Eine Aufteilung der eingesetzten Energieträger zur Deckung des Energieverbrauchs ist in Abbildung 14 dargestellt, links unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs von Mercedes-Benz, rechts ohne Berücksichtigung von Mercedes-Benz[2].

[1] Zusatzheizungen sind nicht berücksichtigt, der Verbrauch von Zusatzheizungen beträgt nochmal rd. 13 GWh und wird primär durch den Einsatz von fester Biomasse bereitgestellt.

[2] Der Verbrauch des Makadamwerks ist ebenfalls nicht berücksichtigt und auch in weiterer Folge ausgenommen.

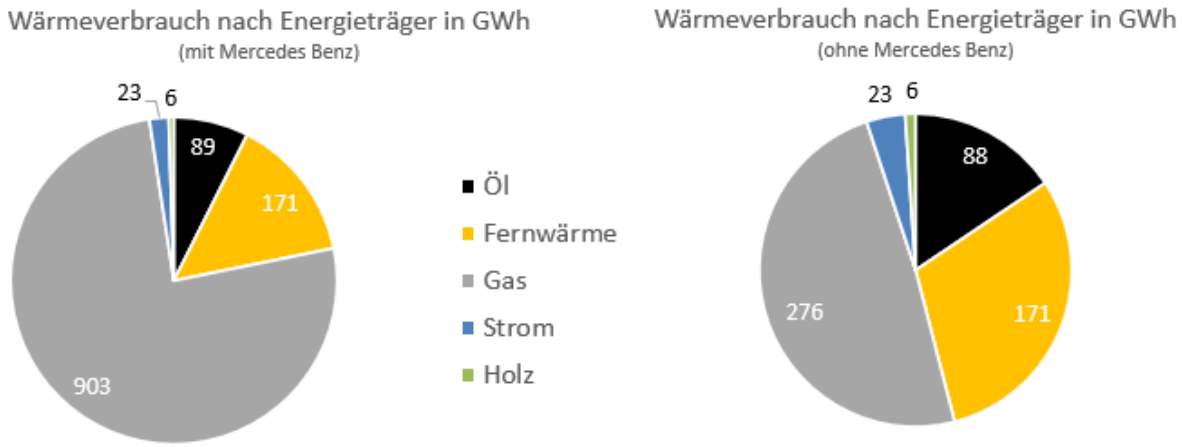

Abbildung 14: Gesamtwärmeverbrauch und Energieträgeranteil Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verbrauchsdaten der Stadtwerke und der Kehrbuchdaten

In den folgenden Analysen wird die Darstellung der Energieverbräuche von Mercedes-Benz vernachlässigt, sofern es nicht explizit anders angegeben wird. Dies erlaubt eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Wärmeplänen.

Der Fernwärmeanteil für die Wärmeversorgung Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz) liegt bereits bei rd. 30 % bezogen auf den Wärmeverbrauch. Der Bundesdurchschnitt liegt bei rd. 14 % (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2022). Der Anteil von Gas an der Wärmeversorgung beträgt rd. 50 %, der Anteil von Öl beträgt rd. 16 %. Rund 4 % des Wärmeverbrauchs wird durch Strom und Umweltwärme und 1 % durch Holz bereitgestellt. Unter Berücksichtigung des Einsatzes von Holz in der Zusatzheizung erhöht sich der Anteil von Biomasse auf rd. 3 %.

Nicht dargestellt ist der Einsatz von Solarthermie und Photovoltaik (PV). Hierzu liegt keine verlässliche Datenquelle vor. Insgesamt sind laut Aufzeichnungen der Stadt Sindelfingen im Stadtgebiet rd. 4.300 Solaranlagen (Photovoltaik und Solarthermie) auf 1.600 Gebäuden installiert. Für rd. 2.400 Gebäude wurde die Betriebsart 2 (Solarthermie) bzw. keine Betriebsart angegeben und es wird angenommen, dass es sich in diesem Fall um Solarthermieanlagen handelt. Diese weisen eine Gesamtfläche von rd. 8.100 m^2 aus. Unter Berücksichtigung der ausgewiesenen Kollektorfläche und eines spezifischen Ertrags in Höhe von 200 kWh/m^2 bei Solaranlagen ergibt sich somit ein jährlicher Ertrag von rd. 1,7 GWh für Solarthermie. Dies beträgt rd. 0,3 % des Wärmeverbrauchs in Sindelfingen.

Setzt man einen spezifischen Ertrag in Höhe von rd. 150 kWh/m2 für Photovoltaik-Anlagen an, die entsprechend der Daten der Stadt eine Fläche von rd. 90.000 m^2 aufweisen, kann ein Ertrag von rd. 13 GWh ermittelt werden. Im Vergleich dazu lassen sich auf Basis der Daten des Energieatlas für das Jahr 2018 rd. 600 PV-Anlagen mit einer Stromerzeugung von rd. 6.400 MWh identifizieren.

Die Aufteilung des Wärmeverbrauchs auf die verschiedenen Nutzungen (Wohn- und Nichtwohngebäude sowie Öffentliche Gebäude) sowie auf die verschiedenen Anwendungen (Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser) ist in Abbildung 15 dargestellt. Es zeigt sich, dass der größte Anteil des Wärmeverbrauchs in Wohngebäuden anfällt. Die Nachfrage nach Räumwärme dominiert (rd. 85 %), der Anteil von Warmwasser beträgt rd. 11 % und jener für Prozesswärme 3 %.

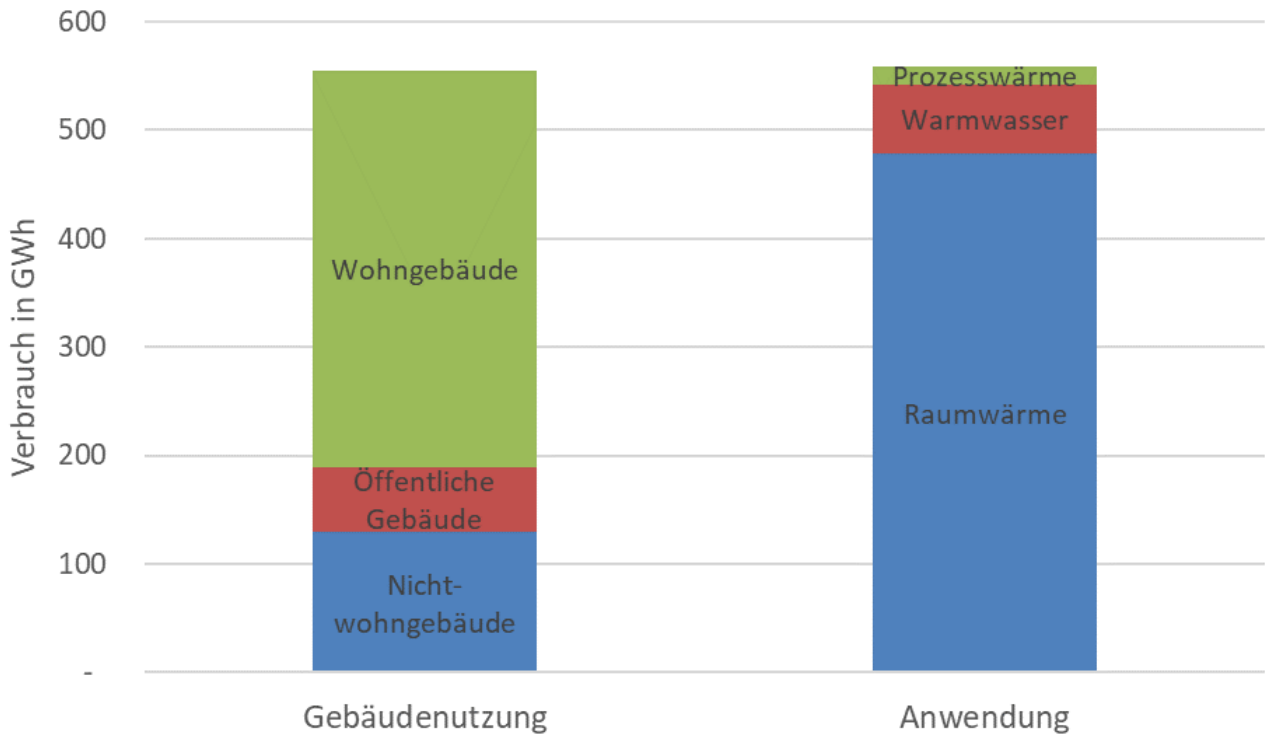

Abbildung 15: Darstellung des Wärmeverbrauchs nach Gebäudenutzung und Anwendung (ohne Mercedes Benz); Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 16 ist eine Auswertung der Energieträger nach Siedlungsbezirk dargestellt. Es zeigen sich signifikante Unterschiede im Energieträgereinsatz der einzelnen Bezirke. In der Innenstadt beispielsweise ist Gas der dominierende Energieträger, während im Neubaugebiet Allmendäcker und in Grünäcker vor allem Fernwärme eingesetzt wird. In der Krautgartensiedlung wird ein Großteil der Gebäude noch mit Heizöl beheizt.

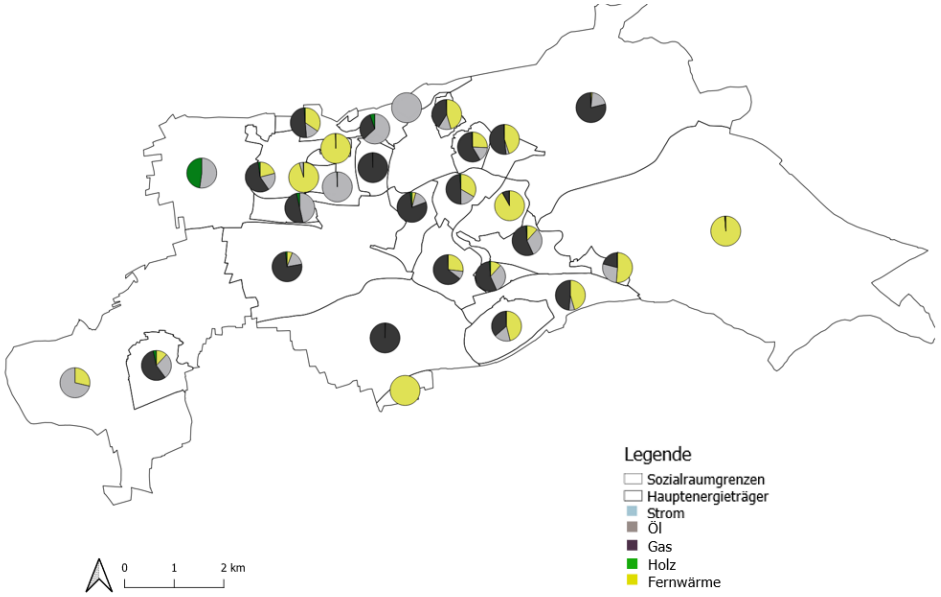

Abbildung 16: Auswertung der Energieträger nach Siedlungsbezirk

2.3.1 Energie- und THG-Bilanz

Das ifeu hat im Auftrag der Stadt Sindelfingen die Energie- und THG-Bilanz fortgeschrieben. Es wurde die Bilanz des Jahres 2019 erhoben und mit der letzten Bilanz für das Jahr 2009 verglichen, die zur Vergleichbarkeit aktualisiert wurde. Der Bilanzvergleich basiert auf der aktuellen Methodik zur Bilanzierungssystematik Kommunal (BISKO). Bilanziert wurden alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (z.B. am Hauszähler gemessen und verrechnet), diese wurden den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Die Erstellung der Bilanz nach Energieträgern erfolgt mit dem Ziel der Aufteilung in folgende Sektoren:

- Private Haushalte
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- Industrie (Verarbeitendes Gewerbe)
- Kommunale Einrichtungen
- Verkehr

Die Bilanzerstellung erfolgt mithilfe des Bilanzierungstools BICO2 BW (CO2-Bilanzierungstool Baden-Württemberg). Detaillierte Datengrundlagen und Berechnungswege sind in dem Tool niedergeschrieben. Das Ergebnis wird hier kurz zusammengefasst dargestellt, eine detaillierte Erläuterung zu Bilanzergebnissen findet sich im separaten Bericht zur Energie- und THG-Bilanz.

Im Jahr 2019 hatte die Stadt Sindelfingen einen Endenergieverbrauch im stationären Bereich von 1.889 GWh. Damit liegt der Endenergieverbrauch 2019 etwa +1 % über dem Verbrauch von 2009 (siehe Abbildung 17). Zu beobachten ist eine Verlagerung vom Energieträger Heizöl zu den Energieträgern Fernwärme und Erdgas. Wärme aus erneuerbaren Quellen (EEQ) wurde in 2009 noch unter „sonstige Energieträger“ aufgeführt. Ein direkter Vergleich ist somit nicht möglich. Wärme aus EEQ spielen weiterhin (außer im Bereich der Fernwärmeerzeugung, vgl. auch Kapitel 2.2.4) nur eine untergeordnete Rolle. Der

Stromverbrauch ist zwischen 2009 und 2019 geringfügig gestiegen (um +1 %). Die Endenergieverbräuche je nach Energieträger, die dem Vergleich in Abbildung 17 zugrunde liegen, sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Endenergieverbräuche je Energieträger in den Jahren 2009 und 2019 in MWh

in MWh	2009	2019
Strom	765.000	766.000
Heizöl	195.000	126.000
Erdgas	233.000	246.000
Fernwärme	649.000	703.000
Kohle	8.000	16.000
Wärme aus EEQ		28.000
Sonstige Energieträger	21.000	3.000

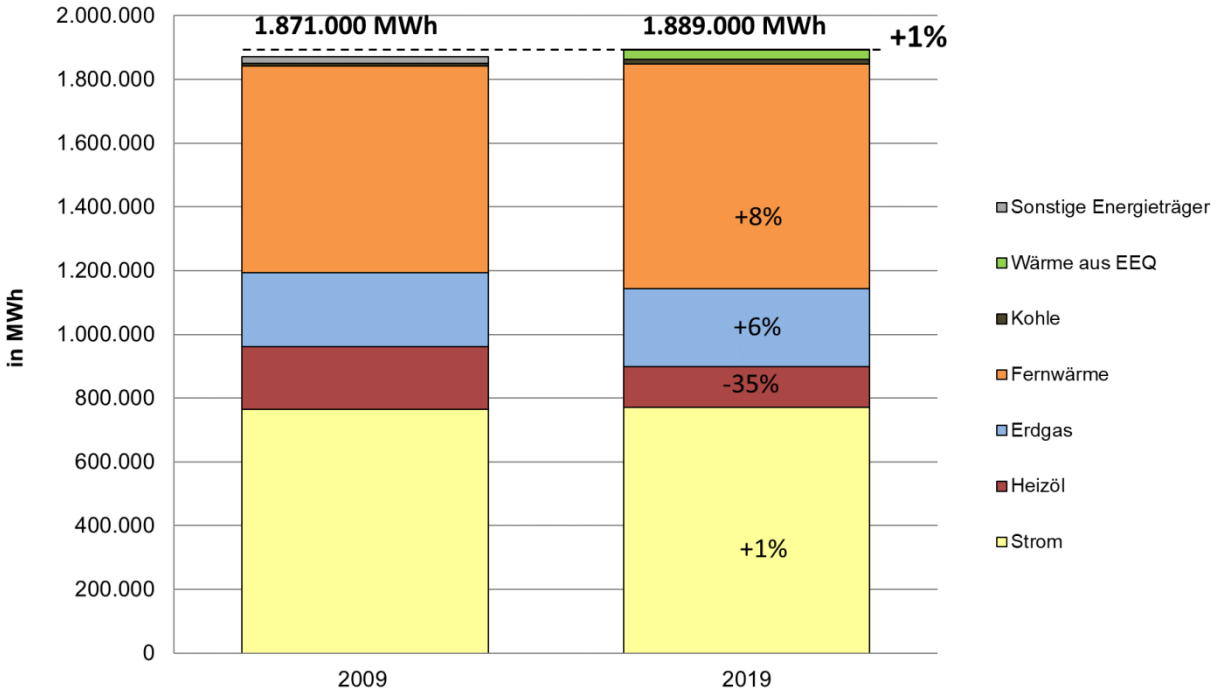

Abbildung 17: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Sindelfingen 2009 bis 2019

2009 wurden im stationären Bereich in Sindelfingen insgesamt 686.000 Tonnen Treibhausgase emittiert (siehe Abbildung 18). Im Vergleich zu 2019 ergibt sich dadurch eine relative Reduktion von -16 %. Die absolute THG-Reduktion liegt bei knapp 113.000 Tonnen

Treibhausgase. Die Einsparung ist im Wesentlichen auf die folgenden Punkte zurückzuführen:

- Verbesserung des Emissionsfaktors des Bundesstrommix.
- Verbesserung des Emissionsfaktors der Fernwärme.
- Umstieg von Heizöl auf Erdgas und Fernwärme.

Aufgrund der Verbesserung des Bundesstrommix ergab sich bei einem leichten Zuwachs des Stromverbrauchs (+1 %) eine Reduktion der THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch von -20 %. Trotz Zunahme des Fernwärmeverbrauchs (+8 %) reduzieren sich durch den besseren Emissionsfaktor der Fernwärme die THG-Emissionen (-9 %). Durch die Reduktion des Heizölverbrauchs (-35 %) sinken proportional auch die THG-Emissionen. Die Emissionen aus dem Erdgasverbrauch (+4 %) nehmen im Vergleich zum der Erdgasverbrauch selbst (+6 %) etwas weniger stark zu, da der Emissionsfaktor für Erdgas zwischen 2009 und 2019 leicht gesunken ist.

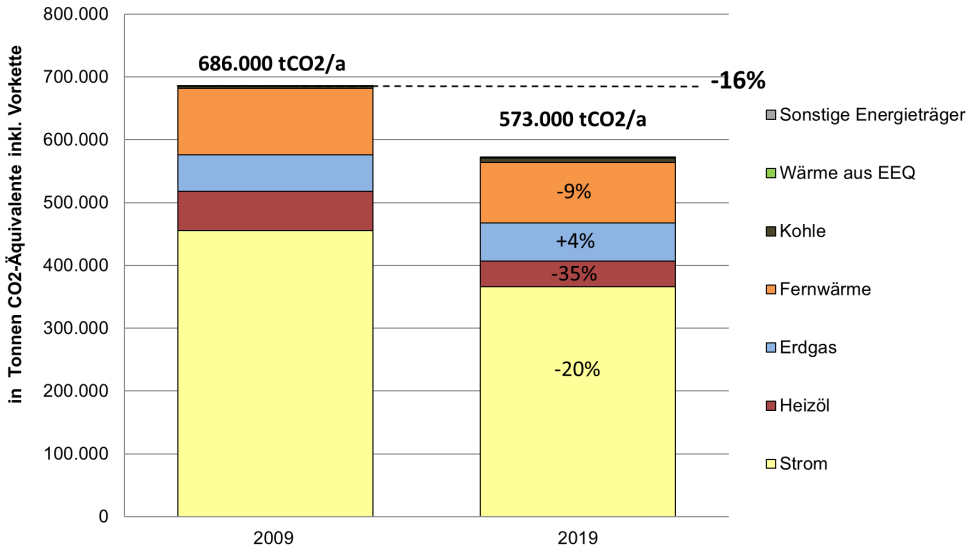

Abbildung 18: Entwicklung der THG-Emissionen Sindelfingen 2009 bis 2019

3 Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden Potenziale für eine zentrale Versorgung mittels Fernwärme analysiert, mögliche Entwicklungen des Wärmebedarfs untersucht sowie die Potenziale für die Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme für eine klimaneutrale Wärmeversorgung analysiert.

3.1 Fernwärmepotenziale

Um jene Gebiete identifizieren zu können, in denen perspektivisch eine zentrale Versorgung mittels Wärmenetz sinnvoll sein könnte, kann die Wärmedichte auf Basis des aktuellen bzw. perspektivischen Wärmeverbrauchs herangezogen werden. Der Endenergieverbrauch im Basisjahr wird unter Berücksichtigung von Nutzungsgraden je Energieträger auf einen potenziellen Fernwärme-Endenergieverbrauch umgerechnet. Im Folgenden wird die Auswertung der Wärmedichten in Sindelfingen dargestellt. Dabei handelt es sich um die Darstellung des maximal möglichen Fernwärmepotenzials und es werden keine Restriktionen hinsichtlich der Ausbaudynamik angesetzt. Diese Analysen werden in Abschnitt 4.2 dargestellt.

Durch die flächendeckende und gebäudescharfe Datengrundlage kann die Wärmedichte auf kleinräumiger Ebene ermittelt werden. Wärmedichten sind ein wichtiger Indikator für die Eignung von Gebieten für eine zentrale Wärmeversorgung und beschreiben den jährlichen Wärmeabsatz pro definierter Landfläche. Für die vorliegenden Analysen wurde festgelegt, dass die Wärmedichte auf Ebene der einzelnen Baublöcke angewandt wird. Die Klassifizierung der Wärmedichte und eine Einschätzung, ab welchen Grenzwerten sich eine zentrale Versorgung der Gebiete auszahlen könnte, ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Wärmedichten und darauf aufbauende Einschätzungen zum Fernwärmenetzausbau

Wärmedichte	Einschätzung
0-70 MWh/ha	Kein technisches Potenzial
70-175 MWh/ha	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175-415 MWh/ha	Empfehlung für Niedertemperaturnetze im Bestand
415-1.050 MWh/ha	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
>1.050 MWh/ha	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Quelle: Peters et al. (2020)

Die räumliche Verteilung der Wärmedichtenklassen auf Baublockebene in Sindelfingen ist in Abbildung 19 dargestellt. Sehr hohe Wärmedichten sind vor allem in der Innenstadt und in den angrenzenden Gebieten ersichtlich. Darüber hinaus lässt sich erkennen, dass Wärmedichten über 415 MWh/ha, was laut Peters et al. (2020) dem Richtwert für konventionelle Wärmenetzen im Bestand entspricht, in weiten Gebieten der Stadt vorherrschen. Ausnahmen bilden vor allem die Randgebiete bzw. Gebiete mit einer geringen Anzahl an Gebäuden.

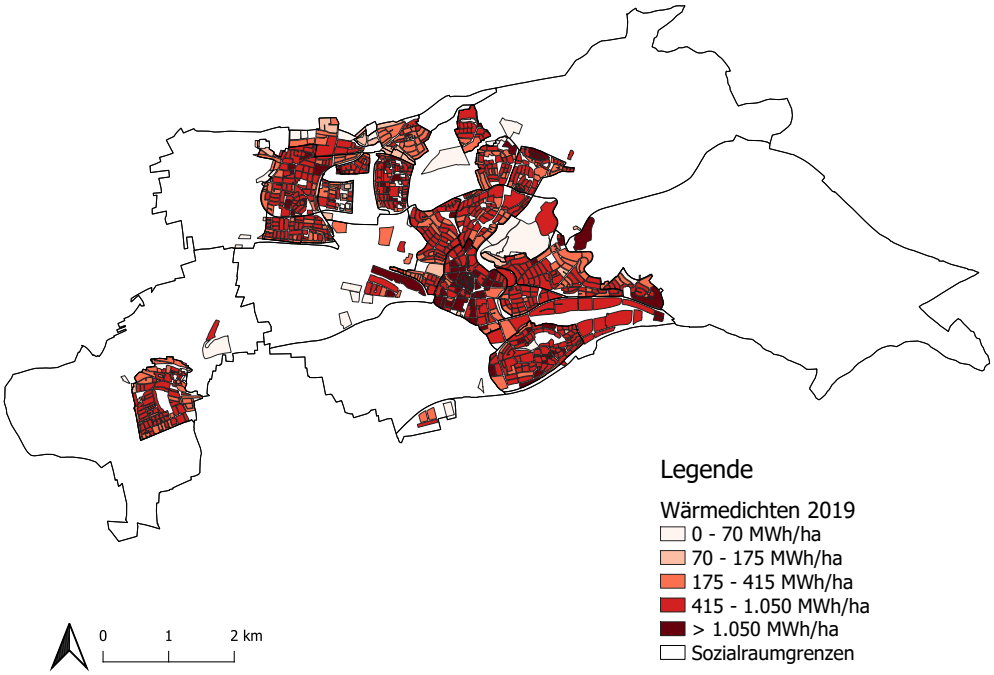

Abbildung 19: Darstellung der Wärmedichten auf Blockebene. Quelle: Eigene Darstellung

Eine Darstellung der Wärmedichte auf Rasterzellenebene (100 m x 100 m) zeigt ähnliche Ergebnisse, dargestellt in Abbildung 20.

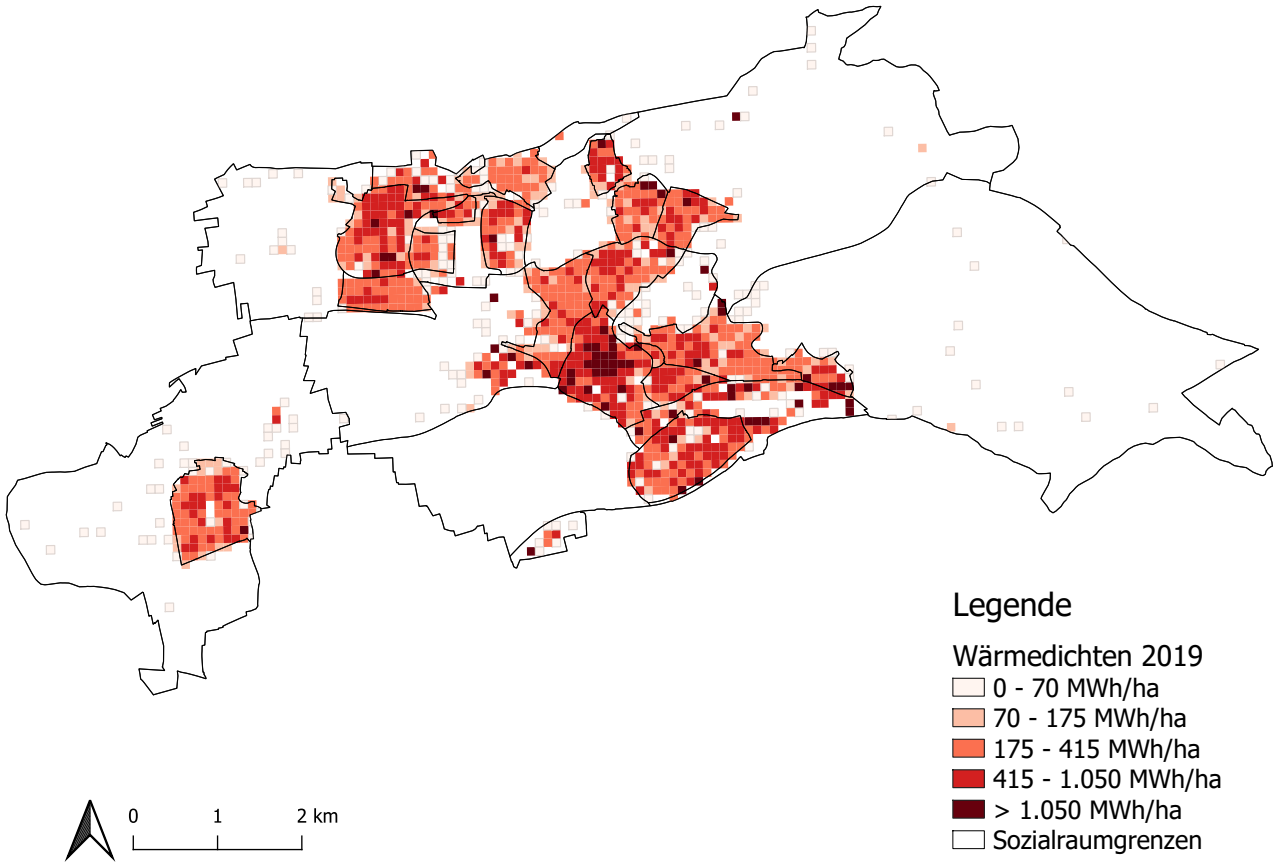

Abbildung 20: Darstellung der Wärmedichten auf Ebene von 100 x 100 m Raster. Quelle: Eigene Darstellung

Eine Auswertung der Wärmedichten bezogen auf die Zahl der Gebäude bzw. den Wärmeverbrauch im Basisjahr ist in Tabelle 7 dargestellt. Es zeigt sich, dass rd. 85 % des Wärmeverbrauchs und rd. 68 % der Gebäude sich in Baublöcken mit einer Wärmedichteklasse über 415 MWh befinden und sich somit für konventionelle Wärmenetze präqualifizieren. Weitere 28 % der Gebäude (bzw. 14 % des Verbrauchs) befinden sich in Baublöcken mit einer Wärmedichte zwischen 175 und 415 MWh/ha und sollten mit Blick auf Niedertemperaturwärmequellen betrachtet werden.

Tabelle 7: Auswertung der Wärmedichten in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz)

Wärmedichte	Anteil bezogen auf die Zahl der Gebäude	Anteil bezogen auf den Wärmeverbrauch im Basisjahr
0-70 MWh/ha	2 %	1 %
70-175 MWh/ha	3 %	2 %
175-415 MWh/ha	28 %	14 %
415-1.050 MWh/ha	59 %	54 %
>1.050 MWh/ha	9 %	30 %

In Abbildung 21 sind die Wärmeverbräuche und die für die Wärmebereitstellung eingesetzten Energieträger differenziert nach den eingeführten Wärmedichtenklassen dargestellt. Es ist ersichtlich, dass mehr als 160 GWh des Wärmeverbrauchs in der Dichteklasse von > 1.050 MWh/ha liegen und somit eine sehr hohe Wärmenetzeignung aufweisen. Davon werden mehr als 40 % bereits mittels Fernwärme versorgt.

Der größte Wärmeverbrauch liegt in Gebieten mit einer Wärmedichte zwischen 415 und 1.050 MWh/ha und erfüllen somit den Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand. Auch hier ist bereits ein Teil des Potenzials erschlossen. Der restliche Wärmeverbrauch teilt sich auf die weiteren Klassen auf.

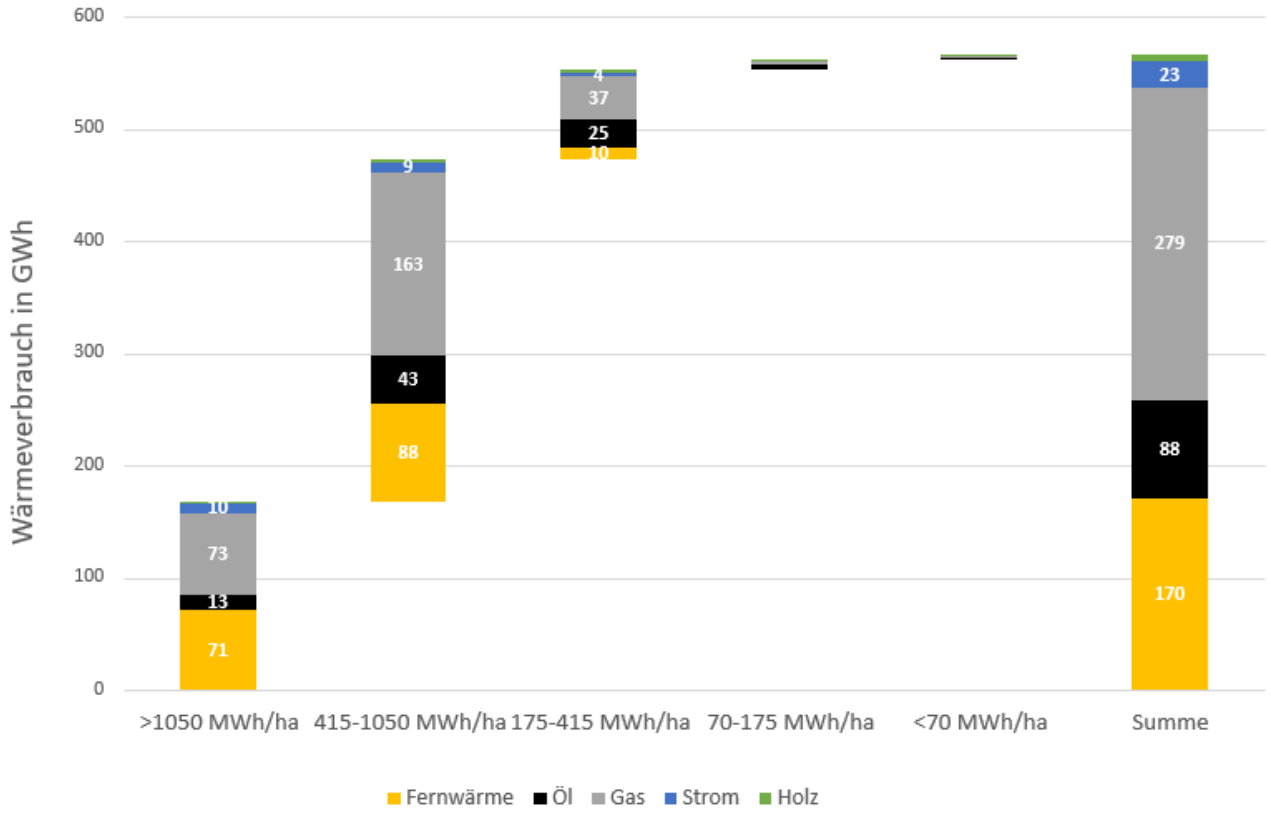

Abbildung 21: Energieträgeranteil (Endenergie) nach Wärmedichtenklasse dargestellt in einer Wasserfallgrafik. Quelle: Eigene Darstellung

3.2 Wärmebedarfsentwicklung

3.2.1 Effizienzpotenziale

Der auf die energetische Nutzfläche bezogene und flächengewichtete Endenergieverbrauch in Sindelfingen für Raumwärme und Warmwasser betrug im Basisjahr rd. 130 kWh/m$^2_{WFL}$. In Abbildung 22 sind Zielwerte für den Endenergieverbrauch von Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden gemäß einer Broschüre des BMWi zum Sanierungsbedarf von Gebäuden dargestellt. Vergleicht man den flächengewichteten Mittelwert des Endenergieverbrauchs in Sindelfingen in Höhe von 130 kWh/m^2 mit dem Zielwert[1] in Höhe von 89 kWh/m^2, verdeutlichen sich die beachtlichen Effizienzpotenziale[2].

[1] Mit Blick auf die erforderliche klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 sind diese Zielwerte für das Jahr 2040 anzusetzen.

[2] Auf eine Auswertung des Status Quo je Baualtersklasse wird an dieser Stelle verzichtet, da diese Information nur für einen geringen Anteil der Gebäude verfügbar ist und somit nicht vollständig aussagekräftig wäre.

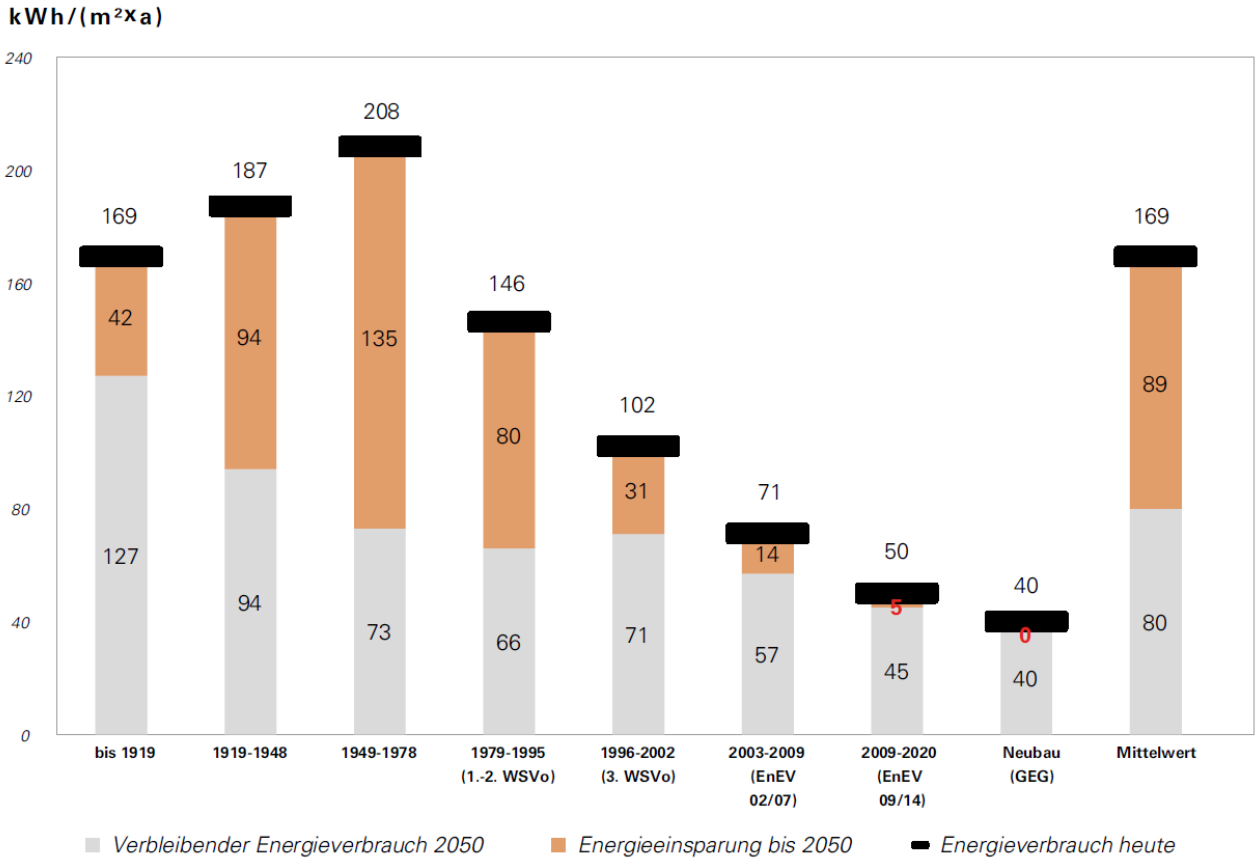

Abbildung 22: Darstellung von Effizienzpotenzialen für Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden, differenziert nach Baualtersklasse. Quelle: (ebd.) basierend auf BMWi (2014)

Eine der zentralen Säulen für ein Gelingen der Wärmewende ist eine Senkung des Gesamtbedarfs an Wärme. Da der Raumwärmebedarf einen Großteil der Wärmenachfrage bestimmt, kann eine Reduktion vor allem durch die Ergreifung von Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle erfolgen. Sanierungsentscheidungen für Bestandsgebäude werden von den Eigentümern getroffen, die ordnungsrechtliche Steuerung erfolgt vorrangig durch Vorgaben im Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) auf Bundesebene. Auch die Fördermittel werden vorrangig auf Bundesebene zur Verfügung gestellt, vor allem im Rahmen der BEG-Förderung.

Da für die Zielerreichung die koordinierte Anstrengung aller Akteure und Akteurinnen notwendig ist und die großen Hebel vorrangig auf Bundes- und Landesebene liegen, wird für die Fortschreibung des Wärmebedarfs auf die Studie „Sektorziele 2030“ im Auftrag des Umweltministerium Baden-Württembergs zurückgegriffen (Kelm et al. 2022). Für die Analyse kann auf die Reduktion des Energieverbrauchs, differenziert nach Raumwärme und Warmwasser und Gebäudefunktion und Baualtersklasse[1] zurückgegriffen werden. Dem Szenario liegen die Annahmen zugrunde, dass kaum noch Pinselsanierungen durchgeführt werden und dass Sanierungszyklen bei Bauteilsanierungen beschleunigt werden, im Schnitt um 25 % gegenüber dem Ist-Zustand.

[1] Sofern diese Information verfügbar ist

Nimmt man diese Annahmen als Berechnungsgrundlage an, erhält man die in Abbildung 23 gezeigte Entwicklung des Wärmeverbrauchs – differenziert dargestellt nach Wärmedichte auf Baublockebene - für die Zieljahre 2030 und 2040. In der Abbildung ist die Entwicklung der Erzeugernutzwärmeabgabe dargestellt, um keine Vorfestlegungen hinsichtlich des Energieträgereinsatzes tätigen zu müssen. Der Wärmebedarf von rd. 570 GWh im Basisjahr sinkt auf rd. 480 GWh im Jahr 2030, was einem Anteil von 84 % entspricht. Im Jahr 2040 beträgt der Wärmebedarf im Zielszenario nur noch rd. 350 GWh, was einem Anteil von 62 % im Vergleich zum Jahr 2019.

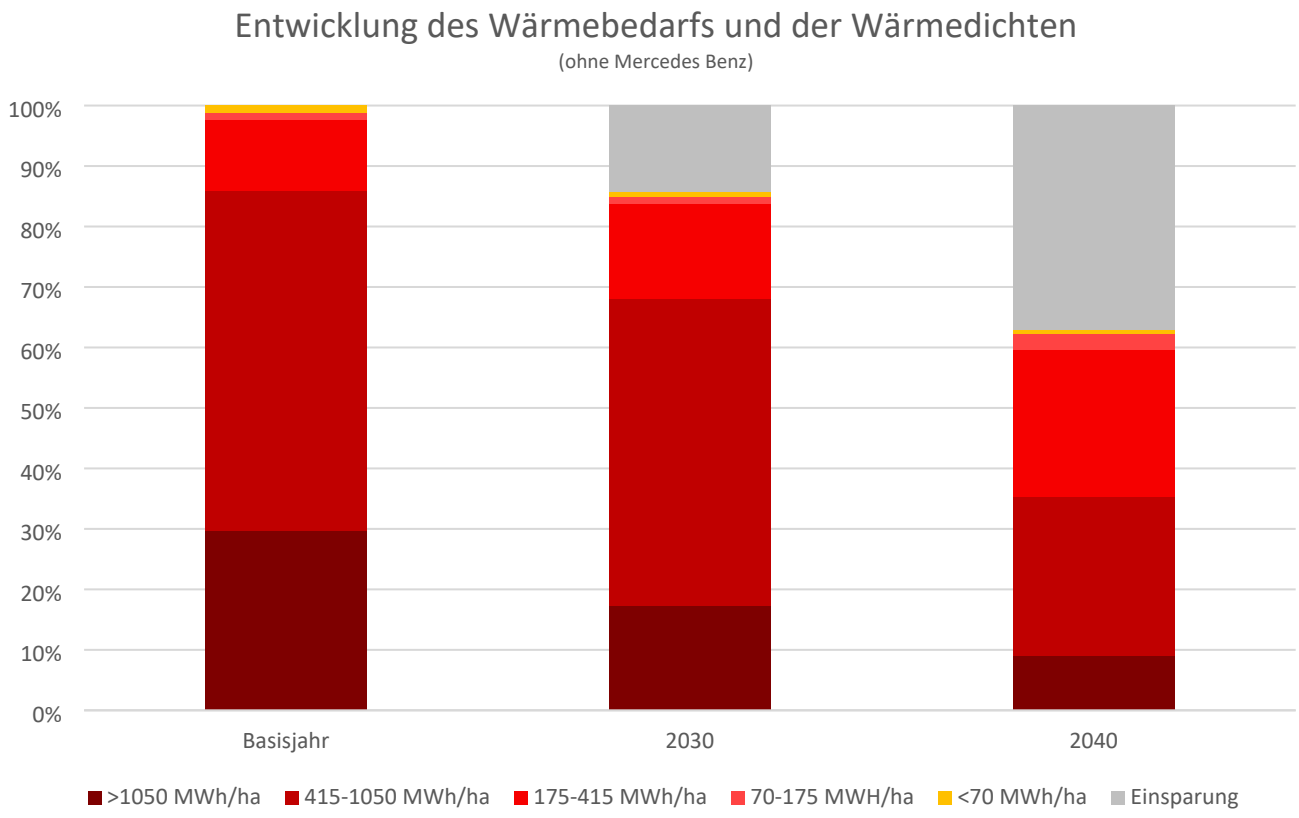

Abbildung 23: Entwicklung des Wärmebedarfs von Bestandsgebäuden in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz). Quelle: Eigene Darstellung

3.2.2 Wärmebedarf durch Neubau

Bei der Entwicklung des Zielszenarios sind auch neue bzw. geänderte Wärmebedarfe durch verschiedene Entwicklungen berücksichtigt. Konkret betrifft das folgende Quartiere / Entwicklungsgebiete:

Flugfeld-Weiterentwicklung:

Einige Baufelder im Flugfeld, welche Sindelfingen zuzuordnen sind, sind bereits bebaut und in der Bestandsanalyse enthalten. Für die Abschätzung des Energiebedarfs in 2030 und 2040, die aufgrund des Anschluss- und Benutzungszwangs vollständig der Fernwärme zugeordnet werden, gehen wir von folgenden zusätzlichen Wärmebedarfen aus:

Tabelle 8: Abschätzung der zukünftigen Wärmebedarfe im Flugfeld

	Baufeldnr.	Gebäudetyp und ggf. geplante Fläche (lt. Bebauungsplan)	Abschätzung des Endenergiebedarfs zur Wärmeversorgung [MWh/a]
Bis 2030 entwickelt	33-35	Kita sowie ein Büro- und Wohngebäude mit 13.000 qm Fläche	550
	45.7	Gewerbe, Produktion	80
Bis 2040 entwickelt	33-35	2 weitere Bürogebäude mit 13.000 qm Fläche	1.040
	46.1+2	Gewerbe, Lagerhalle	200

Quelle: ZVF Rahmenplan vom Juli 2022, eigene Berechnungen und Annahmen: 30 kWh/m² Endenergiebedarf für Kita, 40 kWh/m² für Büro- und Wohngebäude Mischnutzung

Post-Voba-Areal:

Hier kommt es zum Abriss eines Bestandsgebäudes und zum Neubau eines Kultur- und Bürgerzentrums (ca. 3.100 m² BGF), sowie von zwei Wohn- und Geschäftsgebäuden (insgesamt mit einer Fläche von ca. 10.000 m²). Der Neubau wird bis 2030 vollständig umgesetzt sein. Die Gebäude werden – da die Fernwärme vor Ort in der Gartenstraße verläuft – an das Fernwärmenetz angeschlossen. Der zusätzliche Wärmebedarf ab 2030 wird auf rund 470 MWh pro Jahr geschätzt.

Allmendäcker I

Der erste Bauabschnitt des Erweiterungsgebiets Allmendäcker ist weitgehend abgeschlossen. Bis 2030 wird zusätzlich mit einem Wärmebedarf von rund 340 MWh gerechnet, da zwei Flurstücke entwickelt werden (Nahversorger mit 24 Wohneinheiten sowie ein Geschosswohnungsbau mit 120 Wohneinheiten). Allmendäcker I ist aufgrund der Bebauungsvorschriften nahezu vollständig an die Fernwärme angeschlossen, das wird auch für den Zubau angenommen.

Allmendäcker II

Der zweite Bauabschnitt ist seit 2019 in der Aufsiedlung. In der Bestandsanalyse ist ein Teil des Gebiets bereits berücksichtigt. Der städtebauliche Entwurf sieht eine gemischte Bebauung mit Einzel-, Doppel, Reihenhäusern und Geschosswohnungsbauten vor. Insgesamt werden im zweiten Bauabschnitt mind. 360 Wohneinheiten gebaut. In der Abschätzung des zukünftigen Verbrauchs orientieren wir uns an den Verbrauchsdaten vergleichbarer Gebäude in Allmendäcker I, für die bereits Verbrauchsdaten vorliegen. Es wird in Abstimmung mit dem Stadtplanungsamt angenommen, dass die Bauflächen im Baugebiet Allmendäcker II zu 75 % bis 2030 bebaut werden. Bis 2030 werden daher rund

1.400 MWh Fernwärmeverbrauch hinzukommen, bis 2040 sind es im ausgebauten Zustand insgesamt rund 1.900 MWh.

Gewerbegebiet Häslach in Darmsheim

Auch hier sind Teile der Aufsiedelung bereits in der Bestandsanalyse enthalten, da das Gebiet bereits seit einigen Jahren entwickelt wird. Bei der Berechnung des zukünftigen Energiebedarfs wird die Annahme zugrunde gelegt, dass 75% des Baugebiets bis 2030 entwickelt sein wird, der Rest wird bis 2040 umgesetzt. Es wird abgeschätzt, dass der Energieverbrauch bis 2030 um 500 MWh zunimmt, bis 2040 um 660 MWh.

Innere Bühl Mitte in Darmsheim

Im Süden von Darmsheim wird das Baugebiet Innere Bühl weiterentwickelt. Es bestehen hier noch einige Baulücken. In Abstimmung mit dem Stadtplanungsamt gehen wir davon aus, dass das Baugebiet zu 75% bis 2030 entwickelt ist, bis 2040 wird es vollständig entwickelt sein. Das Gebiet ist ebenfalls fernwärmeversorgt. Bis 2030 erhöht sich der Verbrauch um rund 180 MWh, in 2040 um rund 240 MWh.

3.2.3 Effekt der Klimaerwärmung

Der Klimawandel und die damit verbundene Klimaerwärmung kann Einfluss auf die Endenergienachfrage des Gebäudebestands haben: Einerseits ist davon auszugehen, dass sich die Nachfrage nach Raumwärme reduziert, jedoch auch mit einer gesteigerten Nachfrage nach Klimatisierung bzw. Kühlung zu rechnen ist. Eine Darstellung der Entwicklung der Heizgradtage in Sindelfingen[1] seit 1991 auf Basis der Informationen des Institut Wohnen und Umwelt (2023) ist in Abbildung 24 dargestellt. Trotz jährlicher Schwankungen ist eine lineare Reduktion in Höhe von 0.15 % jährlich zu erkennen. Somit ist davon auszugehen, dass sich der Heizwärmebedarf auf Grund des Effekts der Klimaerwärmung bis 2040 um rd. 3 % reduziert.

[1] Mittelwert der Gradtagszahlen für die Postleitzahlgebiete 71063, 71065, 71067; 71069

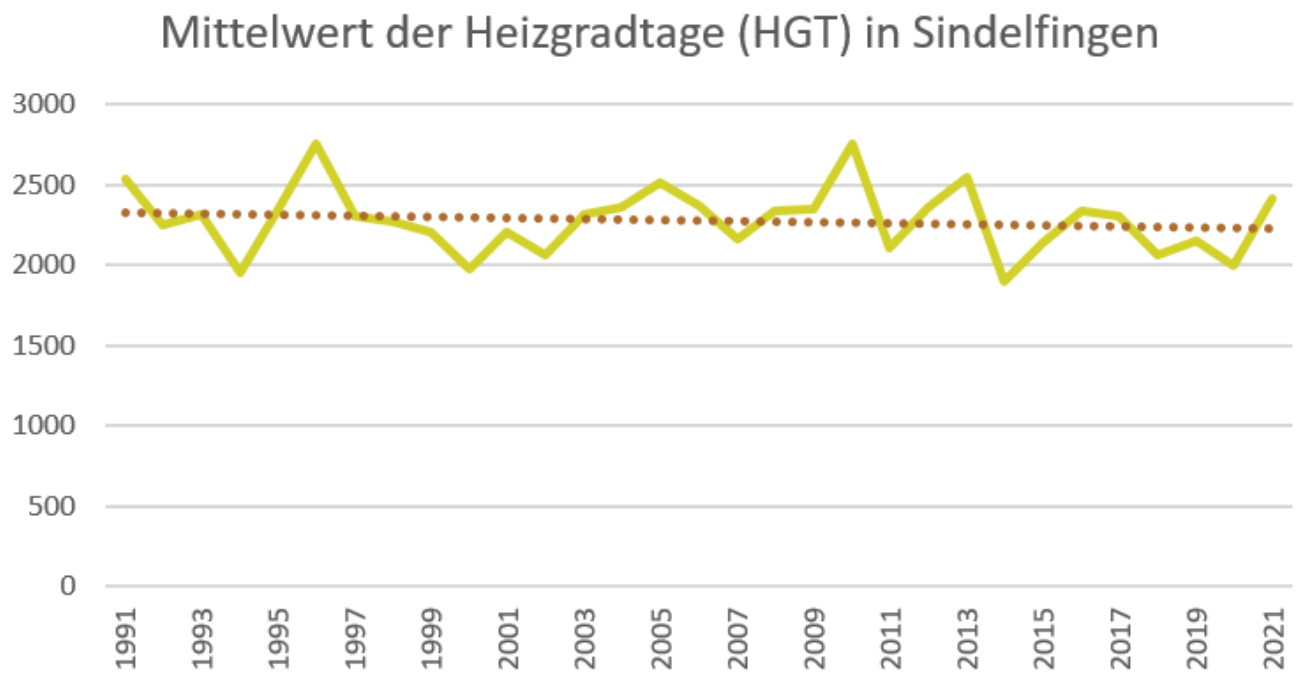

Abbildung 24: Eigene Darstellung auf Basis von Institut Wohnen und Umwelt (2023)

Annahmen zu möglichen Projektionen sind im angesetzten Zielszenario für Baden-Württemberg „Sektorziele 2030“ bereits abgebildet (Kelm et al. 2022)[1].

3.2.4 Räumliche Darstellung der Bedarfsentwicklung

Das für den kommunalen Wärmeplan in Sindelfingen angesetzte Wärmebedarfsszenario setzt sich aus der Entwicklung des Zielszenarios für Baden-Württemberg unter Berücksichtigung von Neubauentwicklungen zusammen. Die räumliche Darstellung der daraus resultierenden Wärmedichte ist in Abbildung 25 und Abbildung 26 dargestellt.

[1] Im Szenario ist eine Erwärmung von 2008 bis 2050 um 0,8 K zugrunde gelegt.

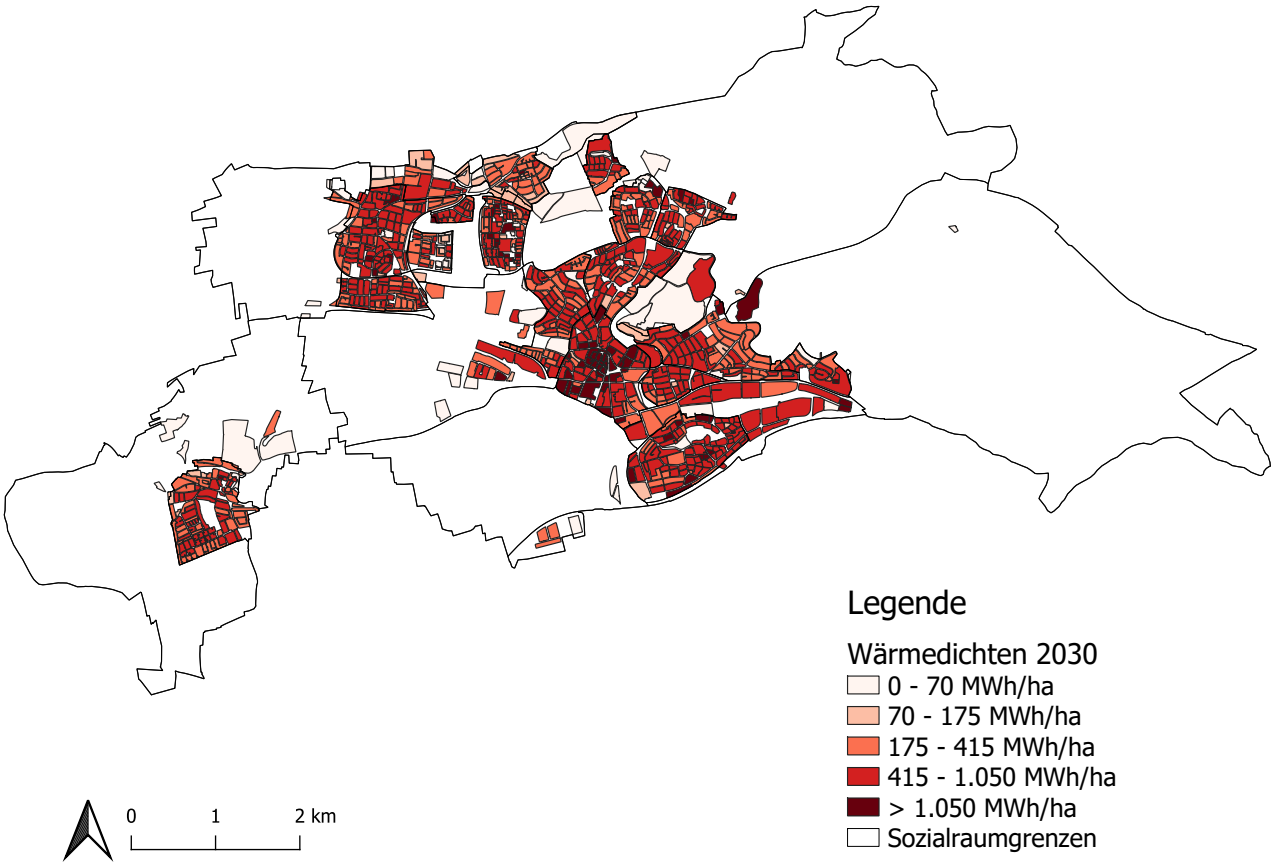

Abbildung 25: Räumliche Entwicklung der Wärmedichten auf Baublockebene im Jahr 2030 in Sindelfingen

Es ist ersichtlich, dass im Jahr 2040 nur noch wenige Gebiete eine Wärmedichte über 1.050 MWh/ha aufweisen. Gleichzeitig wird deutlich, dass nach wie vor ein Großteil der Gebiete eine Wärmedichte über 175 MWh/ha oder gar 415 MWh/ha aufzeigen.

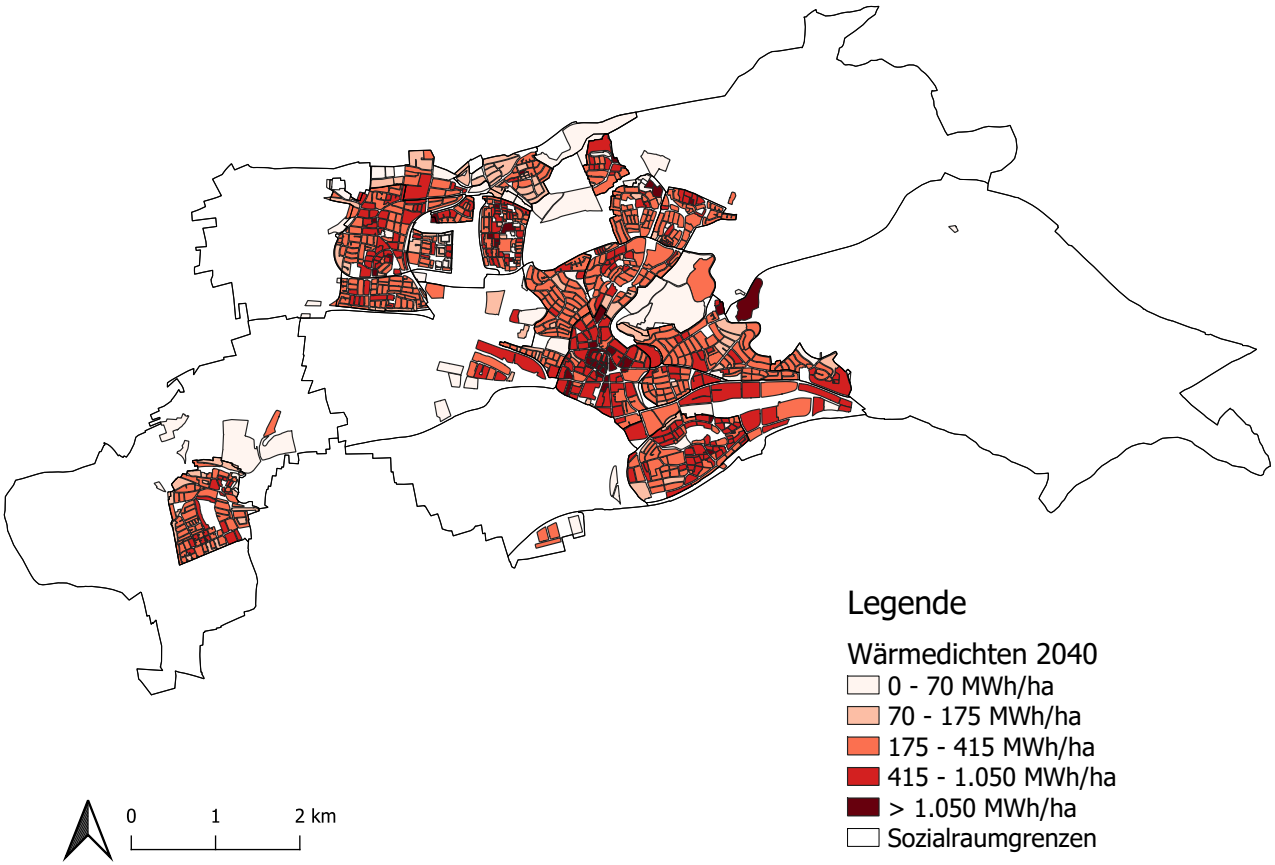

Abbildung 26: Räumliche Entwicklung der Wärmedichten auf Baublockebene im Jahr 2040 in Sindelfingen

3.3 Potenziale erneuerbare Wärme

Bei der Abgrenzung des Potenzialbegriffs wird auf die Einordnung basierend auf Kaltschmitt et al. (2003) in Abbildung 27 zurückgegriffen. Ausgehend vom theoretischen Potenzial kann

das technische als Teilmenge abgeleitet werden und in weiterer Folge entweder das wirtschaftliche oder erschließbare Potenzial ausgewiesen werden.

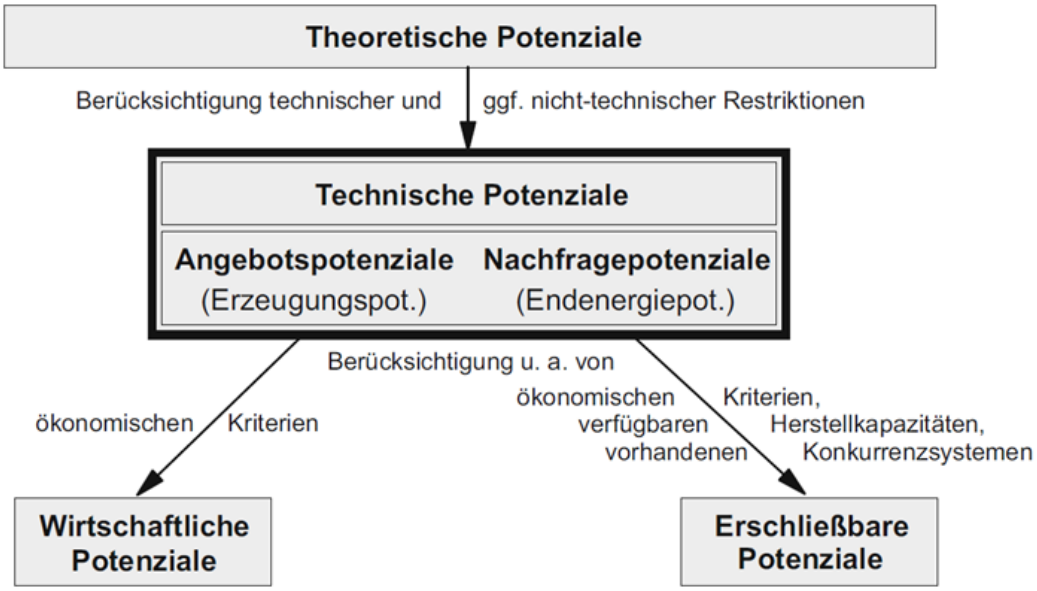

Abbildung 27: Einordnung des Potenzialbegriffs nach Kaltschmitt et al. (2003)

Nach Kaltschmitt et al. (2003) umfasst das **theoretische Potenzial** das physikalisch nutzbare Energiedargebot in einem zeitlich und räumlich festgelegten Betrachtungszeitraum. Hierzu zählt beispielsweise die gesamte nachwachsende Biomasse pro Jahr oder die theoretisch auskoppelbare Abwärmemenge an Industriestandorten bei Annahme einer konstanten, minimalen Wärmesenkentemperatur unter Vernachlässigung technischer Restriktionen. Eine vollständige Erschließung des theoretischen Potenzials ist jedoch aufgrund technischer, wirtschaftlicher und weiterer Hemmnisse nicht möglich und hat demnach für die Potenzialanalyse die geringste Aussagekraft.

Das **technische Potenzial** beschreibt jenen Anteil des theoretischen Potenzials, der durch bekannte Technologien und Bereitstellungsverfahren erschlossen werden kann. Etwaige Einschränkungen, z. B. im Falle der Biomasse zur Nahrungsmittelbereitstellung, werden bei dieser Abgrenzung bereits berücksichtigt. Speziell bei der leitungsgebundenen Wärmeversorgung ist die Differenzierung in **Angebots- und Nachfragepotenziale** relevant für die Einordnung der Potenziale: Während Angebotspotenziale auf die technische Erschließbarkeit fokussieren, wird bei der Ermittlung von Nachfragepotenzialen bereits die Nutzung in möglichen Wärmesenken, also wo Verbräuche entstehen wie z. B. in einzelnen Gebäuden in räumlicher Nähe, berücksichtigt. Beispielsweise können nicht alle technischen Abwärmepotenziale erschlossen werden, da aufgrund der Distanz zu möglichen Wärmesenken die entsprechenden Netzverluste eine Erschließung erschweren bzw. verhindern. Effizienzmaßnahmen im Gebäudebestand, die sich auf den Wärmebedarf auswirken, werden bei Analyse von Nachfragepotenzialen auch explizit berücksichtigt: Aufgrund besser gedämmter Gebäude können die technischen Nachfragepotenziale absolut gesehen geringer ausfallen, da der Nutzwärmebedarf der Wärmesenken sinkt. Der Anteil des gesamten Nutzenergiebedarfs, der durch die entsprechenden erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden kann, ist jedoch entsprechend höher.

In einem letzten Schritt werden ökonomische Kriterien, wie Investitionskosten für die Erschließung sowie Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung berücksichtigt. Die

wirtschaftlichen Potenziale hängen somit auch von den energiewirtschaftlichen und -politischen Rahmenbedingungen ab, da die resultierenden Wärmegestehungskosten immer ins Verhältnis zu Referenztechnologien gesetzt werden. Höhere Kosten für fossile Energiepreise (z. B. CO_2-Bepreisung) oder niedrige Investitionskosten für die Erschließung von erneuerbaren Energien (z. B. Förderung) können die wirtschaftlichen Potenziale wesentlich beeinflussen. Die wirtschaftlichen Potenziale reagieren somit viel sensitiver auf die Variation einzelner Parameter. Ob es sich dabei um Potenziale aus betriebswirtschaftlicher oder volkswirtschaftlicher Sicht handelt, hat ebenfalls einen wesentlichen Einfluss: Während bei der betriebswirtschaftlichen Analyse meist die aktuell zugrundeliegenden Steuern, Abgaben und Förderungen berücksichtigt werden[1], werden diese externen Kosten in der volkswirtschaftlichen Analyse vernachlässigt.

Als kleinste Teilmenge berücksichtigen die **erschließbaren Potenziale** auch nicht ökonomische Barrieren, wie beispielsweise Informationsdefizite der möglichen Wärmeabnehmer oder Akzeptanzprobleme bei der Erschließung verschiedener Wärmequellen sowie Konkurrenzen der einzelnen Wärmequellen auf dem Markt.

In den folgenden Potenzialbetrachtungen wird das **technische Potenzial** als Grundlage und Eingangsparameter für die Berechnungen genutzt. Für dieses Potenzial werden verschiedene **Erschließungskriterien** wie z. B. lokale Herstellungskapazitäten (Beispiel Biomasse), ökonomische Transformationspfade (Beispiel Einbeziehung von Erdgasverteilleitungsalter) bzw. Konkurrenzsysteme (Beispiel PV-Ausbau vs. Solarthermie) berücksichtigt. Die Herleitung der Potenziale wird in den folgenden Kapiteln zusammengefasst und im Anhang methodisch beschrieben.

3.3.1 Sonnenenergiepotenziale

Bei der Berechnung der Solarenergiepotenziale wurden drei Flächenarten unterschieden: Dachflächen, Freiflächen sowie innerstädtische Potenzialflächen wie Parkplätze. Sonnenenergiepotenziale können für die Wärmeerzeugung (Solarthermie, im Folgenden betrachtet) aber auch für die Stromerzeugung (Photovoltaik, siehe Abschnitt 3.4) genutzt werden.

3.3.1.1 Dachflächen

Die Daten der Dachflächen stammen aus dem Energieatlas Baden-Württembergs. Die Daten verwenden die Gebäudeumrisse aus der Liegenschaftskarte 2012 sowie Laserscannerdaten aus Befliegungen aus dem Jahr 2002. Mithilfe dessen wurde ein digitales Oberflächenmodell erstellt, das die Neigung, Ausrichtung, Verschattung sowie solare Einstrahlung berücksichtigt.

Die zur Verfügung gestellten Daten enthalten Informationen zur Dachform, Eignungsklasse und der Größe der Fläche, die mit Solarpanelen ausgelegt werden kann. Die Eignungsklassen teilt die Dachflächen in vier Kategorien ein: sehr gut, gut, bedingt und vor Ort zu prüfen. Die Einteilung erfolgt durch die Einstrahlungsintensität, die neben dem Eigenverbrauch das wichtigste Kriterium ist (Energieatlas Baden-Württemberg 2021).

[1] Bzw. Projektionen davon für die Analyse von Potenzialen in der Zukunft

Auch auf denkmalgeschützten Gebäuden ist die Installation von Solaranlagen mit einer zurückhaltenden Gestaltung möglich. Solarthermie-Anlagen werden hierbei bevorzugt aufgrund des geringeren Flächenbedarfs. Bisher muss dies per Einzelfallentscheidung genehmigt werden, zukünftig soll es jedoch ein Solarkataster speziell für denkmalgeschützt Gebäude geben, um einen Beitrag zur Energiewende zu leisten (Landesamt für Denkmalpflege).

Solarthermie kann für die zukünftige Wärmeversorgung eine wichtige Rolle spielen. In Sindelfingen wird sie zu einer relevanten Größe werden, da die oberflächennahe Geothermie im Bestand nur sehr beschränkt zum Einsatz kommen kann. Sie kann einerseits dort eingesetzt werden, wo aktuell überwiegend Biomasse (Holz) zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird und dafür sorgen, dass der Verbrauch an Holz in den Sommermonaten reduziert wird. Sie kann auch dort eine Rolle spielen, wo Erdgasinfrastruktur neu installiert wurde, um den dadurch längerfristig vorhandenen fossilen Anteil zu reduzieren. Sie wird ebenfalls interessant, wenn in Richtung solare Nahwärmenetze mit saisonalen Speichern gedacht wird, in Gebieten mit geringer Wärmedichte. Um dem Umstand der Flächenkonkurrenz zwischen Solarthermie und Photovoltaik Rechnung zu tragen, wird das Solarthermiepotenzial in der vorliegenden Wärmeplanung auf folgenden Dachflächen berücksichtigt:

- Spitzdachflächen beheizter Gebäude kleiner als 300 m², sofern 25% der Dachfläche ausreichen, den spezifischen Deckungsgrad von 60% des Warmwasser- und 30% des Raumwärmebedarfs zu erreichen
- Flach- und Spitzdachflächen beheizter Gebäude größer 300 m²

Das **Solarthermiepotenzial auf Dachflächen kleiner 300 m²** wird anhand des Wärmeverbrauchs der Haushalte (für die drei Stützjahre 2021, 2030 und 2040) und dem Flächenpotenzial bestimmt. Der Verbrauch wird in die Nachfrage für Warmwasserbereitung und Raumheizung geteilt. Auf Basis der Annahme, dass der spezifische Deckungsgrad für Solarthermie 60% des Warmwasser- und 30% des Raumwärmebedarfs decken soll, werden die Erträge berechnet. Für Dachkollektoren wird angenommen, dass übers Jahr gemittelt rund 400 kWh pro m² Kollektorfläche (konservative Annahme vgl. Corradini et al., 2014) geerntet werden können. In der Potenzialermittlung wurde angenommen, dass jene Spitzdachflächen der Solarthermie zugeordnet werden, wo eine Dachflächenbelegung von 25% ausreicht, dass der oben genannte Deckungsgrad erreicht wird.

Das Potenzial der Solarthermie auf Spitzdächern kleiner 300 m² liegt in Sindelfingen bei rund 14,7 GWh/Jahr, bezogen auf den Verbrauch im Jahr 2019. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Potenzial eher steigt, da durch Sanierungen die Verbräuche abnehmen und somit zukünftig die Wahrscheinlichkeit steigt, dass die Dachfläche ausreicht, um einen wirtschaftlich sinnvollen Deckungsgrad durch die Solarthermie zu erreichen. 2040 könnte der solare Deckungsanteil bei Gebäuden < 300 m² Dachfläche bei rund 23 GWh pro Jahr liegen.

Die **Dachflächen größer 300 m²** (Flach- und Spitzdächer) könnten zukünftig stärker, sofern die technische Machbarkeit gegeben ist, zur Wärmeerzeugung für Wärmenetze genutzt werden. Es handelt sich um rund 570 Gebäude (ohne Mercedes-Benz-Gebäude), deren Dachfläche diese Größe aufweist, bereits mit Solaranlagen belegte Dächer sind abgezogen. Insgesamt könnten mit Solarthermieanlagen auf diesen Flächen rund 100 (bei 50% Dachflächenbelegung) bis 170 GWh Wärme (bei 80% Dachflächenbelegung) erzeugt werden.

Im Szenario wird berücksichtigt, dass in gewissen Gebieten (z.B. in fernwärmeversorgten Quartieren) die Solarthermie keine sinnvolle Option ist, da sie aufgrund der jahreszeitlichen Schwankungen zu stark in Konkurrenz zu den weiteren Abwärmequellen (in Sindelfingen betrifft das derzeit überwiegend das RMHKW) steht. Die nicht der Solarthermie zugeordneten Dachflächen werden dem Photovoltaik-Potenzial zugerechnet (siehe Kapitel 3.4).

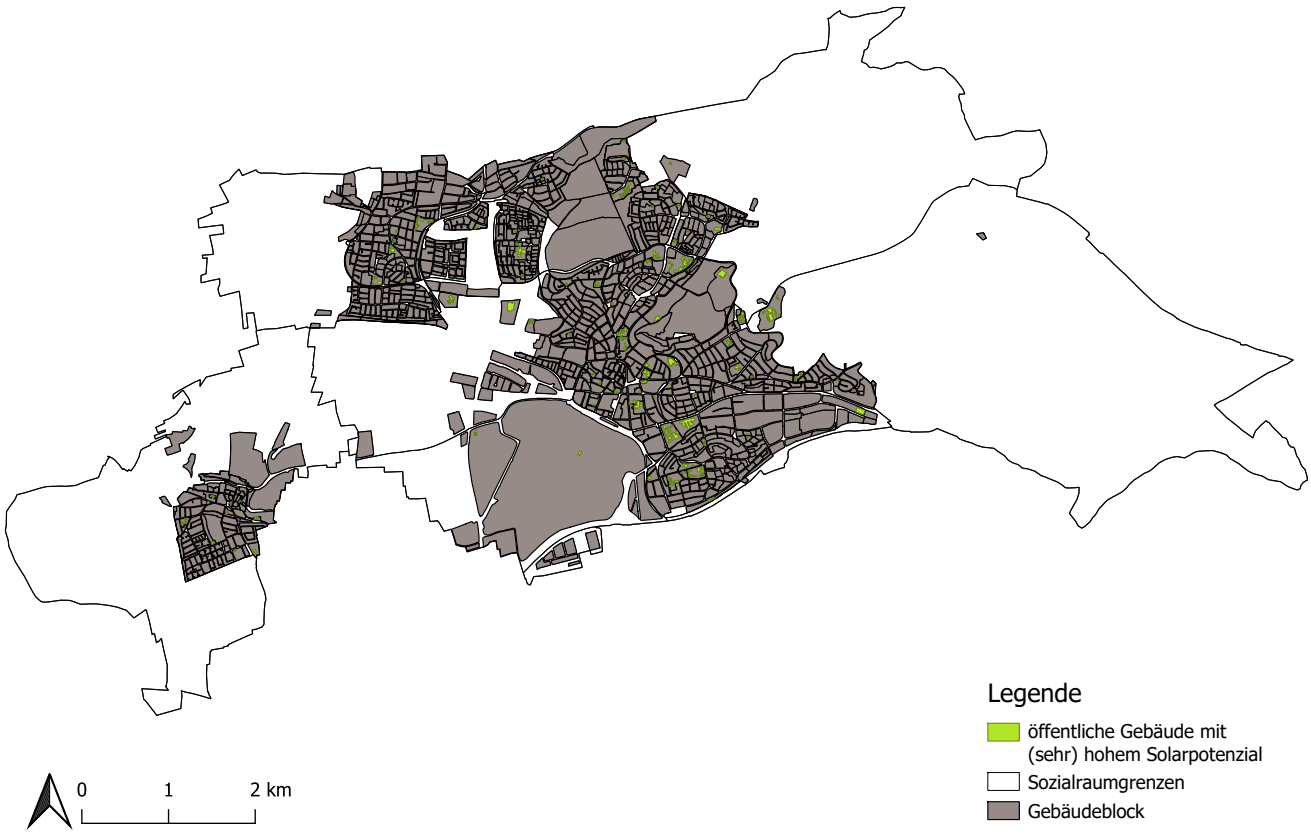

Abbildung 28: Übersicht städtischer Gebäude mit hohem bis sehr hohem Solarpotenzial (Stand: 2021, Quelle: Energieatlas Baden-Württemberg)

Exkurs: Dachbegrünung und Photovoltaik

Die Neubaugebiete Allmendäcker I und II stehen unter dem Motto „Zukunft unter grünen Dächern“. Die Gebäude müssen lt. Bebauungsplan mit einem Flachdach mit einer Neigung von 0° - 5° oder einem Pultdach mit einer Neigung von 6° - 15° ausgestattet werden. Außerdem ist eine Dachbegrünung verpflichtend: „Flachgeneigte Dächer (0°-15°) von Hauptgebäuden, Garagen und Carports sind zu begrünen“. Mindestens 80 % der Dachfläche ist dauerhaft zu begrünen. Dachflächen von Gebäuden müssen mit einer durchwurzelbaren Aufbaudicke von mind. 15 cm und einer Vegetationsschicht von mind. 10 cm ausgestattet werden. Dachflächen von Garagen oder Carports müssen ebenfalls begrünt werden mit einer mind. 10 cm dicken Substratschicht (Paak et al., 2018).

Laut Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz besteht eine Pflicht zur Installation von Photovoltaikanlagen bei dem Neubau eines Gebäudes mit einer für Solarnutzung geeigneten Dachfläche. Besteht eine Dachbegrünungspflicht, ist diese mit der Installation einer PV-Anlage in Einklang zu bringen (vgl. §23 KlimaG BW).

Aus den beiden Vorgaben und dem Gestaltungshandbuch Allmendäcker ergibt sich die zwangsläufige Kombination beider. Die Synergieeffekte die daraus hervorgehen sind sowohl ökonomischer als auch ökologischer Natur:

Die isolierende Wirkung der Dachbepflanzung schützt die Dachabdichtung vor Umwelteinflüssen (z. B. UV-Strahlung, Hitze, Kälte und Hagelschlag) und verlängert so die Lebensdauer. Durch die Verdunstung des Regenwassers im Sommer und die Wärmedämmung im Winter wird der Heizbedarf gesenkt und der Wohnraum temperiert (Paak et al., 2018). Die Verdunstung führt zu einer Kühlung der Photovoltaik Module, die dadurch vor allem im Sommer mehr leisten können. Der Ertrag sinkt mit einer Erwärmung der Module über 25°C pro Grad um 0,5 % (Horn et al., 2017).

Das lokale Klima wird durch die Dachbedeckung verbessert, indem die Begrünung Lebensraum für Tiere und Pflanzen bietet, durch Evapotranspiration für Abkühlung sorgt und Staub sowie Luftschadstoffe bindet. Durch die Regenwasserretention wird die Gefahr von Überflutungen durch Starkregenereignissen gemindert (Paak et al., 2018).

3.3.1.2 Freiflächen

Dem Energieatlas des Landes Baden-Württemberg entnommene Freiflächenpotenziale schließen anhand eines Indikatorenmodells folgende Restriktionsflächen aus (vgl. Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung (KWP)):

- weiche Restriktionsflächen
- Biosphärengebiete
- Biotopverbünde
- Generalwildwegepläne
- Landschaftsschutzgebiete
- Natura 2000 Gebiete
- Wasserschutzgebietszonen I und II

Im Rahmen einer Teilfortschreibung des Regionalplans wurden Funktionsbereiche für Freiflächen-PV und Windkraftanlagen geprüft. Die vom Regierungspräsidium vorgeschlagene Suchraumkulisse wurde von der Stadtverwaltung geprüft. Diese geprüften Flächen wurden im Rahmen der Wärmeplanung darüber hinaus geprüft, inwiefern diese für Solarthermiegroßanlagen geeignet wären. Niedertemperaturwärme aus Solarthermie-Freiflächenanlagen kann primär in Niedertemperaturwärmenetzen genutzt werden. Die Freiflächenpotenziale können somit für neue Quartiersnetze als auch für das zukünftig transformierte Wärmenetz relevant werden. Voraussetzung für eine sinnvolle Nutzung ist die räumliche Nähe der Solarthermieanlage zur Wärmenetzinfrastruktur. Durch diese Einschränkung ergeben sich im wesentliche folgende Potenzialflächen aus der bearbeiteten Suchraumkulisse:

- Holder/Seiler: rd. 12 ha (der Rest: PV)
- Kläranlage: rd. 1,5 ha
- Autobahndeckel A81: rd. 4,2 ha

- Südlich Darmsheim: 16,6 ha
- Westlich Steinbruch Darmsheim: 8,07 ha

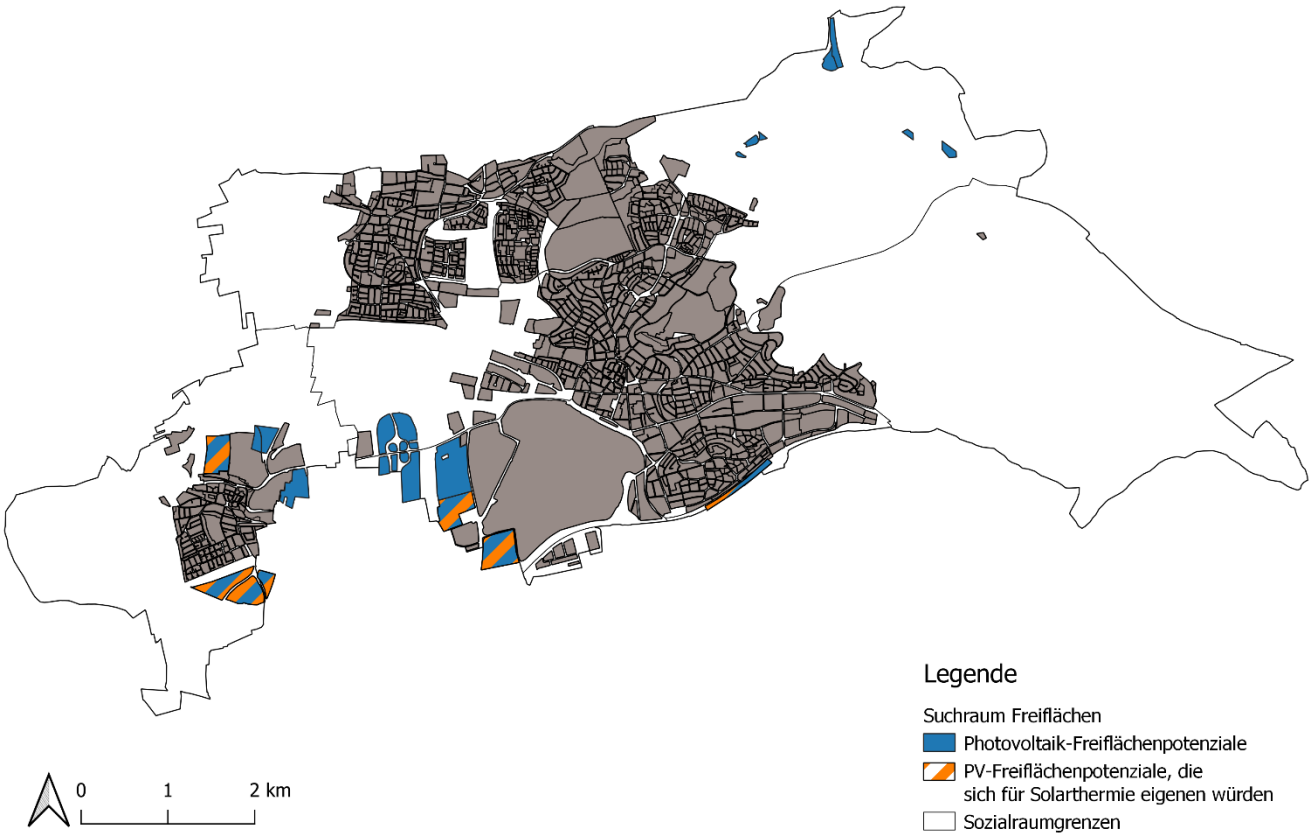

Abbildung 29: Übersicht zu Freiflächenpotenzialen in Sindelfingen (Stand: 2023, Quelle: Amt für Stadtentwicklung und Geoinformation, erstellt im Rahmen der Suchraumkulisse PV auf Freiflächen)

Im Leitfaden der Kommunalen Wärmeplanung ist eine kritische minimale Bodenfläche von 2.000 m² zur Potenzialberechnung für Freiflächen-Solarthermieanlagen festgelegt. Ohne weitere Kriterien wie die geographische Lage oder Ausrichtung zu berücksichtigen, wird von einer Wärmeerzeugung von 185 kWh pro m² und Jahr, bezogen auf die Grundfläche, ausgegangen (Peters et al. 2020, angeglichen auf Praxiswerte, z.B. Fernwärme Senftenberg).

Nimmt man diese Flächen zusammen, entsteht ein Potenzial von rund 77 GWh pro Jahr.

3.3.2 Geothermische Wärme

Unter Geothermie werden nutzbare Erdwärme-Vorkommen subsummiert. Geothermie lässt sich in folgende Bereiche unterteilen:

- Tiefengeothermie (1500 bis 4500 Meter Tiefe), in Sindelfingen nicht relevant, da es nahezu im gesamten Stadtgebiet eine Bohrtiefenbegrenzung gibt, Wärmepotenziale sind zudem nicht attraktiv;
- Oberflächennahe Geothermie (bis zu einer Tiefe von 100 Meter), welche über folgende Technologien erschlossen werden kann:

- Sondenbohrungen
- Kollektoren
- Grundwasserbrunnenanlagen

Sondenbohrungen

Mehrere Schadensfälle aufgrund von Sondenbohrungen haben dazu geführt, dass der Landkreis eine Ampelkarte erstellt hat. Diese zeigt, dass im Großteil der Gemarkung Sindelfingens keine Sondenbohrungen möglich sind. Ausgenommen ist der Ortsteil Darmsheim.

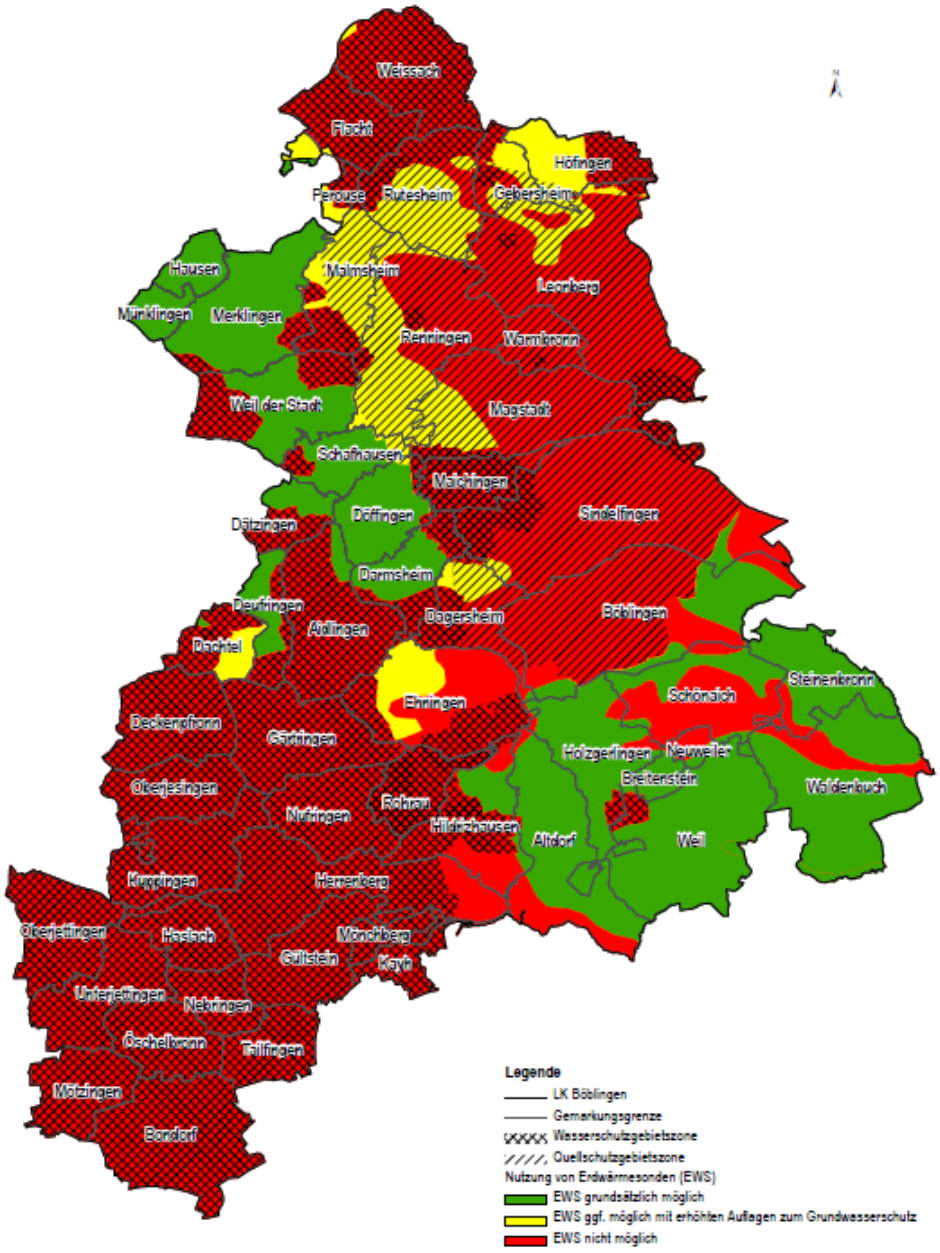

Abbildung 30: Zulassungsfähigkeit von Erdwärmepumpen im Kreis Böblingen (Landratsamt Böblingen[1])

Eine Berücksichtigung von Quellenschutz- und Wasserschutzgebieten zeigt ebenfalls, dass in Sindelfingen (mit Ausnahme von Darmsheim) Sondenbohrungen nicht möglich sind. Bei den von der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württembergs (KEA) zur Verfügung gestellten Daten sind auf dem Gebiet von Sindelfingen über Darmsheim hinaus weitere Sondenpotenziale aufgezeigt (siehe folgende Abbildung).

1 https://www.lrabb.de/site/LRA-BB-2018/get/params_E1160889120/5769549/zupm211%20Ampelkarte_Stand_03.06.14.pdf

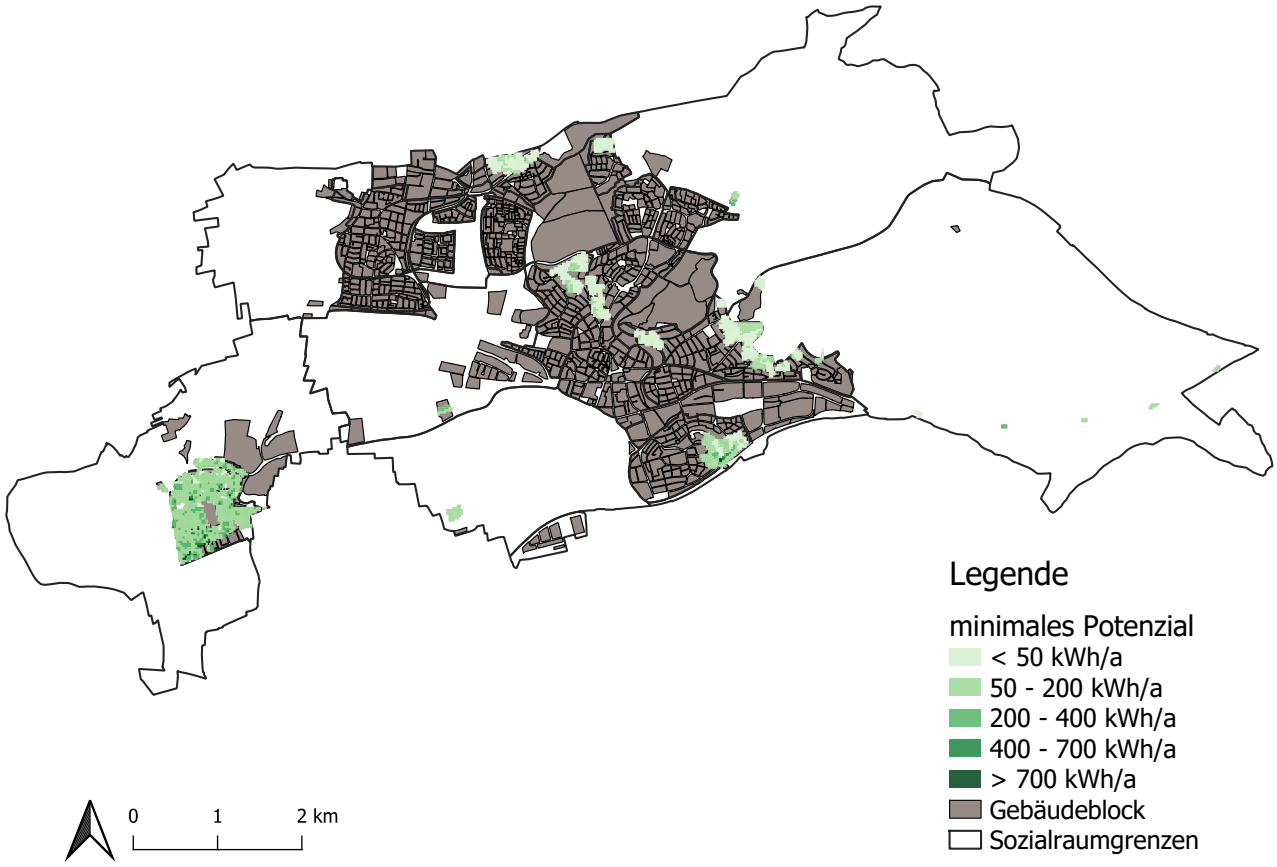

Abbildung 31: Minimales Geothermie Potenzial in Sindelfingen (Stand: 2023, Quelle: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH)

In den folgenden Betrachtungen wird jedoch angenommen, dass Erdwärmesonden ausschließlich in Darmsheim gebaut werden können. Betrachtet man das Potenzial der KEA in Darmsheim genau, zeigt sich, dass hier durchaus Flurstücke mit höheren spezifischen Wärmequellen vorhanden sind (siehe Abbildung 32). In Summe kann laut den Potenzialdaten der KEA in Darmsheim eine Wärmemenge von mind. 3,9 GWh bzw. max. 11,9 GWh pro Jahr über Erdwärmesonden entzogen werden.

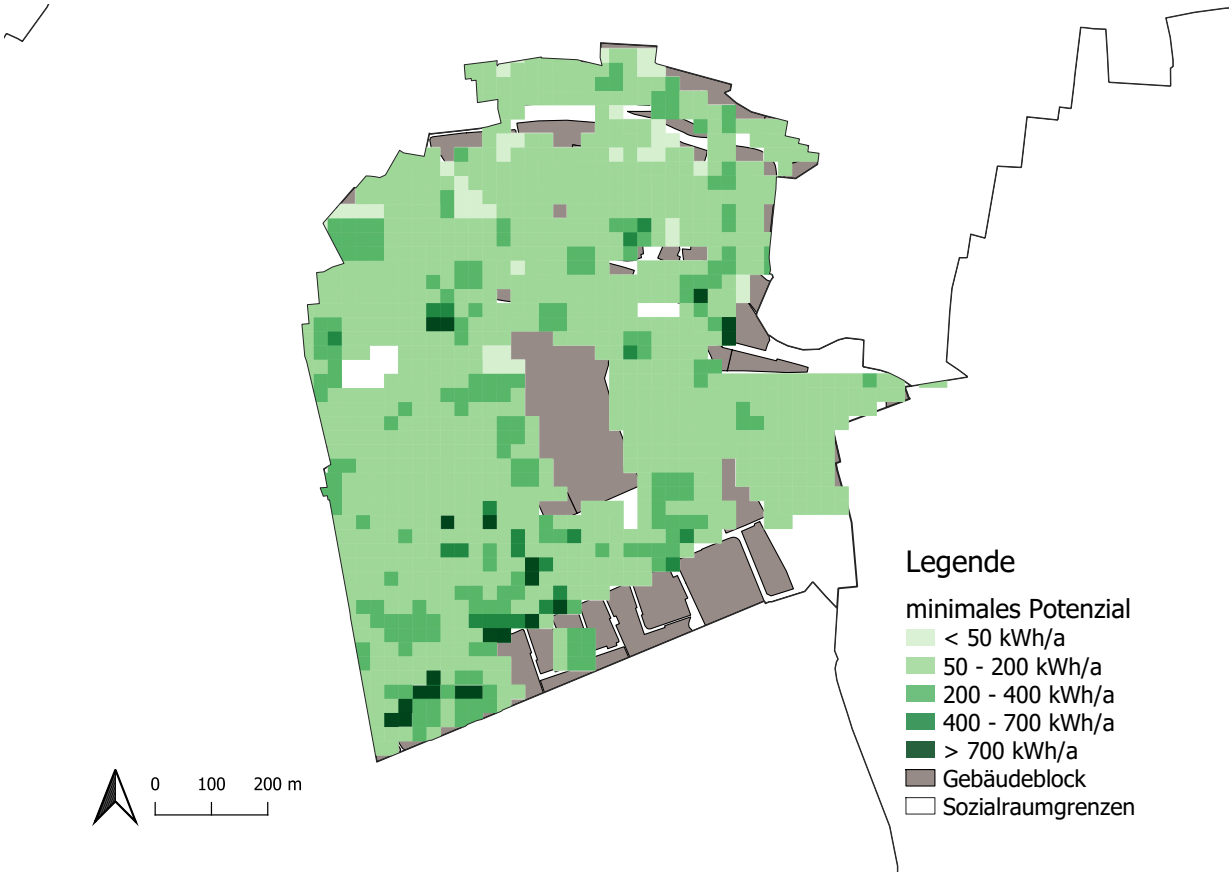

Abbildung 32: Geothermie Potenzial in Darmsheim (Stand: 2023, Quelle: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH)

Flächenkollektoren

Oberflächennahe Geothermie kann auch über Flächenkollektoren, die in großen Flächen in geringerer Tiefe (mind. 30 cm unterhalb der örtlichen Frostgrenze) verlegt werden, genutzt werden. Aufgrund des großen Flächenbedarfs und den entsprechend groß ausfallenden Grabungsarbeiten kommen Kollektoren überwiegend im Neubau zum Einsatz. Zu beachten ist außerdem, dass der Boden nicht versiegelt oder nur teilversiegelt sein sollte, damit sich die Bodenwärme wieder regenerieren kann. Auch wenig Verschattung unterstützt die Wärmeregeneration.

Für die Wärmepotenzialberechnung wird die flächenspezifische Wärmeentzugsleistung, sowie die Quadratmeterzahl von geeigneten Flächen genutzt. Die spezifische Entzugsleistung ist von der Bodenbeschaffenheit und dem örtlichen Klima abhängig. Bei nichtbindigem Boden rechnet man mit etwa 10 W/m², bei wassergesättigtem Boden mit etwa 40 W/m², deshalb benutzen wir in einer Beispielrechnung 25 W/m² als häufig genutzten Durchschnitt.

Für Erdkollektoren infrage kommende Flächen sind öffentliche Parks oder Gärten, Ackerflächen, sowie nicht versiegelte Sportplätze. Das Verlegen von Erdkollektoren ist in bestehenden Siedlungsgebieten in privaten Gärten unwahrscheinlich, da sehr aufwendig. In die Potenzialberechnung für Sindelfingen wurden somit ausschließlich Sportplätze mit Rasen-, Asche-, Kunstrasen- oder Sanduntergrund in die Potenzialberechnung einbezogen. Nicht berücksichtigt wurden Plätze mit Tartan- oder Asphaltuntergrund. Folgende

Sportplätze kämen bei eventuell anstehenden Sanierungen für Erdwärmesonden in Betracht:

- Fußballfeld Maichingen
- Fußballfeld Allmend-Stadion
- Vier Fußballfelder am Glaspalast

Ein durchschnittlicher Fußballplatz mit 110 m Länge und 70 m Breite verfügt über eine Fläche von 7.700 m². Bei der oben erwähnten durchschnittlichen Entzugsleistung erreicht man pro Feld eine Leistung von etwa 190 kW. Bei 1.400 Vollbenutzungsstunden würde dies einer Wärmemenge von rund 350 MWh entsprechen, die mit Hilfe einer Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau gehoben werden kann. Insgesamt könnte so in Sindelfingen ein Potenzial von rund 2 GWh pro Jahr an Niedertemperaturwärme gehoben werden, inkl. Wärmepumpenstrom.

Grundwasserbrunnenanlagen

Zur Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle sind keine Aussagen im Rahmen der Wärmeplanung möglich. Hier müsste standortspezifisch eine Analyse zu Ergiebigkeit, Temperaturen, Beeinflussungen zu benachbarten Brunnenanlagen etc. erfolgen.

3.3.3 Umgebungswärme (Luft, Seewasser, Fluss, Tiefgarage, Tunnel, Grundwasser etc.)

3.3.3.1 Seen und Flüsse

Die Potenziale aus Flüssen und Seen unterliegen immer einer Einzelfallprüfung. Bei geeigneter Wasser-/Durchflussmenge und Tiefe des Gewässers können große technische Potenziale bestehen (Kommunale Wärmeplanung Handlungsleitfaden 2020).

Innerhalb der Gemarkung Sindelfingen befinden sich keine Gewässer, die über eine ausreichende Tiefe und Größe verfügen, um mittels Wärmepumpen genutzt zu werden.

3.3.3.2 Luft

Luft-Wärmepumpen nutzen die Wärme der Umgebungsluft. Eine Potenzialerhebung erfolgt hier indirekt über die dezentralen Versorgungsgebiete. In dieser Potenzialerhebung wurde zudem berücksichtigt, dass in Bezug auf Schallimmissionen[1] in eng bebauten Gebieten große Herausforderungen bestehen – entsprechende Quartiere wurden separat herausgehoben (siehe Abschnitt 4.2.4).

[1] Zum Thema Schallimmissionen und Luft-Wärmepumpen siehe https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/55555-F%C3%BCr_eine_ruhige_Nachbarschaft.pdf

3.3.4 Biomasse (feste Biomasse, Biogas)

3.3.4.1 Feste Biomasse

In Sindelfingen wurden folgende Fraktionen mit den geschätzten Mengen betrachtet:

- Derbholz und Reisig aus der Bewirtschaftung des städtischen Forsts (2500 m³ Hackgut pro Jahr)
- Grünabfälle aus dem Grünpflegebetrieb
    - Reisig: 2.500 bis 3.000 m³ pro Jahr, bisher Abgabe am städtischen Häckselplatz
    - Reisig aus externer Bewirtschaftung: ca. 1.000 m³ pro Jahr
    - Stammholz: 20 bis 30 m³ pro Jahr, kostenneutral extern vergeben
    - Starkholz, welches als Brennholz veräußert wird: 70 m³ pro Jahr (bisher veräußert als Brennholz)

Sowohl das Derbholz und Reisig aus dem städtischen Forst als auch die genannte Biomasse aus dem Grünpflegebetrieb wird derzeit auf dem städtischen Häckselplatz an der Deponie Dachsklinge verarbeitet.

Zukünftig wird angedacht, die Holzmengen am Standort Dachsklinge energetisch zu verwerten. Zusätzlich sollen Holzmengen der privaten Waldbesitzer und Waldbesitzerinnen mobilisiert werden. Entsprechend eines Konzepts der Stadtwerke Sindelfingen ist geplant, dass das Holz in drei Kessel (2 Kessel je 7 MW Feuerungswärmeleistung, ein Kessel zur Spitzenlasterzeugung von 6 MW) je nach Fraktion verwertet wird.

Alternativ ist denkbar, dass die Biomasse, insbesondere jene aus dem Grünpflegebetrieb, am neu zu errichtenden Betriebshof am Burghaldenfriedhof verarbeitet wird. Eine energetische Nutzung vor Ort wird in Betracht gezogen und in den Szenarien berücksichtigt.

Insgesamt könnten durch diese Biomasse Wärmemengen von rund 5 GWh gewonnen werden. Zum Betrieb von zwei Kesseln von je 7 MW Feuerungswärmeleistung sowie einem 6 MW Spitzenlastkessel sind deutlich mehr Biomassemengen zu mobilisieren. In Sindelfingen ist kein Potenzial für Anbaubiomasse zu erwarten (Vorrang der landwirtschaftlichen Nutzung für die Nahrungsmittelproduktion).

Exkurs: Die zukünftige Rolle der Biomasse in der Wärmeversorgung und die Förderfähigkeit

Biomasse in den oben genannten Fraktionen, die überwiegend aus der Grünpflege kommt, ist für den Einsatz in Wärmenetze prinzipiell geeignet. Eine Ausweitung der Biomassenutzung ist jedoch immer mit Blick auf die beschränkte Verfügbarkeit und die Nutzungskonkurrenz zu bewerten. Folgende Gründe sprechen gegen den umfangreichen Einsatz von Biomasse in der Wärmeversorgung:

Auf Bundesebene wird derzeit eine Biomassestrategie erarbeitet. Ziel ist es, sektoral darzustellen, welche Biomassepotenziale verfügbar sind und genutzt werden können. Dabei ist die Prämisse, Biomasse in jenen Sektoren einzusetzen, in denen keine (wirtschaftlichen) Alternativen verfügbar sind (z. B. Hochtemperaturprozesse in der Industrie). Verschiedene Szenarien zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs von Gebäuden sind bereits von einer beschränkten Biomasse-Nutzung ausgegangen. Für die Bereitstellung von Raumwärme und

Warmwasser wird der Einsatz von Biomasse zunehmend noch kritischer betrachtet, da hier Alternativen – vor allem Wärmepumpen und Wärmenetze – eingesetzt werden können (siehe auch Szenario im Kapitel 4).

In der dezentralen Versorgung sieht die Novellierung des Gebäude-Energie-Gesetzes vor, dass bei einem Heizungstausch ab dem 1.1.2024 mindestens 65 % erneuerbare Energien eingesetzt werden müssen. Im ersten Konzeptionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimawandel (BMWK) und des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) war auch eine Stufenregelung vorgesehen, die den Einsatz von Biomasse nur dann zulässt, wenn nachgewiesen wird, dass weder Wärmepumpen eingesetzt werden können noch der Anschluss an ein Wärmenetz möglich ist. Es ist davon auszugehen, dass diese Stufenregelung in der finalen Ausgestaltung nicht mehr angeführt wird, jedoch ist mit Einschränkungen der Biomassenutzung zu rechnen (beispielsweise durch Kombinationspflicht mit Solarthermie)

Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass Biomasse in Förderprogrammen restriktiv gehandhabt wird. So wird in der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) ein maximaler Biomasseanteil für Wärmenetze festgeschrieben. Auch in der Novellierung der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) im Jahr 2022 wurde die Förderhöhe für Biomasse reduziert.

Unklar ist zudem, wie Biomasse zukünftig bewertet wird, da derzeit (Februar 2023) die Erneuerbaren Energien Richtlinie auf EU-Ebene (RED III) diskutiert wird. Ob und wie Biomasse in den Emissionshandel für Gebäude (ETS II) aufgenommen wird, ist ebenfalls unklar.

3.3.4.2 Biogas

Die Biogasanlage Leonberg wurde bei einem Brand 2019 zum Großteil zerstört. Mit der Fertigstellung des Wiederaufbaus wird im Herbst 2024 gerechnet. Ein Dauerbetrieb ist voraussichtlich ab Anfang 2025 erwartbar (vgl. https://bvl-leo.de/).

Die moderne Prozesstechnik wird zukünftig eine effiziente Biogaserzeugung ermöglichen. Es wird angedacht, die Biogasmenge über eine Biogasleitung zum Standort Dachsklinge zu transportieren. Dort stehen verschiedene Nutzungsoptionen im Raum (vgl. Stadtwerke-Konzept 2022):

- Variante 1: Verwertung des Biogases in einem BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung für die Fernwärme
- Variante 2: Aufbereitung des Biogases zu Biomethan und Einspeisung des Gases ins Erdgasnetz der Stadt Sindelfingen (derzeit von den Stadtwerken präferierte Variante)
- Variante 3: Aufbereitung des Biogases zu Biomethan und Nutzung als Treibstoff für städtische Entsorgungsfahrzeuge

In dieser Konzeptskizze wird von einer Rohgasmenge von rund 6,2 Mio. Normkubikmeter gesprochen, mit einem Energieinhalt von rund 35.800 MWh/a. Davon ausgehend, dass der Methangehalt bei rund 50% liegt und geringe Methanverluste bei der Aufbereitung entstehen, könnte mit einer Biomethanmenge von 34 GWh gerechnet werden. Alternativ könnte das Biogas direkt und nicht aufbereitet in einer KWK-Anlage verwertet werden, deren Wärme in das Fernwärmenetz eingespeist wird. Entsprechend der Annahmen aus

dem Technikkatalog der KEA ist mit einer jährlichen Wärmemenge von rund 14 GWh zu rechnen.

3.3.5 Abwärme

3.3.5.1 Abfall (Deponiegas, Restmüll)

Das Restmüllheizkraftwerk des Zweckverbands Restmüllheizkraftwerk Böblingen (RBB) spielt aktuell eine zentrale Rolle in der Fernwärmeversorgung in Sindelfingen und Böblingen. Es liefert die Wärmegrundlast, hat eine hohe Betriebsstundenzahl und deckt rund 40% des Fernwärmebedarfs, verteilt auf das gesamte Jahr, ab.

Bewertet man das Potenzial des Restmüllheizkraftwerks auch in der Zukunft, müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Entwicklung des im RMHKW verwerteten Abfallaufkommens: Es liegen keine Informationen beim Abfallwirtschaftsbetriebs des Landratsamts Böblingen vor, wie hoch der Anschlussgrad an die Biotonne rein in Sindelfingen ist. Auch für den Landkreis Böblingen insgesamt ist die Datenlage unklar. Es ist davon auszugehen, dass der biogene Anteil im Restmüll einen großen Anteil ausmacht. Da es sich bei der Biotonne lt. Abfallwirtschaftsbetrieb um ein freiwilliges Entsorgungssystem handelt, wird angenommen, dass zukünftig Bioabfall zunehmend separat entsorgt wird. Die Restmüllmenge wird sich dadurch reduzieren.
- Laut Stadtwerke Sindelfingen werden am RMHKW weitere Optimierungsmaßnahmen umgesetzt. Durch Kesseloptimierungsmaßnahmen sollen ca. 5 MW Mehrleistung gewonnen werden.
- In bundesweiten Szenarien wird der Beitrag von Fernwärme aus Thermischen Abfallbehandlungen (TAB) unterschiedlich bewertet. Im Agora Klimaneutralitätsszenario wird bis 2030 davon ausgegangen, dass der Beitrag konstant bei 23 TWh bleibt, bis 2045 muss der Beitrag auf 7 TWh zurückgehen. In den Langfristszenarien sinkt der Beitrag der TAB bereits bis 2030 auf 10 TWh, bis 2045 tritt dagegen kaum eine weitere Reduktion ein (Blömer et al. 2023, noch unveröffentlicht). Der Rückgang wird damit begründet, dass einerseits die Abfallmengen für die thermische Behandlung rückläufig sein werden, andererseits der erforderliche Energieaufwand für die Abscheidung von CO2 einkalkuliert werden muss.

Im Rahmen der Wärmeplanung wird auf Basis dieser Aspekte davon ausgegangen, dass trotz eines zu erwartenden Zuwachses an auskoppelbarer Leistung durch die Effizienzverbesserungen im RMHKW keine weiteren Wärmemengen bis 2030 und darüber hinaus ausgekoppelt werden können.

An der Kreismülldeponie Sindelfingen wird eine innovative Deponieentgasung eingesetzt, die eine **Deponiegasnutzung** ermöglicht. Mit der regenerativ thermischen Oxidationsmethode wurde die Gasverwertung optimiert. Pro Jahr werden so etwa 1,8 GWh Wärme in das Fernwärmenetz eingespeist.

3.3.5.2 Abwasser (Kanal, Kläranlage, Klärgas)

Kanalsystem

In der Kurzstudie “Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende” (Fritz et al, 2018) wurde das hohe Potenzial der Abwasserwärmenutzung für gesamt Deutschland ausgewiesen. Auch in Sindelfingen soll diese Energiequelle nicht unbeachtet bleiben. Mithilfe der Daten des Tiefbauamts – Stadtentwässerung zum Kanalnetz inkl. Daten zum Trockenwetterabfluss und zur Nennweite und Sichtungen der Sozialräume konnten zwei Gebiete ausgewiesen werden. Indikatoren hierfür waren eine hohe Wärmedichte sowie hohe Entzugsleistung in räumlicher Nähe zueinander. Die Entzugsleistung wird durch den Trockenwetterabfluss[1] und die Nennweite bestimmt. Die verwendeten Annahmen sind nach (Fritz et al., 2018):

- Nennweite ab 400 (technisch möglich, ab 800 ökonomisch sinnvoll)
- Trockenwetterabfluss ab 10-15 l/s
- auch im Winter eine Abwassertemperatur von über 10 °C
- ein Gefälle des Kanals von mindestens 1 Promille
- 1.500 Vollbenutzungsstunden (Annahme)
- Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von 4,5
- Wärmenutzung in Gebäuden innerhalb max. 300 m Abstand
- Temperaturentzug im Abwasser: 4 bis 6 °Kelvin

Daraus ergeben sich zwei Sozialräume, die für eine Abwasserwärmenutzung in Betracht kommen: Krautgartensiedlung und Fronäcker/Schleicher (vgl. Abbildung 33).

[1] Dabei handelt es sich um die Summe aller anfallenden Schmutzwässer sowie Fremdwasser. Periodisch auftretenden Wassermengen – beispielsweise durch Niederschlag – werden nicht berücksichtigt.

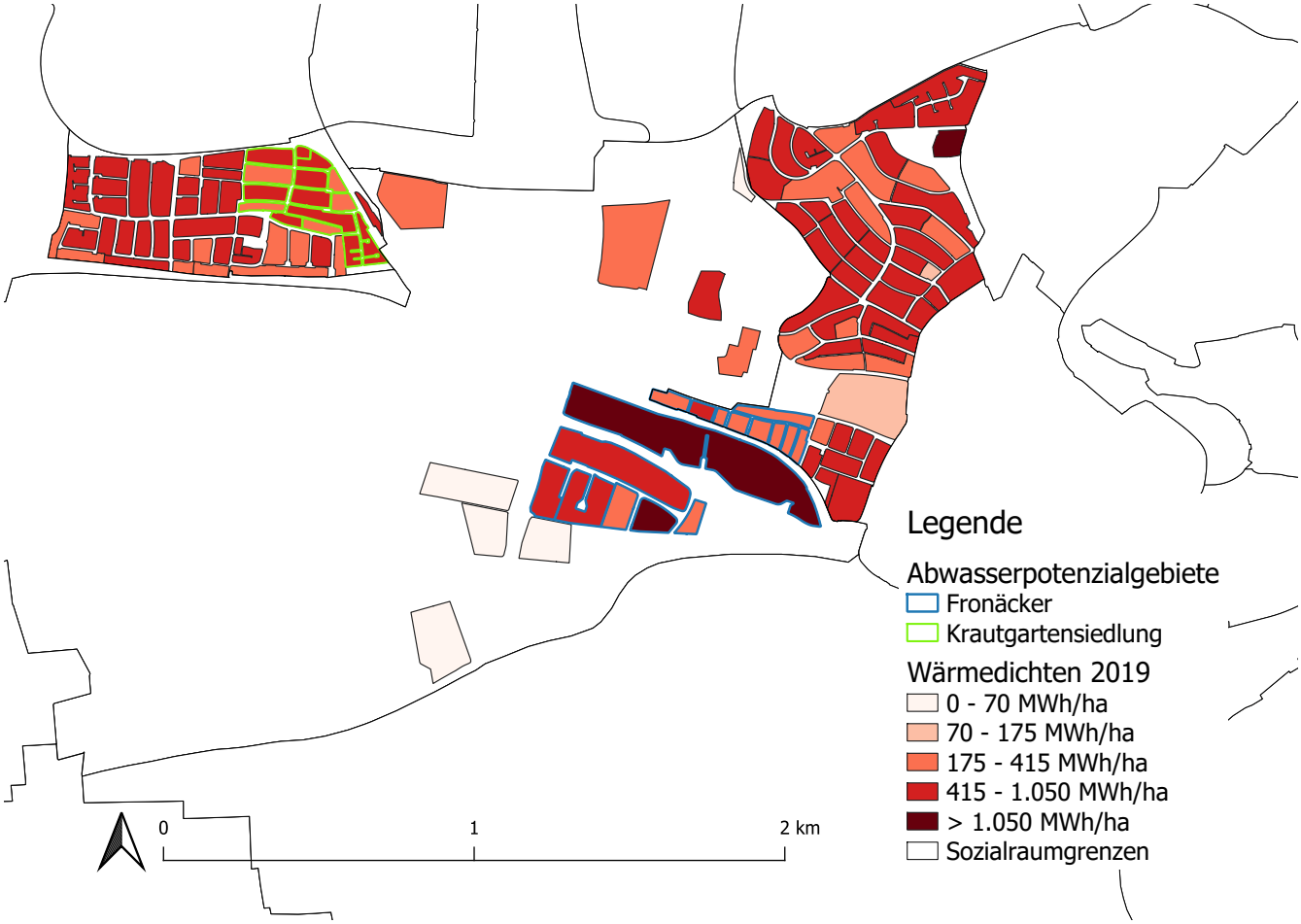

Abbildung 33: Darstellung der potenziellen Gebiete, die durch Energie aus Abwasser versorgt werden können

Die Wärmeentzugsleistung des Trockenwetterabflusses wurde anhand der oben aufgezeigten Daten für die beiden Standorte abgeschätzt. Bei dieser Abschätzung wurde bereits die Saisonalität der Wärmenutzung sowie der Effizienz-Fortschritt bis 2040 mit einbezogen. Es können somit folgende Potenziale für die beiden Quartiere quantifiziert werden:

Tabelle 9: Quantifiziertes Abwasserpotenzial für die beiden Quartiere Fronäcker und Krautgartensiedlung (Quelle: Eigene Berechnung)

Quartier / Delta T	Potenzialberechnung auf Basis des Verbrauchs in 2019 in GWh/a	Potenzialberechnung auf Basis des Verbrauchs in 2040 in GWh/a
Krautgartensiedlung, 4 Kelvin	2,1	1,7
Krautgartensiedlung, 5 Kevin	2,4	
Fronäcker, 4 Kelvin	6,2	5,9
Fronäcker, 5 Kelvin	7,6	

Kläranlage

Im Rahmen eines parallelen Projekts der DWA, an dem auch das ifeu beteiligt war, erfolgte eine Ermittlung des Wärmepotenzials nach DWA-M 114 für den Standort Sindelfingen. Abgeschätzt wurde das theoretische Wärmepotenzial aus dem Auslauf der Kläranlage. Die Kläranlage in Sindelfingen hat eine Ausbaugröße von 250.000 EW und ist somit der Größenklasse 5 zuzuordnen. Eine Abwassertemperatur wird im Zulauf der Biologie gemessen, diese wird in der Heizperiode auf ca. 12,2°C (mediane Abwassertemperatur) definiert. Als Ablauftemperatur aus der Kläranlage nach dem Wärmeentzug wird eine Temperatur von mind. 5°C angenommen. Somit kann mit einer Temperaturdifferenz von rund 7,2 K gerechnet werden.

Zudem fließt der Trockenwetterabfluss in die Potenzialermittlung ein. Dieser liegt laut Potenzialermittlung bei 24.281 m³/Tag (281 l/s). Das theoretische Wärmepotenzial kann mit diesen spezifischen Angaben abgeschätzt werden. Um das Abwärmepotenzial nicht zu überschätzen wurde eine Temperaturspreizung von 4 Kelvin angenommen (konservative Abschätzung). Im Ergebnis entsteht eine Wärmeentzugsleistung von rund 4.710 kW. Die daraus technisch maximal mögliche Heizleistung der Wärmepumpe beträgt rund 7,3 MW. Die Kläranlage reinigt Abwässer sowohl aus der Stadt Sindelfingen als auch Böblingen. Eine Verteilung des Wärmepotenzials erscheint daher sinnvoll.

Klärgas

Das beim Faulprozess entstandenen Faulgas (Klärgas) wird direkt am Standort in 2 Gas-Motoren-BHKWs in Strom und Wärme umgewandelt. Laut Zweckverband werden so etwa 56% des Gesamtstromverbrauchs des Klärwerks in Sindelfingen gedeckt. Auch die Wärme wird intern in Prozessen für den Faulturm sowie für die Raumheizung genutzt.

3.3.5.3 Industrie

Industrie und Gewerbe bestimmter Branchen erzeugen unvermeidbar Abwärme in Form von Dampf, Wasser oder Gas, die größtenteils ungenutzt bleibt. Aus dem Abwärmekonzept Baden-Württembergs geht hervor, dass hierzulande besonders drei Wirtschaftszweige ein hohes Abwärmepotenzial aufweisen:

- Herstellung von Glas, Verarbeitung von Steinen und Erden
- Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
- Metallerzeugung und –bearbeitung

In Sindelfingen wurden darüber hinaus Unternehmen folgender weiterer Wirtschaftszweige bzgl. ihrer Abwärmepotenziale befragt: größerer Einzelhandel, Kongresszentren, Maschinenbau-Unternehmen, Textilindustrie.

In Abstimmung mit dem Amt für Wirtschaftsförderung wurden 22 Unternehmen identifiziert und angefragt. 21 Unternehmen meldeten sich zurück, 17 mit ausgefülltem Datenerhebungsblatt der KEA. Sechs der Unternehmen gaben an, über Abwärmepotenziale zu verfügen. Mit den erhobenen Daten kann jedoch keine Quantifizierung der Potenziale erfolgen. Bei zwei Unternehmen lagen Daten vor, die eine Schätzung der

Abwärmepotenziale zulassen. Das Potenzial wird vorläufig auf 520 MWh geschätzt (McKennan 2010).

Zukünftig ist es notwendig, mit den Unternehmen mit Abwärmepotenzialen ins Gespräch zu kommen, ggf. weitere Analysen durchzuführen, um das tatsächliche Abwärmepotenzial für die Wärmeversorgung quantifizieren zu können. Dabei sind auch Analysen innerhalb der Unternehmen durchzuführen, inwiefern die Abwärme auch intern effizienter genutzt werden kann.

Abwärme aus dem Mercedes-Benz-Werk: Die derzeit noch vorhanden Abwärmepotenziale bei Mercedes-Benz wurden in einem Gespräch mit Vertreterinnen und Vertretern des Unternehmens eingeordnet.

Abwärme aus Produktionsprozesse (Lackierung): Es wird zu innerbetrieblichen Optimierungen in den kommenden Jahren kommen (Erneuerung von Lackiererei bis 2025, Umstellung auf elektrischen Betrieb), wodurch Abwärmepotenziale wegfallen. Damit verbunden sind ggf. auch Stilllegungen von Dampfnetzen.

Abwärmequelle Gasturbinen-Abluft: Dabei handelt es sich um eine interessante Abwärmequelle, jedoch ist keine langfristige Verfügbarkeit gewährleistet.

Abwärmepotenzial bei Abwasser (Einleiter in Kanal): Dieses Potenzial wird in der Erhebung des Kläranlagenpotenzials mitberücksichtigt;

Innerbetriebliche Optimierung: Rund die Hälfte des Wärmeverbrauchs auf dem Gelände von Mercedes-Benz wird für die Raumheizungssysteme benötigt, zum Teil sind diese Systeme mit Absorptionskälteanlagen sowie Trockneranlagen verbunden, weshalb hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden. Auch dieses System soll durch Sanierungsmaßnahmen optimiert werden, erneuerbare Wärmequellen sollen zunehmend zum Einsatz kommen. Vorhandene Prozessabwärme (z. B. aus Drucklufterzeugern) wird bereits innerbetrieblich für die Raumheizung genutzt. Bis 2030 hat sich das Unternehmen das Ziel gesetzt, den Wärmeverbrauch um 50% zu reduzieren und den Erdgaseinsatz entsprechend bis 2030 ebenfalls zu halbieren.

3.3.5.4 Tiefgaragen

Ein Pilotprojekt in Lausanne nutzt die Wärme in Tiefgaragen. An den Wänden des Parkhauses werden Wärmetauscher montiert, die aus einer Metallfolie bestehen[1]. Das darin zirkulierende Wasser wird durch die Abwärme der parkenden Autos auf eine Temperatur von 10°C erwärmt. Mittels Wärmepumpe wird die Temperatur erhöht, um die Energie zum Heizen nutzen zu können. Im Sommer wird das 10°C kühle Wasser zum Kühlen genutzt und ersetzt Klimaanlagen (Pilotprojekt Lausanne). Eine Abschätzung dieses Potenzials für Sindelfingen muss fallspezifisch erfolgen, beispielsweise bei der Sanierung der Tiefgarage in der Innenstadt (Marktplatz).

Es lagen keine vollumfänglichen Daten zur Verortung von Tiefgaragen vor. In Abbildung 34 sind einige Tiefgarage, unterteilt in Privateigentum und Eigentum der Stadt eingezeichnet. Konkret wäre es möglich, in der geplanten Tiefgarage (gelber Punkt, Tiefgarage zum

[1] https://www.pressetext.com/news/waerme-aus-parkgarage-heizt-gebaeude.html (Zugriff am 31.03.2023)

Einkaufszentrum Breuninger) eine Analyse zur Abwärmenutzung bzw. zum Kühlpotenzial zu ergänzen. Bei der Sanierung der Tiefgarage am Marktplatz wäre eine Machbarkeitsanalyse ebenfalls denkbar. Aufgrund der technischen Unsicherheiten wurde dieses Potenzial nicht quantifiziert.

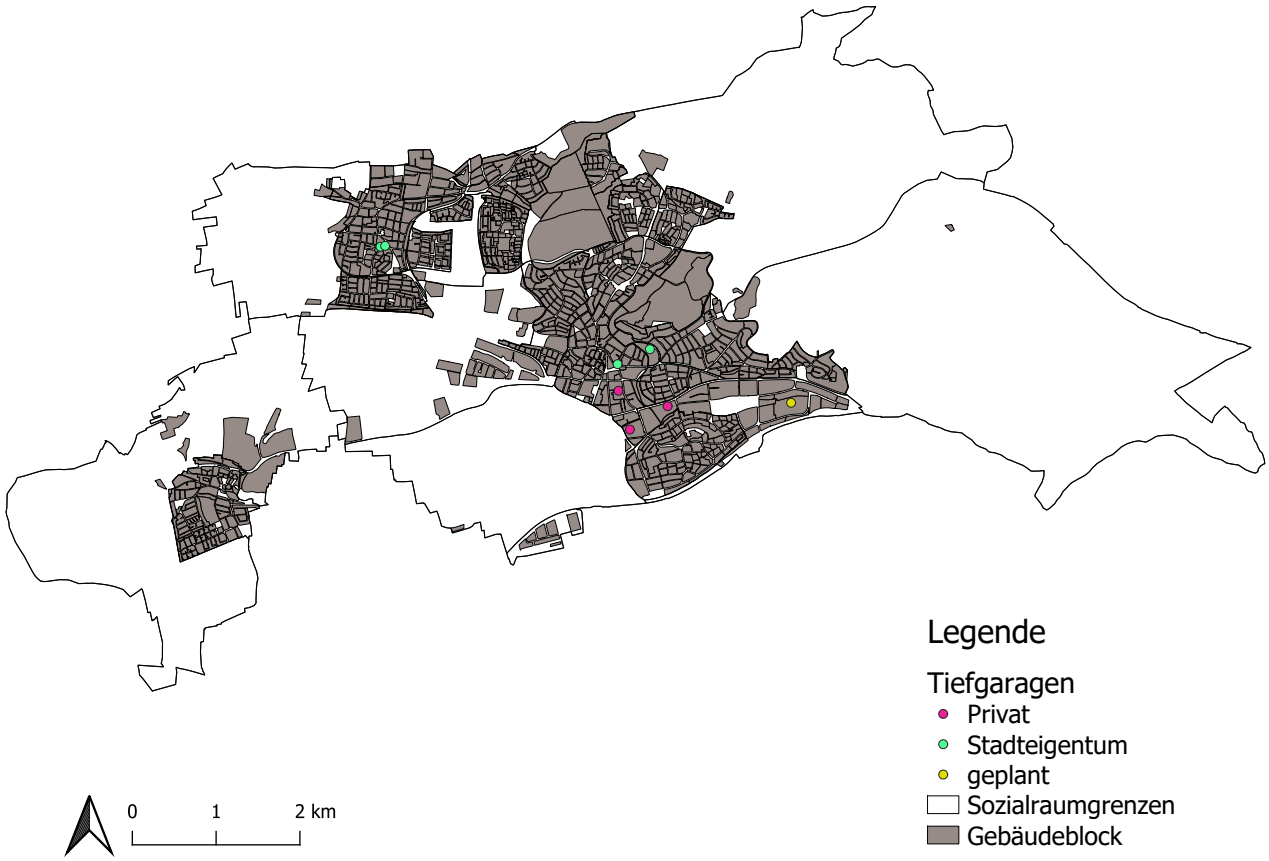

Abbildung 34: Potenzielle Tiefgaragen im Stadtgebiet

3.3.5.5 Geplante Überdeckelung der A81

In Sindelfingen wird an der A81 ein Autobahndeckel errichtet, der den Straßenverkehr „unterirdisch“ verlegen soll. Bei der Planung des Deckels kann eine Machbarkeitsstudie angefertigt werden, die das Abwärmepotenzial einschätzt und Empfehlungen erarbeitet, ob die gewonnene Abwärme in der Wärmeversorgung eingesetzt werden soll. Das Flächenpotenzial wurde bereits in Kapitel 3.3.1.2 berücksichtigt.

3.4 Potenzial an erneuerbarem Strom

Dachflächenphotovoltaik

Die Langfristszenarien des BMWK, aber auch die Sektorzielstudie für Baden-Württemberg (Kelm et al. 2022) zeigen, dass der Stromverbrauch zukünftig deutlich ansteigen wird.

Deutliche Zunahmen entstehen beispielsweise durch den Rollout der Wärmepumpen, die Zunahme von batterieelektrischen Fahrzeugen und durch Transformation von Industrieprozessen (von fossilen Energieträgern auf Strom). Es wird mit einem Stromverbrauch von 710 bis 1040 TWh in Deutschland gerechnet, je nach Szenario und entsprechender Effizienz- und EE-Ausbaugeschwindigkeit (Im Jahr 2020 lag der Stromverbrauch bei rund 480 TWh (Langfristszenarien 3, 2021). In Baden-Württemberg lag der Stromverbrauch 2019 bei 63 TWh; bis 2030 wird angenommen, dass er auf 81 TWh und 2040 auf 101 TWh ansteigt. Insofern ist der schnelle Ausbau der Photovoltaik eine wichtige Grundlage für die Transformation unseres Energiesystems.

Auch in Sindelfingen wird geprüft, wie vorhandene Flächen stärker für den Ausbau der Erneuerbaren genutzt werden können. Die nicht der Solarthermie zugeordneten Dachflächen werden daher dem Photovoltaik-Potenzial zugerechnet (siehe Kapitel 3.4). Die Dachflächen der unbeheizten Gebäude werden ebenfalls in die Potenzialbetrachtung der Photovoltaik einbezogen. Alle Gebäude, die bereits Solaranlagen installiert haben, werden aus der Potenzialanalyse entfernt (Stand der Befliegungsdaten 2021).

Für die Berechnung des PV-Potenzials auf Dachflächen wird vereinfacht angenommen, dass rund 200 kWh Strom je m² Kollektorfläche (entspricht der Dachfläche) erzeugt werden können. Betrachtet man das Dachflächenpotenzial in Sindelfingen (abzüglich der Flächen, die für die Solarthermienutzung relevant sind), entsteht folgendes Potenzial (ohne Mercedes-Benz, basierend auf lt. Solaratlas Baden-Württemberg sehr gut und gut geeigneten Flach- und Spitzdächern):

- auf Flach- und Spitzdächer unbeheizter Gebäude mit einer Fläche größer 15 m² (das entspricht in Sindelfingen rd. 1400 Gebäude) könnten rd. 22,5 GWh Strom pro Jahr erzeugt werden
- auf geeigneten Spitzdächern (Fläche <300 m²) beheizter Gebäude, kann, abzüglich der Solarthermiepotenziale eine Strommenge von rund 60 GWh pro Jahr erzeugt werden (4200 Gebäude).
- auf geeigneten Flachdächern <300 m² beheizter Gebäude kann, abzüglich der Solarthermiepotenziale eine Strommenge von rund 35 GWh pro Jahr erzeugt werden (auf 1300 Gebäuden)

Exkurs: Denkmalschutz und Solaranlagen

Im Juni 2022 hat das Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen neue Leitlinien zur Installation von PV-Anlagen auf Kulturdenkmalen erlassen. Eine Denkmalschutzrechtliche Genehmigung ist nach wie vor notwendig. Die neuen Leitlinien fordern die Genehmigungsbehörden jedoch dazu auf, regelmäßig Genehmigungen zu erteilen und nur bei erheblicher Beeinträchtigung des Kulturdenkmals anders zu entscheiden.[1]

Parkplätze im Innenstadtbereich

Im Innenstadtbereich bestehen große Flächenpotenziale auf Parkplätzen. Im gesamten Stadtgebiet befinden sich annähernd 600.000 m² Parkplatzflächen (ohne Straßenrandparken). Das entspricht rund 1 % der städtischen Fläche. Die Eigentumsverhältnisse zu Parkplätzen sind nicht bekannt, es ist jedoch davon auszugehen, dass Teile der in Abbildung 5 ausgewiesenen Flächen auch zu öffentlichen Parkplätzen gehören. Bei der Überbauung von Parkplätzen mit PV-Aufständerungen ist insbesondere die

[1] https://mlw.baden-wuerttemberg.de/de/denkmalschutz/pv-und-denkmalschutz

Konkurrenz zum notwendigen Stadtgrün zu berücksichtigen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass auch hier Lösungen erarbeitet werden können, die die Stromerzeugung ermöglichen, ohne das Stadtgrün zu beeinflussen.

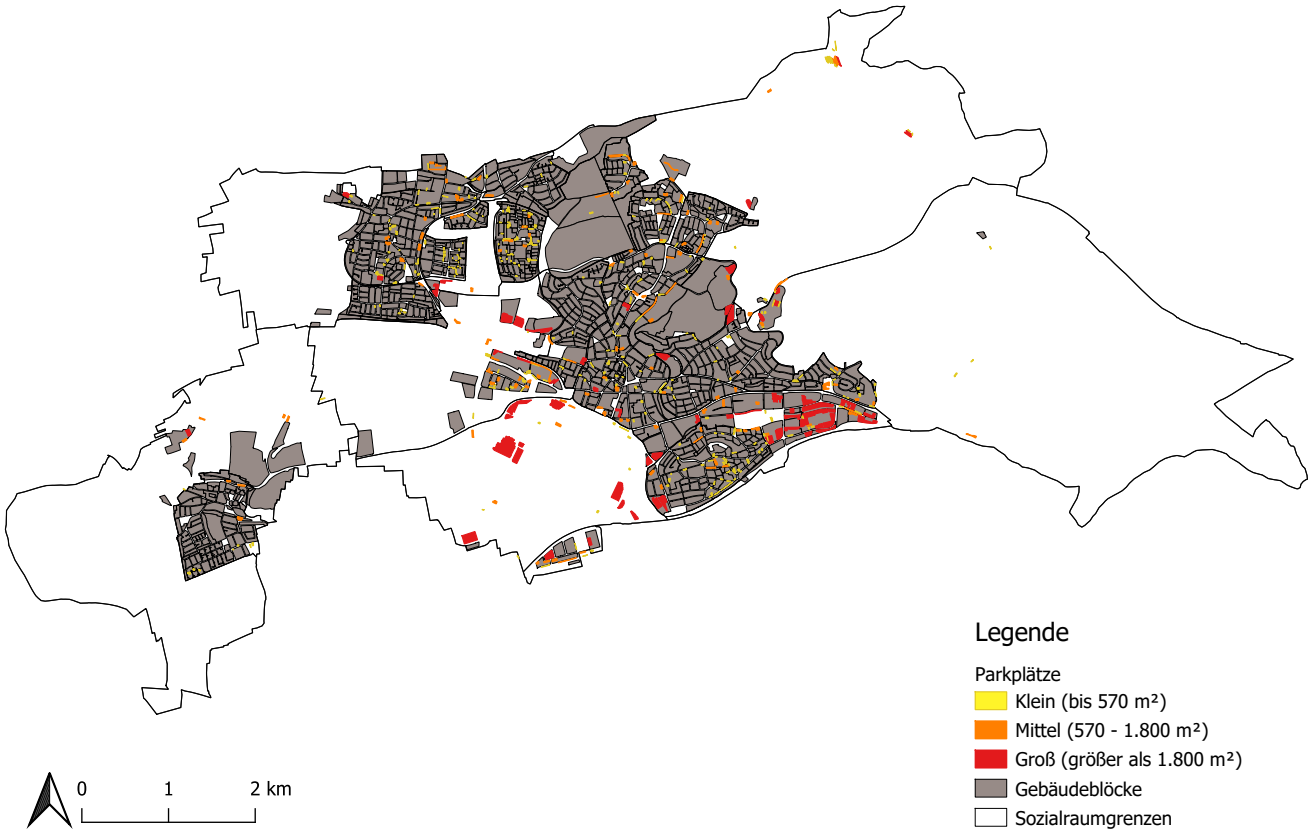

Abbildung 35: Übersicht zu Parkplatzflächen im Innenstadtgebiet, eingeteilt in drei Größenkategorien

In Tabelle 10 ist aufgezeigt, wie viele Parkplatzflächen vorhanden sind, eingeteilt in große Parkplatzflächen, mittlere und kleine. In der Abschätzung der Stromerzeugungspotenziale wird angenommen, dass rund 50% bzw. 80% der Fläche mit PV-Anlagen überbaut werden können, die 200 kWh/m² Ertrag bringen. Somit wird auch der Tatsache Rechnung getragen, dass Begrünungen auf Parkplatzflächen oftmals auch für das lokale Kleinklima eine relevante Rolle spielen.

Tabelle 10: PV-Potenziale für Parkplatzflächen in Sindelfingen (Eigene Berechnung)

	PV-Ertrag bei 50% Flächenausnutzung in GWh/a	**PV-Ertrag bei 80% Flächenausnutzung in GWh/a**
78 große Parkplatzflächen	37	59
134 mittelgroße Parkplatzflächen	13	21

39 kleine Parkplatzflächen	7	12
Summe	57	92

Flächen auf dem Gelände von Mercedes-Benz:

Auf dem Gelände von Mercedes-Benz sind große Dachflächenpotenziale gegeben. Laut dem Unternehmen werden diese auch sukzessive genutzt, soweit möglich. Haupthemmnis stellt der Mangel an verfügbaren Dachlasten dar. Phase 1 des PV-Ausbaus ist abgeschlossen (es wurden PV-Anlagen mit einer Leistung von ca. 5 MW_{peak} errichtet); Phase 2 des PV-Ausbaus ist derzeit in Planung. Es sollen drei Großanlagen mit einer Leistung von insgesamt 5 MW_{peak} gebaut.

Aus der Sicht der Gutachter bestehen darüber hinaus auf dem Gelände von Mercedes-Benz Flächenpotenziale, insbesondere bezogen auf die Kfz-Parkplatzflächen. Auch hier wurden – wie bei der Analyse der Kfz-Parkplatzflächen im Stadtgebiet ohne Mercedes-Benz, Flächen in klein, mittel und groß eingeteilt. In der folgenden Abbildung werden die Flächen dargestellt. Insgesamt handelt es sich um eine Fläche von 115.300 m². Davon 98.000 m² große Parkplätze (größer 1800 m²), 15.000 m² mittelgroße Flächen (von 570 m² bis 1.800 m²) und 2.300 m² mit eher kleinen Flächen fürs Kfz-Parken (bis 570 m²). Davon ausgehend, dass 50% der Flächen mit PV-Anlagen überdacht werden, können rund 12 GWh/a PV-Strom erzeugt werden, bei 80% der Flächen sogar rund 18 GWh/a. Nicht geprüft wurde das Flächenpotenzial einer vollständigen Überdachung der Teststrecke. Das gesamte Teststreckengelände könnte jedoch einen enormen PV-Stromertrag erwirtschaften.

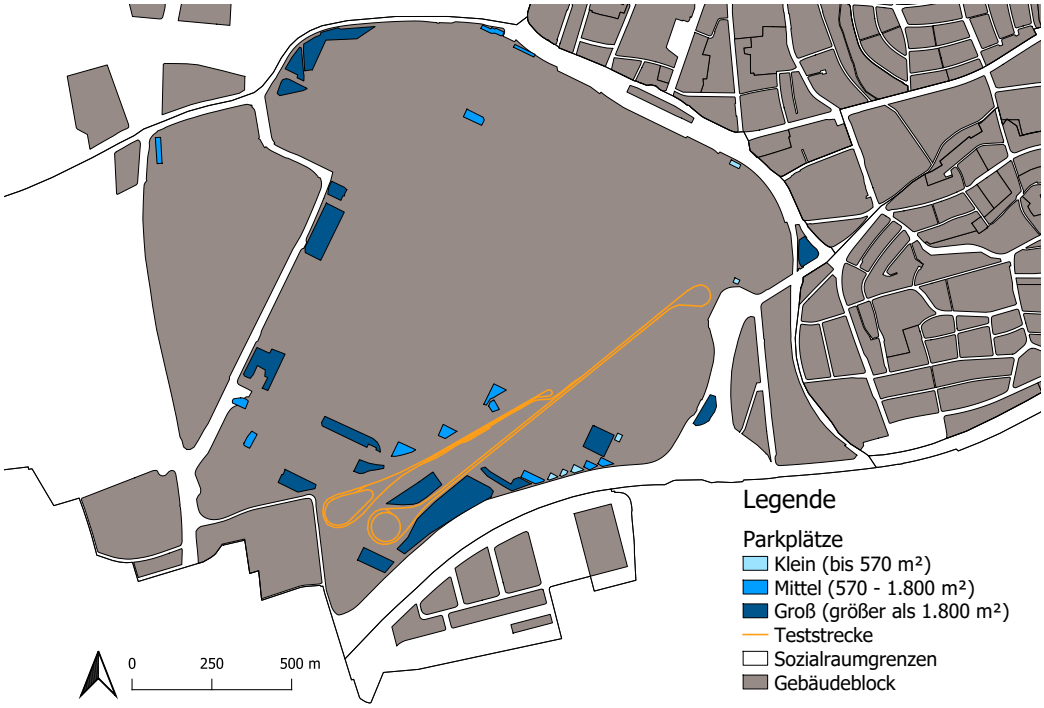

Abbildung 36: PV-Potenzialflächen auf dem Werksgelände von Mercedes-Benz auf Parkplätzen

Freiflächenphotovoltaik

Um das Ziel der Treibhausgasneutralität für unser gesamtes Energiesystem zu erreichen, ist auch der Ausbau von Freiflächenphotovoltaikanlagen erforderlich. Bis 2017 waren für Solarparks hauptsächlich Seitenrandstreifen und Konversionsflächen vorgesehen. Mit der Verabschiedung der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) am 7. März 2017 hat das Land Baden-Württemberg von einer Länderöffnungsklausel der EEG-Novelle 2017 Gebrauch gemacht und damit die Flächenkulisse für Solarparks um sogenannte „benachteiligte Gebiete“ auf Acker- und Grünlandflächen erweitert. Gleichzeitig waren hier jedoch weiterhin Beschränkungen enthalten, um eine übermäßige Beanspruchung von landwirtschaftlich oder naturschutzfachlich wertvollen Flächen zu verhindern. So wurde in § 2 Absatz 2 FFÖ-VO die landesspezifische Zuschlagsgrenze von 100 MW pro Jahr mengenmäßig beschränkt, was einer Fläche von max. 150 bis 200 Hektar pro Kalenderjahr entspricht (vgl. Hinweise zum Ausbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen 2018). Im Klimaschutzgesetz 2022 wird in § 21 zu Landesflächenzielen festgehalten, dass in der Regionalplanung 0,2 % der jeweiligen Regionsfläche für Freiflächen-PV festgelegt werden.

Sindelfingen weist eine Fläche von 50,85 km² auf[1]. Das bedeutet, dass 10,17 ha für PV-Freiflächenanlagen vorzusehen sind. Im Rahmen einer Teilfortschreibung des Regionalplans wurden Funktionsbereiche für Freiflächen-PV und Windkraftanlagen geprüft. Die vom Regierungspräsidium vorgeschlagene Suchraumkulisse wurde von der Stadtverwaltung geprüft und in geeignete und nicht geeignete Flächen unterteilt. Zudem wurden aus der Sicht der Stadtverwaltung weitere Flächen hinzugefügt, die für PV-Freiflächen prinzipiell geeignet erscheinen. Insgesamt wurde so auf der Gemarkung Sindelfingen ein theoretisches Flächenpotenzial von etwas über 100 ha identifiziert.

Dieses theoretische Flächenpotenzial wurden im Rahmen der Wärmeplanung in Flächen geeignet für Solarthermie-Freiflächenanlagen und PV-Flächen unterteilt. Das Potenzial zur PV-Freifläche liegt bei rund 60 ha, wodurch etwa 27 GWh Stromertrag zu erreichen wäre. Etwas mehr als 40 ha könnten als Solarthermie-Freiflächenstandort geeignet sein (siehe 3.3.1.2).

Exkurs: Agri-PV oder vertikale PV

In dicht besiedelten Regionen, die fruchtbare Böden sowie mildes Klima aufweisen, sind Freiflächen vor allem von landwirtschaftlichem Interesse. Die Agri-Photovoltaik bietet die Möglichkeit, beides zu vereinen, indem große PV-Flächen auf Freiflächen installiert werden und gleichzeitig die Böden für die Landwirtschaft erhalten werden können (Fraunhofer Institut). Agri-Photovoltaik kann im Getreide-, Gemüse- und Obstbau eingesetzt werden. Es bestehen im Wesentlichen zwei technische Lösungen:

- Bifaciale Solarmodule, die senkrecht auf Freiflächen installiert werden, in einer Ost-West-Ausrichtung mit Abständen zwischen den Aufständerungen, sodass eine Bewirtschaftung der Böden in diesen Zwischenräumen weiterhin möglich ist sowie
- Aufständerung der PV-Module in höheren Höhen (6 bis 8 Meter über dem Boden), wodurch eine Bewirtschaftung mit landwirtschaftlichen Geräten unterhalb der Module ermöglicht wird.

Balkonkraftwerke

[1] https://www.sindelfingen.de/start/Politik+Verwaltung/Zahlen_Daten_Fakten.html

Sogenannte Balkonkraftwerke oder Steckersolargeräte können einen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten. Es handelt sich dabei um Module mit einer maximalen Leistung von 600 W, das entspricht rund 1 bis 2 Modulen. Die Module haben einen Schuko-Stecker und können somit direkt den Strom, ohne weitere Installationstätigkeiten, einspeisen. Voraussetzungen sind die Umrüstung auf Zweirichtungszähler sowie eine Anmeldung beim Netzbetreiber. Der produzierte Strom ist für den Eigenverbrauch gedacht – die Einspeisung des nicht selbst verbrauchten Stroms wird nicht vergütet.

Es handelt sich hierbei somit um eine niederschwellige Maßnahme, die auch von Mieter und Mieterinnen umgesetzt werden kann, wenn der Vermieter dem Balkonkraftwerk zustimmt. Eine Potenzialabschätzung kann hier nur sehr grob über die Anzahl der Wohngebäude erfolgen. In Sindelfingen gibt es rund 5.000 Wohngebäude. Davon ausgehend, dass pro Wohngebäude ein Balkonkraftwerk mit rund 600 W installiert wird, entstünde in Potenzial von rund 2,5 bis 3 GWh Strommenge. Dieses Potenzial wird jedoch nicht additiv in die Potenzialbetrachtung einkalkuliert, da derzeit nicht davon auszugehen ist, dass Balkonkraftwerke zusätzlich zu PV-Dachanlagen betrieben werden.

3.5 Zusammenfassung der Potenziale an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme

In der folgenden Tabelle werden die technischen Potenziale der genannten erneuerbaren Energiequellen und der unvermeidbaren Abwärmequellen zusammengefasst, sowohl für die Wärmeerzeugung (Tabelle 7) als auch für die Stromerzeugung (Tabelle 8).

Tabelle 11: Zusammenfassende Darstellung der technisch erschließbaren Potenziale für die Wärmeerzeugung

Erneuerbare Energien / Unvermeidbare Abwärme	von [GWh/a] (konservative Abschätzung)	Bis [GWh/a]
Solarthermie		
…Dachflächen < 300 qm	15	23
…Dachflächen > 300 qm	106	170
…Freiflächen	77	77
Tiefe Geothermie	Kein Potenzial	
Oberflächennahe Geothermie		
… Sonden (nur Darmsheim)	3,9	11,9
…Kollektoren (Sportplätze)	1,5	1,5
…Grundwasser	Keine allgemeine Aussage möglich, spezifisch zu prüfen	
Umgebungswärme	Siehe Szenario	
Biomasse		
…Feste Biomasse	5	50
…Biogas	14	34
Abwärme		
…Deponiegas	2	2
…Abfall	97	97
…Abwasser: Kanal	8	10
…Abwasser: Kläranlage	20	20
…Abwasser: Klärgas	Wird für Faulturm genutzt	
…Industrielle Abwärme	0,5	Nicht konkreter abschätzbar
SUMME	**350**	**496**

Ergänzend wurde das Potenzial zur Stromerzeugung auf der Gemarkung von Sindelfingen erhoben. Hierbei wurde der Schwerpunkt auf die PV gelegt, ein Windkraftprojekt am Standort der Deponie Dachsklinge im Sindelfinger Stadtwald, welches bereits vorgeplant wurde, wird ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 12: Zusammenfassende Darstellung der technisch erschließbaren Potenziale für die Stromerzeugung

Photovoltaik	von [GWh/a] (konservative Abschätzung)	bis [GWh/a]
…Dachflächen	120	120
…Parkplätze	45	74
…Parkplätze Mercedes-Benz	12	18
…Freiflächen *)	27	27
Wind		
Fünf Windkraftanlagen je 7,5 MW **)	75	75
SUMME	**279**	**314**

*) Errechnet aus 0,2% der Fläche Sindelfingens

**) Standorte Dachsklinge und Naturstein Schäfer

Anhand der zusammenfassenden Darstellung zeigt sich, dass das bisher ausweisbare Potenzial an erneuerbaren Energien im Wärmebereich theoretisch nur ausreicht, sofern deutliche Effizienzpotenziale erreicht werden. **Die Effizienzpotenziale können zudem als systemdienlich (Mellwig et al. 2023) eingestuft werden:** Effizientere Gebäude verfügen über deutlich bessere Speicherwirkung und dadurch entsteht ein Flexibilitätseffekt für den Stromsektor, das Stromnetz wird entlastet.

Der Stromverbrauch der Stadt Sindelfingen liegt lt. THG-Bilanz bei rund 200 GWh/a (ohne Daimler) – dieser könnte lokal erzeugt werden. Es ist jedoch zu erwarten, dass der Stromverbrauch durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen ansteigen wird. Die folgende Abbildung soll aber aufzeigen, dass durch den Einsatz von Wärmepumpen ein Großteil des Wärmebedarfs durch Umgebungswärme gedeckt wird, nur ein kleinerer Anteil mit erneuerbarem Strom. Wird jedoch ein stärkerer Fokus auf Wasserstoff oder auf die Erzeugung von synthetischem Gas aus Strom (Power to Gas, PtG) gesetzt werden, wird der Flächenbedarf für Wind und PV-Freifläche aufgrund der Umwandlungsverluste (im Elektrolyseur zur Wasserstofferzeugung, in der Brennstoffzelle bzw. in der Methanisierung) deutlich zunehmen.

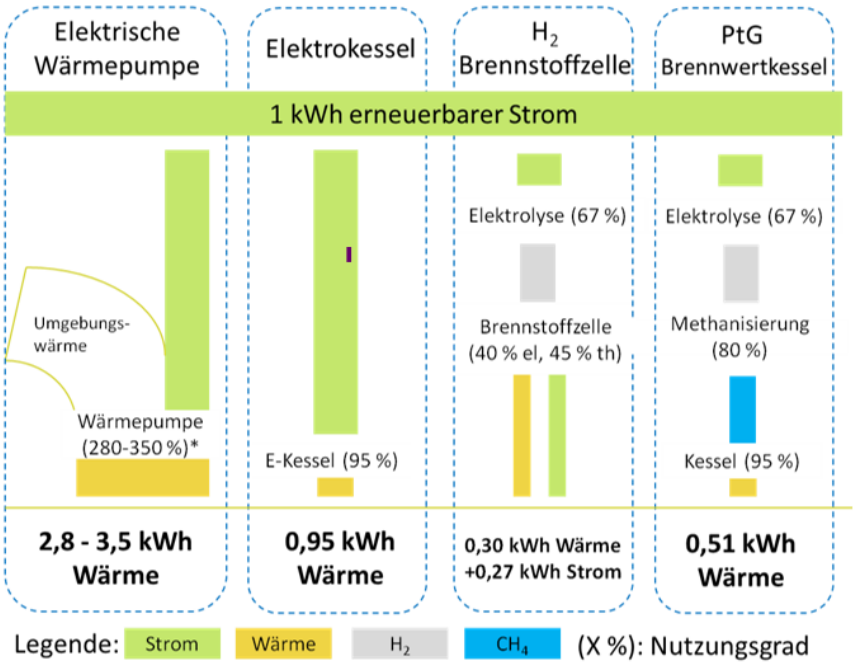

Abbildung 37: Umwandlungsverhältnisse zwischen erneuerbaren Strom und erneuerbarer Wärme (Quelle: Darstellung ifeu auf Basis von Agora Energiewende 2020, PWC 2020, ifeu 2012) *) Abhängig von Gebäude, Wärmequelle und Heizungstemperatur

4 Verbrauchs- und Versorgungsszenario

Im folgenden Abschnitt wird ein treibhausgasneutrales Verbrauchs- und Versorgungsszenario für die Wärmeversorgung der Stadt Sindelfingen dargestellt. Beim Szenario handelt es sich um ein Zielszenario, welches darstellt, wie eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung in Sindelfingen erreicht werden kann.

4.1 Eckpunkte zur zielkonformen Wärmeversorgung

Zunächst wird auf wesentliche Eckpunkte bei der Szenarienentwicklung eingegangen.

Effizienz und Entwicklung der Wärmedichte

- Eine ambitionierte Effizienzentwicklungen (siehe Abschnitt 3.2), die dazu führt, dass durch Sanierungen der Wärmeverbrauch insgesamt sinkt.
- Eine Betrachtung von Wärmedichten aus heutiger Sicht sowie für das Zwischenjahr 2030, um Wärmenetzpotenziale zu ermitteln (siehe Abschnitt 3.1).
- Zeitliche und kapazitative Einschränkungen beim Wärmenetzausbau wurden in das Ausbauszenario bis 2030 berücksichtigt.
- Eine auf diesen Daten aufbauende Vorstrukturierung von Quartieren und Baublöcken, in denen unterschiedliche Versorgungsoptionen geprüft werden sollten.
- Gebiete, bei denen eine dezentrale Versorgung klar im Vordergrund steht.

Nutzung erneuerbarer Energien

- Verfügbarkeit von erneuerbaren Wärmequellen, sowohl solchen, die Ortsgebunden sind (z. B. Abwasserwärme) als auch erneuerbare Energien, die im Stadtgebiet flexible eingesetzt werden können (z. B. Landschaftspflegeholz).
- Eher geringe Auswahl von Umweltwärmepotenzialen aufgrund der eingeschränkten Potenziale von Geothermie[1].
- Keine Berücksichtigung von Anbaubiomasse und kritische Einordnung der Nutzung von Biomasse aus regionalen privaten Forstbetrieben (vgl. Abschnitt 3.3.4.1).

Umgang mit langfristigen technischen Optionen auf Basis von erneuerbarem Strom

- Zunächst: keine Nutzung von Wasserstoff und synthetischen Gasen im Gebäudesektor bis 2040 zur Wärmeversorgung entsprechend der Sektorzielbetrachtung Baden-Württemberg (Kelm et al. 2022). Mercedes-Benz, ein zentraler Akteur in Sindelfingen mit Anschluss zum Transportnetz, rechnet ebenfalls nicht vor 2035 mit einem Markteinstieg von Wasserstoff.

[1] Eine Ausnahme stellt Darmsheim dar, auf die mögliche Versorgung dieses Stadtteils wird in weiterer Folge gesondert eingegangen.

Zur Rolle von Erdgas im Zielsystem

- Das Erdgas-Verteilnetz ist weit verzweigt in Sindelfingen, zum Teil haben die Versorgungssysteme ein Alter erreicht, wo Entscheidungen zur Sanierung oder Außerbetriebnahme anstehen.
- Bis 2030 reduziert sich der Erdgasverbrauch auf etwa die Hälfte des Verbrauchs im Basisjahr. Verantwortlich für die Reduktion sind einerseits die Maßnahmen zur Gebäudesanierung, zum anderen der Fernwärmeausbau.
- Je nach Szenario sind 2040 noch Restmengen an Erdgas im System. Im Wärmepumpensszenario handelt es sich um Biomethan. Hier wird angenommen, dass Quartiere mit neuerer Erdgasinfrastruktur weiterhin mit Biomethan versorgt werden.

4.2 Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung

Die zukünftige Wärmeversorgung wird durch Wärmepumpen und den Einsatz von zentraler Wärmeversorgungsinfrastruktur geprägt sein. In Gebieten mit Gebäuden, die einen geringen Wärmeverbrauch aufweisen und geringe Vorlauftemperaturen für Heizungen benötigen, werden prioritär Wärmepumpen eingesetzt. In dicht besiedelten Gebieten mit hohen Wärmeverbräuchen und Restriktionen hinsichtlich des Einsatzes von Wärmepumpen – beispielsweise aufgrund von Platzrestriktionen oder hohen Vorlauftemperaturen, sollte der Ausbau bzw. die Verdichtung von Wärmenetzen geprüft werden. Um jedoch jene Gebiete identifizieren zu können, in denen perspektivisch eine zentrale Versorgung mittels Wärmenetz sinnvoll erscheint, müssen neben der Wärmedichte noch weitere Kriterien herangezogen werden, wie beispielsweise die vorhandene Energieinfrastruktur und eingesetzte Heizungstechnologien oder die Distanz zur bestehenden Wärmenetzinfrastruktur.

Bei der Identifikation der Eignungsgebiete für zentrale und dezentrale Wärmeversorgung wird mehrstufig vorgegangen:

1. In einem ersten Schritt werden anhand von Wärmedichten und spezifischen Wärmebedarfen jene Gebäude identifiziert, bei denen eine zentrale Versorgung ausgeschlossen werden kann und eine dezentrale Versorgung prioritär eingesetzt werden sollte (siehe Abschnitt 4.2.1).
2. Gleichzeitig werden jene Gebiete identifiziert, in denen der Ausbau und die Verdichtung des Bestandswärmenetzes bis 2030 sinnvoll erscheint. Dabei werden auch zeitliche Einschränkungen (z. B. beschränkte Personalkapazitäten für den Ausbau bzw. Modernisierungsrate der Heizungen) berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.2.2).
3. Für mögliche Quartierslösungen werden in Abschnitt 4.2.3 Gebiete ausgewiesen, die sich durch die Untersuchungen der Potenzialanalyse (siehe Abschnitt 3.3) ergeben und die Nutzung von Solarthermie sowie Energie aus Abwasser aus der Kanalisation erlauben.
4. Ausgewählte Gebiete, die aus Sicht der Gutachterinnen mit besonderen Herausforderungen bei der Dekarbonisierung einhergehen und kurzfristiger Lösungsansätze bedürfen (z. B. die zielkonforme Wärmeversorgung der Innenstadt oder besonders eng bebaute Gebiete, die sowohl die Erschließung mittels

Wärmenetz, aber auch die Installation einer Wärmepumpe erschweren), werden als Gebiete mit besonderen Herausforderungen dargestellt (siehe Abschnitt 4.2.4).

5. Aufgrund der angesetzten Effizienzentwicklungen und weiterer Unsicherheiten – beispielsweise Investitionsentscheidungen von Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen beim notwendigen Ersatz von Heizungstechnologien – werden Gebiete, die sich bis 2030 nicht für den Fernwärmeausbau präqualifizieren mit Blick auf die aktuelle energetische Qualität der Gebäude als Prüfgebiete ausgewiesen (siehe Abschnitt 4.2.5).

Eine Übersicht über die durchgeführten Analysen und anschließende Diskussion findet sich in Abschnitt 4.2.5.

4.2.1 Dezentrale Versorgung

Gebiete, in denen die Gebäude bereits heute einen geringen Wärmeverbrauch aufweisen, die Gebäude mit ausreichend Abstand zueinanderstehen und auch keine hohen Vorlauftemperaturen für Prozesse benötigt werden, zeichnen sich für die dezentrale Versorgung – vor alle unter Einsatz von Wärmepumpen – aus.

Um die entsprechenden Gebiete zu identifizieren wurde der Grenzwert für die Wärmedichte bei 415 MWh/ha für das Jahr 2030 angesetzt und ein Grenzwert für den spezifischen Wärmeverbrauch in Höhe von 130 kWh/m^2 bezogen auf die energetische Bezugsfläche.

Eine Darstellung der Gebiete findet sich in Abbildung 38. Insgesamt weisen diese Gebiete einen Endenergieverbrauch im Basisjahr in Höhe von 66 GWh auf.

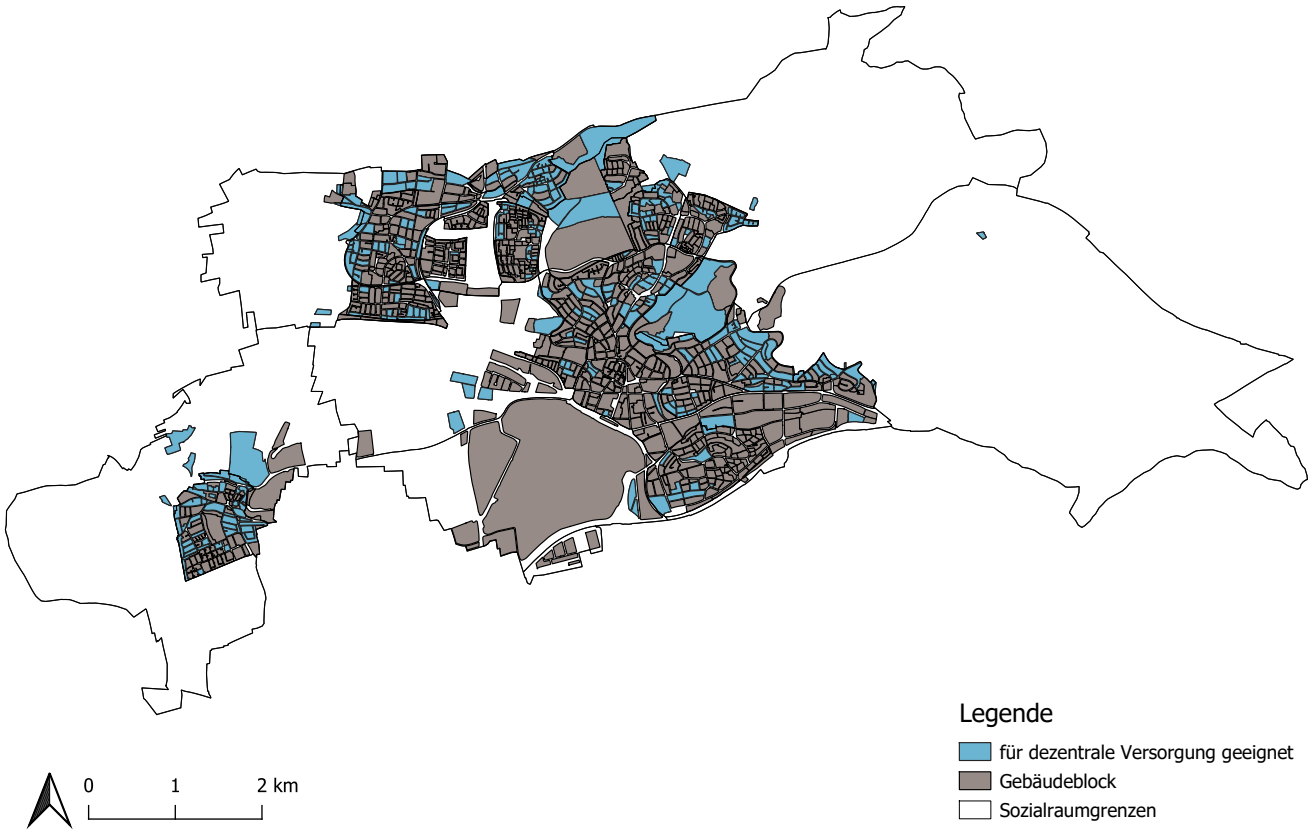

Abbildung 38: Gebiete, die sich aufgrund der Siedlungstypologie und des Wärmeverbrauchs für eine dezentrale Versorgung auszeichnen. Quelle: Eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass unter Berücksichtigung der angesetzten Effizienzentwicklung bis 2030 eine dezentrale Versorgung flächig im gesamten Stadtgebiet mit einzelnen Schwerpunkten in Quartieren in Darmsheim, Maichingen, in der Landhaussiedlung und „Unter den Weinbergen“ als geeignete Versorgungsoption identifiziert wird.

In diesen Gebieten sollte im Fall eines anstehenden Heizungstausches bereits jetzt die Installation einer Wärmepumpe angedacht werden bzw. vorbereitende Maßnahmen getroffen werden (siehe Abschnitt 5.1).

4.2.2 Fernwärme bis 2030

Um jene Gebiete zu identifizieren, die zukünftig potenziell mittels Fernwärme versorgt werden sollen, wird neben der Wärmedichte u. a. auch die Distanz zur bestehenden Wärmeversorgungsstruktur sowie die Bebauungsstruktur berücksichtigt. Die Ausweisung der Gebiete erfolgt für die Neubauten und jene Gebiete, bei denen eine Erschließung bis 2030 als realistisch erscheint. Dabei wird auch berücksichtigt, dass der Mehrbedarf an Fernwärme durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann bzw. dass teilweise fossile Energieträger durch erneuerbare ersetzt werden können. Gebiete, bei denen eine detaillierte Prüfung des möglichen Ausbaus notwendig ist und eine Realisierung spätestens ab 2030 erfolgen könnte, werden in Abschnitt 4.2.5 adressiert.

Um bei möglichen Fernwärme-Eignungsgebieten auch Restriktionen hinsichtlich Personalkapazitäten und beschränkte Möglichkeiten von Bautätigkeiten berücksichtigen zu können, werden folgende Gebiete als Eignungsgebiete für die Fernwärme mit einer Erschließung bis 2030 ausgewiesen:

1. Jene Gebiete, die von den Stadtwerken Sindelfingen bereits als Ausbaugebiete genannt wurden.
2. Die Verdichtung von Gebieten in denen bereits Fernwärmeanschlüsse vorhanden sind (Fernwärmegebiet)
3. Der Ausbau des Bestandsnetzes in unmittelbarer Umgebung (Nahausbau, kleine Anliegerstraßen und unmittelbar an die bestehende Infrastruktur liegende Gebäude werden identifiziert)

Die räumliche Darstellung der Gebiete findet sich in Abbildung 39, der entsprechende Wärmeverbrauch in den Gebieten ist in Abbildung 40 dargestellt.

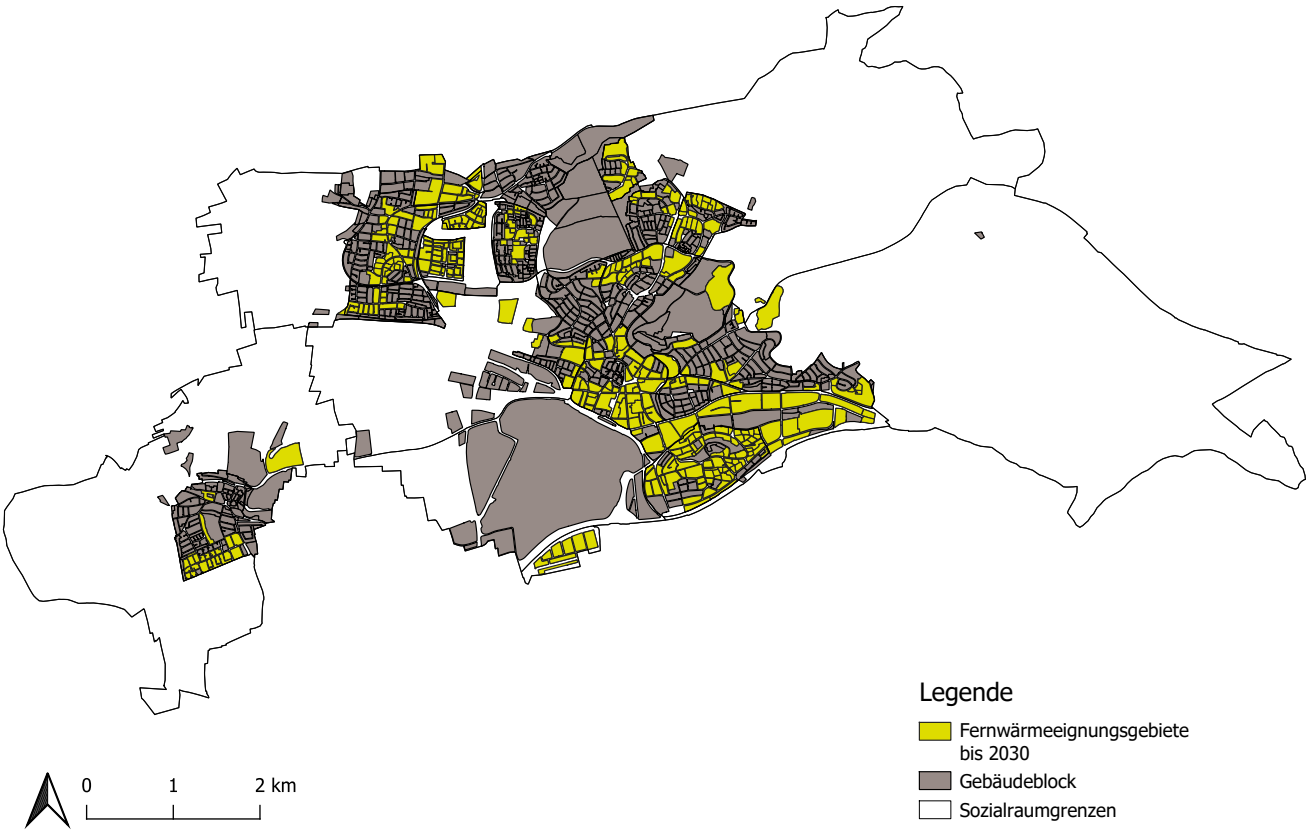

Abbildung 39: Räumliche Darstellung der Fernwärme-Eignungsgebiete, die bis 2030 erschlossen werden können. Quelle: Eigene Darstellung

Für die Ermittlung von Fernwärmegebieten wurden zunächst jene Baublöcke identifiziert, in denen bereits mindestens ein Haus mit Fernwärme versorgt wird. In diesen Blöcken wird bereits ca. 70 % des gesamten Wärmeverbrauchs (ohne Mercedes-Benz) mit Fernwärme gedeckt (170 GWh von 220 GWh). Damit bleibt in diesen Baublöcken ein Verdichtungspotenzial von rd. 50 GWh, wobei von diesen etwa 13 GWh auf jener Blockseite

liegen, in deren Straße bereits eine Wärmeleitung liegt. Anschließend wurden jene Baublöcke identifiziert, die in den geplanten Ausbaugebieten der Stadtwerke liegen. Diese weisen aktuell einen Wärmeverbrauch von rund 52 GWh auf, von denen 31 GWh bereits auf jener Blockseite liegen, in der bereits eine Fernwärmeleitung vorhanden ist. Abschließend wurden jene Baublöcke identifiziert, die innerhalb von 10 m zum Bestandswärmenetze liegen und eine Wärmedichte von mindestens 415 MWh/ha aufweisen. Diese Nahausbaugebiete weisen einen Wärmeverbrauch von 41 GWh auf, von denen 7 GWh blockseitig liegen.

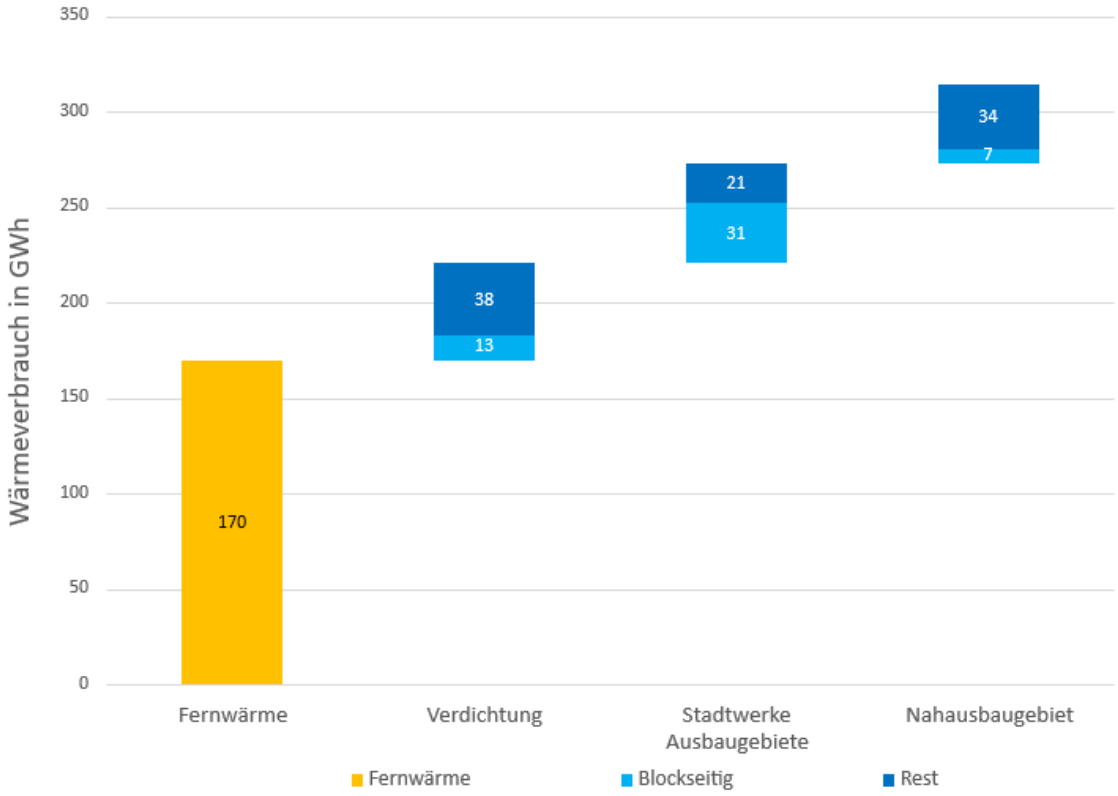

Abbildung 40: Wärmeverbrauch der Fernwärme-Eignungsgebiete, die bis 2030 erschlossen werden können. Quelle: Eigene Darstellung

Die dargestellten Fernwärmemengen in Abbildung 40 stellen den maximalen Fernwärmeverbrauch unter Annahme einer 100 %-Anschlussrate für das Jahr 2030 dar. In der Darstellung wurde die Reduktion zu erschließenden Verbrauchs aufgrund von Effizienzmaßnahmen und Heizungsmodernisierungen im Gebäudebestand nicht berücksichtigt. Der Anschluss von Bestandsgebäuden an das Wärmenetz wird dann möglich sein, wenn die aktuell eingesetzte Heizung ersetzt wird. In vielen Fällen werden sich die Austauschzyklen am Alter der Heizungsanlagen orientieren. Durch gezielte Maßnahmen kann auf eine Steigerung der Modernisierungsrate hingewirkt werden (Maßnahmen, die dies ermöglichen können, werden in Kapitel 5 dargestellt). Eine mögliche Entwicklung des tatsächlichen Anschlussgrades wird bei der Szenarioentwicklung in 4.3 dargestellt).

4.2.3 Quartierslösungen

Im Rahmen der Potenzialanalyse in Abschnitt 3.3.5.2 konnten Gebiete identifiziert werden, die sich für eine zentrale Versorgungslösung unabhängig vom bestehenden Fernwärmenetz

bzw. als Sekundärnetz mit einer Anbindung an das Hauptnetz der Fernwärme auszeichnen bzw. kurzfristig bis 2030 näher geprüft werden sollten. Dies sind:

- Der östliche Teil der Krautgartensiedlung, der sich für die Nutzung von Energie aus Abwasser aus dem Hauptsammler auszeichnet
- das Gewerbe- und Wohngebiet im Fronäcker, das sich ebenfalls für die Nutzung von Energie aus Abwasser aus dem Hauptsammler auszeichnet
- das Quartier zwischen Vordere Halde und Kalkofenstraße, wo durch eine große Solarthermieanlagen ein Niedertemperatur-Fernwärmenetz gespeist werden könnte
- der Norden von Maichingen, wo auf großen Nichtwohngebäuden im Industriegebiet Solaranlagen errichtet werden könnten, die eine neu zu errichtende Niedertemperatur-Fernwärme für das in nahe gelegene Wohngebiet (Kiefernweg, Pappelweg etc.) speisen
- die Gebiete in Hinterweil, die aktuell noch mit Gas oder Stromdirektheizungen versorgt werden und im Rahmen des Quartierskonzepts (Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) 432) näher untersucht werden

Die explizite Darstellung dieser Quartiere soll u. a. auch dazu dienen, beispielhaft Lösungen für dezentrale und quartiersbezogene Versorgungen aufzuzeigen, die ggf. in weiteren Quartieren im Stadtgebiet Anwendung finden könnten (z. B. in Prüfgebieten oder Sondergebieten).

Eine Darstellung der Gebiete findet sich in Abbildung 41.

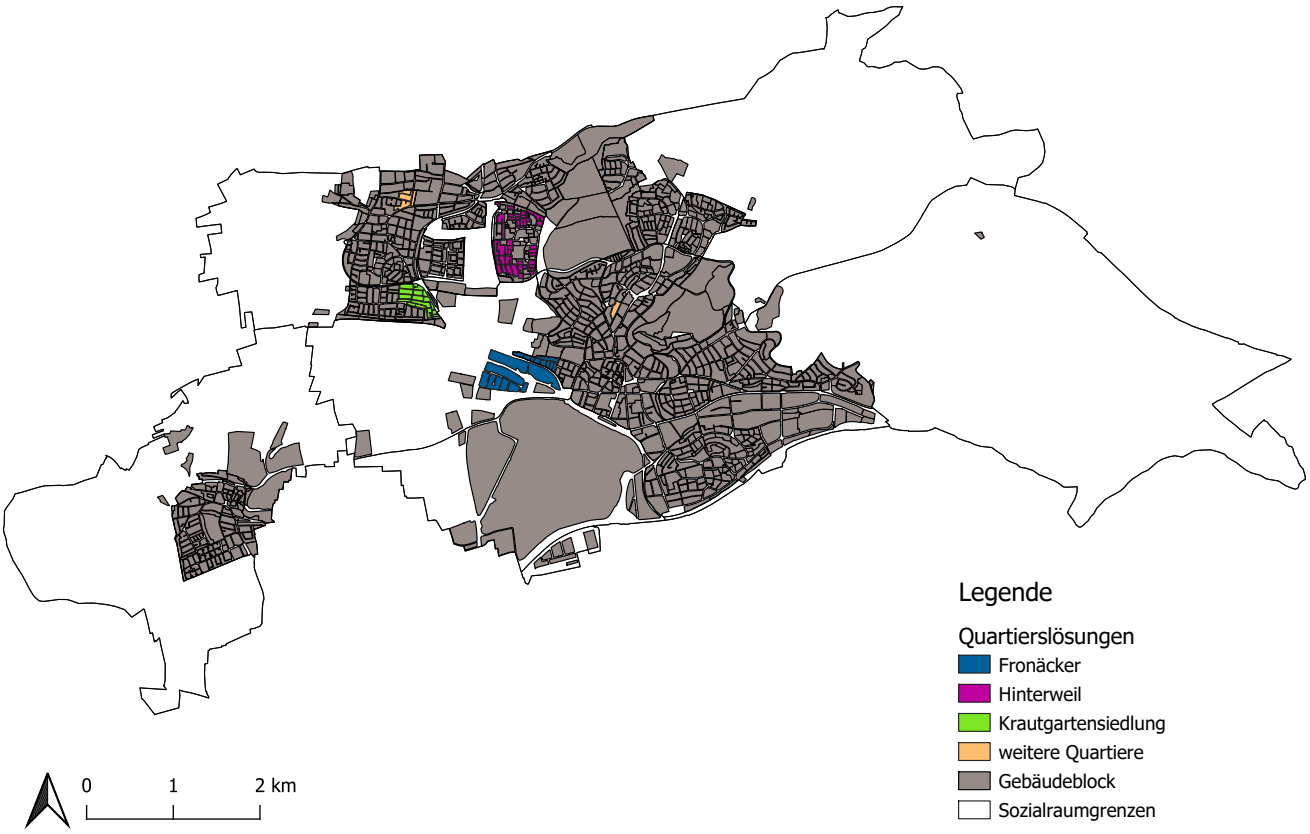

Abbildung 41: Räumliche Darstellung jener Gebiete, die sich für eine zentrale Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen auszeichnen. Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt beträgt der mögliche Fernwärmeverbrauch im Basisjahr für diese Gebiete rd. 40 GWh.

4.2.4 Gebiete mit besonderen Herausforderungen

Die lokalen Gegebenheiten und die räumlichen Strukturen in Sindelfingen bringen die Herausforderung mit sich, dass für einzelne Gebiete eine detaillierte Prüfung der zielkonformen Wärmeversorgung erforderlich ist. Im Folgenden werden zwei Sonderfälle hervorgehoben.

- Die Innenstadt – aktuell vorrangig durch Gas versorgt – zeichnet sich durch den hohen Wärmeverbrauch für eine Fernwärmeversorgung aus, geht jedoch mit Herausforderungen bei der Erschließung einher (z. B. Denkmalschutzgebiet, kleinteilige Bebauungsstruktur). Der Einsatz von dezentralen Lösungen (z. B. durch Wärmepumpen) ist aufgrund der beschränkten Platzverfügbarkeit und des hohen Energieverbrauchs nur eingeschränkt möglich.
- Im Bereich von Eichholz, Spitzholz Mitte und Eschenried dominieren Reihenhäuser bzw. kleine Einfamilienhäuser, die aufgrund der hohen Bebauungsdichte mit relativ hohen Wärmedichten einhergehen, jedoch nur über kleine Anliegerstraßen verfügen, die eine zentrale Erschließung mittels Wärmenetz erschweren.

Gleichzeitig ist jedoch der Platz vor Ort beschränkt, um den Einsatz von Wärmepumpen zu ermöglichen (z. B. wegen Schallimissionen mancher Wärmepumpenmodelle).

Eine Darstellung der Gebiete findet sich in Abbildung 42.

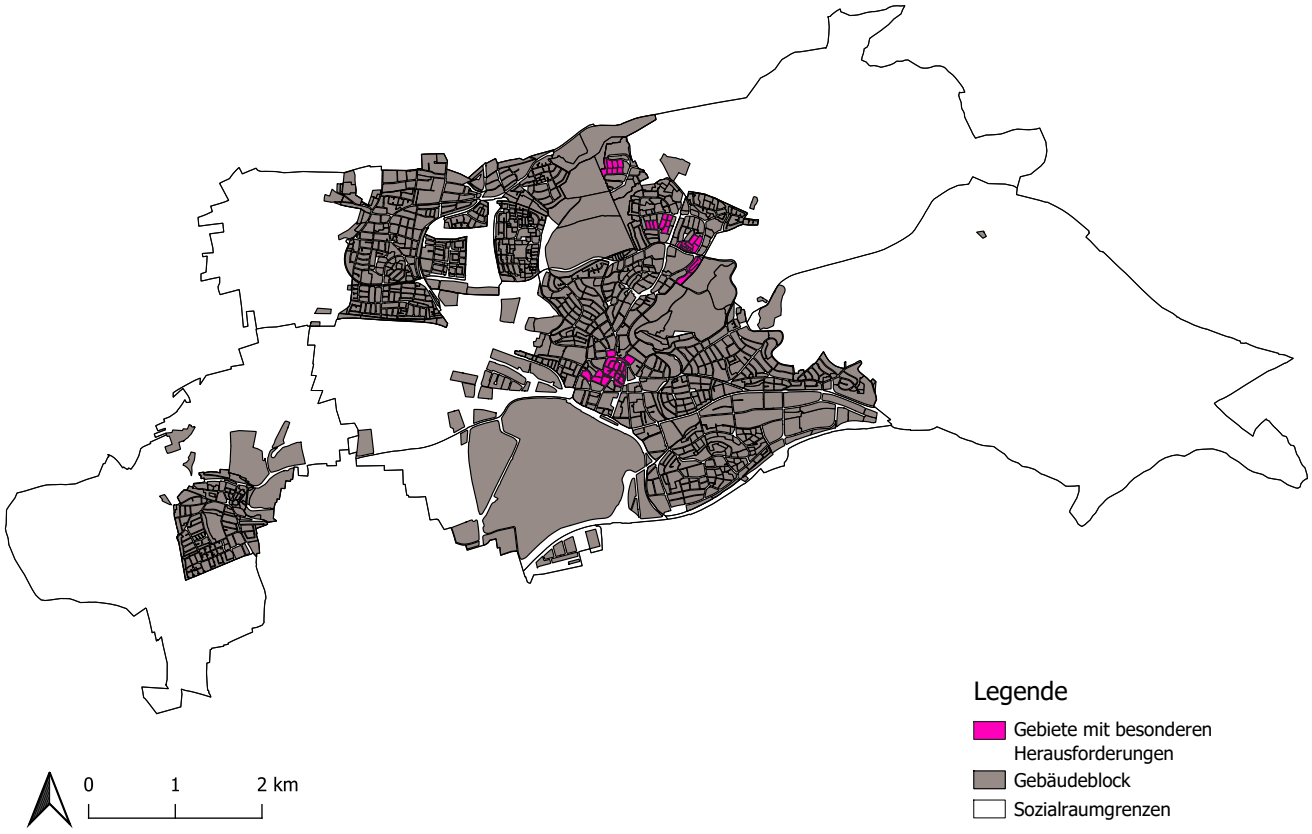

Abbildung 42: Darstellung jener Gebiete, deren zielkonforme Wärmeversorgung einer detaillierten Prüfung bedürfen. Quelle: Eigene Darstellung

Der Wärmeverbrauch in diesen Gebieten im Jahr 2030 unter Berücksichtigung von Effizienzentwicklungen beträgt rd. 23 GWh.

Insbesondere in den Reihenhausgebieten sollte durch eine exemplarische Machbarkeitsstudie geprüft werden, wie eine zukünftige Wärmeversorgung aussehen kann. Eine mögliche Lösung sind sog. Mikronetze, die jeweils für eine Reihenhauskette aufgebaut werden, mit einer gemeinsamen Energiezentrale am „Kopf“ der Reihenhauskette und einer Verteilung der Energie in die einzelnen Gebäude (ggf. auch durch die Keller). Diese Reihenhausgebiete eignen sich darüber hinaus für innovative Projekte zum seriellen Sanieren.

4.2.5 Prüfgebiete

Aufgrund der angesetzten Effizienzentwicklungen und weiterer Unsicherheiten – beispielsweise Investitionsentscheidungen von Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen beim notwendigen Ersatz von Heizungstechnologien – werden Gebiete, die sich bis 2030 nicht für den Fernwärmeausbau präqualifizieren mit Blick auf die aktuelle energetische Qualität der Gebäude als Prüfgebiete ausgewiesen.

Eine detaillierte Diskussion, wo welche Variante verfolgt werden sollte, findet sich bei der Darstellung der einzelnen Sozialräume in Abschnitt (2.1).

4.2.5.1 Prüfgebiete für Fernwärme nach 2030

Im Folgenden werden jene Gebiete aufgeführt, die unter Berücksichtigung von Effizienzentwicklungen des Gebäudebestands auch im Jahr 2030 noch eine ausreichend hohe Wärmedichte aufweisen, sich jedoch nicht in unmittelbarer Nähe (Distanz > 10 m) zum Bestandswärmenetz befinden. Bei allen Gebieten wurde in Abstimmung mit den Stadtwerken analysiert, was für eine zentrale Versorgung spricht und welche Herausforderungen damit einhergehen.

Die Gebiete werden als Fernwärme-Prüfgebiete ab 2030 ausgewiesen, da deren mögliche Erschließung mit folgenden Unsicherheiten verbunden sind:

- Die tatsächlichen Sanierungsmaßnahmen der Gebäude können von jenen im dargestellten Verbrauchsszenario (siehe Abschnitt 3.2) abweichen und der Einsatz von Wärmepumpen kann sinnvoll werden.
- Es ist davon auszugehen, dass einzelne Gebäude in den ausgewiesenen Gebieten bis 2030 bereits einen Heizungstausch vorsehen und diese Heizung dann voraussichtlich über das Jahr 2030 hinaus im Einsatz bleibt. Dadurch reduziert sich der mögliche Anschlussgrad und die den Berechnungen zugrunde liegende Wärmedichte verändert sich.
- Die beschränkte Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme kann einem Ausbau entgegenstehen.

Als Grenzwert für die Identifikation dieser Gebiete wird für das Jahr 2030 eine Wärmedichte von mehr als 415 MWh/ha angesetzt.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, dass diese Gebiete in den nächsten Jahren auf eine mögliche Realisierung geprüft werden und Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen in den ausgewiesenen Gebieten gezielt angesprochen werden. In Abbildung 43 sind die entsprechenden Gebiete dargestellt.

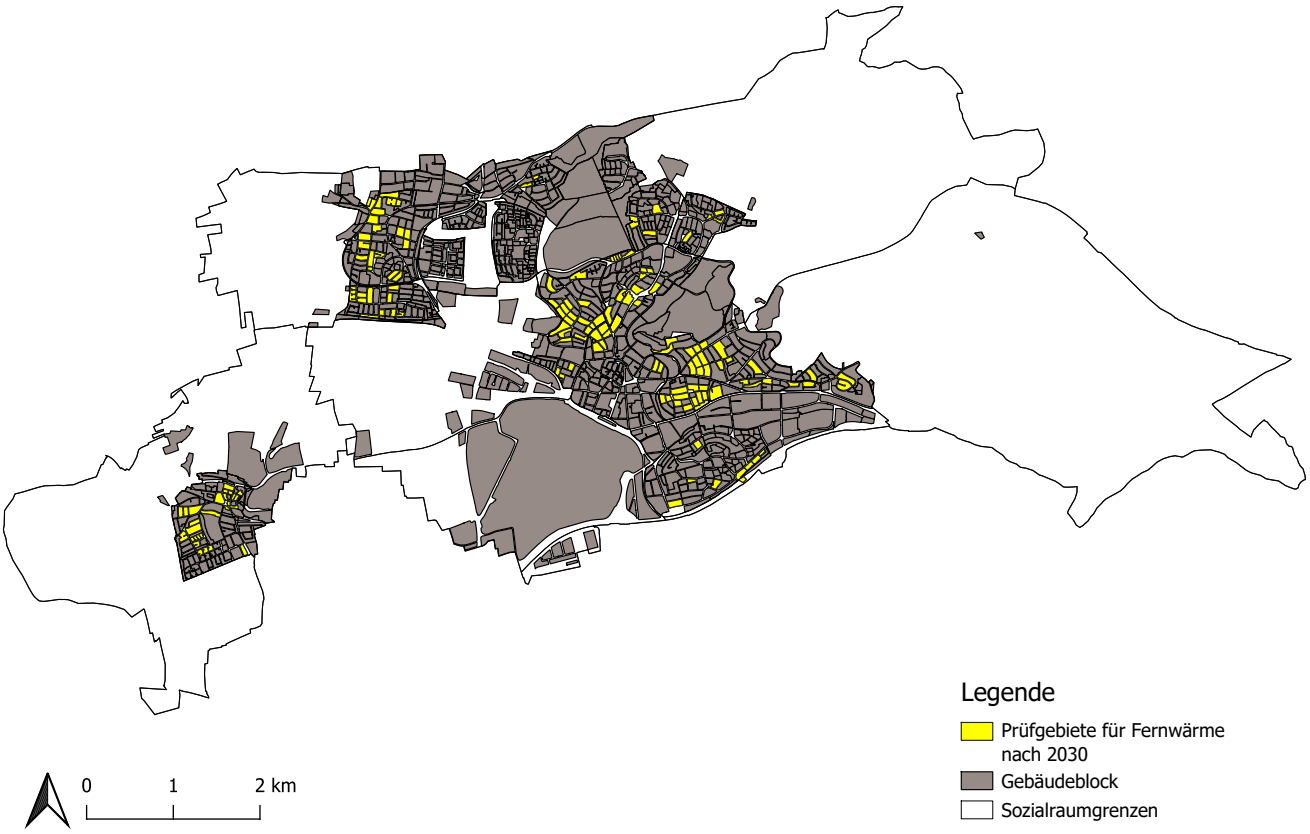

Abbildung 43: Gebiete, für die eine detaillierte Prüfung hinsichtlich des möglichen Ausbaus der Wärmenetzinfrastruktur erfolgen soll und eine Realisierung spätestens ab 2030 erfolgen soll. Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt beträgt der identifizierte Endenergieverbrauch in diesen Gebieten im Basisjahr rd. 85 GWh.

4.2.5.2 Quartierslösungen nach 2030

Bei der Neuerrichtung von zentralen Quartierslösungen kann das Netz auf niedrigere Temperaturen ausgelegt werden. Aus techno-ökonomischer Sicht kann der Einsatz von zentralen Versorgungslösungen nach Peters et al. (2020) schon ab einer Wärmedichte von 175 MWh/ha sinnvoll sein. Im Folgenden werden Prüfgebiete für Quartierslösungen ab einer Wärmedichte von rd. 300 MWh/ha dargestellt (vgl. Abbildung 44).

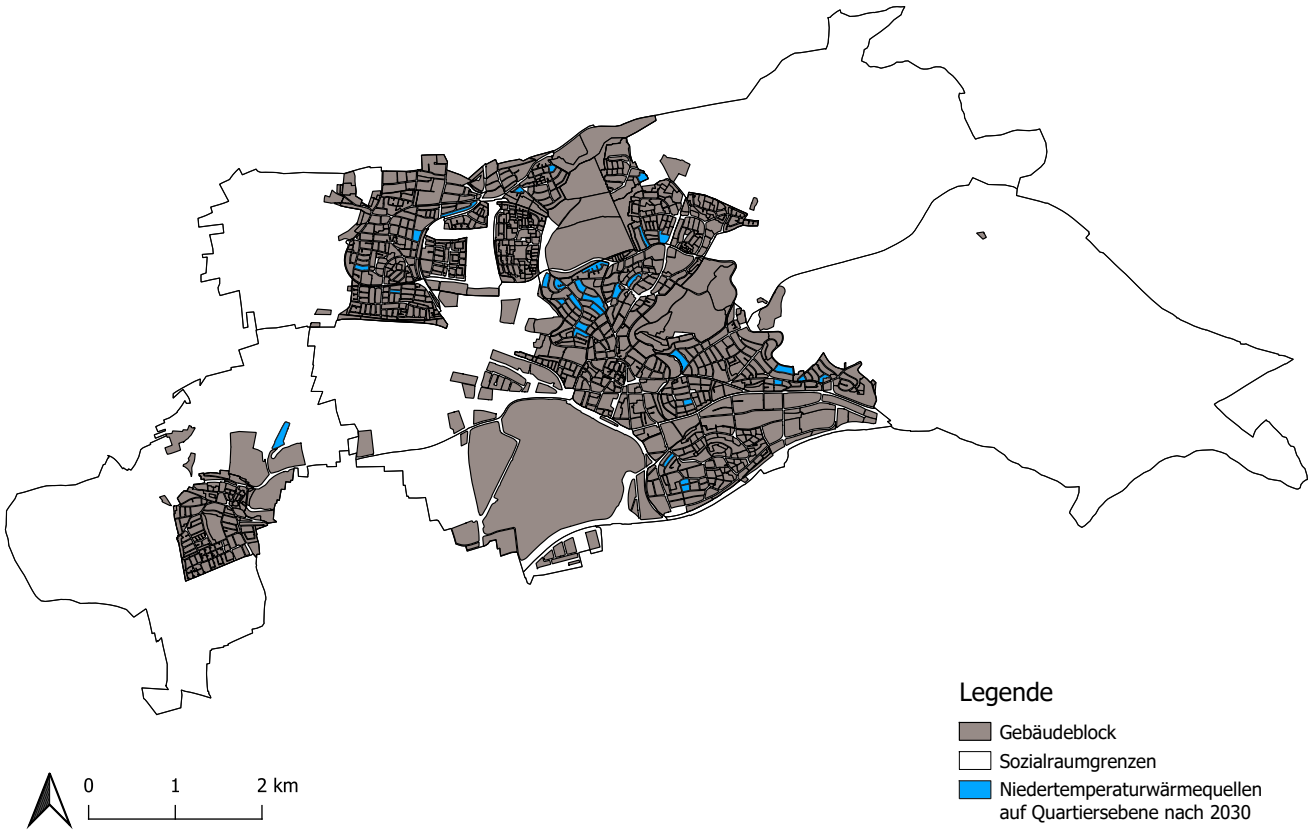

Abbildung 44: Gebiete, für die eine detaillierte Prüfung hinsichtlich des möglichen Ausbaus von Quartierslösungen erfolgen soll und eine Realisierung spätestens ab 2030 erfolgen soll. Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt beträgt der identifizierte Wärmeverbrauch in diesen Gebieten im Basisjahr rd. 14 GWh.

4.2.5.3 Dezentrale Versorgung nach 2030

In Gebiete, die sich aufgrund von fehlender Wirtschaftlichkeit oder technischer Hemmnisse nicht für eine zentrale Versorgung präqualifizieren, müssen verstärkt Lösungsoptionen für die dezentrale Versorgung identifiziert werden. Die entsprechenden Gebiete sind in Abbildung 45 dargestellt.

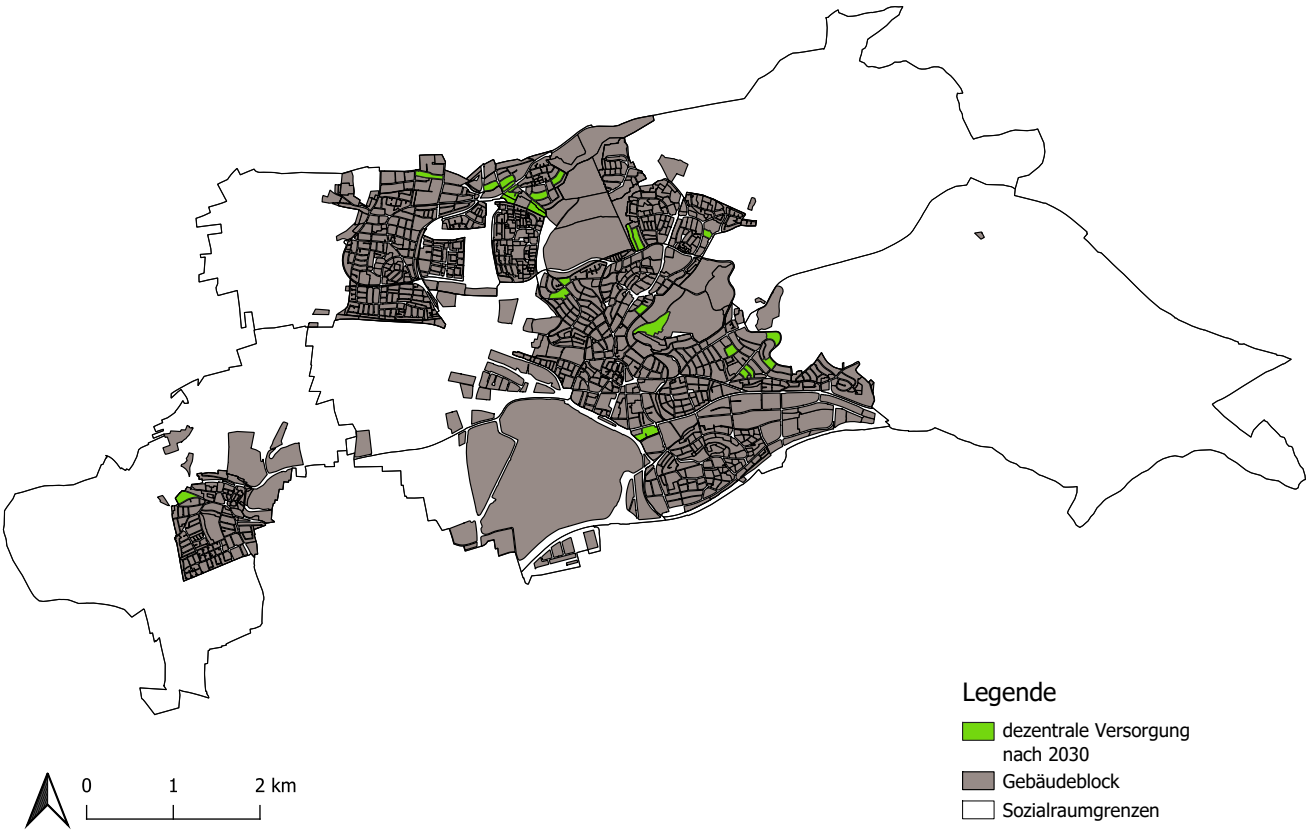

Abbildung 45: Gebiete, für die eine zentrale Versorgung aus techno-ökonomischer Sicht als nicht sinnvoll erachtet wird. Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt beträgt der identifizierte Wärmeverbrauch in diesen Gebieten im Basisjahr rd. 12 GWh.

4.2.6 Zusammenfassende Darstellung der Eignungsgebiete (Zonierung)

Alle in den vorangegangenen Abschnitten identifizierten Eignungsgebiete sind in Abbildung 46 dargestellt.

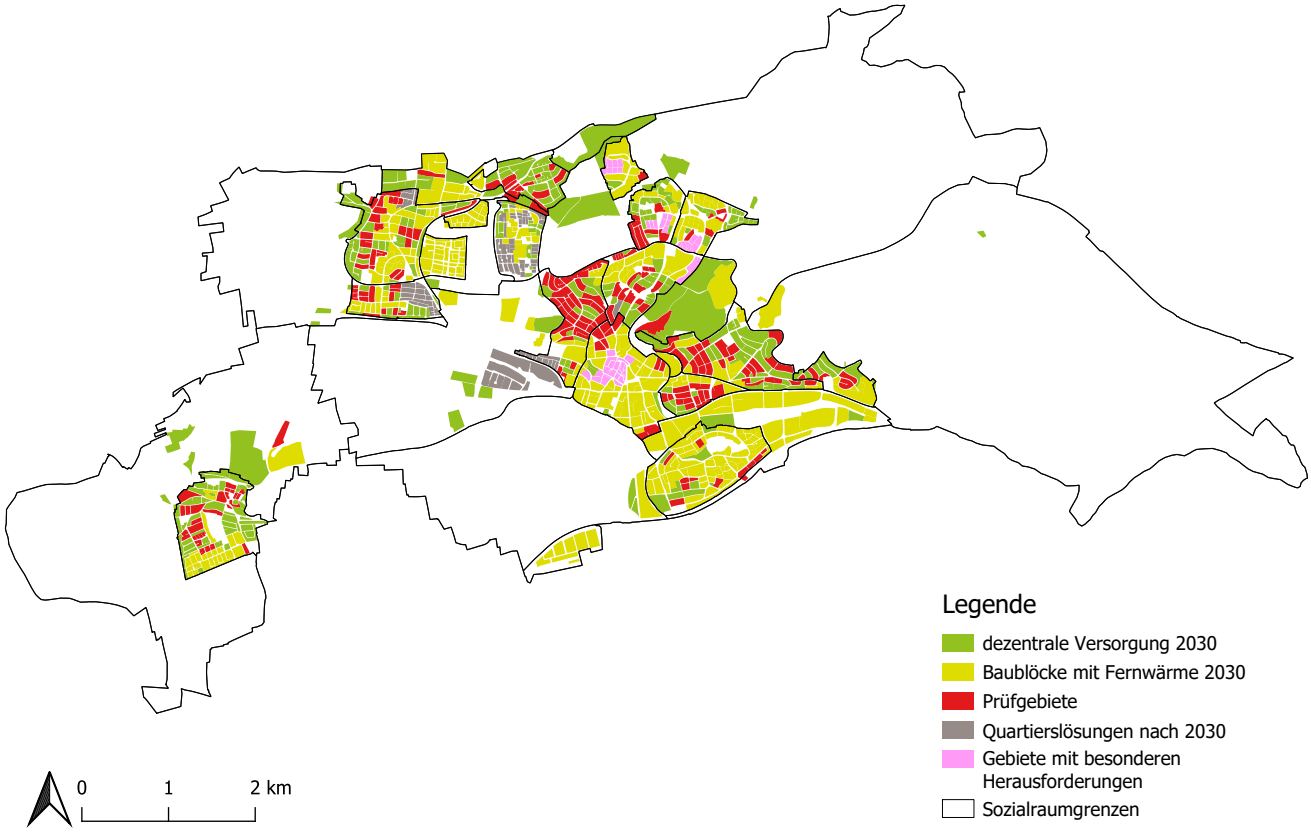

Abbildung 46: Darstellung der verschiedenen Eignungsgebiete in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung

Der Wärmeverbrauch der Gebiete im Basisjahr sowie für die Jahre 2030 und 2040 ist in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Wärmeverbrauch der verschiedenen Eignungsgebiete entsprechend der Zonierung (Quelle: eigene Darstellung)

Eignungsgebiete	Endenergieverbrauch Basisjahr (GWh)	Endenergieverbrauch 2030 (GWh)	Endenergieverbrauch 2040 (GWh)
Dezentral	66	78	37
Fernwärme	312	246	189
Quartier	40	33	31
Prüfgebiete	111	104	79
Sondergebiete	23	21	16
Davon Innenstadt	16	14	11

4.3 Entwicklung des Versorgungsszenarios und der Treibhausgasbilanz

Bei der Erstellung des Zielszenarios sind neben den identifizierten Eignungsgebieten und Zonierungen für zentrale und dezentrale Versorgung aus Abschnitt 4.2, auch die angesetzte Entwicklung des Wärmeverbrauchs (siehe Abschnitt 3.2) zu berücksichtigen. Zudem wird das Alter der aktuell eingesetzten Heizungen (siehe auch Abschnitt 2.2.2) herangezogen, um abschätzen zu können, wie viel Heizungen modernisiert werden müssen und dadurch ein Energieträgerwechsel realisiert werden kann. Der Endenergieverbrauch und die eingesetzten Energieträger werden für die Jahre 2030 und 2040 bestimmt:

- Es wird angenommen, dass in bereits bestehenden Fernwärmegebieten bis 2030 alle Kessel ausgetauscht werden, die älter als 20 Jahre sein werden; In diesen Gebieten führt der Kesseltausch immer dazu, dass das Gebäude mit Fernwärme versorgt wird.
- In Gebieten, die sich bereits jetzt für den Einsatz von Wärmepumpen auszeichnen (siehe Abschnitt 4.2.1), wird ebenfalls angenommen, dass der Ersatz der aktuellen Heizung nach 20 Betriebsjahren erfolgt.
- In Wärmenetzausbaugebieten (siehe Abschnitt 4.2.2) wird angenommen, dass bis 2030 jene Gebäude erschlossen werden können, deren Kessel dann mindestens 30 Jahre alt sein wird.
- Für das Jahr 2040 wird sowohl für Gebiete, die sich für die zentrale als auch dezentrale Versorgung auszeichnen, angenommen, dass aktuelle Heizungen ausgetauscht werden, wenn diese länger als 17 Jahre in Betrieb sind. Die verkürzten Betriebszeiten ergeben sich daraus, dass nach 2020 u. a. noch Gaskessel eingebaut wurden und somit im Jahr 2040 keine 20 Betriebsjahre erreichen werden.
- Im Szenario Fernwärme 2040 werden jene Prüfgebiete, die sich nach 2030 für einen Fernwärmeausbau aus heutiger Sicht eignen, mit Fernwärme versorgt. Im Szenario Wärmepumpen 2040 werden diese Gebiete nicht weiter durch Fernwärme erschlossen, sondern mit Wärmepumpen versorgt.

Die aus den Annahmen und Analysen resultierende Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist in Abbildung 47 dargestellt.

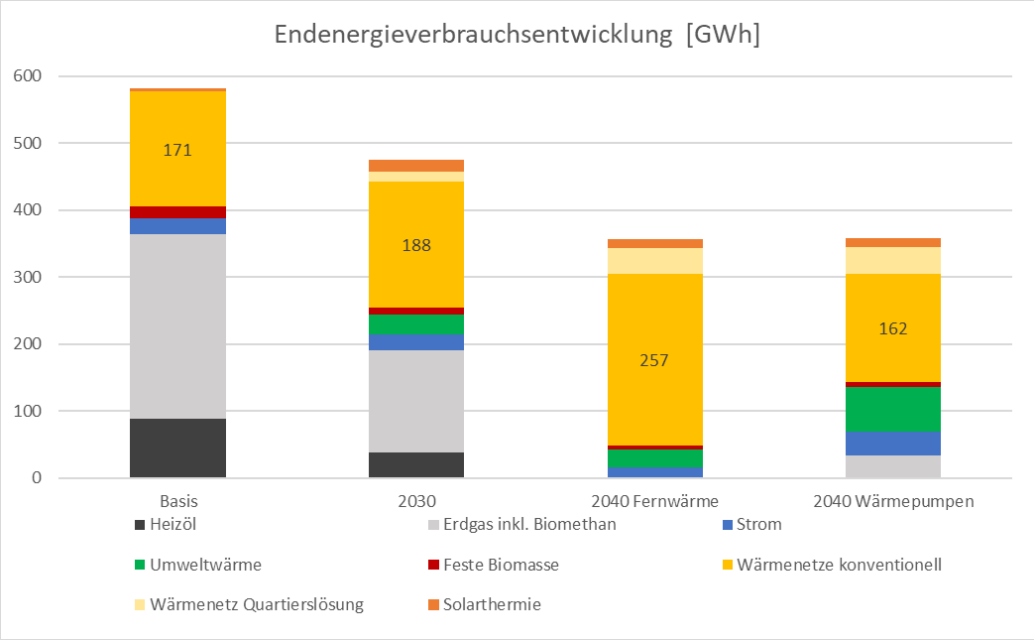

Abbildung 47: Szenario für die Wärmenachfrage in Sindelfingen (ohne Mercedes-Benz und Makadamwerk). Quelle: Eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass der Anteil der Fernwärme unter den getroffenen Annahmen bezogen auf den Endenergieverbrauch von rd. 30 % auf rd. 43 % im Jahr 2030 steigt, der Anteil von Erdgas reduziert sich von 47 % auf rd. 30 % und jener von Heizöl von 15 % auf 8 % bis 2030. Neben einem Ausbau der Fernwärme ist im Szenario auch unterstellt, dass der Anteil von Wärmepumpen steigen wird: Auch wenn keine signifikante Steigerung der Stromnachfrage ersichtlich ist, steigt der Anteil der Umweltwärme auf 5 %.

4.3.1 Herausforderungen im Zielszenario

Aufgrund der fehlenden Potenziale zur oberflächennahen Geothermie im Stadtgebiet und der Potenzialgrenzen von Biomasse sind die Technologieoptionen für die zukünftige Wärmeversorgung limitiert. Neben der Fernwärme werden auch Quartierswärmenetze und Luft-Wärmepumpen eingesetzt werden. Dies führt zu folgenden Herausforderungen:

- Das Szenario bis 2030 wird auf der Versorgungsseite als relativ robust eingeschätzt. Das liegt daran, dass der Fernwärmeausbau zum Großteil mit den Plänen der Stadtwerke abgeglichen ist. Bis 2030 sind rd. 1.000 Gebäude an die Fernwärme anzuschließen, die von den bestehenden Leitungen aber nie weiter als 10 m entfernt sind. Die große Herausforderung bis 2030 (und darüber hinaus) liegt darin, dass die **Sanierungsaktivitäten** in Sindelfingen auf Zielpfad gebracht werden und dass der Endenergieverbrauch in den Gebäuden sinkt.
- Die Zielkonformität in Baden-Württemberg verlangt eine **Dekarbonisierung bis 2040**. Daraus folgt, dass Erdgas und Heizöl bis 2030 deutlich an Relevanz verlieren müssen, bis 2040 der Verbrauch von Erdgas und Heizöl auf Null reduziert werden muss. Da die durchschnittliche Lebensdauer von Heizkesseln bei rd. 20 Jahren liegt, dürfen **ab sofort keine neuen fossilen Kessel** (Heizöl oder Erdgas) installiert werden.
- Von 2030 bis 2040 ist der **Fernwärmeanschluss** bei weiteren 3.600 Gebäuden notwendig. Dafür sind massive Infrastrukturarbeiten im Stadtgebiet notwendig.

- Alternativ könnte in Sindelfingen stärker auf die **Wärmepumpe** gesetzt werden. Jedoch ist auch dieser Pfad herausfordernd. Im Wärmepumpenszenario gilt es, bis 2030 rund 2000 Wärmepumpen in die Gebäude zu bringen, bis 2040 wären es weitere über 2100 Wärmepumpen, die in Quartieren mit relativ hoher Wärmedichte und somit auch hoher Siedlungsdichte installiert werden müssen.
- Sind fossile Kessel in den kommenden Monaten und Jahren abgängig, in denen die Fernwärme zukünftig eine zentrale Rolle spielen soll, sind **Übergangslösungen** zu entwickeln und anzubieten, um den Anschluss an ein Wärmenetz zu ermöglichen (z. B. die Vermietung von Gaskesselanlagen für eine Übergangszeit, die mehrfache Nutzung von Gaskesselanlagen in unterschiedlichen Gebäuden, Entwicklung von Pop-up-Wärmenetzen mit entsprechenden flexiblen Energiezentralen).
- Es ist unwahrscheinlich, dass **Wasserstoff** in der Zeit bis 2030 eine Rolle im Gebäudesektor spielen wird. Die Wasserstoffstrategie in Baden-Württemberg[1] zielt insbesondere auf die Sektoren Industrie und Verkehr ab. Dementsprechend findet Wasserstoff in der Sektorzielstudie im Gebäudesektor keine Berücksichtigung. Eine anteilige Beimischung von grünem Wasserstoff in der bestehenden Erdgasinfrastruktur ist zwar machbar, jedoch handelt es sich dabei lediglich um eine mittelfristige Lösung. Langfristig wäre ein Umstieg auf eine 100%-Wasserstoffinfrastruktur notwendig. Damit werden voraussichtlich technische Änderungen an den Gasleitungen und Armaturen etc. notwendig. Im Gespräch mit Vertretern von Mercedes-Benz wurde das Thema Wasserstoff erwähnt – mit einer Umstellung auf Wasserstoff wird aus heutiger Perspektive nicht vor 2035 gerechnet. Bis dahin wird – vor allem in unmittelbarer Nähe zum Standort von Mercedes-Benz ein Großteil der Gebäude bereits mittels Wärmepumpen oder Wärmenetz beheizt sein.
- In Bezug auf die **Biogaspotenziale** aus der Bioabfallvergärungsanlage in Leonberg erscheint den Gutachter und Gutachterinnen der Einsatz des Biogases in der Fernwärme am sinnvollsten. Alternativ wäre eine Aufbereitung des Biogases zu Biomethan möglich, eine Einspeisung ins Gasnetz denkbar. Die Biomethan-Aufbereitung ist am Standort Deponie Dachsklinge realisierbar. Die Biomethanmenge die aus der Rohgasmenge ins Erdgasnetz eingespeist werden könnte, würde rund 25 % des Gasverbrauchs in 2030 umfassen. Damit ließe sich ein lokal begrenztes Erdgasnetz mittel- bis langfristig betreiben. Das Erdgasnetz in Spitzholz und Eschenried, jene Quartiere in der Nähe der Methanaufbereitungsanlage, verfügen jedoch über ein sehr altes Erdgasnetz, welches bereits in den 60er Jahren errichtet wurde und daher in den kommenden Jahren sanierungsbedürftig wäre. Inwiefern eine Biomethantransportleitung in Quartiere sinnvoll ist, in denen das Erdgasnetz erst in den 2010er-Jahren erneuert / verlegt wurde (z. B. südlich vom Burghaldenfriedhof), wurde nicht näher geprüft.
- In Sindelfingen sind **Gasetagenheizungen** in rund 450 Gebäuden über das gesamte Stadtgebiet verstreut installiert. Im Basisjahr erzeugen Gasetagenheizungen rd. 20 GWh. Gebäude mit Gasetagenheizung sind besonders zu adressieren (s.u.).
- Gebäude mit **Nachtspeicherheizung und mit Gasetagenheizungen** stellen besondere Herausforderungen dar, da keine zentrale wassergeführte Heizungsverteilung in den Mehrfamilienhäusern installiert ist, deren nachträgliche Installation meist mit großem Aufwand verbunden ist.
- Relativ **dicht bebaute Reihenhaussiedlungen** mit nur kleinen Erschließungsstraßen sind für den konventionellen Fernwärmeausbau nur bedingt geeignet. Hier sind

[1] https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Wirtschaft/Wasserstoff-Roadmap-Baden-Wuerttemberg-bf.pdf

innovative gemeinsame Versorgungslösungen zu entwickeln (z. B. serielle Sanierungen, Mikronetze mit Verlegung durch die Keller etc.).

- Die Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien macht es notwendig, dass **saisonale Wärmespeicher**[1] zum Einsatz kommen. Diese sind relevant für die Quartierslösungen bzw. ggf. für Gebiete mit besonderen Herausforderungen. Je nach Transformationspfad der Fernwärme kann es aber auch notwendig sein, dass auch hier saisonale Wärmespeicher zum Einsatz kommen, wenn beispielsweise die Solarthermie eine größere Rolle spielen wird.
- Indirekte Speicherkapazitäten, wie beispielsweise die **Ballierung und Speicherung von Hausmüll** am Standort des Restmüllheizkraftwerks, kann ebenfalls wichtig werden. So kann das RMHKW von einer Grundlast zu einem Mittellastheizkraftwerk werden, welches die erneuerbaren Quellen in der Grundlast ergänzt. Hierfür ist jedoch ein großer Platzbedarf notwendig, da die Energiedichte des Restmülls gering ist.
- **Infrastrukturarbeiten** im öffentlichen Raum werden definitiv zunehmen. Entweder für den Fernwärmeausbau, die Sanierung und ggf. Umstellung von Erdgasleitungen auf Wasserstoffleitungen oder die notwendigen Maßnahmen zur Steigerung der Kapazitäten in den Verteilleitungen für elektrische Energie.

4.3.2 Der Umgang mit Mercedes-Benz im Wärmeplan

Mercedes-Benz kommt in Sindelfingen eine besondere Rolle in der Wärmeversorgung zu, als Wärmelieferant und Betreiber eines großen GUD-Kraftwerks auf der Gemarkung aber auch als Wärmeabnehmer und -verbraucher, beispielsweise für Hallenheizung oder für Prozessenergie. Bezogen auf die Bestands- und Potenzialanalyse, die Strategiebewertung und die Maßnahmenableitung ist jedoch festzuhalten, dass ein Industriebetrieb dieser Größe und mit diesen Energiebedarfen nicht sinnvoll in Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung betrachtet werden kann. Der Aufwand dafür ist zu groß, denn eine adäquate Berücksichtigung des Unternehmens in der Wärmeplanung würde erfordern, konkrete Entwicklungen in der Prozesstechnik abbilden zu können, Energieeinsparstrategien zu bewerten und mögliche Implikationen auf die Versorgungsstrategie abzuleiten. Zwar wurde im Rahmen der Austauschgespräche über das Thema Prozessoptimierung und Abwärmepotenziale gesprochen und festgestellt, dass hier überwiegend innerhalb des Unternehmens optimiert wird. In Bezug auf die Flächenpotenziale wurden Ausbaupläne dargelegt (siehe Kapitel 3.3.5.3). Jedoch ist es darauf aufbauend nicht möglich, verschiedene Szenarien in Bezug auf die Entwicklung der Energieversorgung alternativ zum GUD-Kraftwerk zu entwickeln. Hierfür sind genauere, ggf. zeitaufgelöste Kenntnisse zu Verbrauchsstrukturen Strom, Wärme, Dampf sowie zu Temperaturniveaus notwendig.

4.3.3 Erneuerbare Wärme für die Fernwärme

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie der Fernwärmebedarf im dargestellten Zielszenario sukzessive auf erneuerbare Energien umgestellt werden könnte. Im Rahmen der Wärmeplanung ist es nicht möglich, genauer auf Kapazitäten und Verteilungen zwischen Grund-, Mittel- und Spitzenlast einzugehen, wenngleich dieser Aspekt qualitativ betrachtet wird. In diesem Arbeitsschritt werden die beiden Fernwärmesysteme Hauptnetz in

[1] Beispiele: Thermische Solaranlage Hirtenwiesen in Crailsheim, Solares Nahwärmenetz im Stadtteil Amorbach II in Neckarsulm;

Sindelfingen und Darmsheim betrachtet. Ergänzend wird auf eine Quartiersversorgung eingegangen.

Fernwärmenetz in Darmsheim

In Darmsheim liegt der aktuelle Endenergieverbrauch der Fernwärme bei rund 3,59 GWh. Bei der Annahme von rund 12 % Netzverlusten müssen die Anlagen eine Energiemenge von rd. 4 GWh erzeugen, um den Fernwärmebedarf zu decken. Derzeit übernehmen das zwei BHKW-Anlagen, die mit Erdgas betrieben werden (Wolfachstraße und Hölderle). Die Fernwärmeausbaubedingungen in Darmsheim wären günstig. Bis 2030 ließe sich der Fernwärmeabsatz erhöhen auf 4,6 GWh (inkl. der Neubauentwicklung Innere Bühl), trotz gleichzeitiger Gebäudesanierungen. Bis 2040 könnte, unter der Annahme, dass alle derzeit als geeignet eingestuften Quartiere an die Fernwärme angeschlossen werden, der Fernwärmeabsatz auf 11,5 GWh anwachsen und sich somit gegenüber der heutigen Größenordnung mehr als verdoppeln. Im Wärmepumpenszenario steigt der Endenergieverbrauch Fernwärme lediglich auf rund 7,2 GWh an. In der folgenden Grobanalyse zur Wärmeerzeugung wird davon ausgegangen, dass die Netzverluste in Darmsheim auf 10 % sinken, da Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Netz und zur Temperaturabsenkung durchgeführt werden.

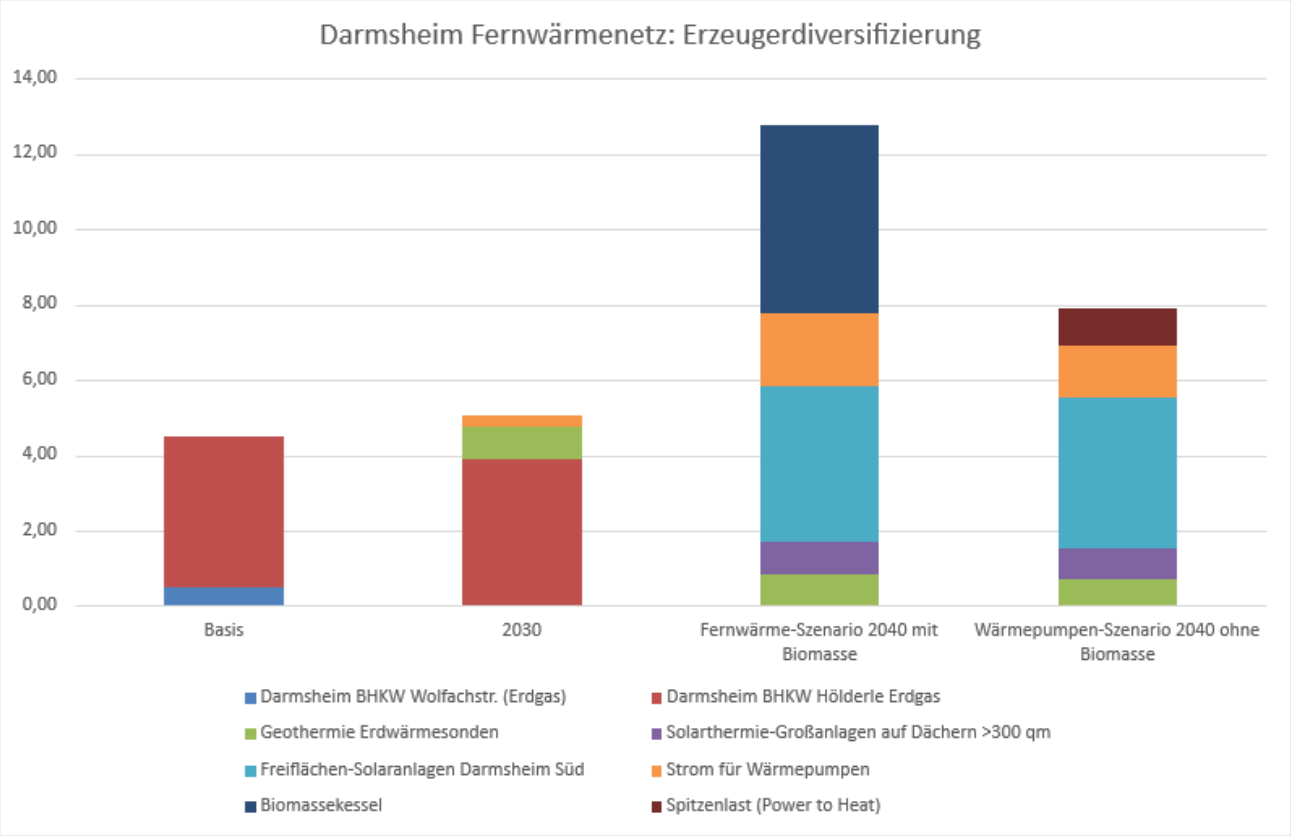

Abbildung 48: Umstellungsszenarien der Darmsheimer Fernwärme (Quelle: Eigene Darstellung)

Darmsheim ist der einzige Ortsteil in Sindelfingen, welcher über ein Erdwärmesondenpotenzial verfügt. Insgesamt handelt es sich um ein Erdwärmepotenzial von rund 63 – 170 MWh/a. Dabei wurden Grundstücke außerhalb des Ortskerns, um größere Erdwärmesondenfelder für eine Großwärmepumpenanlage für die Fernwärme zu errichten, nicht betrachtet.

So wird angenommen, dass ein Teil der Grundlast durch Erdwärme und Wärmepumpen erzeugt wird (Annahme: 100 Sonden mit je 100 Meter Bohrtiefe), für einen weiteren Teil des Wärmeverbrauchs sowie für die Regeneration des Sondenfelds wird Solarthermie benötigt, da keine weiteren Energieträger in einem größeren Ausmaß vorhanden sind. Für die beiden Szenarien wird angenommen, dass die Solarthermie eine relevante Rolle spielt. Grob handelt es sich um fünf Anlagen auf Gebäuden, mit einer Dachfläche von rd. 2.600 m². Im Süden von Darmsheim sind Freiflächen in der Suchraumkulisse enthalten, die auch für Solarthermieanlagen genutzt werden könnten. Werden rund 13% dieser Flächen mit einer Solarthermie-Großanlage bebaut (das entspricht einer Fläche von 22.500 m²), könnte eine Wärmemenge von rund 4 GWh eingespeist werden. Bezogen auf die Flächen aus der Suchraumkulisse (siehe folgende Abbildung), handelt es sich in etwa um die gelb umrandete Fläche.

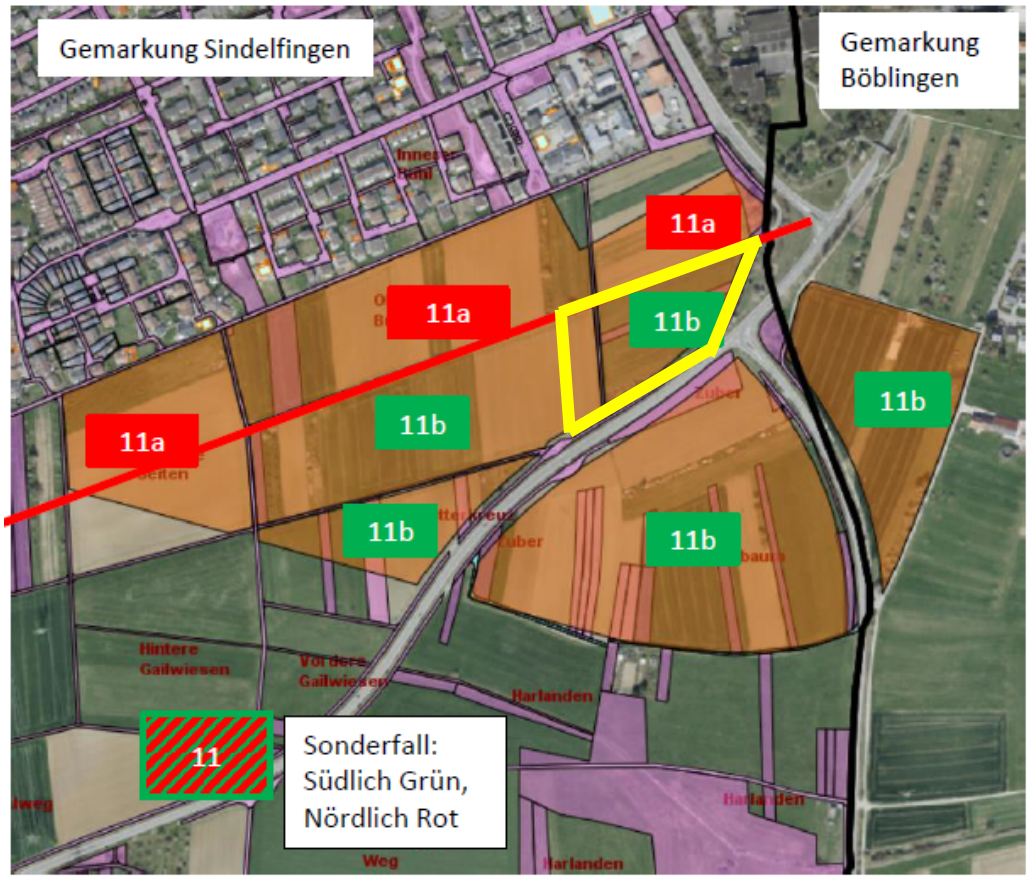

Abbildung 49: Möglicher Standort einer Solarthermie-Freiflächenanlage, Quelle: Stadtverwaltung Sindelfingen inkl. eigener Ergänzungen

Im Fernwärmeszenario wird angenommen, dass in Darmsheim der neue Standort zur Verwertung des Grünguts der Stadt aufgebaut wird. Bisher wird das Grüngut überwiegend am Standort Dachsklinge aufbereitet und verwertet, zum Teil wird holzige Biomasse auch an Dritte weiterverkauft. Eine Lösungsstrategie wäre, die Biomasse in Darmsheim zu nutzen und dort für die Fernwärme zu verwerten. Laut Potenzialanalyse handelt es sich um eine Wärmemenge von rd. 5 GWh. In Darmsheim müsste ein geeigneter Ort für die Aufbereitung, Lagerung und Verbrennung der Biomasse in Kesselanlagen gefunden werden. Die Biomasse wäre notwendig, wenn der Fernwärmeausbau maximal ausgereizt wird.

Hauptfernwärmenetz in Sindelfingen

Auch in der Kernstadt Sindelfingen spielt die Fernwärme zukünftig eine relevante Rolle. Das liegt einerseits an den hohen Wärmedichten, andererseits am bereits aktuell weit verzweigten Fernwärmesystem und den damit verbundenen Vorteilen in Bezug auf Infrastrukturausbau bei Verdichtung und Nahausbau. Im Fernwärmeszenario steigt bis 2040 der Fernwärmeabsatz auf rd. 250 GWh an, im Wärmepumpenszenario auf rund 160 GWh im Jahr 2040. Diese Wärmemengen implizieren die Sanierungsaktivitäten, wie in Kapitel 3.1 genannt.

Bereits heute wird die Fernwärme durch diverse Energieerzeugungsanlagen verteilt auf dem Stadtgebiet gespeist. Eine Dekarbonisierung der Fernwärme bedeutet in Bezug auf das Hauptfernwärmenetz, dass einerseits fossile Erdgas-BHKW ersetzt werden müssen (z.B. Maichingen Grünäcker), dass Abwärme aus dem Mercedes-Benz GUD nicht mehr genutzt werden kann und dass die Wärme aus dem RMHKW nur unter der Bedingung weiter ins Fernwärmenetz eingespeist werden kann, dass die Emissionen des RMHKW durch Speicherverfahren nicht der Atmosphäre zugeführt werden. Zudem haben die Stadtwerke angekündigt, dass das Biomasse-Heizkraftwerk am Standort RMHKW außer Betrieb genommen wird.

Für die beiden Szenarien (Fernwärme und Wärmepumpe) werden somit folgende Rahmenbedingungen angenommen:

- Das **RMHKW** wird energetisch optimiert, es kommt jedoch nicht zu einer Mehrauskopplung an Fernwärme, da anzunehmen ist, dass für die Abscheidung von Treibhausgasen ein zusätzlicher Energieaufwand entsteht. Die Wärmemenge bleibt somit konstant. Es zeichnet sich ab, dass durch die Diversifizierung der Energieträger eine Neuordnung hinsichtlich der Lasten (Grund-, Mittel und Spitzenlast) notwendig wird. Anlagen wie die Großwärmepumpe an der Kläranlage sind dazu geeignet, ganzjährig grundlastfähige Wärme zu liefern. Das RMHKW wird somit ggf. flexibler gefahren werden müssen, eventuell über ein Speichermodell für den Restmüll durch Ballierung.
- Am Standort des RMHKW soll bis Ende des Jahrzehnts eine **Klärschlammverbrennungsanlage** entstehen. Die Projektierungen gehen aktuell davon aus, dass für Böblingen und Sindelfingen mindestens rd. 300 GWh Wärme pro Jahr entstehen, inkl. RMHKW. Davon wird die Hälfte dem Fernwärmenetz Sindelfingen zugerechnet.
- Das **Deponiegas-BHKW** wird noch bis 2030 betrieben. In 2040 wird es nicht mehr in Betrieb sein, da angenommen wird, dass die Deponie bis dahin vollständig ausgegast ist.
- Die geplante **Energiedrehscheibe Nord** wird bis 2030 weitgehend umgesetzt, insbesondere die Biogasleitung zur neuen Bioabfallvergärungsanlage wird gebaut. Im Fernwärmeszenario gehen wir davon aus, dass das Biogas (oder das aufbereitete Biomethan) in einer KWK-Anlage genutzt wird, bei einem thermischen Wirkungsgrad von 39% (lt. Technikkatalog BW). Dadurch entsteht eine Wärmemenge von rund 14 GWh. Im Wärmepumpenszenario wird das aufbereitete Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist, welches lokal fokussiert aufrechterhalten wird.
- Zudem wird an der Energiedrehscheibe Nord eine **Biomasse-Kesselanlage** installiert (mind. 2 x 7 MW), die einerseits mit den Biomassenmengen der Stadt beschickt werden könnten (siehe Potenzialanalyse, wir gehen von 5 GWh aus), andererseits mit weiterer Biomasse akquiriert von Forsteigentümer und Forsteigentümerinnen in der Umgebung.

- Die **Wärmepumpe an der Kläranlage** zur Nutzung der Abwärme aus dem Kläranlagenabfluss ist sowohl beim Wärmepumpen-Szenario als auch beim Fernwärmeszenario sinnvoll. Es ist davon auszugehen, dass dadurch die Lasten verschoben werden, siehe Punkt 1 zum RMHKW.
- Im Fernwärmeszenario sind zudem weitere umfangreiche Anlagen zu konzipieren und umzusetzen. Dazu gehören **Dachflächen-Solarthermieanlagen** in einer Größenordnung von 14,5 GWh/a, das entspricht rund 45.000 m² Dachfläche. Bei der Berechnung des Dachflächenpotenzials wurde in Sindelfingen (ohne Daimler und ohne Darmsheim) ein Dachflächenpotenzial von über 510.000 m² identifiziert, welches theoretisch zur Verfügung steht. Dazu ins Verhältnis gesetzt handelt es sich um eine Fläche von 9%, die für Solarthermie für die Fernwärme genutzt werden müsste.
- Zusätzlich müssten **Freiflächen für Solarthermiegroßanlagen** mobilisiert werden. Hier wurden konkret die Flächen auf der Kläranlage, die Fläche auf dem Autobahndeckel wie auch 20% der Fläche Holder/Sailer als Potenzialfläche angesetzt. Mit hocheffizienten Vakuumröhrenkollektoren könnten so rund 23,5 GWh/a erzeugt werden.

Wie in den beiden Szenarien die Wärmeerzeugungsstruktur aussehen könnte, wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

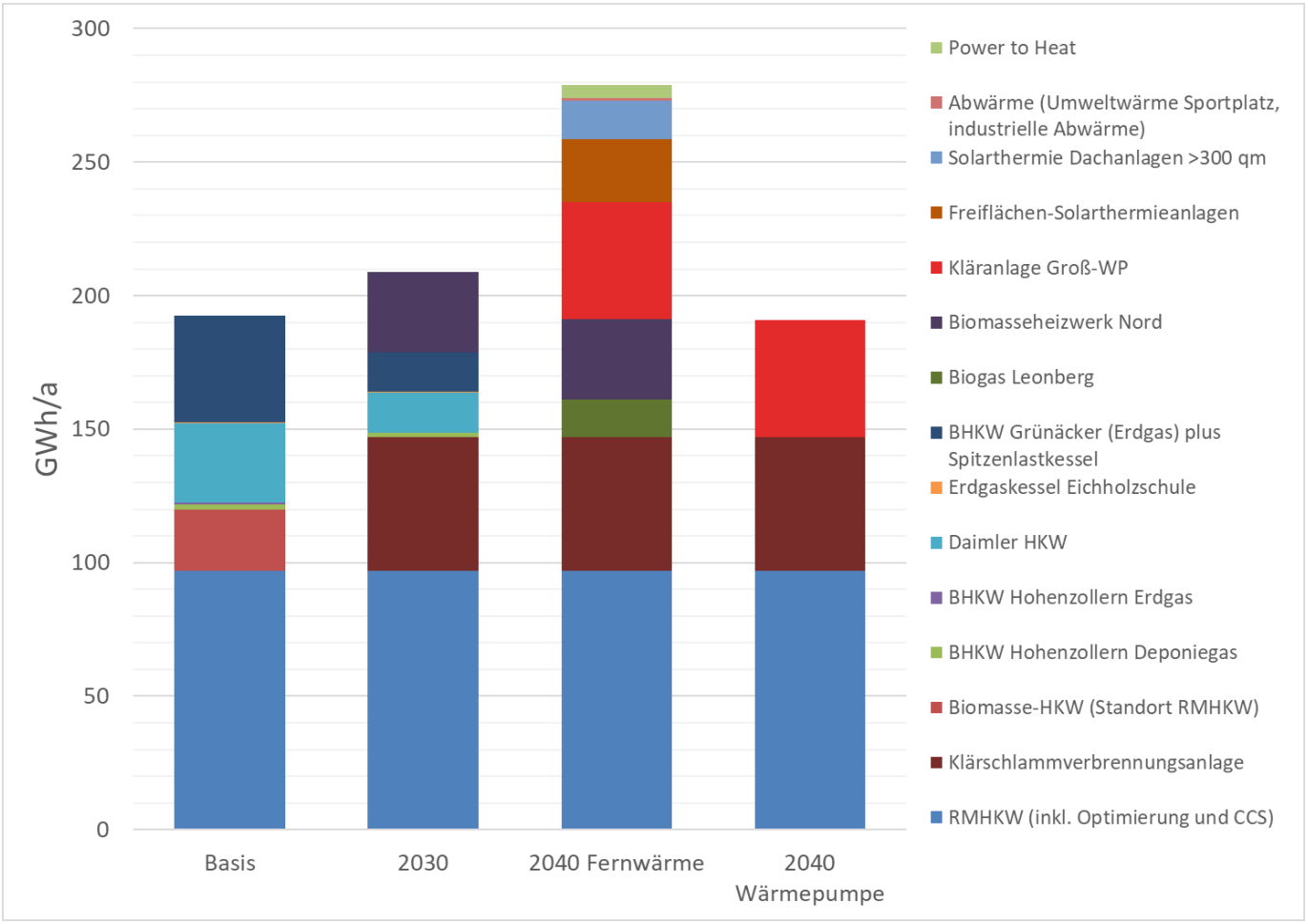

Abbildung 50: Umstellungsszenarien der Fernwärme Hauptnetz (Quelle: Eigene Darstellung)

Aus den beiden Szenarien zeigt sich, dass die Voraussetzungen für einen starken Fernwärmeausbau in Sindelfingen auch erzeugerseitig relativ gut sind. Die komfortable Situation entsteht einerseits durch das RMHKW und andererseits durch die geplante Klärschlammverbrennungsanlage. Während ein intensiver und sehr optimistischer FW-Ausbau bis 2040 durchaus herausfordernd ist, da sehr unterschiedliche Wärmequellen dafür zu mobilisieren wären, zeigt das Wärmepumpenszenario, dass eigentlich viele gerade aufwendig zu erschließende, erneuerbare Wärmequellen wie die Freiflächen-Solarthermie oder in Teilen kritisch zu bewertende Biomassekessel nicht weiter in Betracht gezogen werden müssten.

4.3.4 THG-Bilanz 2030 und 2040

Für die beiden Versorgungsszenarien können THG-Bilanzen für die Jahre 2030 und 2040 gerechnet werden. Ausgangsbasis sind hierfür folgende Daten:

- Umstellungsszenarien für das Fernwärmenetz der Kernstadt (siehe Abbildung 50),
- Umstellungsszenarien für die Fernwärme in Darmsheim (siehe Abbildung 48) sowie die
- Wärmebedarfsentwicklung und mögliche Verteilung auf die verschiedenen Energieträger (siehe Abbildung 47).
- Emissionsfaktoren laut Technikkatalog der KEA, die für die Wärmeplanung auch für die Jahre 2030, 2040 und 2050 zur Verfügung gestellt wurden, ergänzt um Emissionfaktoren für Klärschlammverbrennung nach UBA 2022.

Im Fernwärmenetz der Kernstadt würde mit der oben dargestellten Entwicklung in 2030 ein durchschnittlicher Emissionsfaktor von 0,096 t/MWh Endenergie vorliegen. In 2040 wird nochmal differenziert zwischen dem Fernwärmeszenario und dem Wärmepumpenszenario. Im Fernwärmeszenario kann der Emissionsfaktor auf 0,068 t/MWh Endenergie (also einschließlich der Netzverluste) reduziert werden, indem die oben dargestellte Erzeugerdiversifizierung durchgeführt wird. Im Wärmepumpenszenario würde der Fernwärmefaktor 2040 bei 0,084 t/MWh landen.

Diese Werte zeigen, dass eine vollständige Dekarbonisierung allein durch eine Umstellung der Fernwärme nicht möglich ist. Das liegt einerseits an der Relevanz des RMHKW und der Klärschlammverbrennungsanlage. Andererseits am Strommix, der zukünftig zunehmend an Bedeutung im Fernwärmenetz gewinnt, da beispielsweise Großwärmepumpen mit Strom betrieben werden.

Für Darmsheim stellt sich die Situation wie folgt dar: In 2030 liegt der Emissionsfaktor bei entsprechender Einbeziehung von Geothermie aus Erdwärmesonden bei 0,115 t/MWh Endenergie. In 2040 reduziert sich der Faktor auf 0,035 t/MWh im Fernwärmeszenario, auf 0,049 t/MWh im Wärmepumpenszenario. Auch hier ist eine vollständige Dekarbonisierung aufgrund des Strombedarfs und der vorgegebenen Entwicklung des Stromemissionsfaktors von 0,27 t/MWh in 2030 bzw. 0,151 t/MWh in 2040 nicht gegeben.

Im Vergleich dazu lag der Faktor laut THG-Bilanz bei 0,140 t/MWh im Jahr 2019 für das gesamte Fernwärmesystem in Sindelfingen. Eine Differenzierung zwischen den beiden Fernwärmenetzen ist in der Bilanz aufgrund der Datengrundlage nicht möglich.

Trotz der oben beschriebenen Herausforderungen zur vollständigen Dekarbonisierung wird in der folgenden Abbildung deutlich, wie stark die THG-Emissionen in Sindelfingen, die durch

den Wärmeverbrauch verursacht werden, zurückgehen könnten. Im Basisjahr liegen die THG-Emissionen bei insgesamt rund 125.000 Tonnen CO_{2e}. Bis 2030 ließen sich diese um fast die Hälft reduzieren. Diese Reduktion ist insbesondere auf den Verbrauchsrückgang durch die Effizienzverbesserungen wie auch auf den starken Ausbau der Fernwärme zurückzuführen, was zu einem deutlichen Rückgang der Heizöl- und Endgasverbräuche führt.

Bis 2040 könnten durch die Transformation des Wärmesektors rund 77 % bzw. 82 % der THG-Emissionen im Wärmesektor eingespart werden. Eine vollständige Dekarbonisierung ist aufgrund der Energieträger in der Fernwärme (RMHKW, Klärschlammverbrennung) und dem Wärmepumpenstrom im Szenario nicht erreichbar. Hierfür wären zusätzliche Maßnahmen wie eine CO_2-Abscheidung und Speicherung wie auch ein stärkerer Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor notwendig.

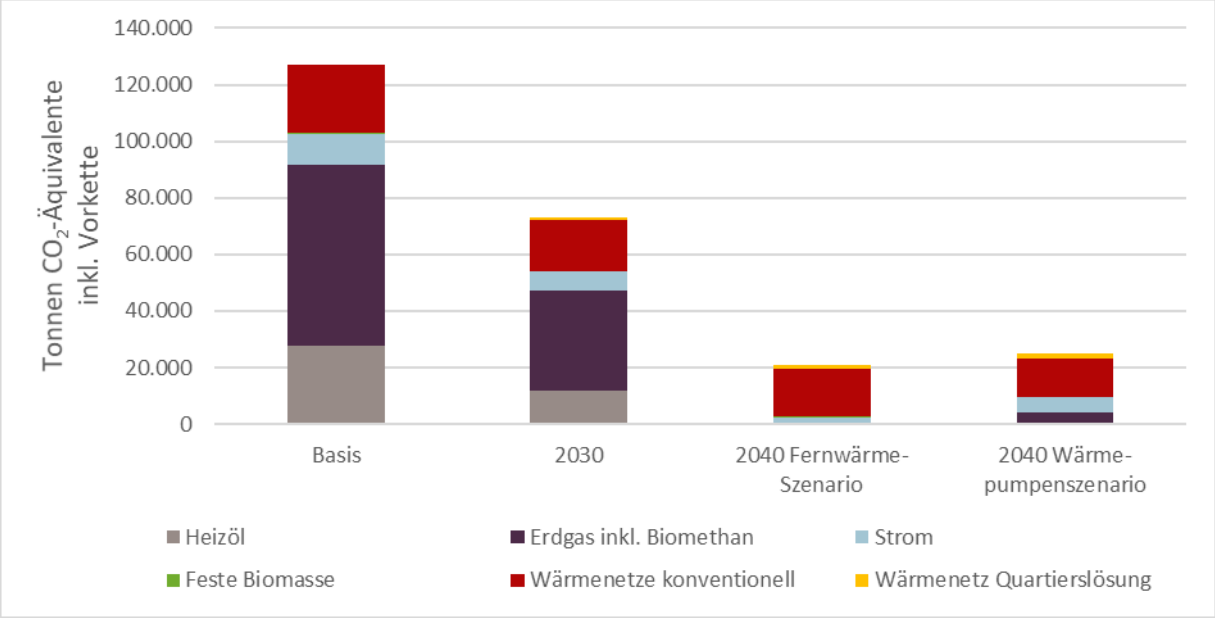

Abbildung 51: THG-Bilanz der Wärmeversorgung in Sindelfingen entsprechend der Versorgungsszenarien (Quelle: Eigene Darstellung)

5 Wärmewendestrategie

5.1 Strategiefelder

Die vollständige Dekarbonisierung der Wärmeversorgung erfordert folgende Strategien:

- Beschleunigung der Gebäudesanierung und die Vorbereitung der Gebäude für den Einsatz von Niedertemperatur (NT-Readiness) sowie eine Lenkung der Heizungsumstellung
- Lenkung der Heizungsumstellungen in Gebieten mit dezentraler Versorgung
- Aufbau von Quartierslösungen zur gemeinsamen Energieversorgung
- Ausbau und Verdichtung der Fernwärme
- Transformation der Fernwärme
- Raum- und Flächenmanagement für den EE-Ausbau

Die herausfordernde Transformation erfordert den Einsatz und das Zusammenwirken vieler verschiedener Akteure und Akteurinnen. Dabei spielt *Sensibilisierung* ebenso eine wichtige Rolle wie die *Motivation* von Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen zur Sanierung und die Akzeptanz zum Umbau von Gebäuden. Aber auch die Rolle der Verwaltung sowie der Stadtwerke bei der *Planung* von Infrastrukturmaßnahmen im öffentlichen Raum und die mit der *Umsetzung verbundenen Bautätigkeiten* müssen ins Bewusstsein gerückt werden. Nicht zuletzt gibt es Möglichkeiten der *Regulierung*, von denen eine Kommune gemeinsam mit dem städtischen Fernwärmeversorger Gebrauch machen kann. Vor diesem Hintergrund lassen sich die für eine erfolgreiche Wärmewende notwendigen Maßnahmen in folgende Strategiefelder klassifizieren, die in Abbildung 52 dargestellt und den kommenden Kapiteln kurz beschrieben sind.

Abbildung 52: Überblick über die Strategiefelder der Wärmewende (Quelle: eigene Darstellung)

5.1.1 Gebäudesanierung und NT-Readiness beschleunigen

Eine der zentralen Säulen für ein Gelingen der Wärmewende ist eine Senkung des Gesamtbedarfs an Wärme. Da der Raumwärmebedarf einen Großteil der Wärmenachfrage bestimmt, kann eine Reduktion vor allem durch die Ergreifung von Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle erfolgen. Darüber hinaus muss die Wärmeversorgung auf ein deutlich geringeres Temperaturniveau umgestellt werden, um erneuerbare Energien effizienter und umfassender nutzen zu können. Das geschieht beispielsweise durch den Einbau von Flächenheizungen oder von ausreichend großen Heizkörpern. Dass Gebäudeeffizienz darüber hinaus systemdienlich ist, zeigte eine Studie des ifeu und des FIW im Auftrag des Verbandes für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. (Mellwig et al. 2023). Darin wurde festgestellt, dass Effizienzmaßnahmen nicht nur dafür sorgen, dass der Energiebedarf insgesamt sinkt, sondern auch, dass das Energiesystem entlastet wird, da die Speicherfähigkeit steigt.

Die Sanierungsentscheidungen für Bestandsgebäude werden von den Eigentümern getroffen, die ordnungsrechtliche Steuerung erfolgt vorrangig durch Vorgaben im Gebäudeenergiegesetz auf Bundesebene. Auch die Fördermittel werden vorrangig auf Bundesebene zur Verfügung gestellt, vor allem im Rahmen der BEG-Förderung. Spezielle Landesförderungen ergänzen dieses Förderangebot. Ein Zielszenario für das Land Baden-Württemberg zeigt, dass durch eine ambitionierte Instrumentenausgestaltung auf Bundes- und Landesebene idealerweise eine Steigerung der Sanierungsrate um ca. 35 % möglich sein wird (Kelm et al. 2022). Gleichzeitig kann die kommunale Ebene hier steuernd eingreifen bzw. unterstützen.

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Wirkung der Instrumente der Bundes- und Landesebene in Sindelfingen erhöhen, durch gezielte Sensibilisierung, Beratung und ggf. durch spezifische, zielgerichtete eigene Förderung.

Aktivitäten:

- Ausbau der Beratungskapazitäten in und mit geeigneten Institutionen, wie beispielsweise der Energieagentur Landkreis Böblingen; Kombination der Beratungsinhalte mit Wärmeplanungsergebnissen für das Quartier oder den Baublock.
  - Entwicklung von Beratungsangeboten in Quartieren (z. B. Haus-zu-Haus-Beratung, individuelle Sanierungsfahrplan-Beratung (iSFP);
  - Etablierung und Umsetzung von Beratungsangeboten zum Thema NT-Ready (Kommunikation eines NT-Ready Schnellchecks, Umsetzung von NT-Ready-Pilotprojekten mit Infokampagne), im Idealfall in Kooperation mit Schornsteinfeger und Schornsteinfegerinnen;
  - Verbreitung von Materialien zum Thema Sanierung im Denkmalschutz (z.B. aus dem Zukunft-Altbau-Programm des Landes, Aufbau eines Dialogs mit Energieberater und Energieberaterinnen);
- Umsetzung von Projekten mit serieller Sanierung[1]
  - Identifikation von geeigneten Gebieten
  - Initiierung eines Pilotprojekts zum seriellen Sanieren in geeigneten Gebieten

[1] Unter serieller Sanierung versteht man energetische Gebäudesanierung unter Einsatz industriell / modular vorgefertigten Elemente, beispielsweise für Fassaden- oder Dachdämmung.

  - Unterstützung der Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen bei der Beantragung von Fördermitteln (z. B. in Form von Unterstützung bei der Gründung geeigneter Organisationsformen mehrerer Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen)
  - Umsetzungsunterstützung
  - Filmische Dokumentation und Kommunikation der Erfahrungen und Erkenntnisse
- Aufbau von sehr spezifischen Förderprogrammen, um soziale Härten abzufangen (z.B. warmmietenneutrale Sanierungsförderung)
- Vorbildwirkung der Stadtverwaltung verdeutlichen, durch Umsetzungsplanung für eigene Gebäude (Sanierungskonzepte, Umstellung auf erneuerbare Energien, Dachflächenanalysen, Ausbau der PV und ggf. der Solarthermie auf Dachflächen). Beispiele hierfür sind schon vorhanden, etwa die 2022 verabschiedete Solaroffensive und der Masterplan Schulen.

5.1.2 Lenkung der Heizungsumstellungen in Gebieten mit dezentraler Versorgung

Während die Verwaltung mit den Stadtwerken als Kooperationspartner in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung einen großen Handlungsspielraum hat, ist der kommunale Handlungsspielraum in Gebieten, die nicht an die Fernwärme angeschlossen sind, deutlich eingeschränkt. Es gibt nur wenige und darüber hinaus eher indirekte Möglichkeiten, die Entwicklung der dezentralen Wärmeversorgung zu beeinflussen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen werden auf Bundesebene mit der 65-Prozent-Regelung über das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) geschaffen. Die Förderbedingungen für Bestandssanierungen definiert weitgehend der Bund über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG-Förderung) sowie das Land über ergänzende Förderangebote. Wichtig ist, dass vor Ort den Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen wärmeplanungskonforme Lösungen aufgezeigt werden. Dafür sind weitere Akteure und Akteurinnen ins Boot zu holen.

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Den Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen in Gebieten, die zukünftig dezentral versorgt werden, aufzeigen, welche konkreten Versorgungslösungen vorhanden sind und welche Schritte notwendig sind, um diese nutzen zu können.

Aktivitäten:

- Veröffentlichung der Zonierung und Entwicklung von Kommunikationsstrategien zur Ansprache von Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen
- Definition, Beschlussfassung und Erlass von Schallschutzregelungen und Verbreitung von Aufstellungsempfehlungen für Luft-Wärmepumpen
- Etablierung spezieller Unterstützungsangebote für Gebäude mit Gasetagenheizungen und Stromdirektheizungen, wie z. B.
  - Prüfung Zuschussprogramm für Investitionen in Zentralisierung
  - Förderung der Baubegleitung oder eines Koordinators (z. B. bei Wohnungseigentümergemeinschaften) für Zentralisierungsmaßnahmen

- Aufzeigen und exemplarische Umsetzung von Etagenlösungen via Luft-Wasser-Wärmepumpe (inkl. Kommunikation)

5.1.3 Aufbau von Quartierslösungen zur gemeinsamen Energieversorgung (Gemeinschaftsprojekt Wärmewende)

Der Aufbau von separaten Niedertemperaturnetzen mit Vorlauftemperaturen von 30°C bis 40°C, sogenannten kalten Nahwärmesystemen, in denen direkt das Wärmeträgermedium von Erdwärmekollektoren fließt[1] oder in manchen Fällen von spezifischen Mikro-Wärmenetzen (z. B. zur Versorgung einer Reihenhauszeile), ist notwendig, da im Stadtgebiet Sindelfingen nur begrenzt dezentrale Wärmequellen erschlossen werden können, manche Luft-Wärmepumpen in eng bebauten Gebieten zu Schallproblemen führen können und der Fernwärmeausbau aus Kapazitäts- und Baulastgründen an manchen Stellen nicht weiter ausgedehnt werden kann. Quartiersversorgungslösungen kombinieren hier mehrere Vorteile:

- Es kann mit einer niedrigen Netztemperatur geplant werden, ggf. in Form von kalter Nahwärme. Dadurch reduzieren sich Verlegekosten.
- Das Einbinden weiterer Energiequellen (z. B. Solarthermie oder Abwärme) wird leichter und ökonomisch attraktiver.
- Innovative Lösungen lassen sich ggf. schneller etablieren, beispielsweise eine Verteilungsverrohrung durch Keller oder Gärten.
- Neue Akteure und Akteurinnen oder gemeinschaftliche Projekte (z. B. Genossenschaften) könnten eine zentrale Rolle einnehmen – die Wärmewende wird zum Gemeinschaftsprojekt.

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Aufbau von Akteursnetzwerken im Quartier zur Umsetzung von gemeinschaftlichen Wärmewendeprojekten, Förderung des zivilgesellschaftlichen Engagements für die Wärmewende, Realisierung der dezentralen Wärmenetze.

Aktivitäten:

- Beauftragung einer Machbarkeitsstudie zur energetischen Nutzung der Energie aus Abwasser in der Krautgartensiedlung und im Fronäcker inkl. des Aufbaus eines Niedertemperatur-Wärmenetzes
  - Einbindung der dort ansässigen Akteure und Akteurinnen (Unternehmen, Gebäudebesitzer und Gebäudeeigentümerinnen etc.)
- Unterstützung beim Aufbau von Genossenschaften und von Public-Private-Partnership-Projekten zum Bau von EE-Anlagen / Großwärmepumpen
  - Im Rahmen der Quartierssanierung in Hinterweil sollten dort ansässige Akteure und Akteurinnen identifiziert werden, die ggf. mit Unterstützung der Stadtwerke zusätzlich zum in Hinterweil geplanten Ausbau der Fernwärme eigene Wärmeversorgungskonzepte umsetzen.

[11] Beispiel: https://www.stadtwerke-bad-nauheim.de/waermeversorgung/kalte-nahwaerme/wie-funktioniert-kalte-nahwaerme

- Aktivierung und Begleitung von Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen in den eng bebauten Gebieten (vlg. Abschnitt 4.2.4) mit dem Ziel der Umsetzung einer gemeinschaftlichen Versorgung über ein Mikro-Netz (z. B. im Spitzholz)
  - Umsetzung eines Pilotprojekts zur gemeinsamen Versorgung einer Reihenhauskette mit Versorgungsleitungen durch Keller
- Kontinuierliche Fortführung der Wärmeplanungsergebnisse und Identifikation von weiteren Quartieren für Niedertemperatur-Netze (ggf. zur Entlastung des Fernwärmeausbaus)

5.1.4 Ausbau und Verdichtung des Bestands-Fernwärmenetzes

Eine zentrale Säule des Zielszenarios ist der Ausbau und die Verdichtung der Fernwärme. Diese soll in mehreren Stufen erfolgen. Der große Vorteil in Sindelfingen ist die Ausgangssituation: das Fernwärmenetz verzweigt sich bereits heute weit im Stadtgebiet. Die letzten Jahre wurden sukzessive neue Gebiete erschlossen und die Stadtwerke haben bereits mögliche Ausbaugebiete für die nächsten Jahre identifiziert. Durch den weiteren Anschluss von Gebäuden in bereits erschlossenen Gebieten oder in unmittelbarer Nähe kann der Anteil der Fernwärme von aktuell rd. 30% auf 43% erhöht werden.

Auf Basis der detaillierten Analysen in Abschnitt 4.2 konnten weitere geeignete Gebiete identifiziert werden, bei denen im Zeithorizont 2030 bis 2040 ein Fernwärmeanschluss sinnvoll sein könnte. Diese Gebiete sollten in den kommenden Jahren einer vertieften Prüfung unterzogen werden.

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Gebiete mit dauerhaft hohen Wärmedichten an die Fernwärme anschließen, insbesondere Gebiete, wo keine / wenige alternativen Versorgungslösungen existieren, wie z. B. in der Innenstadt. Damit verbunden können Fördermittel des Bundes und des Landes akquiriert und vor Ort in die Umsetzung investiert (Hebelwirkung) werden.

Aktivitäten:

- Runder Tisch Infrastrukturplanung für den FW-Ausbau bis 2030, Optimierung der bestehenden Abstimmungsprozesse für Infrastrukturprojekte unter Berücksichtigung ggf. bestehender Zielkonflikte, beispielsweise zwischen Baumbestand und Leitungsbau; Einbezogen werden Vertreterinnen und Vertreter der Ämter Verkehr und Tiefbau, Stadtgrün, Entwässerung sowie der Stadtwerke; Ziel: Synergetisches Vorgehen, Verringerung der Beeinträchtigungen für Anwohnerinnen und Anwohner
- Entwicklung von Wärmelieferangeboten als Zwischenlösung bis FW-Anschluss lokal verfügbar, insbesondere für aktuell mit Erdgas und Heizöl versorgte Gebäude
- Digitalisierung der Fernwärme (Smart Metering, Zählerfernauslesung, Lastmanagement)
- Zielgenaue Ansprache potenzieller FW-Kunden hinsichtlich der Möglichkeiten und der Zeitachse des Wärmenetzausbaus
  - Städtische Liegenschaften im Ausbau- und Verdichtungsgebiet an die Fernwärme anschließen
  - Integration des Themas FW-Ausbau ins Quartierskonzept Goldberg

- Detaillierte Planung und Ausbau der FW-Eignungsgebiete bis 2030 (Stadtwerke-Ausbau, Nahausbau)
- Prüfung der Versorgungsmöglichkeiten für Gebiete mit besonderen Herausforderungen, beispielsweise der Innenstadt:
  - Abstimmung einer möglichen zentralen Versorgungsoption mit dem Regierungspräsidium um Hürden (z. B. hinsichtlich Denkmalschutz) frühzeitig zu identifizieren und zu adressieren.
  - Prüfung, ob eine „Fernwärmesatzung Innenstadt“ Vorteile sowohl für potenzielle Kunden und Kundinnen als auch für die Stadtwerke bringt
  - Vertriebsmodell für Kundenakquise
- Prüfung der Eignungsgebiete Fernwärme nach 2030, gezielte Ansprache der Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen in diesen Gebieten

5.1.5 Transformation der Fernwärme

Die Fernwärme leistet bereits heute einen wichtigen Beitrag zur THG-Reduktion in Sindelfingen. Die Relevanz der Fernwärme nimmt laut Zielszenario deutlich zu. Für diesen Ausbau ist es jedoch notwendig, weitere alternative Energiequellen vor Ort zu erschließen. Bis 2040 gilt es, die gesamte Fernwärme zu dekarbonisieren, um den notwendigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Stadt Sindelfingen und Baden-Württembergs zu leisten. Es ist davon auszugehen, dass die Bundesregierung im Rahmen des Wärmeplanungsgesetzes ein Quotenziel (50% EE- oder Abwärme in Wärmenetzen) auch für die Fernwärme bis 2030 definieren wird (BMWK Referat IIA2 2022). In Sindelfingen wird man – um den regenerativen Fernwärmeanteil ausbauen zu können – den aktuell bereits breiten Energieträgermix weiter diversifizieren müssen. Dabei müssen zukünftig auch Energieträger eingespeist werden können, die ein deutlich geringeres Temperaturniveau erfordern (Abwärme, Solarthermie, oberflächennahe Geothermie in Darmsheim).

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Dekarbonisierung der Fernwärme und Integration von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme in das Fernwärmenetz

Aktivitäten:

- Erarbeitung eines Transformationsplans der Fernwärme in Sindelfingen mit dem Ziel der Temperaturabsenkung, Umsetzung von ersten Maßnahmen, die eine Temperaturabsenkung fördern (beispielsweise der Bau der dritten Fernwärme-Transportleitung zum RMHKW, um die Wärmetransportkapazitäten in die Stadt Sindelfingen bei geringeren Temperaturen zu erhöhen, Ansprache von Hochtemperaturkunden und gemeinsame Erarbeitung von Lösungen zur Temperaturreduktion)
- Entwicklung eines Transformationsplans für das Wärmenetz in Darmsheim
- Konzeption und Planung von saisonalen Wärmespeichern im Zusammenhang mit dem Aufbau von Quartierslösungen; Beispiele: Crailsheim[1], Neckarsulm[2]

[1] https://www.stw-crailsheim.de/ueber-uns/projekt-solarthermie/

[2] https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Projekte/WSProjekte_DE/Neckarsulm_Amorbach_II.html

- Entwicklung von Lösungen für die Wärmeeinspeisung Dritter
- Sukzessive Umstellung der FW-Versorgung in Darmsheim
  - Konkretisierung der EE-Potenziale in Darmsheim bzgl. Sondenbohrungen, Freiflächen-Solarthermieanlagen, Grünschnitt- und Biomasse aus der Grünpflege und dem städtischen Forst
- Sukzessive Umstellung der Fernwärmeversorgung im Hauptnetz
  - Umsetzung der Energiezentrale Nord
  - Bau der Klärschlammverbrennungsanlage am Standort RMHKW
  - Durchführung einer Machbarkeitsstudie und Planung der Abwärmenutzung aus dem städtischen Kläranlagenablauf, Bau der Großwärmepumpe am Standort
  - Strategische Planung der Zukunft des RMHKWs, Betrachtung des Restmüllspeicherpotenzials inklusive Klärschlammmonoverbrennung
  - Ansprache der Unternehmen bzgl. der Abwärmenutzung, in Kooperation mit den Regionalen Kompetenzstellen des Netzwerks Energieeffizienz (KEFF) Beratung anbieten
  - Mobilisierung von Dachflächen größer 300m² und Entwicklung von Geschäftsmodellen zum Bau von Solarthermieanlagen inkl. Einspeisung ins Wärmenetz
  - Machbarkeitsstudien zum Bau von Freiflächen-Solarthermieanlagen für die Fernwärme (Holder/Seiler, südlich von Darmsheim, westlich des Steinbruchs Schäfer, auf der Fläche der Kläranlage sowie auf dem Autobahndeckel), Bau von Anlagen
  - Perspektivisch: Prüfung von potenziellen Wärmequellen bei anstehenden Bauaktivitäten (Wärmequellen bei Tiefgaragenbau, Straßen- und Gehwegsanierungen[1], Sportplatzsanierungen[2] etc.)

5.1.6 Flächenmanagement zum Ausbau der erneuerbaren Energien

Im Szenario ist die Annahme enthalten, dass der Endenergieverbrauch bis 2030 um 14 % sinkt, bis 2040 um 37 %. Dabei handelt es sich um ambitionierte Ziele, die hauptsächlich durch die Gebäudesanierung erreicht werden können. Um den verbleibenden Energieverbrauch durch erneuerbare Energien decken zu können, ist vor allem Fläche notwendig. Einerseits, weil der Ausbau von PV-Anlagen zur Stromerzeugung gesamtwirtschaftlich relevant ist und weil die Solarthermie einen entscheidenden Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann, ohne dass PV-Ausbauziele gefährdet werden. In Gebieten mit vorranging dezentraler Versorgung wird Wärmepumpen Aufstellflächen benötigt, die aufgrund der Schallproblematik auch Abstände zueinander einhalten müssen.

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Etablierung eines kommunalen Flächenmanagements und Mobilisierung von Flächen für den Ausbau der erneuerbaren Energien.

[1] Siehe auch https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/heat-harvest.php
[2] Beispiel Tingleff https://www.nordschleswiger.dk/de/nordschleswig-tingleff/wuehlen-fuer-erdwaerme

Aktivitäten:

- Entwicklung von zielgruppenspezifischen Instrumenten zur Mobilisierung von Flächen (für kommunale und private Unternehmen, private Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer, Landwirtinnen und Landwirte)
  - Bau von PV-Anlagen auf Garagen der Wohnstätten Sindelfingen, Umsetzung von weiteren gebäude- oder quartiersbezogenen Mieterstrommodellen
  - Aktivierung weiterer größerer Bestandshaltender von Wohngebäuden in Sindelfingen
  - Ansprache von Parkplatzeigentümer und Parkplatzeigentümerinnen
  - Kommunikation von Finanzierungslösungen an Unternehmen durch die Wirtschaftsförderung
- Entwicklung von großen PV-Anlagen in Sindelfingen (Abstimmung zu rechtlichen Instrumenten z.B. an Parkplatzflächen)
- Mobilisierung von Flächen in Quartieren für Energiezentralen (z. B. für größere Wärmepumpen)
  - Planung von Flächenbedarf, Ansprache von Flächeneigentümer und Flächeneigentümerinnen
  - Umwidmung von städtischen Parkplätzen zu Flächen für Energiezentralen

5.1.7 Organisatorische Rahmenbedingungen in der Verwaltung, bei den Stadtwerken und darüber hinaus schaffen

Um die oben genannte Maßnahmen fokussiert in die Umsetzung bringen zu können, ist eine Beschlussfassung des Wärmeplans notwendig. Ausreichend personelle Kapazitäten müssen eingeplant werden, in der Verwaltung und bei den zentralen Akteuren und Akteurinnen (z. B. Stadtwerke, Wohnstätten) um die Herausforderungen angehen zu können. Wichtig ist, die Wärmewende in die bestehenden Verwaltungsbereiche zu integrieren. Aus der Sicht der Gutachterinnen betrifft das verschiedene Bereiche des Rathauses und der städtischen Töchter und Beteiligungen, die durch ein erweitertes Stabstellenteam Klimaschutz, in dem die Wärmewende eine zentrale inhaltliche Komponente einnimmt, koordiniert, vernetzt und unterstützt werden.

Ziel der Aktivitäten in diesem Strategiefeld: Kommunale Wärmeplanung und die Umsetzung entsprechender Maßnahmen wird in die betroffenen Ämter und Bereiche integriert, die kommunale Wärmeplanung wird als kontinuierliche Aufgabe wahrgenommen und in das Verwaltungshandeln integriert.

Aktivitäten:

- Beschlussfassung des Wärmeplans (z. B. der Zonierung, der sechs Maßnahmen mit höchster Priorität) und Erarbeitung einer gemeinsamen Zielsetzung der Verwaltung, der Stadtwerke, der Wohnstätten und ggf. weiterer Akteure und Akteurinnen der Wärmeplanung.
- Entwicklung von inhaltlichen Beschlüssen für die Umsetzung der Wärmeplanung:

  - zu erweiterten Pflichten im Rahmen der Bebauungsplanung und bei städtebaulichen Verträgen, beispielsweise mit Vorgaben zur Dachflächennutzung[1]
  - zielkonforme Beschlüsse bzgl. Sanierung / Heizungsumstellung und Dachflächenbelegung mit PV/Solarthermie eigener Liegenschaften und Flächen
- Überführung der kommunalen Wärmeplanung in den Regelbetrieb und Verzahnung der dafür notwendigen Stellen innerhalb und außerhalb der Verwaltung (Vernetzung mit KfW-432-Quartierskonzepten und Quartiersmanagement in Hinterweil und Goldberg, Vernetzung der zentralen Akteure wie Stadtwerke, Wohnstätten, Zweckverband RMHKW, Mercedes-Benz und weitere Unternehmen, ...)
- Berücksichtigung von Wärmeversorgungslösungen bei nahezu allen Bauaktivitäten in der Stadt (bei Tiefbau, Hochbau, Straßenbau, Sanierungsarbeiten Infrastruktur, Sportplatzsanierungen etc.), Mitdenken von potenziellen Wärmequellen;
- Kommunikation in der Stadt zum Thema Wärmewende (Thema auf der Agenda halten, Ziele kommunizieren, Sensibilisieren über Bezirke, zur Verfügung stehende Kanäle bearbeiten etc.), Slogan entwickeln, Wärmeplanung unter ein Image-Dach stellen);
- Stärkung der Stadtwerke: Ausbau von Personalkapazitäten, Aufbau von weiteren Geschäftsfeldern (z. B. Niedertemperatur-Netzplanung und -betrieb, Zwischenlösungscontracting);
- Leerstand erheben, Neubau suffizient und nachhaltig gestalten;
- Austausch mit anderen Städten und Gemeinden zu konkreten Fragen der Wärmeplanung sowie zum Erfahrungsaustausch;

5.2 Schwerpunktsetzung bis 2030

Die dargestellten Strategiefelder und Aktivitäten können in folgende Maßnahmen gegossen werden, deren Umsetzung bis 2030 empfohlen wird. Die Maßnahmen sind so gestaltet, dass eine sofortige Umsetzung starten kann.

5.2.1 M1: Vorbildwirkung der Stadt ausbauen, Gebäude, Infrastruktur und öffentliche Flächen aktivieren

M1) Vorbildwirkung der Stadt ausbauen, Gebäude, Infrastruktur und öffentliche Flächen aktivieren

Ziele:

- Endenergieverbrauch der städtischen Liegenschaften reduzieren
- Umstellung der Energieversorgung in Städtischen Liegenschaften auf erneuerbare Energien und wo immer möglich Anschluss an die Fernwärme
- Dachflächen städtischer Liegenschaften mit PV- oder Solarthermieanlagen bebauen (vgl. Beschluss “Solaroffensive Sindelfingen” vom Dezember 2022)
- Parkplatzflächen in öffentlicher Handmit PV-Anlagen überbauen (unter Berücksichtigung des Zielkonflikts mit städtischer Begrünung)

Meilensteine:

[1] Weitere Möglichkeiten zur klimagerechten Bauleitplanung zeigt der Leitfaden https://reabw.de/wp-content/uploads/2020/10/200924-Leitfaden-klimagerechte-Bauleitplanung.pdf (Zugriff am 8.5.2023)

- Bis 2030 wird angestrebt, alle öffentlichen Gebäude in unmittelbarer Nähe zum FW-Netz an die Fernwärme anzuschließen.
- Die Analysen zur Nutzung von Dachflächen städtischer Liegenschaften werden abgeschlossen.
- Es werden PV-Anlagen in einer Größenordnung von 1,5 MWp auf städtischen Liegenschaften errichtet. Es wird geprüft, ob ein Bilanzkreismodell umgesetzt werden kann, um die Wirtschaftlichkeit eigener PV-Anlagen zu verbessern und eigene Freiflächen-PV-Anlagen nutzbar zu machen.
- Mehrere kommunale Gebäude sind zielkonform saniert (Energiebedarf wurde deutlich reduziert, erneuerbare Energien werden eingesetzt, Wärmeplanungszonen wurden berücksichtigt), im Idealfall auch Gebäude ohne FW-Anschluss mit Wärmepumpenlösung.
- Es ist ein Sanierungsfahrplan erarbeitet, wie der städtische Gebäudebestand bis 2040 klimaneutral werden kann. Damit soll der energetische Sanierungsbedarf ermittelt werden.
- Mehrere öffentliche Parkplätze werden mit PV-Anlagen überdacht, zudem wurden Sindelfinger Unternehmen motiviert, ihre Parkplatzflächen mit PV-Anlagen zu überbauen. Das im April 2023 dafür geschaffene Förderprogramm in Baden-Württemberg wird kommuniziert und in Anspruch genommen[1].
- Im Masterplan Schulen und beim Neubau der Grundschule Rappenbaum werden Aspekte der Wärmeplanung (effizienter Gebäudestandard, Versorgung über Fernwärme oder erneuerbare Energien, Rolle von Wärmespeichern im Quartier, PV-Anlagenausbau etc.) beispielhaft berücksichtigt und bearbeitet.
- Es werden innovative Wärmelösungen bei der eventuellen Planung und beim Bau des Grünpflegebetriebs berücksichtigt; ggf. wird eine Quartiersversorgung mit einem Nahwärmenetz geplant.
- Nach Abschluss der Quartiersarbeit in Hinterweil und Goldberg werden weitere Quartiere bearbeitet.
- Bei der anstehenden Sanierung der Tiefgarage am Marktplatz wird die Wärmeplanung berücksichtigt, indem untersucht wird, ob Wärme aus der Tiefgarage als Umweltenergie nutzbar ist (Hinweis: ist bereits vorgesehen).
- Konkretisierung von Standorten für PV-Freiflächenanlagen und Solarthermie-Freiflächenanlagen (beispielsweise bei der Kläranlage, auf dem Autobahndeckel, auf der Fläche „Holder/Seiler“); Erarbeitung von Aufstellungsbeschlüssen mit dem Ziel der Erstellung eines Bebauungsplans für die Flächen inkl. Durchführung von Beteiligungsprozessen, Entwicklung von rechtlichen Voraussetzungen (Nutzungs- und Pachtverträge);
- Durchführung einer Machbarkeitsstudie[2] aufbauend auf den Ergebnissen der ersten Potenzialanalyse zur Nutzung der Abwasserwärme des Kläranlagenablaufs, bestenfalls unter Einbeziehung des Themas Flächennutzung (PV oder Solarthermie) auf der Freifläche des Grundstücks;
- Durchführung der Machbarkeitsstudie zur Nutzung von Abwasserwärme aus dem Kanalsystem, beispielsweise am Standort Fronäcker und östlich der Krautgartensiedlung

Zeitraum:	2023-2030
Akteure:	Stadtverwaltung Sindelfingen (Stabsstelle Klimaschutz und nachhaltige Mobilität, Amt für Gebäudewirtschaft, Tiefbauamt, ZV Kläranlage, Eigenbetrieb Stadtentwässerung, u.a.)
Flankierende Maßnahmen:	Begleitung der Maßnahmen durch Öffentlichkeitsarbeit

[1] https://www.ptka.kit.edu/parkplatzuberdachung-mit-photovoltaik-2577.html (Zugriff: 4.3.2023)
[2] file:///C:/Users/Angelika/Downloads/bew_merkblatt_technik-3.pdf (Zugriff: 8.5.2023)

Bewertung	CO_2-Minderungspotenzial der Maßnahme	x	x	x		
	Gesellschaftlicher Wandel (Wirkungstiefe)	*	x	x	x	x
	Zusatznutzen: Vorbildwirkung, Imagezugewinn, Regionale Wertschöpfung					

5.2.2 M2: Flächenbereitstellung für technische Anlagen der Wärmewende

M2) Flächenbereitstellung für technische Anlagen der Wärmewende

Ziele:

- Ausbau von Solarthermie- und PV-Anlagen auf Dächern, Parkplatzflächen
- Aufbau zentraler Energieversorgungsanlagen für Mikronetze bzw. Quartierslösungen

Meilensteine:

- Es werden Instrumente erarbeitet, die zu einer Flächenmobilisierung führen. Dabei werden private Haushalte und Unternehmen angesprochen. Es werden Flächen für Solarthermieanlagen, PV-Anlagen und für Energiezentralen (z.B. Wärmepumpen) berücksichtigt. Denkbar sind Instrumente zur Verpachtung von Flächen, genossenschaftliche Beteiligungsmodelle, der Aufbau von Mieterstrommodellen etc. Ausgangspunkt für diese Aktivitäten können die Quartierskonzepte und das Sanierungsmanagement in Goldberg und Hinterweil sein, wo Ansprachen von Flächeneigentümer und Flächeneigentümerinnen konzipiert, durchgeführt und getestet werden.
- Ausbreitung der geschaffenen Instrumente und Strategien zur Flächenaktivierung auf weitere Quartiere bzw. das Stadtgebiet über geeignete Akteure und Akteurinnen, insbesondere auch nach Darmsheim, wo die Solarthermie eine relevante Rolle spielen kann.
- Strategische Planung und Durchführung des Ankaufs von Flächen in dicht bebauten Quartieren, um Quartierslösungen zu ermöglichen (z.B. in Hinterweil, Fronäcker und östlich der Krautgartensiedlung).

Zeitraum:	2023-2030					
Akteure:	Stadtverwaltung Sindelfingen (Stabsstelle Klimaschutz, Amt für Stadtentwicklung, speziell Quartiersmanagement für Hinterweil und Goldberg, sowie weitere Ämter und Bereiche)					
Flankierende Maßnahmen:	Kommunikation zum Thema Wertschöpfung, Förderung / Stärkung des Handwerks					
Bewertung	CO_2-Minderungspotenzial der Maßnahme	x	x	x		
	Gesellschaftlicher Wandel (Wirkungstiefe)	*	x	x	x	x
	Zusatznutzen: Wertschöpfung vor Ort, konkrete Kopplung der Quartiersarbeit mit Wärmeplanungsaufgaben					

5.2.3 M3: Klimaneutralität der städtischen Unternehmen und Zweckverbände

M3) Verpflichtung der städtischen Unternehmen und Zweckverbände auf das Ziel Klimaneutralität 2040 und die Ziele der Wärmeplanung

Ziele:

- Festlegung einheitlicher Ziel- und Umsetzungsvereinbarungen zwischen Stadt, Eigenbetrieben, Zweckverbänden und kommunalen Unternehmen
- Umsetzung erfolgt darauf aufbauend sukzessive

Meilensteine:

Stadtwerke und Stadtverwaltung legen Fernwärmeausbauziele bis 2030 fest. Dafür werden folgende Umsetzungsvereinbarungen getroffen:

- Gemeinsame Kommunikation der Ausbauziele, der FW-Gebiete und einer Roadmap
- Initiierung und Verstetigung eines Runden Tisches für die Infrastrukturplanung (Austausch zu Leitungsbauplänen, Klärung von Zielkonflikten zwischen Stadtgrün und FW-Ausbau) unter Beteiligung der neuen Stelle zur Erarbeitung des Masterplan Straßenbäume
- Transparente Kommunikation zum Thema FW-Versorgung der Innenstadt (Prüfen: Austausch mit Regierungspräsidium / Entscheiden: Ausbaujahre festlegen / Prozess gestalten und entscheiden: mit oder ohne Fernwärmesatzung Innenstadt / Kommunizieren)
- Gemeinsame Entwicklung von Übergangslösungen in FW-Ausbauzonen für vorzeitige Kesselabgänge (Contractingmodelle, Interimslösungen für fossile Kessel etc.)
- Prüfung und Konkretisierung von Quartieren zur Umsetzung von Projekten mit kalter Nahwärme oder Versorgungslösungen mit Fernwärme-Rücklaufanschlüssen.

Die **Wohnstätten Sindelfingen und die Stadtverwaltung** vereinbaren Umsetzungsschwerpunkte für Sanierungen und zum Ausbau der erneuerbaren Energien

- Klärung der Auswirkungen der Wärmeplanung auf die Wohnstätten und deren Sanierungsstrategie (Definition von Grundsatzbeschlüssen zu Sanierungsstandards, zu Standards beim Energieträgerwechsel)
- Gemeinsame Festlegung von Ausbauschritten für PV-Anlagen, Solarthermieanlagen und weitere geeignete erneuerbare Energien auf verschiedenen Flächen (Dachfläche, Parkplätze, etc.)
- Entwicklung und Implementierung gemeinsamer Lösungen für soziale Härten durch erhöhte Sanierungskosten (z.B. über warmmietenneutrale Förderung)
- Festlegung konkreter Sanierungsprojekte zur Entwicklung von Standardlösungen für Gebäude mit Gasetagenheizungen und Stromdirektheizungen, Sanierung dieser Gebäude als Piloten inkl. Begleitung (z. B. mit Filmteam), Ableitung von notwendigen und verbreitbaren Instrumenten (z.B. Koordinationsförderung bei WEG mit Gasetagenheizungen, um Zentralisierung zu unterstützen)

Der **Zweckverband Restmüllheizkraftwerk**, die Städte Böblingen und Sindelfingen sowie deren Stadtwerke tauschen sich zur Zukunft der Fernwärmeauskopplung aus dem Restmüllheizkraftwerk aus und einigen sich auf folgende Umsetzungspunkte:

- Umsetzung der Optimierungspotenziale im RMHKW
- Analyse des Restmüllspeicherpotenzials am Standort (Flächenbedarf und Ballierungstechnik)
- Nutzung der Klärschlammverbrennungsanlage zur Fernwärmeerzeugung, sofern ökologisch und ökonomisch sinnvoll

Zeitraum:	2023-2030
Akteure:	Stadtverwaltung Sindelfingen (Amt für Stadtentwicklung, Tiefbauamt, Amt für Grün und Umwelt, Eigenbetrieb Stadtentwässerung) Stadtwerke, Wohnstätten, Zweckverband Kläranlage Böblingen-Sindelfingen

	Energieberater und Energieberaterinnen zum Thema Sanierung Gasetagenheizungen					
Flankierende Maßnahmen:	Kommunikation der Festlegungen und der Prüfaufträge sowie der Ergebnisse, regelmäßiges Monitoring der umgesetzten Schritte, Erfolgsdarstellung, Verbreitung von entwickelten Instrumenten an weitere betroffene Akteure und Akteurinnen (weitere große Bestandshalter, Wohnungseigentümergemeinschaften (WEGs) etc.)					
Bewertung	CO_2-Minderungspotenzial der Maßnahme	x	x	x	x	x
	Gesellschaftlicher Wandel (Wirkungstiefe)	*	x	x	x	x
	Zusatznutzen: Stärkung der kommunalen Unternehmen					

5.2.4 M4: Dekarbonisierung der Fernwärme

M4) Dekarbonisierung der Fernwärme

Ziele:

- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Fernwärme mit dem Ziel der Dekarbonisierung bis 2040

Meilensteine:

- Sukzessive Planung und Umsetzung von Maßnahmen, die temperaturabsenkend wirken (z.B. Bau der 3. Leitung zum RMHKW, gezielte Ansprache von Hochtemperaturkunden und Entwicklung eines Umstellungsfahrplans)
- Berücksichtigung der geringeren Temperaturniveaus bei allen Erweiterungen und Veränderungen in der Fernwärme (z. B. beim Bau von Transportleitungen zur Energiedrehscheibe Nord)
- Überarbeitung des Tarifsystems insbesondere für neue Versorgungsverträge, Entwicklung von Dienstleistungen zur Umsetzung von Temperaturabsenkung bei Kunden und Kundinnen
- Planung und Bau der Energiedrehscheibe Nord, insbesondere der Biogasleitung nach Leonberg und der Biomassekessel für die Fernwärme
- Durchführung einer Machbarkeitsstudie Erdwärmenutzung in Darmsheim, kombiniert mit Freiflächen-Solarthermie)
- Prüfung der Einbindung von saisonalen Wärmespeichern inkl. Standortsuche (z. B. bei der Deponie Dachsklinge oder entlang der Tübinger Allee)

Zeitraum:	2023-2030					
Akteure:	Stadtwerke Sindelfingen					
Flankierende Maßnahmen:	Bis 2027: Erarbeitung von Transformationsplänen für die Fernwärme in Sindelfingen sowie für Darmsheim					
Bewertung	CO_2-Minderungspotenzial der Maßnahme	x	x	x	x	
	Gesellschaftlicher Wandel (Wirkungstiefe)	*	x	x		
	Zusatznutzen: Wertschöpfung vor Ort, Stärkung der Partnerschaften zwischen Zweckverband RMHKW, Stadtverwaltung und Stadtwerke;					

5.2.5 M5: Pilotquartier Hinterweil

M5) Pilotquartier Hinterweil: THG-neutrales Quartier bis 2035

Ziele:

- Dekarbonisierung von Hinterweil voranbringen, im Rahmen des Quartierskonzepts und des Sanierungsmanagements
- Entwicklung beispielhaftet Versorgungslösung in dicht bebauten Quartieren
- Prüfen und Testen verschiedener Angebote und Interventionen in Hinterweil
- Gezielte Verbreitung der Erfahrungen in die Gesamtstadt

Meilensteine:

- Zu Beginn des Quartierskonzepts (nach erfolgreicher Besetzung der Stelle Sanierungsmanagement) werden relevante Detailanalysen angestellt (z. B. Sanierungsstandards der Gebäude, Eigentumsverhältnisse, Potenziale zu sog. stillen Wohnraumreserven[1]); Diese Daten und Informationen werden – wie die Daten der Wärmeplanung – im Quartierskonzept berücksichtigt und in die Zielsetzung und Maßnahmenentwicklung integriert.
- Ausbau der Fernwärme in den vorgesehenen Baublöcken.
- Umsetzung eines Pilotprojekts zur seriellen Sanierung einer Reihenhauszeile (Sanierungsmanagement unterstütz bei der Auswahl, bei der Antragstellung der Fördermittel, bei Qualitätsmanagement etc.).
- Umsetzung eines Pilotprojekts zur gemeinsamen Versorgung einer Reihenhauszeile über eine Luft-Wärmepumpe mit Mikronetz (eine gemeinsame Wärmepumpe für eine Reihenhauszeile).
- Unterstützung beim Aufbau von Genossenschaften zum Bau von gemeinschaftlichen EE-Anlagen (z.B. Vertragsgestaltung, technische Lösungsentwicklung, Mobilisierung von Flächen etc.).
- Umsetzung einer Mustersanierung in einem Gebäude mit Wohnungseigentümergemeinschaften, um Standardlösungen aufzuzeigen, Sanierungswege zu demonstrieren (z. B. über einen Filmbeitrag, der eine Sanierung im bewohnten Zustand aufzeigt).
- Konkretisierung der Energieversorgung in ganz Hinterweil, ggf. Durchführung von Machbarkeitsstudien zu solaren Nahwärmenetzen mit saisonalem Speicher oder Lösungen mit innovativen PVT-Kollektoren (siehe M2, Flächenbereitstellungsmaßnahme).
- Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen in Hinterweil haben eine Beratung zur Gebäudesanierung erhalten; Verschiedene Arten von Beratungsangeboten (z.B. NT-Ready-Beratung oder Haus-zu-Haus-Beratung) werden hier etabliert, getestet und ggf. verbreitet.

Zeitraum:	2023-2030
Akteure:	Stadtverwaltung Sindelfingen (Amt für Stadtentwicklung, Stabsstelle Klimaschutz und nachhaltige Mobilität, v.a. Sanierungsmanagement Hinterweil) Energieagentur Landkreis Böblingen, Stadtwerke Sindelfingen, Wohnstätten Sindelfingen

[1] Unter „Stiller Wohnraumreserve“ wird Wohnraum verstanden, der aufgrund veränderter Rahmenbedingungen der Bewohner und Bewohnerinnen langfristig nicht mehr genutzt wird. Klassische Wohnraumreserven treten in der Nachfamilienphase auf, wenn die Kinder das Elternhaus verlassen. Diese Daten lassen sich in Quartiersstrategien einbinden, um sozialverträgliche Quartiersentwicklung mit Klimaschutz zu verbinden. Siehe auch: https://www.oeko.de/fileadmin/lebensraeume/Handreichung_Wohnraummobilisierung.pdf

Flankierende Maßnahmen:	Kommunikation der Erfahrungen gewonnenen Erfahrungen im Experimentierfeld Hinterweil, gezielte Ansprache weiterer relevante Gebiete, ggf. Etablierung weiterer Unterstützungsangebote NT-Ready-Beratung soll in allen Quartieren angeboten werden					
Bewertung	CO_2-Minderungspotenzial der Maßnahme	x	x	x	x	
	Gesellschaftlicher Wandel (Wirkungstiefe)	*	x	x		
	Zusatznutzen: Wertschöpfung vor Ort, Stärkung der Partnerschaften zwischen Zweckverband RMHKW, Stadtverwaltung und Stadtwerke;					

5.2.6 M6: Organisatorische Verankerung der Wärmeplanung

M6) Organisatorische Verankerung der Wärmeplanung

Ziele:

- Implementierung der Ergebnisse des Wärmeplans in den betroffenen Verwaltungsbereichen
- Aktivierung und Begründung einer Rückkopplungsschleife zwischen Stabsstelle und Fachämtern

Meilensteine:

- Beschlussfassung des Wärmeplans als strategisches Ziel, als Zonierung und der Umsetzung der 6 Schwerpunktmaßnahmen bis 2030.
- Organisatorische und personelle Verstetigung der Wärmeplanung in der Verwaltung, Schaffung von Vernetzungsmöglichkeiten zwischen Akteuren und Akteurinnen der Wärmewende in einem Arbeitskreis klimaneutrale Wärme Sindelfingen (in M1 bis M5 genannte Akteure und Akteurinnen, Unternehmen wie Mercedes-Benz und weitere mit Abwärmepotenzialen, Stadt und Stadtwerke Böblingen)
- Kommunikation der Ergebnisse an die Stadtbevölkerung und Institutionen, insbesondere der Ziele, der notwendigen Maßnahmen, ggf. über eine Dachmarke
- Stärkung der Landkreis-Energieagentur, Ausbau von Beratungskapazitäten
- Verbreitung von Informationsangeboten zu Möglichkeiten der energetischen Sanierung im Denkmalschutz (z.B. aus dem Zukunft-Altbau-Programm des Landes, Aufbau eines Dialogs mit Energieberater und Energieberaterinnen, Teilnahme an Vernetzungsaktivitäten mit andere Fachwerkstädten zu Themen Klimaschutz und Klimaanpassung)

Zeitraum:	2023-2030					
Akteure:	Stadtverwaltung Sindelfingen, speziell Stabsstelle Klimaschutz und nachhaltige Mobilität					
Flankierende Maßnahmen:						
Bewertung	CO_2-Minderungspotenzial der Maßnahme	x	x			
	Gesellschaftlicher Wandel (Wirkungstiefe)	*	x	x		
	Aufrechterhaltung und Verstärkung von Netzwerken					

6 Literaturverzeichnis

Hinweise zum Ausbau von Photovolatik-Freiflächenanlagen vom 16.2.2018, https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Erneuerbare_Energien/Sonnenenergie/Hinweise-zum-Ausbau-von-Photovoltaik-Freiflaechenanlagen.pdf

Kulturdenkmale sanieren – Energie sparen. Wirtschaftsministerium. www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/Altdaten/202/101022_broschuere_kulturdenkmale_energie.pdf

Landesamt für Denkmalpflege. Denkmalpflege Baden-Württemberg: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart stellt Solarkataster für denkmalgeschützte Gesamtanlagen in Baden-Württemberg vor (denkmalpflege-bw.de)

Freiburg Potenzialstudie
Kommunale Wärmeplanung Handlungsleitfaden
https://www.pressetext.com/news/waerme-aus-parkgarage-heizt-gebaeude.html

Abwärmekonzept Baden-Württemberg (baden-wuerttemberg.de)

Schlussbericht_EnEffWärme-NENIA.pdf (ifeu.de)

Stadtwerke Sindelfingen GmbH, Biogasaufbereitung BVL, Leonberg, Konzeptskizze vom 7.3.2022

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2022): Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland: Basisdaten und Einflussfaktoren. Online unter: https://www.bdew.de/media/documents/W%C3%A4rmeverbrauchsanalyse_Foliensatz-2022.pdf (zugegriffen 17.10.2022).

BMWK Referat IIA2 (2022): Eckpunkte eines Gesetzes für die Wärmeplanung. digital.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): Sanierungsbedarf im Gebäudebestand – Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude.

Institut Wohnen und Umwelt (2023): Gradtagszahlen-Deutschland. Darmstadt. Online unter: https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205 (zugegriffen 24.01.2023).

Kaltschmitt, M., W. Streicher und A. Wiese (2003): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer Verlag.

Kelm, T., P. Bickel, H. Jachmann, L. Liebhart, F. Bergk, H. Fehrenbach, P. Mellwig, H. Stange, K. Wiegmann, K. Hennenberg, V. Bürger, T. Fleiter, P. Manz, M. Neuwirth und M. Sandrock (2022): Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemerg 2040. Stuttgart.

Peters, M., T. Steidle und H. Böhnisch (2020): Kommunale Wärmeplanung. Handlungsleitfaden.

Corradini, Roger, Sutter, Manuel, Leukefeld, Timo, Prutti, Corina, Wager, Hermann-Josef, Eickelkamp, Timo, Rosner, Vincent: Solarthermie – Technik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz für solarthermische Systeme in Einfamilienhäusern, Herausgeber: Wüstenrot Stiftung, Ludwigsburg, 2014

Blömer et al. 2023: Wärme aus thermischen Abfallbehandlungsanlagen: Potenziale, Nachhaltigkeit und Instrumente, Gutachten im Auftrag der ITAD e.V. 2023

Fritz et al., 2018: Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende, Kurzstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, September 2018, https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu-bmu_Abwaermepotenzial_Abwasser_final_update.pdf

Baden-Württemberg, 2023: Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW), https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/a7f/page/bsbawueprod.psml/screen/JWPDFScreen/filename/KlimaSchG_BW_2023.pdf

Paak, M, Renz, U., Wälder, J., Baldauf, G., Maier, K., Stimming, I., Hackel, K., 2018: Wohnquartier Allmendäcker II – Zukunft unter grünen Dächern: Gestaltungshandbuch, https://www.sindelfingen.de/site/Sindelfingen-Internet/get/params_E1063123442/15756995/Gestaltungshandbuch_Allmendaecker-II.pdf

Horn, S., Seeger, J., Scheuring, L., Weller, B., 2017: Fassade mit temperaturregulierenden Photovoltaik-Paneelen – Ergebnisse aus einem ersten Praxistest, Mai 2017, https://doi.org/10.1002/cepa.25

UBA 2022: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2021, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-09_climate-change_50-2022_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2021_bf.pdf

Haushaltsplan Sindelfingen 2021: https://www.sindelfingen.de/site/Sindelfingen-Internet/get/params_E1944973207/18267437/HHPlan2021_22_f%C3%BCr%20Homepage_mit%20Stellenplan_ohne%20Seitenzahlen.pdf

7 Anhang

7.1 Vollbenutzungsstunden als Grundlage für die Verbrauchsermittlung

Für Gebäude, die eine Heizungsanlage auf Basis von Öl oder Biomasse betreiben, liegen keine Verbrauchsdaten vor. In diesem Fall sind Informationen zur Leistung der installierten Heizungsanlage in den Kehrbuchdaten verfügbar.

Ausgehend von jenen gasversorgten Gebäuden, die über Verbrauchs- und Leistungsdaten verfügen, wird der Mittelwert der Vollbenutzungsstunden je Gebäudefunktion bestimmt. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle 11 dargestellt. Die ermittelten Faktoren werden in weiterer Folge herangezogen, um den Verbrauch für Öl und Biomasse abzuschätzen.

Tabelle 14: Auswertung der Vollbenutzungsstunden je Gebäudefunktion.

Gebäudefunktion	Anzahl von Gebäuden	Mittelwert der Vollbenutzungs-stunden
Allgemein bildende Schule	2	892
Betriebsgebäude	6	1019
Bürogebäude	38	1324
Fabrik	8	765
Feuerwehr	1	829
Friedhofsgebäude	1	2114
Gaststätte, Restaurant	15	1912
Gebäude für Sportzwecke	2	1729
Gebäude für Vorratshaltung	13	1096
Gemeindehaus	8	1224
Geschäftsgebäude	58	1277
Hallenbad	1	1378
Hotel, Motel, Pension	12	1656
Kindergarten	1	69
Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte	19	1269
Kirche	3	2702
Lagergebäude	1	1564
Messehalle	1	333
Museum	1	1462
Rathaus	1	897
Scheune	2	1474
Schuppen	1	1255

Gebäudefunktion	Anzahl von Gebäuden	Mittelwert der Vollbenutzungs-stunden
Seniorenheim	5	2973
Sport-, Turnhalle	1	940
Sportgebäude	1	863
Tankstelle	2	1046
Veranstaltungsgebäude	10	1878
Verwaltungsgebäude	3	1469
Werkstatt	10	1466
Werkstattgebäude	2	894
Wirtschaftsgebäude	1	1073
Wohn- und Betriebsgebäude	8	1104
Wohn- und Bürogebäude	24	1318
Wohn- und Geschäftsgebäude	228	1443
Wohn- und Geschäftshaus	1	1075
Wohn- und Verwaltungsgebäude	1	1507
Wohngebäude	1	904
Wohnhaus	4261	1131
Wohnheim	5	1285
Gesamtergebnis	**4759**	**1159**

7.2 Daten zu den Grafiken

Daten zu Abbildung 6: Gebäudebestand in Sindelfingen nach Nutzung. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Gebäudedaten, die von der Stadt Sindelfingen zur Verfügung gestellt wurden.

	Anzahl		**Fläche**
	Alle Gebäude	Beheizte Gebäude	m²
Nichtwohngebäude	10.942	1.108	6.637.019
Wohngebäude	10.129	9.699	3.167.028
Gesamtergebnis	**21.071**	**10.807**	**9.804.047**

Daten zu Abbildung 7: Die Verteilung der Baualtersklasse für jene Gebäude, die über die entsprechende Information verfügen (1.300 Gebäudeumrisse). Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Gebäudedaten, die von der Stadt Sindelfingen zur Verfügung gestellt wurden.

Altersklasse beheizt	**Anzahl**	**Anteil**

keine Information	9.245	
<1960	108	9%
1960-1969	353	28%
1970-1979	187	15%
1980-1989	139	11%
1990-1999	246	19%
2000-2009	110	9%
2010-2019	125	10%
2020	2	0%
Gesamtergebnis	**10.515**	

Daten zur Abbildung 8: Energieverbrauch Gas in den Jahren 2018-2021, nicht witterungsbereinigt, ohne Mercedes -Benz. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten, die von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden.

Lastprofil in MWh/a	**2018**	**2019**	**2020**
BA3 - Bäckereien	284	287	165
BD3 - Sonstige betriebliche Dienstleistungen	49.818	51.919	46.426
BH3 - Beherbergung	1.674	1.714	1.480
D13 - Einfamilienhaus	83.194	86.936	83.257
D23 - Mehrfamilienhaus	56.561	60.059	58.752
GA3 - Gaststätten	2.588	2.869	2.279
HA3 - Handel	2.456	2.792	2.707
KO3 - Gebietskörperschaften, Kreditinstitute	388	393	354
LM - gemessene Leistung	118.748	123.715	111.571
MK3 - Metall & Kfz	1.996	1.858	1.741
WA3 - Wäschereien	82	67	55

Daten zu Abbildung 9: Energieverbrauch Fernwärme in den Jahren 2018-2021, nicht witterungsbereinigt. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten, die von den Stadtwerken zur Verfügung gestellt wurden.

MWh/a	Betriebsverbrauch	Gewerbe, Handel, Dienstleistung	Haushalte	Industrie, verarbeitendes Gewerbe	Öffentliche Einrichtungen (Stadt, Land)
2018	25.966	33.645	62.739	4.524	31.739
2019	28.221	36.466	66.055	4.195	34.208
2020	34.371	33.211	63.529	2.683	31.275

Daten zu Abbildung 10: Aufteilung der Kehrbuchdaten nach Feuerstättenart. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kehrbuchdaten der Bezirksschornsteinfeger.

	Anzahl von Feuerstätten je Feuerstättenart
Heizkessel	4.766
Heiztherme	3.952
Kamin	2.467
Raumheizer	1.804
Kachelofen mit Heizeinsatz	1.310
Lufterhitzer	688
Andere	620
Gesamtergebnis	15.607

Daten zu Abbildung 11: Altersstruktur der Feuerstätten in Sindelfingen. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Kehrbuchdaten der Bezirksschornsteinfeger

	Heiztherme	Heizkessel		Kamin	Raumheizer	
	Gas	Gas	Öl	Stückiges Holz	Gas	Stückiges Holz
< 1960	60	4		244	147	39
1960-1969	4		10	12	3	14
1970-1979	28	26	49	36	72	13
1980-1989	248	294	501	331	339	41
1990-1999	507	762	771	305	107	55
2000-2009	1427	644	604	850	117	268
2010-2020	1593	622	206	631	128	294
>2020	85	65	8	40	2	7
Grand Total	**3952**	**2417**	**2149**	**2449**	**915**	**731**