

# **AKTUALISIERUNG WÄRMEKARTE STADT MÜLHEIM AN DER RUHR UND FORTSCHREIBUNG DER WÄRMEBEDARFE ENDBERICHT**

Karen Janßen, Helge Oude-Aost, Dr. Lena Vorspel

27. Oktober 2021



**Karen Janßen (Projektleiterin), Helge Oude-Aost, Dr. Lena Vorspel**

Energiesystemanalyse

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und  
Angewandte Materialforschung IFAM

Wiener Straße 12 | 28359 Bremen | Germany

Telefon + 49 421 2246-7024 | Fax 2246-300

karen.janssen@ifam.fraunhofer.de

Projektnummern: 220006 und 220010

Auftraggeber: Stadt Mülheim an der Ruhr, Stabstelle Klimaschutz und Klimaanpassung



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Projektbeschreibung</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Datenbasis und Datenaufbereitung im GIS</b> .....	<b>12</b>
2.1	Datenbasis.....	12
2.2	Datenaufbereitung in Bezug auf Einzelgebäude .....	13
2.2.1	Aktualisierung der Gebäudegrunddaten .....	13
2.2.2	Plausibilitätsprüfung und Nachbearbeitung fehlender Daten .....	13
2.2.3	Auswahl wärmerrelevanter Objekte.....	14
2.2.4	Berechnung der Energiebezugsfläche .....	15
2.3	Zuordnung von Baualtersklassen.....	15
2.4	Berechnung des A*/V-Verhältnisses .....	16
2.5	Gebäudeensembleanalyse .....	17
2.5.1	Einrichten von Mitversorgungsverbänden .....	17
2.5.2	Nacharbeiten von Mitversorgungsverbänden.....	18
<b>3</b>	<b>Nutzung der Verbrauchsdaten</b> .....	<b>21</b>
3.1	Genutzte Datenbasis.....	21
3.2	Erste Aufbereitung der Verbrauchsdaten.....	21
3.3	Klimakorrektur der Verbrauchswerte .....	21
3.4	Zusammenführung der Jahreswerte, Zuweisung zu den Gebäuden und Ermittlung der Energieträger .....	22
3.5	Umrechnung auf Nutzenergie .....	22
3.6	Plausibilitätsprüfung der Bedarfswerte .....	23
3.6.1	Mitversorgungsverbände mit Wohngebäuden .....	23
3.6.2	Mitversorgungsverbände mit Nichtwohngebäuden .....	23
3.6.3	Mitversorgungsverbände mit Nutzungsart-Mischung .....	23
3.6.4	Großindustrie .....	23
3.7	Typologiebildung und -anwendung .....	24
3.7.1	Wohngebäude-Typologie.....	24
3.7.2	Nichtwohngebäude-Typologie .....	26
<b>4</b>	<b>Struktur des Wärmebedarfs im Ist-Stand</b> .....	<b>27</b>
4.1	Nutzwärmebedarf nach Nutzungsart .....	28
4.2	Wärmedichte .....	31
<b>5</b>	<b>Definition von Szenarien zur Fortschreibung des Wärmebedarfs</b> .....	<b>34</b>

5.1	Grundausrichtung der Szenarien.....	34
5.2	Sanierungsraten.....	35
5.3	Sanierungseffizienz.....	35
5.4	Entwicklung Prozesswärme und Flächen von Nichtwohngebäuden.....	36
5.5	Langfristiger Klimaeffekt.....	37
5.6	Neubauf Flächen Wohnen und Gewerbe.....	37
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der Wärmebedarfsfortschreibung.....</b>	<b>40</b>
6.1	Bestandsgebäude.....	40
6.2	Neubauf Flächen Wohnen und Gewerbe.....	46
6.3	Gesamteffekt.....	46
<b>7</b>	<b>Vergleich der Wärmebedarfsstudie 2021 mit der Wärmebedarfsstudie 2012/2013.....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>50</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Zuordnung von Baualtersklassen .....	16
Abbildung 2-2:	Ermittlung des A*/V-Verhältnisses .....	17
Abbildung 2-3:	Bildung von Mitversorgungsverbänden.....	18
Abbildung 2-4:	Nacharbeitung von Mitversorgungsverbänden.....	19
Abbildung 2-5:	Mitversorgungsverbund wird nicht eingerichtet .....	20
Abbildung 3-1:	Spezifischer Nutzwärmebedarf der BAK in Abhängigkeit des A*/V-Verhältnisses .....	24
Abbildung 3-2:	Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf in Abhängigkeit der BAK der Wohngebäude .....	25
Abbildung 4-1:	Beispielhafte Darstellung des Wärmebedarfs.....	27
Abbildung 4-2:	Beispielhafte Darstellung des Hauptenergieträgers.....	28
Abbildung 4-3:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf Wohn- und Nichtwohngebäude .....	29
Abbildung 4-4:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Hauptenergieträgern .....	30
Abbildung 4-5:	Wärmedichte je Baublock, bezogen auf die gesamte Baublockfläche	31
Abbildung 4-6:	Wärmedichte je Baublock, bezogen auf die bebaute Baublockfläche	32
Abbildung 4-7:	Wärmedichte je Baublockseite, bezogen auf die gesamte Baublockseitenfläche .....	32
Abbildung 4-8:	Wärmedichte je Baublockseite, bezogen auf die bebaute Baublockseitenfläche .....	33
Abbildung 5-1:	Neubauf Flächen für Wohnen und Gewerbe mit angenommenem Realisierungszeitraum .....	38
Abbildung 6-1:	Wärmedichte je Baublock im Ist-Stand; ohne Großindustrie .....	41
Abbildung 6-2:	Wärmedichte je Baublock im TREND-Szenario 2035; ohne Großindustrie .....	42
Abbildung 6-3:	Wärmedichte je Baublock im TREND-Szenario 2045; ohne Großindustrie .....	42
Abbildung 6-4:	Wärmedichte je Baublock im SPAR-Szenario 2035; ohne Großindustrie .....	43
Abbildung 6-5:	Wärmedichte je Baublock im SPAR-Szenario 2045; ohne Großindustrie .....	43
Abbildung 6-6:	Wärmedichte je Baublockseite; Ausschnitt der Innenstadt .....	45
Abbildung 6-7:	Ergebnis der Fortschreibung des Wärmebedarfs im TREND- und SPAR-Szenario .....	46

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Geradengleichungen der Wohngebäude-Typologie.....	25
Tabelle 3-2:	Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf der Wohngebäude.....	26
Tabelle 4-1:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs sowie Anzahl der Objekte nach Gebäudekategorien .....	29
Tabelle 3-3:	Nutzwärmebedarf und Nutzfläche der Wohngebäude je Baualterklasse .....	30
Tabelle 5-1:	Angenommene jährliche Sanierungsraten.....	35
Tabelle 5-2:	Sanierungseffizienz im TREND- und SPAR-Szenario in kWh/m <sup>2</sup> *a .....	36
Tabelle 5-3:	Auswirkungen durch langfristigen Klimaeffekt.....	37
Tabelle 5-4:	Wärmebedarf der Neubauten .....	39
Tabelle 6-1:	Beispiel im TREND-Szenario für die Anwendung der Reduktionsfaktoren .....	40
Tabelle 6-2:	Nutzwärmebedarf absolut (in GWh/a) sowie prozentuale Reduktion für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie summarisch .....	41
Tabelle 6-3:	Zubau und Nutzwärmebedarf in Neubauf Flächen.....	46
Tabelle 7-1:	Übersicht über Ergebnisse der Studien von 2012/2013 und 2021 getrennt nach WG und NWG.....	47
Tabelle 7-2:	Reduktion des Wärmebedarfs entsprechend der Verbrauchsdaten der Jahre 2012 – 2020 .....	48
Tabelle 7-3:	Jährliche Reduktionen aus den historischen Verbrauchsdaten, dem TREND- und dem SPAR-Szenario im Vergleich.....	49

## Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
BAK	Baualtersklasse
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geographisches Informationssystem
ID	Identifikationsnummer
IFAM	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung
LFN	Laufende Nummer
LoD1	Level of Detail 1
MV	Mitversorgungsfall / -verbund
NWG	Nichtwohngebäude
WG	Wohngebäude

# 1 Einleitung und Projektbeschreibung

Die Stabstelle Klimaschutz und Klimaanpassung der Stadt Mülheim an der Ruhr (im Folgenden mit AG abgekürzt) möchte den 2012 und 2013 durch das Bremer Energie Institut erstellten Wärmeetlas unter Einbezug neuer Gebäude- und Verbrauchsdaten aktualisieren lassen. Das betrifft sowohl den Ist-Stand des Wärmebedarfs als auch dessen Fortschreibung. Das Fraunhofer IFAM (im Folgenden mit IFAM abgekürzt), Arbeitsgruppe Energiesystemanalyse, hat die Projekte *Aktualisierung Wärmekarte Stadt Mülheim an der Ruhr* sowie *Fortschreibung der Wärmebedarfe auf Grundlage der aktualisierten Wärmekarte Stadt Mülheim a. d. Ruhr* durchgeführt. Da die beiden Studien aufeinander aufbauen, werden sie in einem gemeinsamen Abschlussbericht zusammengefasst.

In der Studie wird zunächst die von 2013 vorhandene digitale Wärmebedarfskarte auf den aktuellen Stand gebracht. Diese zeigt in gebäudescharfer Auflösung der Wärmebedarf der Stadt Mülheim im Ist-Stand. Anhand der Verbrauchsdaten wird eine Typologie, getrennt nach Wohn- und Nichtwohngebäuden erstellt. Diese wird für Gebäude ohne oder mit unplausiblen Verbrauchswerten angewendet.

In einem zweiten Schritt werden die Wärmebedarfe fortgeschrieben. Aufgrund des Beschlusses der Stadt Mülheim an der Ruhr, bis 2035 klimaneutral zu werden, sowie des Klimaziels der Bundesregierung, deutschlandweite Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, werden die beiden Jahre 2035 und 2045 betrachtet. Es werden anhand der Studie *Klimapfade für Deutschland* [BCG & Prognos, 2018] zwei Szenarien entwickelt und für Mülheim an der Ruhr angepasst. Dabei wird ein TREND Szenario definiert, das die aktuelle Entwicklung in die Zukunft fortschreibt. Dies entspricht der unteren Grenze, denn es nicht davon auszugehen, dass künftige klimarelevante Bestrebungen unter das aktuelle Maß zurückfallen. Als zweites wird ein SPAR Szenario definiert. Aufgrund des gestiegenen Bewusstseins der Bevölkerung für die Klimakrise, vermehrte ordnungs- und förderpolitische Maßnahmen auf Länder- und europäischer Ebene, wird für das SPAR-Szenario ein ambitionierter Klimaschutz angenommen. Dieses Szenario entspricht dann der oberen Grenze, mit hohen Sanierungsraten und –effizienzen.

Anhand der Szenarien werden die in der ersten Projektphase ermittelten Wärmebedarfe im Ist-Stand in die Stützjahre fortgeschrieben.

Im Anschluss werden anhand der langjährigen Verbrauchsdaten Trends für die Wohngebäude und Nichtwohngebäude ermittelt. Dafür werden ausschließlich Verbrauchszeitreihen ohne Lücke und in plausiblen Grenzwerten verwendet, so dass dieser Trend eine Aussage über die Sanierungseffekte innerhalb Mülheims ermöglicht und damit Hinweise darauf gibt, und ob sich die Entwicklungen in Mülheim an der Ruhr eher am TREND- oder SPAR-Szenario orientieren.

Wichtig zu beachten ist, dass es sich bei dieser Studie um die Betrachtung des Rückgangs des Nutzenergiebedarfs handelt. Es werden lediglich die Effekte betrachtet, die sich durch bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle ergeben.

Ob eine Erfüllung der Ziele, bis zum Jahr 2035 bzw. 2045 Klimaneutralität zu erreichen, möglich ist bzw. wie hoch der Bedarf für weitere Maßnahmen wäre, kann auf Grundlage

der betrachteten Szenarien nicht abgeleitet werden, da die Wärmeerzeugung und damit die Entwicklung der Endenergie nicht betrachtet wurde. Erst durch die zusätzliche Betrachtung von Maßnahmen auf Seite der Wärmeerzeugung, z. B. durch eine Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung oder den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen im Bereich der Objektversorgung ergibt sich ein vollständiges Bild des Wärmemarktes der Zukunft. Diese Betrachtungen waren jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Studie.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Methodik und die zentralen Ergebnisse für die Erhebung des Ist-Stands des Wärmebedarfs inklusive der Aktualisierung des bestehenden Wärmetlas und die Methodik der Fortschreibung des Wärmebedarfs bis 2045. Darüber hinaus hat der AG Foliensätze mit den bisherigen Ergebnissen sowie Erklärung zur Bearbeitungsmethodik erhalten. Ein erheblicher Teil der Ergebnisse liegt in Form von vom IFAM bearbeiteten Geodaten vor, die ebenfalls an den AG übergeben wurden. Diese Datenbasis ermöglicht eigene Analysen und weitere kartographische Darstellungen.

## 2 Datenbasis und Datenaufbereitung im GIS

Die digitale Wärmebedarfskarte für das Gebiet der Stadt Mülheim wird erarbeitet, um den Wärmebedarf für alle wärmerlevanten Gebäude in gebäudescharfer Auflösung darzustellen. Die Bearbeitung fußt auf den Vorgängerprojekten, in denen der Ist-Stand 2012/2013 erhoben wurde. In diesem Kapitel werden zunächst die Datenbasis und die Aufbereitung der Daten im GIS beschrieben.

### 2.1 Datenbasis

In diesem Kapitel wird die Datenbasis beschrieben auf der der Wärmeatlas aufbaut. Die folgenden Daten wurden vom AG zur Verfügung gestellt:

- Daten aus den beiden Vorläuferprojekten
- Gebäude mit ALKIS Kennzeichnung zur Nutzung
- 3D-Gebäudemodell im LoD1 (enthält Gebäudehöhen)
- Grundflächen von 111 Neubauten, die noch nicht in den amtlichen Geodaten enthalten sind
- Baustatistik
  - Neubau 2012 – 2020
  - Abriss
- Adressendatei mit statistischen Merkmalen
- Kommunale Liegenschaften
- Flurstücke mit gebäudeweiser Zuweisung
- Baublöcke und Baublockseiten
- Verbrauchsdaten für Gas (2008 - 2020) und Wärmeverbrauch (2010 – 2020) mit Kennung für NW, FW, Contracting, BHKW
- Liste über installierte Wärmepumpen
- Nahwärmegebiete
- Kennung der Großindustrie
- Wohnbauflächen
- Flächen mit Gewerbereserven
- Eigentümerkennung mit Kennung der Wohnungsbaugesellschaften

Die Datenbasis zur Erarbeitung der digitalen Wärmebedarfskarte bilden die Gebäudemodelle aus ALKIS sowie dem LoD1, aus denen die Lage, die Grundfläche sowie die Höhe der Gebäude abgeleitet werden. Für Gebäude, die bereits im Vorläuferprojekt vorhanden waren, werden so viele Daten wie möglich übernommen.

Die Aufbereitung und Nutzung der Verbrauchsdaten wird in Kapitel 3 beschrieben.

## 2.2 Datenaufbereitung in Bezug auf Einzelgebäude

In einem ersten Schritt werden die gelieferten Geodaten aufbereitet, wobei zunächst alle abgerissenen Gebäude aussortiert werden. Nicht alle Objekte<sup>1</sup> innerhalb des Untersuchungsgebietes sind relevant für die Untersuchung, da es sich zum Teil um nicht beheizte Objekte handelt. Nach der Auswahl der relevanten Objekte, werden die Gebäudedaten um wichtige Attribute ergänzt und schließlich auf Plausibilität (z. B. hinsichtlich der Nutzungsart) geprüft. Vom IFAM geänderte oder ergänzte Daten sind im Datensatz gekennzeichnet.

### 2.2.1 Aktualisierung der Gebäudegrunddaten

Die Grundlage für den Aufbau des Wärmetlas bildet der Gebäudelayer für Mülheim. In einem ersten Schritt werden alle abgerissenen Gebäude aussortiert, wobei der jeweilige Eintrag in der Spalte Status verwendet wird. Somit liegt für Mülheim ein vollständiger Gebäudedatensatz für die weiteren Betrachtungen vor, der sich aus den Bestandsgebäuden (bereits im Vorgängerprojekt vorhanden) und den Neubauten (neu gebaut bis einschließlich 2020) zusammensetzt. Für die Bestandsgebäude wird die eindeutige Gebäude-ID als LFN\_2021 aus dem Vorgängerprojekt zugewiesen, die Neubauten erhalten eine neue LFN\_2021.

Die Gebäudedaten weisen bereits Nutzungsarten nach ALKIS auf, Adressen sind ebenfalls in vielen Fällen vorhanden. Die Nacherfassung wird nach Bestandsgebäuden und Neubauten unterschiedlich durchgeführt und im Folgenden beschrieben.

Zusätzlich werden die Grundflächen von 111 Neubauten in die Gebäudegrundlage aufgenommen, die bereits gebaut und für die bereits Verbrauchsdaten vorliegen, die jedoch noch nicht in den amtlichen Geodaten verzeichnet waren.

### 2.2.2 Plausibilitätsprüfung und Nachbearbeitung fehlender Daten

Für die Objekte werden einige Plausibilitätsprüfungen durchgeführt und fehlende Angaben ergänzt. Das betrifft insbesondere Angaben zu Adressen, zur Anzahl der Stockwerke sowie zur Nutzungsart.

Der gelieferte Layer mit Adresspunkten liegt lediglich in Hauptgebäuden, über die Lage auf den Flurstücken werden die Adressen aus den Haupt- auf Nebengebäude übertragen. Dabei werden Lücken bei Bestandsgebäuden unter Verwendung der Daten aus den vorigen Projekten geschlossen. Die restlichen Gebäude ohne Adresse werden zunächst über eine Zuweisung über das Flurstück bearbeitet, dann anhand von Grenzberührungen zu Gebäuden mit Adresse auf demselben Flurstück. So können beispielsweise Anbauten von Doppelhäufalten auf einem Flurstück Adressen zugewiesen bekommen. Die restlichen Gebäude ohne Adresse werden nach der Entscheidung über Wärmerrelevanz bearbeitet, wobei alle Ge-

---

<sup>1</sup> Die Bezeichnungen *Objekt* und *Gebäude* bezeichnen unterschiedliche Tatbestände, da ein Gebäude im GIS aus mehreren Objekten bestehen kann. Diese ergeben sich im 3D-Gebäudedatensatz bspw. immer dann, wenn es sich um Gebäudeteile unterschiedlicher Höhe handelt. Zum besseren Verständnis werden in diesem Bericht aber regelmäßig Objekte auch als Gebäude bezeichnet, weil dies die übliche Bezeichnung ist.

bäude mit einer Grundfläche > 500 m<sup>2</sup> geprüft werden. Außerdem fiel auf, dass bei Asylbewerberheimen oft nur ein Gebäude die Adresse zugewiesen bekam. Diese werden ebenfalls nachgearbeitet.

Um die Nutzfläche der Gebäude zu berechnen, muss die Anzahl der Geschosse je Gebäude ermittelt werden. Die Grundlage zur Ermittlung der Geschosshöhen ist das 3D-Gebäudemodell. Die Anzahl der Stockwerke wird über die Annahme durchschnittlicher Geschosshöhen abgeleitet, die je nach Nutzungsart der Gebäude variieren. Auch hier wurden für die Bestandsgebäude Daten aus dem Vorgängerprojekt übernommen, für die Neubauten wurden LoD1-Daten zur Ermittlung der Gebäudehöhe verwendet. Lag keine Angabe zur Gebäudehöhe vor, wird diese von im näheren Umkreis stehenden Gebäuden übernommen. Diesem Vorgehen liegt die Annahme zugrunde, dass in einem meist homogenen Siedlungsumfeld benachbarte Gebäude ähnliche Eigenschaften aufweisen.

Für zusammenhängende homogene Gebiete, für Gewerbegebiete sowie für die in Bezug auf die Grundfläche größten Objekte wird die Stockwerkzahl anhand von Schrägluftaufnahmen überprüft und die Einschätzung ggfs. korrigiert.

Bei der Neuberechnung der Nutzfläche ist aufgefallen, dass in einigen Fällen Abweichungen zu den Vorläuferprojekten auftreten. Dies ist bei einigen Gebäuden der Fall, obwohl Höhen, Grundflächen und verwendete Formel identisch sind. Da abhängig von einigen Nutzungsarten die Stockwerkzahl korrigiert wird, resultiert die Abweichung hieraus. Die Nutzungsarten für Gebäude gleicher LFN aus dem aktuellen und dem Vorgängerprojekt wurde verglichen und im Luftbild überprüft. Dabei wird festgestellt, dass die neue Nutzungsart korrekt zu sein scheint, weswegen die neuen Werte verwendet werden. Weitere Abweichungen treten für Gebäude auf, wo sich die Grundfläche geändert hat, das ist häufig für Anbauten der Fall. Für beide Gruppen werden die aktualisierte Anzahl der Stockwerke und die daraus resultierende Neuberechnete Nutzfläche übernommen.

### 2.2.3 Auswahl wärmerrelevanter Objekte

Ein wichtiger Arbeitsschritt zur Erstellung der Wärmebedarfskarte stellt die Entscheidung über die Wärmerrelevanz eines jeden Objektes dar. Wohngebäudeobjekte sind im Regelfall wärmerrelevant; die Aussortierung nicht beheizter Objekte beschränkt sich deshalb fast ausschließlich auf den Bereich der Nichtwohngebäude. Für einige Nutzungsarten wird eine pauschale Entscheidung getroffen (z. B. sind *Tiefgaragen* nicht wärmerrelevant). Für andere Nutzungsarten werden individuelle Kriterien festgelegt, die vor allem aus der Grundfläche, der Anzahl der Stockwerke und dem fehlenden direkten Kontakt zu sicher beheizten Gebäuden bestehen. Die Objekte mit der größten Grundfläche werden abschließend noch einmal in Bezug auf die Einschätzung der Wärmerrelevanz überprüft und ggfs. korrigiert. Die Entscheidung über die Wärmerrelevanz wird dabei analog zum vorigen Projekt durchgeführt.

Der digitale Wärmeatlas basiert nach Abschluss aller diesbezüglichen Arbeiten in der finalen Fassung in **Mülheim an der Ruhr** auf 66.449 Objekten, von denen **39.431 Objekte als wärmerrelevant** eingestuft sind. Diese teilen sich auf in **34.649 Wohngebäude (WG)** und **4.782 Nichtwohngebäude (NWG)**.

#### 2.2.4 Berechnung der Energiebezugsfläche

Die Bezugsfläche des Wärmebedarfs wird für alle Gebäude flächendeckend berechnet, indem die Grundfläche mit der Anzahl der Stockwerke und dem Faktor 0,7 multipliziert wird. Dieser Faktor ergibt sich für die zu betrachtenden Gebäude im Mittel aus [BKI, 2010]. Diese Fläche entspricht bei Wohngebäuden näherungsweise der Wohn-, bei Nichtwohngebäuden der Hauptnutzungsfläche.

### 2.3 Zuordnung von Baualtersklassen

Bereits im vorigen Projekt wurden Baualtersklassen (BAK) bis 2011 definiert und den Gebäuden zugewiesen. Die Baualtersklassen für Bestandsgebäude wurde übernommen, für die Neubauten wurde die zusätzliche Baualtersklasse 2020 eingeführt. Somit werden folgende Jahreswerte als BAK verwendet:

- Vor 1900
- 1901 – 1918
- 1919 – 1948
- 1949 – 1957
- 1958 – 1968
- 1969 – 1978
- 1979 – 1983
- 1984 – 1994
- 1995 – 2000
- 2001 – 2011
- 2012 – 2020

In einer Kurzdarstellung wird immer nur die obere Grenze angegeben, d. h. die Baualtersklasse 1983 beinhaltet die Gebäude mit dem Baualter von 1979 – 1983.

Einige Gebäude hatten im vorigen Projekt den Dummywert 0 erhalten und dort liegt jetzt ein Neubau-Punkt. Die BAK dieser Gebäude wird auf 2020 gesetzt. Außerdem gibt es Bestandsgebäude, deren BAK bisher 0 waren, die aber nun einen Eintrag bei Baualter haben. Diese Gebäude werden ebenfalls korrigiert. Es verblieben einige Gebäude ohne BAK, die als Wohngebäude gekennzeichnet sind. Dies kann durch die Änderung der Gebäudedefinition entstanden sein. Um die Lücken zu schließen, erhalten diese Objekte die gleiche Baualtersklasse wie die sonstigen Gebäude auf demselben Flurstück oder diejenige ihrer direkt angrenzenden oder dicht benachbarten Objekte (gemäß Beispiel aus einer anderen Stadt in Abbildung 2-1). Objekte, die über kein Nachbar-objekt mit zugeordneter Baualtersklasse verfügen, erhalten die mittlere Baualtersklasse 1968.



Abbildung 2-1: Zuordnung von Baualtersklassen

Beispiel aus einer anderen Stadt zur Erklärung der Methodik (Baualtersklassen sind nicht identisch)

## 2.4 Berechnung des $A^*/V$ -Verhältnisses

Für alle Objekte wird das Verhältnis von Außenfläche ( $A$ ) zu Volumen ( $V$ ) bestimmt, da dies vor allem bei Wohngebäuden ein sehr wichtiger Parameter ist, um den Wärmebedarf zu bewerten. Je kleiner der Quotient ist, desto geringer ist je beheizter Volumeneinheit die Hüllfläche, über die Wärme abgegeben wird. Üblicherweise wird die Berechnung ohne Berücksichtigung des baulichen Umfelds durchgeführt. Durch die Nutzung der im GIS zur Verfügung stehenden Daten kann diese Standardberechnung jedoch entscheidend verbessert werden: Es lässt sich differenzieren, welcher Teil der Außenfläche wirklich eine Außenfläche im Sinne einer Kontaktstelle zur Umgebungstemperatur ist („kalte Wand“) und welcher Teil an ein anderes beheiztes Gebäude grenzt und deshalb deutlich weniger Transmissionsverluste zeigt („warme Wand“). Außerdem werden unterschiedliche Gebäudehöhen berücksichtigt. In Abbildung 2-2 symbolisieren rot dargestellte Außenwände hohe, blau dargestellte niedrige Wärmeverluste. Die Flächenanteile, bei denen ein Kontakt zu einem Nachbargebäude besteht, lassen sich im GIS für jedes Objekt ermitteln. Das so modifizierte  $A^*/V$ -Verhältnis spiegelt somit die physikalischen Gegebenheiten der Wärmeverluste sehr viel besser wieder. Es gibt für Wohngebäude damit keine Standardtypologie, sondern es wird eine individuelle Berücksichtigung der realen Siedlungsgegebenheiten vorgenommen. Um anzuzeigen, dass es sich vom üblichen  $A/V$ -Quotienten unterscheidet, wird die Schreibweise  $A^*/V$  (im GIS:  $A\_V\_mod$ ) gewählt.



Abbildung 2-2: Ermittlung des A\*/V-Verhältnisses

Beispiel aus einer anderen Stadt zur Erklärung der Methodik

## 2.5 Gebäudeensembleanalyse

### 2.5.1 Einrichten von Mitversorgungsverbänden

Alle Objekte, die gemeinsam versorgt werden, bilden einen (Mit-)Versorgungsfall (MV). Ein Mitversorgungsfall beinhaltet in der Regel alle Objekte mit identischer Adresse. Dahinter steht die Annahme, dass im Falle einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung die gelieferten Verbräuche alle Gebäude bzw. Gebäudeteile mit der gleichen Adresse umfassen – eine genauere räumliche Zuordnung über Adressgrenzen hinaus ist nicht möglich.

Zur Kennzeichnung der Mitversorgungsverbände muss jeweils genau ein Objekt als führendes Hauptgebäude („Versorgergebäude“) ermittelt werden. Das Versorgergebäude ist das Gebäude mit der größten Nutzfläche. Alle weiteren Gebäude der gleichen Adresse werden der Größe der Nutzfläche nach absteigend durchnummeriert („Empfängergebäude“). Dabei bekommt das führende Hauptgebäude („Versorgergebäude“) die Kennzeichnung OBJ\_POS=1. Alle Objekte eines Verbandes erhalten eine identische MV-ID (entspricht der LFN des Versorgergebäudes), so dass Verbände stets leicht herausgefiltert werden können. Für alle MV wird die jeweilige Summe der Energiebezugsflächen ermittelt. Auch ein einzelnes Gebäude ohne Empfängergebäude wird aus Gründen einheitlicher Methodik als MV bezeichnet. Abbildung 2-3 zeigt ein Beispiel für die Bildung von Mitversorgungsverbänden.

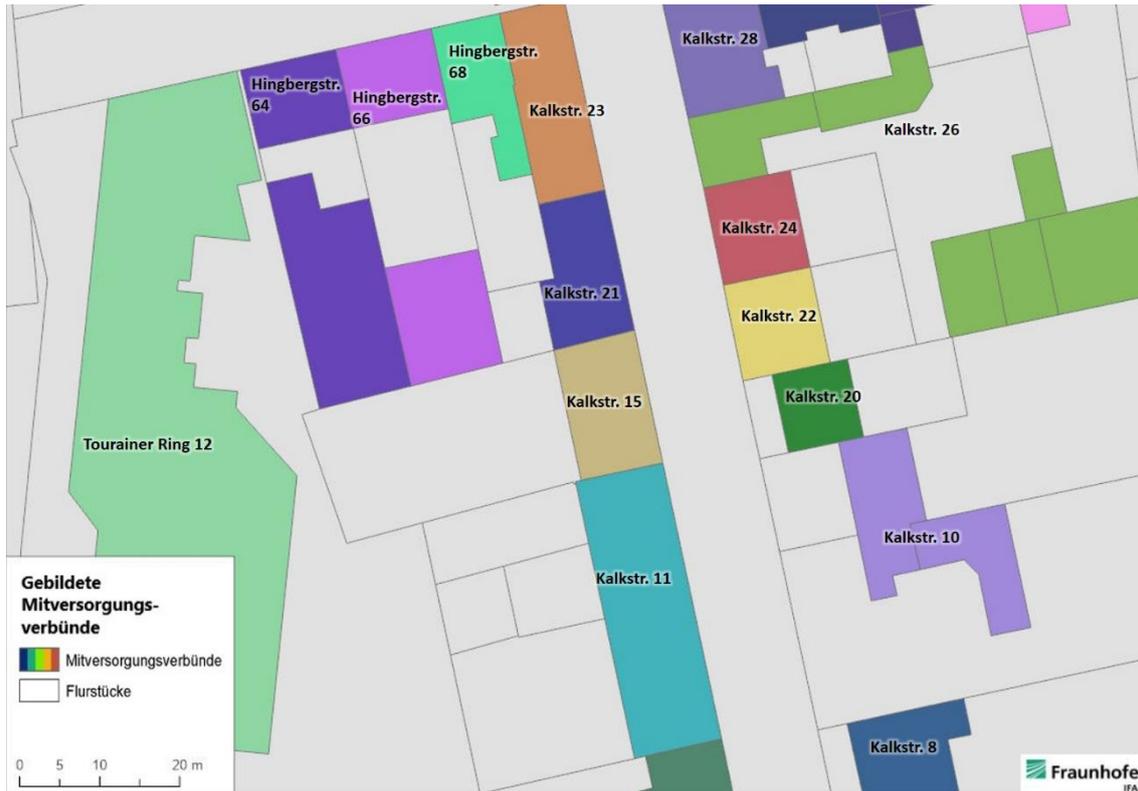


Abbildung 2-3: Bildung von Mitversorgungsverbänden

In den Verbrauchswerten werden zusätzlich Mitversorgungsfälle ausgewiesen, wobei die Adresse des Versorgergebäudes und die Adresse des letzten Empfängergebäudes des Mitversorgungsverbundes angegeben werden (Adresse von, Adresse bis). Diese Daten werden genutzt, um auch Mitversorgungsverbände über Adressgrenzen hinweg zuzuweisen. Dabei wird davon ausgegangen, dass Mitversorgungsverbände jeweils auf einer Straßenseite liegen und die Hausnummern jeweils in gerade und ungerade unterteilt sind. Bei großen Verbänden wird im Luftbild geprüft, ob es sich um Nahwärmenetze handelt und entsprechend weitere Hausnummern berücksichtigt werden müssen.

Die Angaben über Mitversorgungsverbände sind getrennt in den Gas-Verbrauchswerten, den Zählerwärme-Verbrauchswerten und für die kommunalen Liegenschaften eingetragen. Einige Verbände sind dabei doppelt aufgeführt. Zum Beispiel wird eine kommunale Liegenschaft über Gas versorgt und ist Teil eines größeren Mitversorgungsverbundes, der jedoch nicht ausschließlich aus kommunalen Liegenschaften besteht. Die Angaben werden deshalb in einem ersten Schritt auf Überschneidungen und Plausibilität überprüft und dann umgesetzt.

Die vorläufige Einrichtung der Verbände wird nach Zuweisung der Verbräuche auf Basis der Plausibilität spezifischer Bedarfswerte nachgearbeitet. Diese erfolgt zeitlich später, aus methodischen Gründen ist sie jedoch im folgenden Abschnitt erläutert.

### 2.5.2 Nacharbeiten von Mitversorgungsverbänden

Die aufbereiteten Verbrauchs- und Bedarfsdaten (siehe Kapitel 3) werden den Gebäuden über Adressen zugewiesen und in die GIS-Attributtabelle übertragen. Die Zuweisung der

Summe aller Verbrauchswerte, die für eine Adresse geliefert werden, erfolgt zunächst an das Versorgerobjekt. Dann wird der flächenspezifische Bedarf für jedes Gebäude / jeden Verbund berechnet und auf alle Objekte eines Verbundes übertragen.

Im GIS erfolgt nun eine visuelle Kontrolle des Siedlungsumfeldes der Wohngebäude mit unplausibel hohen spezifischen Bedarfswerte ( $> 500 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ). Für diese Gebäude wird anhand der Lage zueinander und im Luftbild überprüft, ob ein MV mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit existiert, aber bislang nicht hinterlegt ist. Ist dies gegeben, wird der MV nachgearbeitet. Typische Gründe für eine Nacharbeitung sind:

- Gebäude mit anderer Adresse ohne Verbrauch weisen einen direkten Kontakt auf bei Doppel-/Reihenhaus-Strukturen,
- Gebäude mit anderer Adresse ohne Verbrauch in direkter Umgebung, die gemäß Schrägluftaufnahme dazugehören müssten (vergleiche Abbildung 2-4),
- das Einrichten eines neuen MV führt zu plausiblen spezifischen Werten, die in einem homogenen Siedlungsumfeld auch zu den spezifischen Werten der umliegenden Gebäude passen.

In der folgenden Abbildung 2-4 ist ein Beispiel für einen Mitversorgungsverbund dargestellt, der im Zuge nach Nachbearbeitung neu gebildet wurde. Auf der linken Seite ist die Ausgangslage abgebildet, deutlich zu sehen ist, dass der flächenspezifische Wärmebedarf des in rot eingefärbten Gebäudes unplausibel hoch ist. Nach Zusammenführung mit den direkt angrenzenden Gebäuden ergibt sich ein plausibles Bild, siehe rechten Teil der Abbildung.

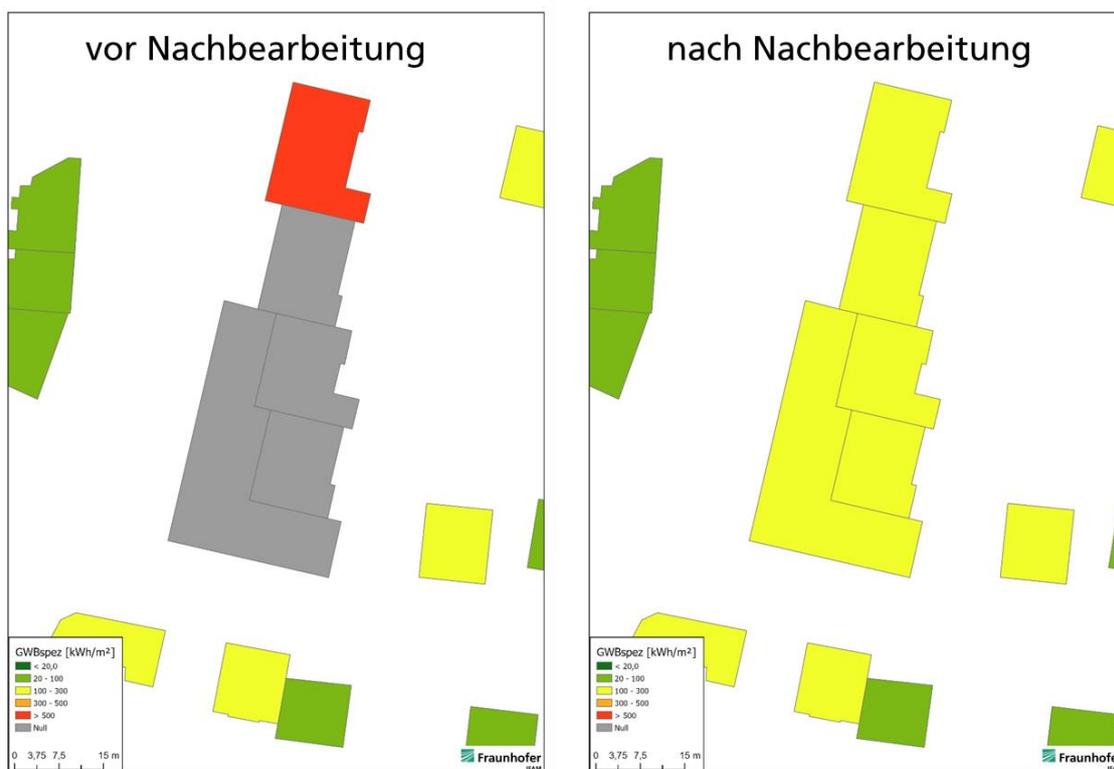


Abbildung 2-4: Nacharbeitung von Mitversorgungsverbänden

In einigen Fällen, ist unklar welche Gebäude zu einem MV zusammengefasst werden müssen. In diesen Fällen wird auf die Einrichtung eines MV verzichtet. Abbildung 2-5 zeigt ein Beispiel für einen unklaren MV. Die unplausiblen Verbrauchswerte werden in der Folge durch Typologiewerte ersetzt (siehe Kapitel 3.7).

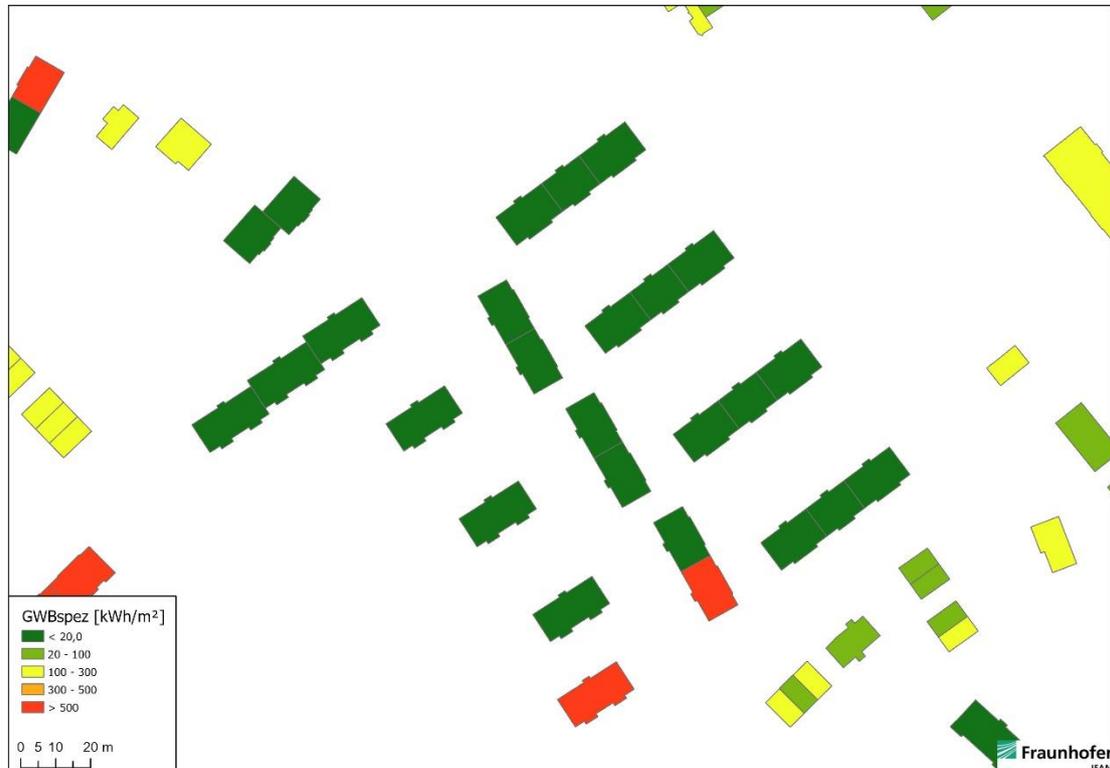


Abbildung 2-5: Mitversorgungsverbund wird nicht eingerichtet

## 3 Nutzung der Verbrauchsdaten

### 3.1 Genutzte Datenbasis

Die Datengrundlage bilden Verbrauchsdaten für Gas (2008 - 2020) und Wärmehähler (2010 - 2020), wozu hauptsächlich Nahwärme und Contracting gehören.

Die vier metallverarbeitenden Großindustrien Vallourec, Salzgitter Mannesmann Grobblech, Friedrich Wilhelms-Hütte und Europipe sind nicht in den allgemeinen Verbrauchsdaten aufgeführt, da sie aufgrund ihres großen Energiebedarfs gesonderte Energielieferverträge haben. Die Jahreswerte für diese vier Industriebetriebe wurden jedoch nachgeliefert und gesondert aufbereitet. Eine Klimakorrektur findet hier nicht statt, denn die Verbrauchswerte sind hauptsächlich prozessbedingt und damit nicht wetterabhängig. Die aufbereiteten Verbrauchswerte werden in den Wärmetlas im Ist-Stand eingebunden.

### 3.2 Erste Aufbereitung der Verbrauchsdaten

Nach einer grundsätzlichen Prüfung und Aufbereitung der Daten, zum Beispiel werden negative Werte durch 0 ersetzt, ist der erste Schritt die jahres- und energieträgerbezogene Addition der Verbrauchsdaten, für diejenigen Fälle, in denen mehrere Werte je Adresse vorliegen. Ebenso werden die Verbrauchsdaten aus den Wärmeverbräuchen in die Gasverbräuche übertragen, die mit den Hinweisen Contracting, Gas oder BHKW gekennzeichnet sind.

### 3.3 Klimakorrektur der Verbrauchswerte

Die Klimakorrekturfaktoren für Mülheim ergeben sich auf Basis des Verhältnisses der Gradtagszahl des Standardklimas zur Gradtagszahl des jeweiligen Jahres gemäß [IWU, 2020]:

- 2018: 1,31
- 2019: 1,28
- 2020: 1,36

Mit diesen Werten werden die jeweiligen Verbrauchswerte multipliziert, Werte größer 1 kennzeichnen also ein im Vergleich zum langjährigen Mittelwert warmes Jahr, bei dem der Verbrauch unterdurchschnittlich ausgefallen ist. Werte kleiner 1 kennzeichnen dementsprechend ein kaltes Jahr. Wie sich zeigt, waren alle drei betrachteten Jahre überdurchschnittlich warm und weichen sogar deutlich vom langjährigen Mittel ab.

Aus den vom BMWi veröffentlichten Energiedaten für Deutschland [BMWi, 2021] wird für jedes Jahr und jeden Energieträger der Anteil von Raumwärme (Klimakorrektur) und Brauchwasser sowie Prozesswärme (keine Klimakorrektur) für jeden Energieträger errechnet und zwar getrennt nach den Sektoren Private Haushalte und GHD. Durch Anwendung der ermittelten Faktoren ergeben sich klimabereinigte Verbrauchsdaten der Einzeljahre.

### 3.4 Zusammenführung der Jahreswerte, Zuweisung zu den Gebäuden und Ermittlung der Energieträger

Jetzt erfolgt die Mittelwertbildung aus den Einzeljahren; so werden Schwankungen zwischen Einzeljahren ausgeglichen. Vor der Mittelwertbildung wird geprüft, ob es auffällige Schwankungen zwischen den Einzeljahren gibt (Abweichung größer 40 %, kann beispielweise durch einen Nutzer- / Nutzungswechsel hervorgerufen sein); solche Werte werden ausgefiltert und nicht verwendet. Sofern es möglich ist, erfolgt die Mittelwertbildung über die letzten drei Jahre (bei der dominierenden Zahl der Fälle), sonst über zwei der drei Jahre. In wenigen Fällen ist nur ein Jahr verfügbar oder die Werte streuen sehr stark, dann wird das aktuelle Jahr 2020 genutzt. Wenn nur aus einem Jahr Werte verfügbar sind, werden diese genutzt. Die jeweils genutzten Jahre sind im Wärmetlas angegeben; ebenso der Energieträger bzw. die Heizungstechnik.

Bei Gebäuden, die über die aktuellen Verbrauchswerte keinen Energieträger zugewiesen bekommen, wird geprüft, ob anderweitig Informationen zum Energieträger vorliegen. Dies ist zum Beispiel in der gelieferten Liste zu den installierten Wärmepumpen der Fall. Nach der Zuweisung des Energieträgers entsprechend der Verbrauchsdaten und weiterer Informationsquellen wird zusätzlich der Hauptenergieträger ausgewiesen. Beispielsweise wird bei der Kombination aus Nahwärme und Solarthermie als Hauptenergieträger Nahwärme angegeben und bei der Kombination aus Gas und Wärmepumpe dementsprechend Gas.

Bei der Zuweisung der Verbrauchsdaten zu den Gebäuden ergeben sich hohe und für solche Projekte typische Zuordnungsquoten. Liegen Verbräuche in Gebäuden, die als nicht beheizt eingestuft sind, wird im GIS geprüft, ob diese eindeutig einem warmen Gebäude zugewiesen werden können. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn der Gasanschluss in der Garage liegt, die sich auf demselben Grundstück wie das beheizte Gebäude befindet. Die Zuordnung ist für alle dieser Fälle erfolgreich. Aussortiert wurden lediglich Verbrauchswerte von inzwischen abgerissenen Gebäuden, jene mit Angabe „kein Gebäude“ oder „entfällt“, Verbräuche zu Gebäuden außerhalb Mülheims sowie jene Verbrauchswerte, zu denen es zwar eine GebäudelD, aber keine Zählernummer gibt. Beim letztgenannten Fall sind zusätzlich alle Verbrauchswerte über die gesamte betrachtete Zeit 0, sie wären also ohnehin nicht relevant für die Berechnung einer Typologie.

Im Anschluss an die Mittelwertbildung werden alle verfügbaren Werte getrennt nach Energieträger innerhalb eines MV aufaddiert, denn ein Verbund kann mehr als eine Adresse umfassen.

### 3.5 Umrechnung auf Nutzenergie

Die einzelnen Verbrauchswerte werden je nach Erzeugungstechnik mit folgenden mittleren Jahresnutzungsgraden in den Nutzenergiebedarf umgerechnet:

- Fernwärme: 0,99
- Gas: 0,78

Diese Faktoren beziehen sich nicht allein auf den Wirkungsgrad der Heizung, sondern beziehen zum Beispiel auch die Umrechnung von oberen in unteren Heizwert von Erdgas mit ein. Alle weiteren Arbeitsschritte erfolgen mit den Nutzenergiewerten.

### 3.6 Plausibilitätsprüfung der Bedarfswerte

Die Plausibilitätsprüfung erfolgt über die Bewertung der flächenspezifischen Bedarfswerte in einem MV in Abhängigkeit von der Nutzung in diesem Verbund. Dazu wird die Bedarfssumme eines Verbundes durch die jeweilige Nutz- bzw. Wohnfläche dividiert. Alle Fälle, die nach einer Nacharbeitung von MV (die Beschreibung erfolgte schon in Abschnitt 2.5.2) als nicht plausibel zu bewerten sind, werden herausgefiltert und gekennzeichnet. Für diese wird später ein Typologiewert berechnet, der den unplausiblen Bedarfswert ersetzt. 96 % der Wohngebäude mit Verbrauch werden als plausibel eingeschätzt, bei Nichtwohngebäuden in Mischverbänden sind 88 % des zugewiesenen Wärmebedarfs plausibel und 84 % der reinen NWG. Diese Quoten sind vergleichbar mit denen aus anderen Projekten.

Es werden vier MV-Konstellationen unterschieden; bei den ersten beiden handelt es sich um MV mit einheitlichen Nutzungen (also WG oder NWG), um die Mischung der Nutzungen sowie um Verbünde der Großindustrie.

#### 3.6.1 Mitversorgungsverbünde mit Wohngebäuden

Bei den Wohngebäuden gelten spezifische Bedarfswerte unter 20 kWh/m<sup>2</sup>a als nicht plausibel. Der als plausibel angesetzten Maximalwert von 350 kWh/m<sup>2</sup>a wird in Abhängigkeit der BAK für die neueren Gebäude ab BAK 1994 stufenweise bis auf 200 kWh/m<sup>2</sup>a (BAK 2020) abgesenkt, um die stetig steigenden gesetzlichen Anforderungen abzubilden. Der Maximalwert von 350 kWh/m<sup>2</sup>a liegt um 50 kWh/m<sup>2</sup>a niedriger als beim Vorläuferprojekt um dem Einfluss von Sanierungen Rechnung zu tragen, die aktuell hauptsächlich bei Gebäuden mit einer BAK älter als 1994 stattfinden.

#### 3.6.2 Mitversorgungsverbünde mit Nichtwohngebäuden

Bei den NWG werden zunächst alle Fälle mit Werten zwischen 20 - 600 kWh/m<sup>2</sup>a als plausibel eingeordnet. Für einzelne Mitversorgungsverbünde werden höhere Maximalwerte als plausibel angesehen, dies sind die Verbünde Timmerhellstr. 28, Duisburger Str. 50, Rheinstr. 158, Schieferbank 10 und Stiftstr. 30. Dies sind Heizwerke oder Chemiestandorte, deren Wärmebedarf nicht in die Kategorien sonstiger NWG fällt.

#### 3.6.3 Mitversorgungsverbünde mit Nutzungsart-Mischung

Die Grenzen für Mischverbünde ergeben sich aus den maximal plausiblen Werten und richten sich somit nach den Grenzen für NWG. Es sind also alle Werte zwischen 20 - 600 kWh/m<sup>2</sup>a als unmittelbar plausibel anzusehen.

#### 3.6.4 Großindustrie

Verbrauchswerte der Großindustrie, die durch sehr hohe Prozesswärmebedarfe gekennzeichnet sind, sind unabhängig von der allgemeinen Entwicklung sonstiger NWG. Sie sind

hauptsächlich getrieben von konjunkturellen Bedingungen und unternehmerischen Entscheidungen. Die Verbräuche werden ohne weitere Prüfung oder Korrektur als plausibel übernommen.

### 3.7 Typologiebildung und -anwendung

Anhand der Gebäudegruppen, für die der zugewiesene Verbrauch zuvor als plausibel eingestuft wird, erfolgt nun die Typologiebildung. Diese hat das Ziel, allen Gebäuden ohne Verbrauchswert oder mit einem nicht plausiblen Verbrauchswert einen mittleren Bedarfswert zuzuweisen. Die o. g. Teilmenge der MV mit plausiblen Verbrauch entspricht 65 % der Gesamtheit, d. h. gut ein Drittel der Gebäude bekommen einen Typologiewert, weil kein Verbrauchswert vorliegt oder dieser als unplausibel eingestuft wurde.

Nachdem alle Einzelobjekte einen spezifischen Nutzwärmebedarf bekommen haben, ergibt sich durch Multiplikation mit der jeweiligen Nutzfläche zunächst der (absolute) Nutzwärmebedarf je Gebäude und in der Folge dann der Wert für den Mitversorgungsverbund.

#### 3.7.1 Wohngebäude-Typologie

Bei den Wohngebäuden erfolgt die Typologiebildung getrennt für alle BAK und unter Nutzung des A\*/V-Verhältnisses (siehe Abschnitt 2.4). Abbildung 3-1 zeigt die resultierenden Typologiegeraden, Abbildung 3-2 die Mittelwerte der BAK. Die dazugehörigen Tabellen 3-1 und 3-2 geben die Geradengleichung bzw. die flächenspezifischen Werte an.

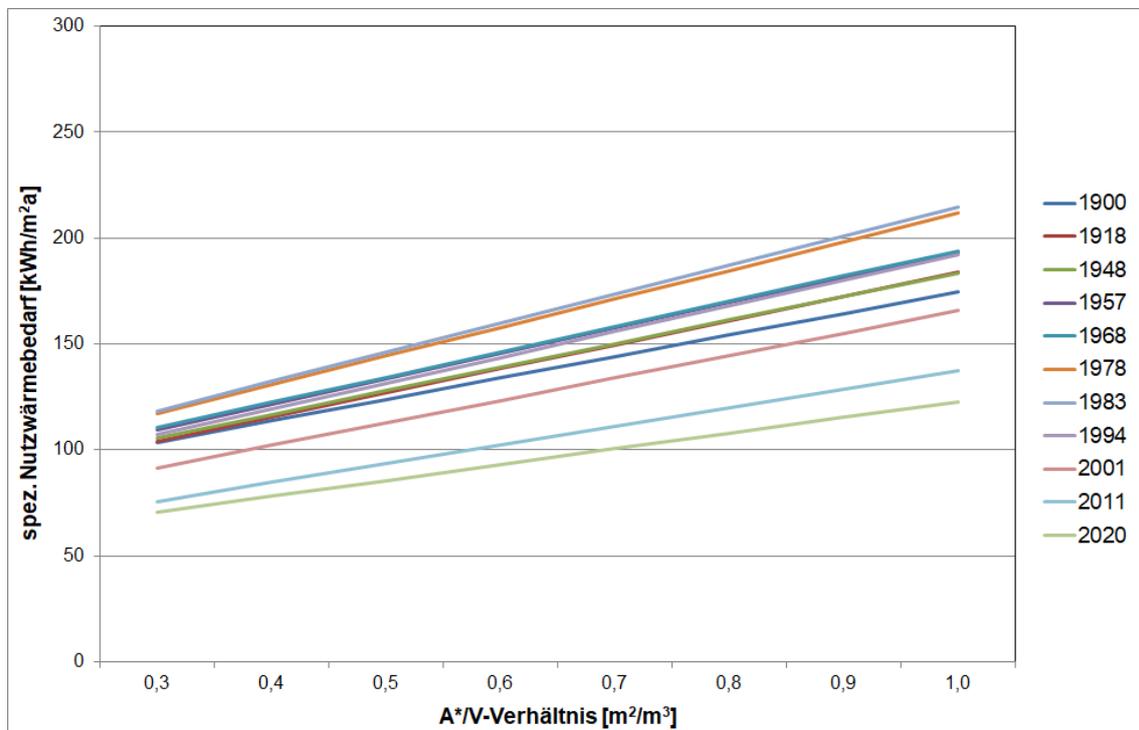


Abbildung 3-1: Spezifischer Nutzwärmebedarf der BAK in Abhängigkeit des A\*/V-Verhältnisses

Tabelle 3-1: Geradengleichungen der Wohngebäude-Typologie

BAK	Steigung	Y-Achsenabschnitt
1900	101	73
1918	114	70
1948	111	72
1957	119	74
1968	119	75
1978	135	77
1983	138	77
1994	122	71
2001	106	60
2011	88	49
2020	74	48

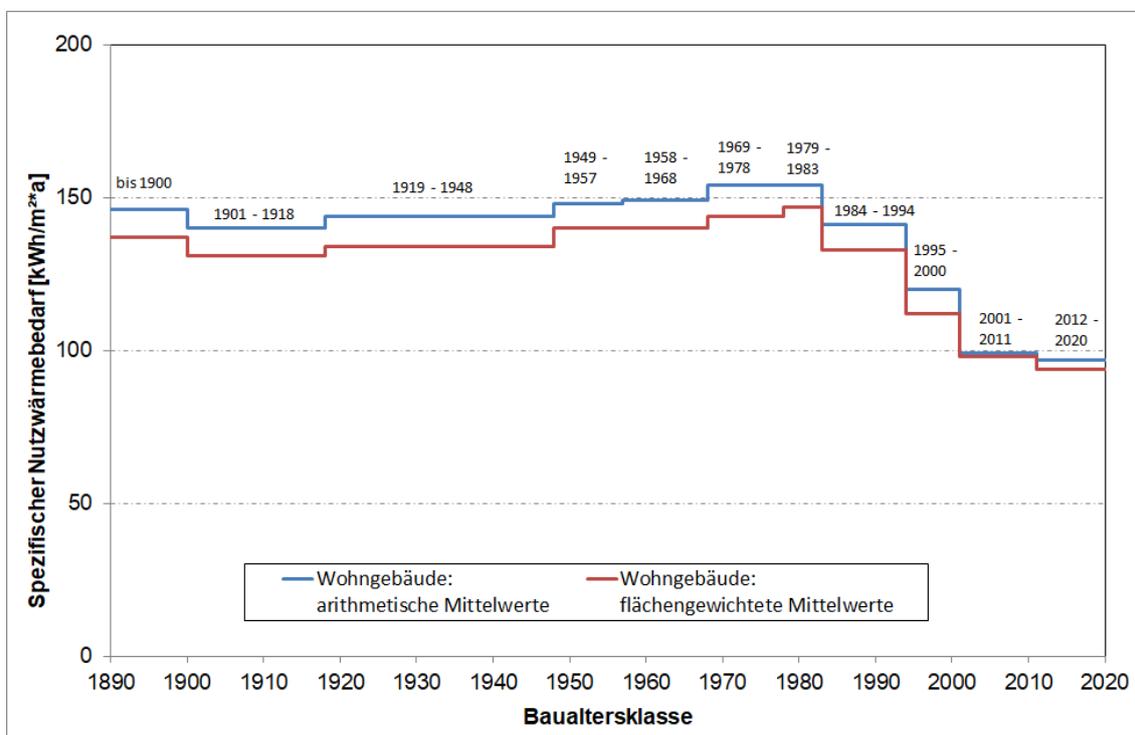


Abbildung 3-2: Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf in Abhängigkeit der BAK der Wohngebäude

Tabelle 3-2: Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf der Wohngebäude

BAK	Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf (arithmetisch) [kWh/m <sup>2</sup> *a]	Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf (flächengewichtet) [kWh/m <sup>2</sup> *a]
1900	146	137
1918	140	131
1948	144	134
1957	148	140
1968	149	140
1978	154	144
1983	154	147
1994	141	133
2001	120	112
2011	99	98
2020	97	94

Die Werte entsprechen den Erwartungen und stimmen gut mit vergleichbaren Ergebnissen anderer IFAM-Projekte überein. Es ist deutlich erkennbar, dass zunächst die Wärmeschutz- und dann die Energieeinsparverordnung zu einem deutlichen Absinken des Bedarfsniveaus geführt hat.

### 3.7.2 Nichtwohngebäude-Typologie

Für die Nichtwohngebäude stellt die Nutzungsart die wichtigste Angabe dar, um für Gebäude ohne Verbrauchszuweisung einen mittleren Bedarfswert abzuschätzen. Für alle Nichtwohngebäude einer Nutzungsart, denen ein plausibler Verbrauchswert zugeordnet werden konnte, wird der Mittelwert gebildet. Wenn die Fallzahl einer Nutzungsart ausreichend hoch ist, um zu einem belastbaren und plausiblen Mittelwert zu führen, findet dieser Verwendung. Ist die Fallzahl zu gering, wird entweder der Mittelwert von ähnlichen Nutzungsarten, aus dem vorigen Projekt oder aus anderen IFAM-Projekten übernommen.

Die zuvor als plausibel eingeschätzten Mitversorgungsverbände, deren spezifischer Wärmebedarf aber oberhalb des als plausibel eingestuften Intervalls liegen (siehe Abschnitt 3.6.2), gehen nicht in die Mittelwertbildung mit ein. Das betrifft die drei Gebädefunktionen *1700 Industrie und Gewerbe*, *2571 Gebäude- und Freifläche Versorgungsanlage, Wärme* und *1120 Bildung und Forschung* ebenso wie die Verbrauchswerte der Großindustrie.

Der Mittelwert wird dabei basierend auf den verbleibenden Gebäuden ermittelt.

Diese Mittelwerte werden anschließend wiederum allen Nichtwohngebäuden ohne Verbrauchszuweisung oder solchen mit nicht plausiblen spezifischen Bedarfswerten zugewiesen.

## 4 Struktur des Wärmebedarfs im Ist-Stand

Sämtliche Daten, die gemäß der Ausführungen in Kapitel 2 und 3 erarbeitet wurden, sind in dem Wärmekataster auf Ebene der Einzelgebäude vorhanden. Eine Übersicht der hinterlegten Attribute wurde dem AG bereits übermittelt. Einen Teil dieser Daten zeigen die Abbildungen 4-1 und 4-2, in der für einen Ausschnitt des Stadtgebiets der absolute Wärmebedarf sowie der Hauptenergieträger auf Ebene der Einzelgebäude dargestellt ist. Abbildungen dieser Art sind für jedes hinterlegte Attribut möglich.



Abbildung 4-1: Beispielhafte Darstellung des Wärmebedarfs



Abbildung 4-2: Beispielhafte Darstellung des Hauptenergieträgers

#### 4.1 Nutzwärmebedarf nach Nutzungsart

Der Gesamtwärmebedarf in Mülheim beträgt **2,29 TWh/a.**

Abbildung 4-3 zeigt die Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf die unterschiedlichen Gebäudenutzungsarten. Es entfällt etwas weniger als die Hälfte des Nutzwärmebedarfs auf die Wohngebäude; eine für Großstädte typische Größenordnung. Gut 35 % entfallen auf die Industrie, was sowohl die in den Verbrauchswerten gelieferten Industrieanteile, als auch die nachgelieferten Verbrauchswerte für die vier Großindustrien beinhaltet. Auf die verbleibenden Gebäudenutzungen entfallen deutlich geringere Anteile. In Tabelle 4-1 sind die Verteilung des Nutzwärmebedarfs sowie die Anzahl der Objekte in den Gebäudetypen mit den höchsten Anteilen am Gesamtwärmebedarf dargestellt.

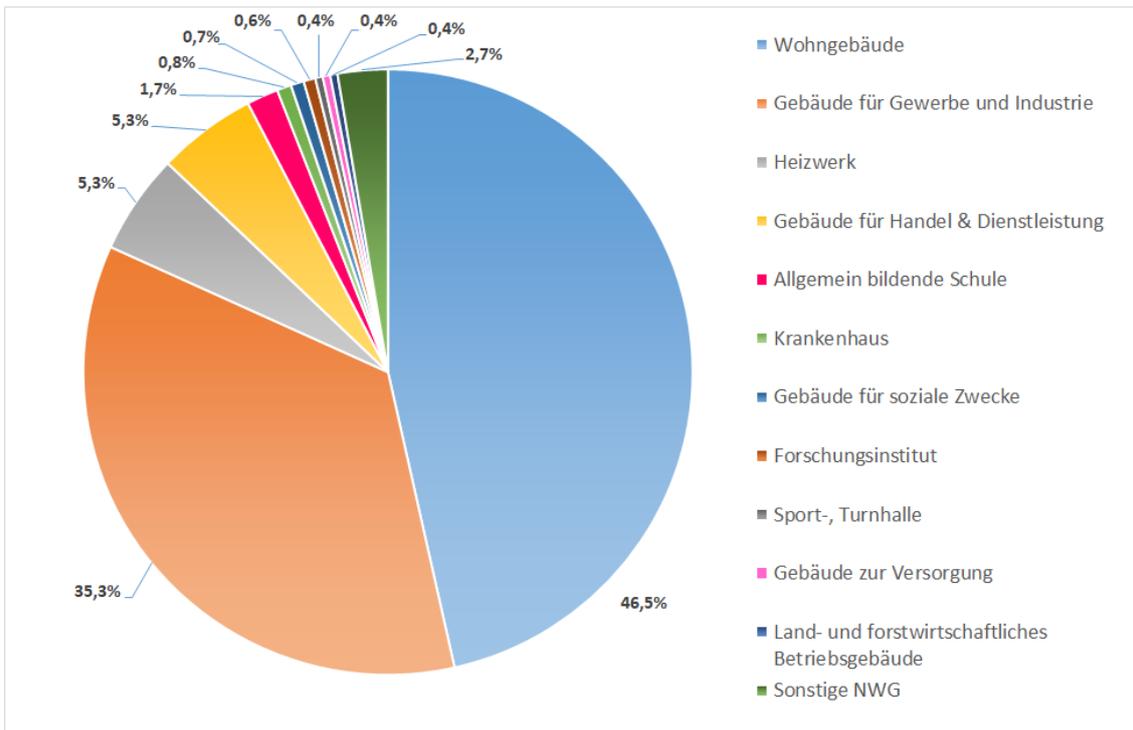


Abbildung 4-3: Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf Wohn- und Nichtwohngebäude

Tabelle 4-1: Verteilung des Nutzwärmebedarfs sowie Anzahl der Objekte nach Gebäudekategorien

Gebäudekategorie	Nutzwärmebedarf [GWh/a]	Anzahl
Wohngebäude	1.067	34.649
Gebäude für Gewerbe und Industrie	809	1.759
Heizwerk	123	23
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	121	1.013
Allgemein bildende Schulen	39	146
Krankenhaus	17	14
Gebäude für soziale Zwecke	16	121
Forschungsinstitut	14	15
Sport- und Turnhalle	9	69
Gebäude zur Versorgung	9	43
Land- und forstwissenschaftliches Betriebsgebäude	9	565
Sonstige NWG	61	1.014
<b>Gesamt</b>	<b>2.294</b>	<b>39.431</b>

Für die Wohngebäude ist in Tabelle 4-2 die Anzahl der Objekte, die beheizte Wohnfläche sowie die Höhe des Nutzwärmebedarfs je Baualtersklasse dargestellt.

Tabelle 4-2: Nutzwärmebedarf und Nutzfläche der Wohngebäude je Baualtersklasse

BAK	Anzahl	Nutzfläche [m <sup>2</sup> ]	Nutzwärmebedarf [GWh/*a]
1900	2.962	511.656	70
1918	3.285	756.306	99
1948	4.741	905.246	121
1957	4.340	1.037.825	144
1968	6.735	1.707.772	236
1978	3.875	1.184.214	168
1983	1.399	367.383	54
1994	2.139	497.050	66
2001	1.462	392.988	44
2011	1.686	339.323	35
2020	2.029	326.750	31

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Hauptenergieträgern für die Stadt Mülheim.

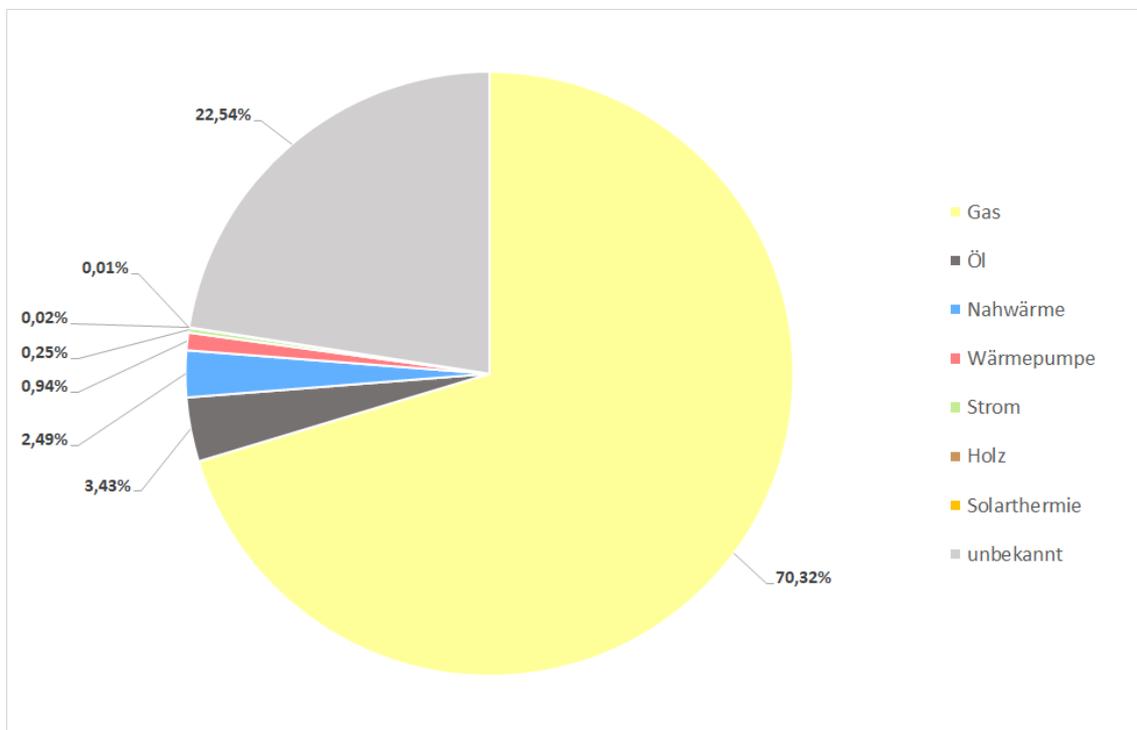


Abbildung 4-4: Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Hauptenergieträgern

## 4.2 Wärmedichte

Um die Verteilung des Wärmebedarfs in Mülheim anschaulich darzustellen und auswerten zu können, wurde die Wärmedichte auf Ebene der Baublöcke und Baublockseiten berechnet. Dabei wurde die Wärmemenge einmal auf die Fläche des Baublocks / der Baublockseite bezogen und einmal auf die jeweils bebaute Fläche des Baublocks / der Baublockseite. Sämtliche Karten wurden in der Abschlusspräsentation geliefert, es wurden aber infolgedessen mit den nachgelieferten Daten Aktualisierungen berechnet. Alle vier Karten sind in der aktualisierten Form im Folgenden aufgeführt. Abbildung 4-5 und Abbildung 4-6 zeigen die beiden Karten auf Baublockebene, Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 die beiden Karten auf Baublockseitenebene. Die Baublöcke / Baublockseiten können auch jederzeit anhand anderer Kriterien ausgewertet werden, da die Zuweisung der Gebäude zu den Baublöcken / den Baublockseiten in den Geodaten mitgeliefert wurde.

Es ist gut zu erkennen, dass die Wärmedichte im Stadtzentrum am größten ist und dann nach außen hin abnimmt. Es gibt jedoch auch in den Randbereichen einzelne Baublöcke, in denen eine große Wärmedichte vorliegt.

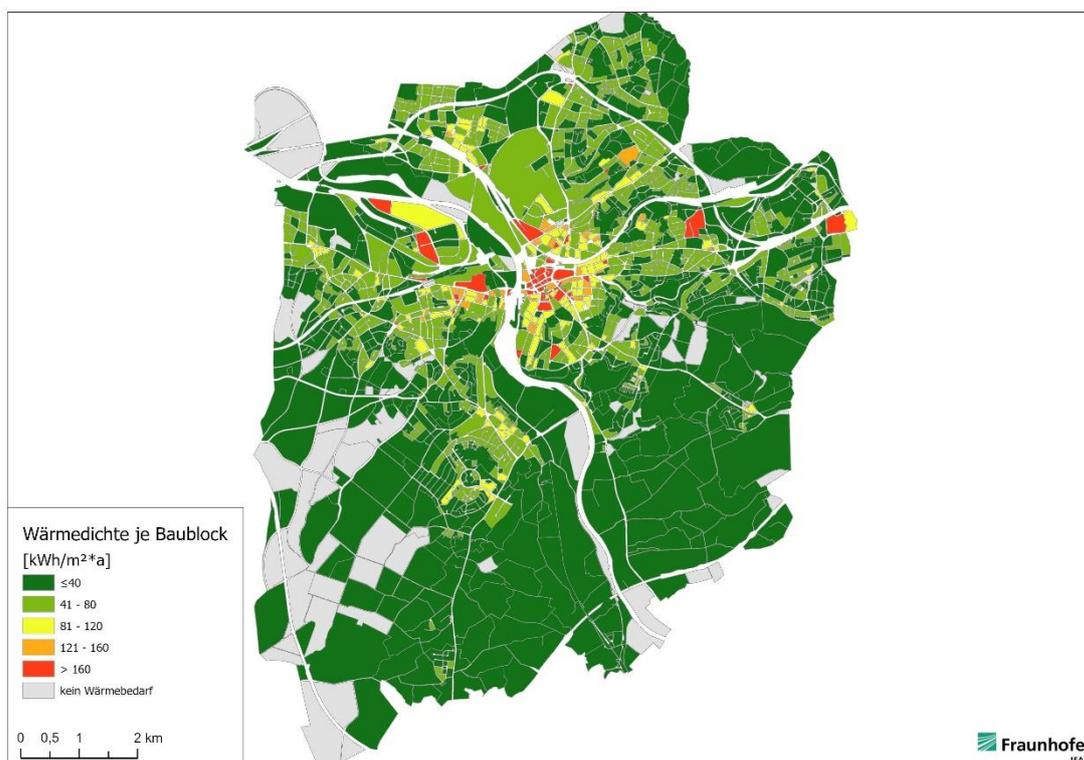


Abbildung 4-5: Wärmedichte je Baublock, bezogen auf die gesamte Baublockfläche

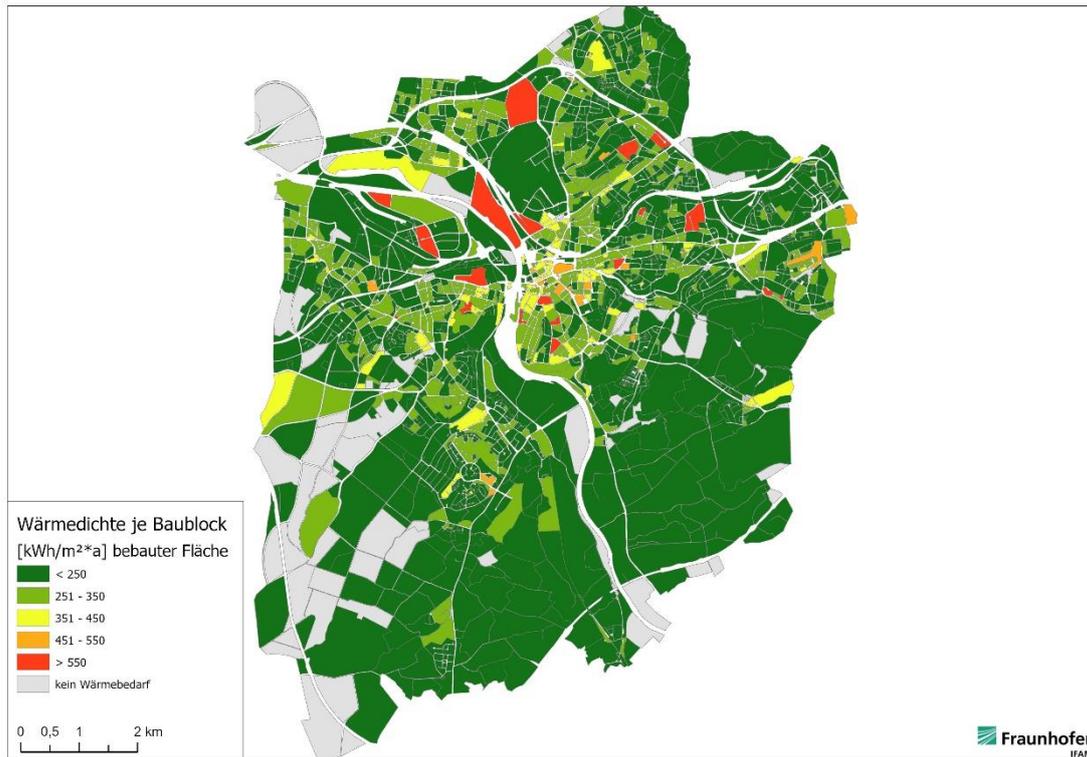


Abbildung 4-6: Wärmedichte je Baublock, bezogen auf die bebauten Baublockfläche

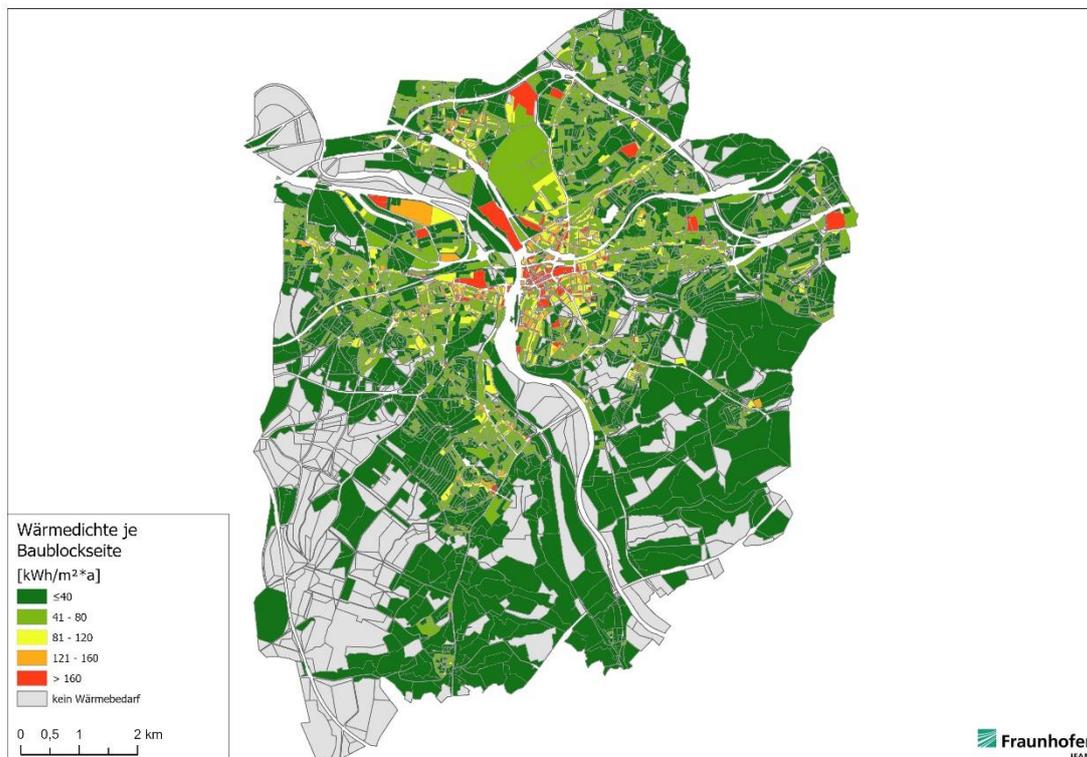


Abbildung 4-7: Wärmedichte je Baublockseite, bezogen auf die gesamte Baublockseitenfläche

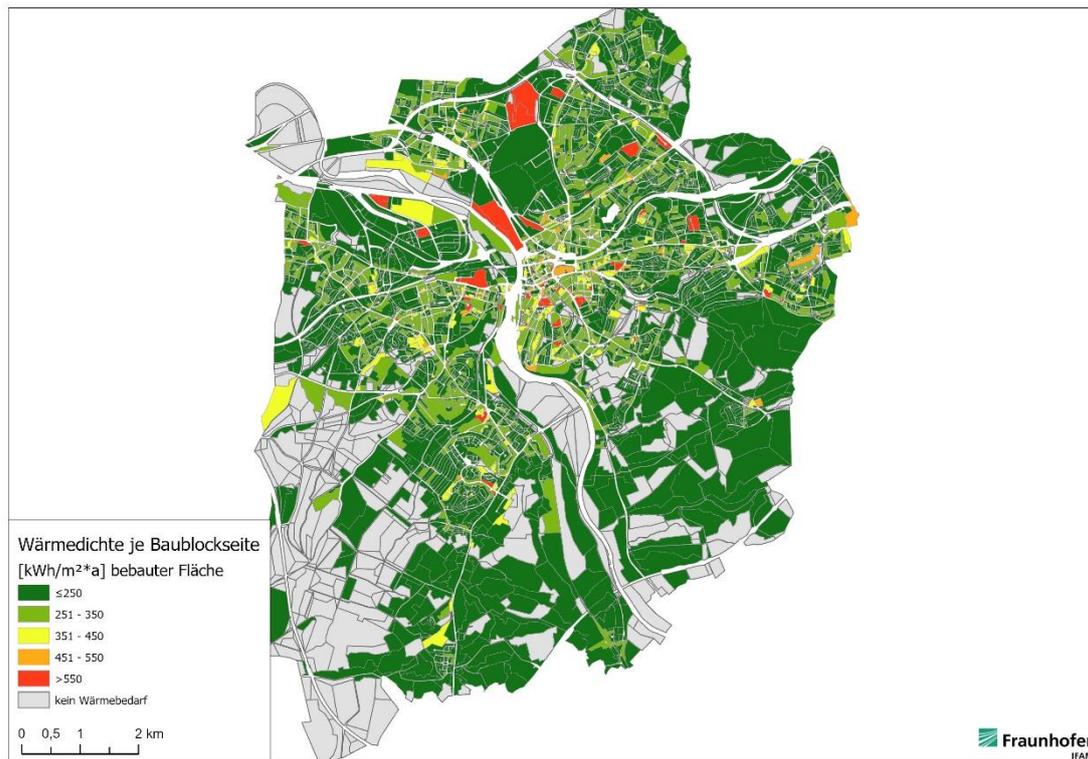


Abbildung 4-8: Wärmedichte je Baublockseite, bezogen auf die bebauten Baublockseitenfläche

## 5 Definition von Szenarien zur Fortschreibung des Wärmebedarfs

Der Wärmebedarf wird auf Ebene der Einzelgebäude bis zum Jahr 2045 fortgeschrieben. Zusätzlich werden die Werte des Stützjahrs 2035 ausgewiesen, da die Stadt Mülheim an der Ruhr den Beschluss gefasst hat, bis zu diesem Zeitpunkt klimaneutral zu sein. Der Ist-Stand des Wärmebedarfs wird entsprechend der ersten Projektphase auf das Jahr 2020 festgelegt.

In diesem Kapitel wird zunächst die Definition der Szenarien und Rahmenannahmen für die Fortschreibung für die Wohn- und Nichtwohngebäude beschrieben. Die Großindustrie wird in der Fortschreibung nicht betrachtet, denn diese entwickelt sich unabhängig von der allgemeinen Versorgung. Hier sind vielmehr unternehmerische Entscheidungen, Absatzmärkte und industriespezifische Förderbedingungen relevant, die sich zum Teil erheblich von denen des Allgemeinverbrauchs abheben.

Im folgenden Kapitel 6 werden dann die Ergebnisse der Bedarfsfortschreibung dargestellt.

### 5.1 Grundausrichtung der Szenarien

Der Wärmebedarf der Wohn- und Nichtwohngebäude wird in zwei Szenarien fortgeschrieben. Dem TREND-Szenario und dem SPAR-Szenario. Das TREND-Szenario beschreibt den aktuellen Trend der Bemühungen hinsichtlich Sanierungsraten und -effizienzen von Bestandsgebäuden. Die Klimaschutzziele und vor allem die noch höher gesteckten Ziele der Stadt Mülheim an der Ruhr bis 2035 klimaneutral zu sein würden sehr sicher damit verfehlt werden. Das SPAR-Szenario beschreibt die Auswirkungen von höheren Sanierungsraten und -effizienzen, die vor allem durch politische Rahmenbedingungen gelenkt würden. Auf dieser Grundlage ist das Erreichen der Klimaschutzziele möglich.

Der Rahmen der Szenarien und die getroffenen Annahmen orientieren sich an der Studie *Klimapfade für Deutschland* aus dem Jahr 2018, die von The Boston Consulting Group (BCG) und Prognos im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) erstellt wurde [BCG & Prognos, 2018]. Inputdaten für das TREND-Szenario werden aus dem Referenzszenario übernommen bzw. abgeleitet, solche für das SPAR-Szenario aus dem 95 %-Szenario der BDI-Klimapfade. Die BDI-Klimapfade wurden als Grundlage gewählt, da es sich um eine aktuelle Studie handelt, aus der alle benötigten Inputdaten für beide Szenarien entnommen werden können. Zudem wurden die Inputparameter und Ergebnisse der Studie im Rahmen zahlreicher Workshops einer breiten Diskussion unterschiedlichster Akteure unterzogen. Somit ist sichergestellt, dass ein aktueller und in sich schlüssiger Annahmensatz genutzt wird, der über die reine Fortschreibung des Wärmebedarfs hinausgeht. Die Annahmen, die nur indirekt auf die Fortschreibung des Wärmebedarfs wirken, werden in [BCG & Prognos, 2018] sehr ausführlich erläutert und können dort nachgelesen werden.

Darüber hinaus werden an einigen Stellen regionalspezifische Effekte, wie beispielsweise die Fortschreibung der Bevölkerungszahl von der Stadt Mülheim an der Ruhr übernommen.

Im Folgenden werden die Inputparameter inklusive der jeweiligen Quellen erläutert, die direkt auf die Fortschreibung des Wärmebedarfs wirken.

## 5.2 Sanierungsraten

Die Sanierungsraten geben den Anteil der Wohn- bzw. Nutzfläche an, die in einem Jahr saniert wird. Die hier angenommenen Werte werden aus den BDI-Klimapfaden [BCG & Prognos, 2018] jeweils getrennt nach Wohn- und Nichtwohngebäuden und nach den Szenarien abgeleitet. Die Werte werden in Absprache mit dem AG jedoch etwas ambitionierter angesetzt, da die gesetzlichen Anforderungen im Vergleich zur Erstellung der BDI-Klimapfade verschärft wurden und zudem der gesellschaftliche Druck zu mehr Klimaschutz stärker geworden ist. Weiterhin erfolgt innerhalb der Wohngebäude eine Trennung zwischen Wohngebäuden die sich in Privathand befinden und Wohnungsbaugesellschaften, da die Gesellschaften nach Aussagen des AG ambitionierte Ziele in den kommenden Jahren verfolgen.

Die Sanierungsraten bleiben im Szenario TREND über die Zeit konstant, während sie im SPAR-Szenario über die Zeit ansteigen. Der Anstieg ergibt sich aus den verstärkten Klimaschutzanstrengungen, die zeitverzögert wirken. Aus Tabelle 5-1 können die Werte in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen der beiden Szenarien entnommen werden.

Tabelle 5-1: Angenommene jährliche Sanierungsraten

Szenario	Gebäudetyp	2020 - 2035	2035 - 2045	Quelle / Bemerkung
TREND	WG Privat	1,4%	1,4%	Mittelwert BDI-Klimapfade liegt bei 1,1%/a
TREND	WG Wohnungsbaugesellschaften	1,75%	1,75%	
TREND	NWG	1,1%	1,1%	
SPAR	WG Privat	2,1%	2,3%	Mittelwert in BDI-Klimapfaden liegt bei 1,9%/a mit leichter Steigerung über die Dekaden
SPAR	WG Wohnungsbaugesellschaften	3,15%	2,3%	
SPAR	NWG	1,9%	2,0%	

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage von [BCG & Prognos, 2018; S. 215ff]

## 5.3 Sanierungseffizienz

Die Sanierungseffizienz gibt das Niveau an, auf das saniert wird. Die Sanierungseffizienz wird ebenso wie die Sanierungsraten aus den BDI-Klimapfaden abgeleitet. Für Wohngebäude unterscheidet sich die Sanierungseffizienz je nach Baualtersklasse der Gebäude. In den BDI-Klimapfaden werden Dämmrestriktionen, beispielsweise durch Denkmalschutzaufgaben, bereits mit einbezogen. Die Warmwasseranteile in Höhe von 18 kWh/m<sup>2</sup>\*a für Wohngebäude bzw. 11 kWh/m<sup>2</sup>\*a für Nichtwohngebäude sind in den Werten in den folgenden Tabelle 5-2 bereits enthalten und bleiben über den gesamten Betrachtungszeitraum als „Sockel“ konstant. Das liegt insbesondere daran, dass der Bedarf an Warmwasser unabhängig von Dämmmaßnahmen ist und daher nicht in gleichem Maße absinkt.

Tabelle 5-2: Sanierungseffizienz im TREND- und SPAR-Szenario in kWh/m<sup>2</sup>\*a

Gebäude- typ	BAK	TREND		SPAR	
		2020 - 2035	2035 - 2045	2020 - 2035	2035 - 2040
WG	1930	81	76	55	46
WG	1948	81	76	55	46
WG	1957	78	74	53	44
WG	1968	64	60	45	38
WG	1978	63	60	44	38
WG	1983	60	57	42	36
WG	1994	59	56	41	36
WG	2001	58	56	41	35
WG	2016	57	55	40	35
NWG	-	56	54	40	34

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage von [BCG & Prognos, 2018, S. 217ff]

## 5.4 Entwicklung Prozesswärme und Flächen von Nichtwohngebäuden

Während für die Fortschreibung des Wärmebedarfs von Wohngebäuden Annahmen für die Raumwärme und das Warmwasser ausreichend sind, kommt für den Bereich der Nichtwohngebäude die Prozesswärme hinzu. Die Entwicklung der Prozesswärme ist laut BDI-Klimapfaden stark von den Entwicklungen in einzelnen Betrieben bzw. Branchen abhängig. Zudem ist die Datenlage deutlich schlechter als im Bereich der Wohngebäude, sämtliche Annahmen haben dadurch eine deutlich höhere Unsicherheit. Daher gelten die Annahmen für beide Szenarien gleichermaßen.

Für die Nichtwohngebäude wird ein gegenläufiger Trend zwischen dem Wachstum der Bruttowertschöpfung auf der einen und der abnehmenden Zahl der Erwerbstätigen auf der anderen Seite vorhergesagt [BCG & prognos, 2018]. Dies führt dazu, dass die Nutzfläche der Nichtwohngebäude um 6 % bis 2050 sinken wird. Das Absinken wird in dieser Studie auf das Jahr 2045 vorgezogen. Gleichzeitig steigt die Prozesswärme pro m<sup>2</sup> Nutzfläche durch Effizienzgewinne an. Ein Abriss von Gebäuden kann im Rahmen dieses Projektes nicht modelliert werden. Daher wird die sinkende Nutzfläche auf alle Nichtwohngebäude übertragen und rechnerisch vom Wärmebedarf abgezogen. Der Vorteil dieses Vorgehens ist, dass die Gebäudegeometrie unverändert bleibt, der Effekt wird dennoch abgebildet. Eine Ausnahme wird bei Nutzungsarten gemacht, die in direktem Zusammenhang mit der Bevölkerungszahl stehen. Dies sind beispielsweise Schulen, Krankenhäuser oder Seniorenheime. Gemäß der Bevölkerungsvorausberechnung von [IT NRW, 2021a] bleibt die Bevölkerungszahl in Mülheim an der Ruhr bis 2040 mit leichten Schwankungen nahezu konstant.

## 5.5 Langfristiger Klimateffekt

Es wird ein langfristiger Klimateffekt berücksichtigt, der sich aus der Fortschreibung der Heizgradtage für den Standort Mülheim an der Ruhr ergibt. Dazu werden aus [IWU, 2021] die Heizgradtag Faktoren für die Jahre 2000 - 2017 ermittelt. Sie zeigen, dass es in diesem Zeitraum wesentlich mehr warme als kalte Jahre gab. Durch die Einbeziehung des Klimateffektes wird abgebildet, dass der Raumwärmbedarf allein durch die steigenden Temperaturen sinken wird, unabhängig von Veränderungen an der Gebäudehülle oder Heizungstechnik.

Wird für die Einzelwerte eine Trendgerade berechnet, so zeigt sich, dass die Steigung bei - 0,12 %/a liegt. Der langfristige Klimateffekt liegt bei rund 1,2 % Bedarfsrückgang je Dekade für den Bereich der Raumwärme, die genaue Höhe ist aus Tabelle 5-3 zu entnehmen. Der angegebene Wert bezieht sich auf das jeweilige Endjahr der betrachteten Zeit. Also das Jahr 2035 und 2045. Der Klimateffekt bezieht sich nicht auf den Brauchwasseranteil und wirkt in beiden Szenarien gleichermaßen.

Tabelle 5-3: Auswirkungen durch langfristigen Klimateffekt

	2020 - 2035	2035 - 2045
Klimafaktor	98,2%	98,8%

Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage von [IWU, 2021], 2020 = 100,0%

## 5.6 Neubauf Flächen Wohnen und Gewerbe

Der AG hat Flächen für Neubaugebiete für Wohnen und Gewerbe zur Verfügung gestellt, die in Abbildung 5-1 in einer Übersichtskarte dargestellt werden. Für alle Flächen deren Verfügbarkeit mit sofort, kurz- oder mittelfristig angegeben wird, wird von einer Realisierung innerhalb des ersten betrachteten Zeitraums, also bis 2035 ausgegangen. Für die Gebiete mit einer langfristigen Verfügbarkeit wird von einer Realisierung zwischen 2036 und 2045 und damit im zweiten betrachteten Zeitraum ausgegangen.

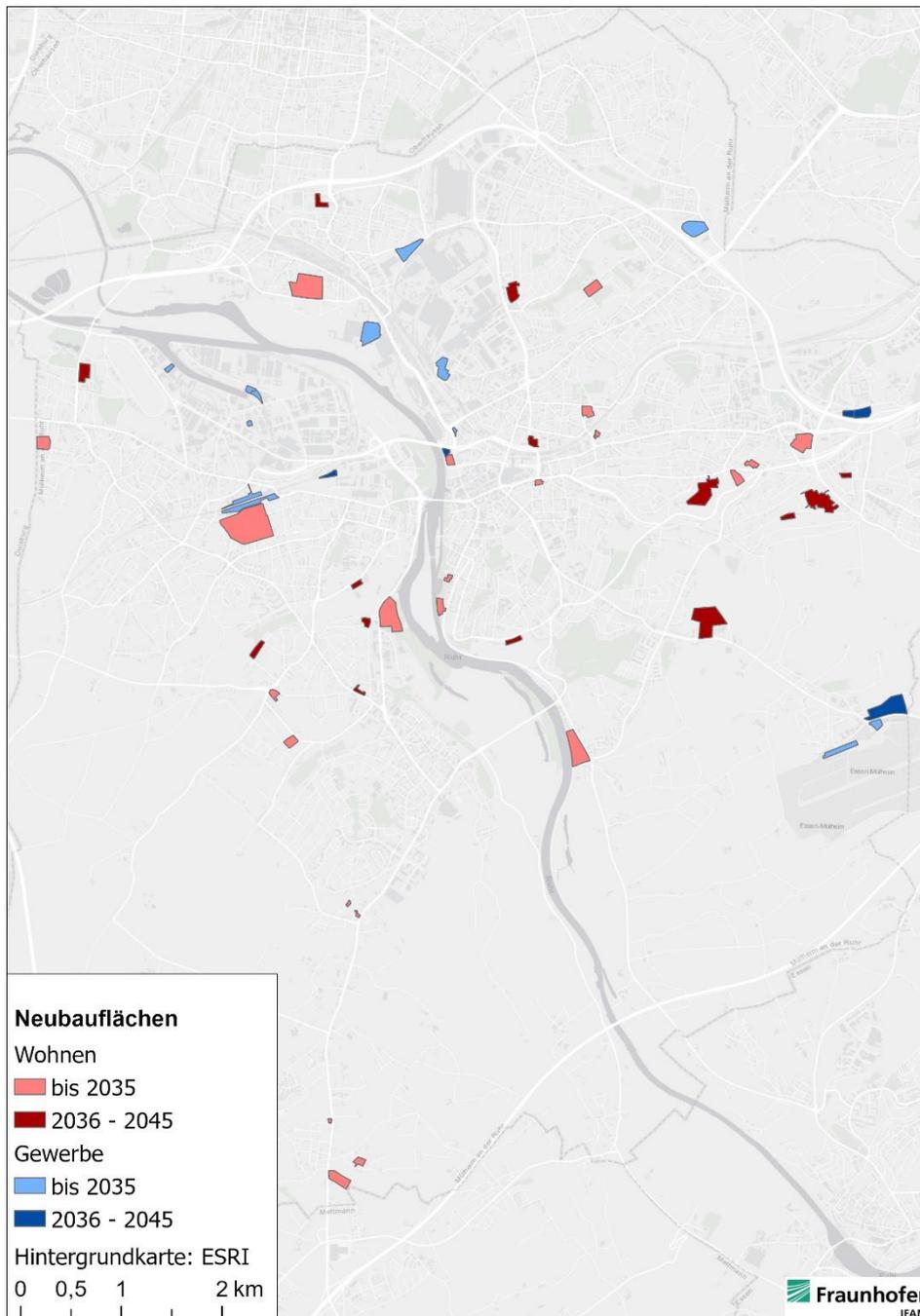


Abbildung 5-1: Neubaufflächen für Wohnen und Gewerbe mit angenommenem Realisierungszeitraum

Zudem wurde vom AG für die zu erschließenden Wohngebieten die geplante Anzahl der Wohneinheiten je Neubaugelbiet sowie der geplante vorherrschende Wohngebäudetyp (EZFH bzw. MFH) und bei Gewerbegebieten die vorgesehene Größe der Fläche angegeben. Zur Unterscheidung zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern, die unterschiedliche Nutzflächen und damit auch Wärmebedarfe besitzen, wurden Daten von neugebauten Ein- und Mehrfamilienhäuser im Jahr 2019 des Landes Nordrhein-Westfalen ins Verhältnis gesetzt [IT NRW, 2021b]. Die Anzahl der Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser konnte daraufhin mit der durchschnittlichen Wohnfläche von Einfamilienhäusern (152 m<sup>2</sup>) und der durchschnittlichen Fläche in Wohnungen (78 m<sup>2</sup>) multipliziert werden [DESTATIS, 2021].

Zur Ermittlung der beheizten Nutzfläche der Gewerbegebiete wurde sich nach den Orientierungswerten für die Bestimmung des Maßes der baulichen Nutzung gerichtet [§17 BauNVO] und die Obergrenze der Geschossflächenzahl für Gewerbe- und Industriegebiete gewählt. Daher werden 2,4 m<sup>2</sup> Geschossfläche je m<sup>2</sup> Baufläche angenommen.

Die angenommenen Wärmebedarfswerte zum Heizen sowie zur Brauchwassererwärmung für Wohn- sowie Nichtwohngebäude richten sich nach einer Studie vom Umweltbundesamt [UBA, 2017] und sind in Tabelle 5-4 dargestellt.

Tabelle 5-4: Wärmebedarf der Neubauten

	Wärmebedarf WG [kWh/m <sup>2</sup> *a]		Wärmebedarf NWG [kWh/m <sup>2</sup> *a]	
	2020-2035	2020-2035	2035-2045	2035-2045
Raumwärme	40	30	45	40
Warmwasser	18	18	11	11
Gesamtwärmebedarf	58	48	56	51

Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage von [UBA, 2017]

Bestandsgebäude, die sich innerhalb der Neubauf Flächen befinden, werden zu dem Realisierungszeitpunkt mit einem Wärmebedarf von 0 versehen, da auf der gleichen Fläche nicht sowohl das Bestandsgebäude als auch der Neubau stehen kann.

## 6 Ergebnisse der Wärmebedarfsfortschreibung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Fortschreibung des Wärmebedarfs dargestellt, getrennt nach Bestandsgebäuden und Neubaugebieten sowie in der Zusammenfassung. Wichtig ist, dass die in Kapitel 3 beschriebenen Unternehmen der Großindustrie nicht betrachtet wurden und diese entsprechend nicht in der Summe der Wärmebedarfe der folgenden Auswertungen enthalten sind.

### 6.1 Bestandsgebäude

Die Sanierungseffekte im Bereich der Raumwärme werden durch eine Multiplikation von Sanierungsraten und -effizienz berechnet und gleichmäßig auf alle Gebäude (im Falle der Wohngebäude differenziert nach Baualtersklassen) verteilt. Dieses Vorgehen wird gewählt, da nur selten eine Vollsanierung erfolgt und nicht genau vorhergesagt werden kann, welche Gebäude saniert werden.

Ein Beispiel für die Anwendung der im Vorfeld vorgestellten Faktoren wird für die Wohngebäude der Baualtersklasse 1983 im TREND-Szenario in der Tabelle 6-1 dargestellt. Der mittlere spezifische Wärmebedarf der Gebäude dieser Gruppe im Ist-Stand liegt bei 145 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Im Falle einer Vollsanierung würde der Wärmebedarf auf 58 kWh/m<sup>2</sup>\*a sinken. Das entspricht einer mittleren Reduktion in Höhe von 58,5 %. Allerdings werden in dem Zeitraum von 2020 – 2035 nur 21 % der Gebäude saniert. Damit ergibt sich eine mittlere Reduktion in Höhe von 12,6 %, was wiederum einem mittleren flächenspezifischen Wärmebedarf in Höhe von 127 kWh/m<sup>2</sup>\*a entspricht. Die mittlere Reduktion in Höhe von 12,6 % wird auf alle Wohngebäude der Baualtersklasse 1983 angewendet. Analog zu diesem Vorgehen werden auch für die anderen Baualtersklassen entsprechende Reduktionsfaktoren ermittelt.

Tabelle 6-1: Beispiel im TREND-Szenario für die Anwendung der Reduktionsfaktoren

BAK	mittlerer spez. WB 2019 [kWh/m <sup>2</sup> *a]	spez. WB 2035 bei Vollsanierung [kWh/m <sup>2</sup> *a]	Reduktion bei Vollsanierung um	Sanierungsrate 2020 – 2035	Mittlere Reduktion	mittlerer spez. WB 2035 [kWh/m <sup>2</sup> *a]
1983	145	58	58,5 %	21%	12,6 %	127

Quelle: eigene Berechnung

Die Wärmebedarfe, die sich durch die Reduktion für die Bestandsgebäude in Mülheim an der Ruhr ergeben, sind in Tabelle 6-2 dargestellt, sowohl als absolute Zahlen als auch als Einsparungen im Vergleich zum Ist-Stand. Die Reduktion des Wärmebedarfs bis 2045 im TREND-Szenario beträgt insgesamt 18 %, wobei sich der Wärmebedarf der Wohngebäude um 19 % und der der Nichtwohngebäude um 16 % reduziert. Im ambitionierten SPAR-Szenario steigt die Reduktion für Mülheim an der Ruhr bis 2045 auf 32 % im Vergleich zum Ist-Stand. Der Wärmebedarf wird sich um 36 % für die Wohn- bzw. 28 % für die Nichtwohngebäuden reduzieren.

Tabelle 6-2: Nutzwärmebedarf absolut (in GWh/a) sowie prozentuale Reduktion für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie summarisch

	Ist	TREND		Spar	
		2035	2045	2035	2045
WG	1.067	940	866	818	685
		12%	19%	23%	36%
NWG	798	712	667	642	577
		11%	16%	20%	28%
Summe	1.864	1.652	1.534	1.460	1.262
		11%	18%	22%	32%

Quelle: eigene Berechnung

Auf den folgenden Abbildungen 6-1 bis 6-5 ist der Rückgang der Wärmedichte auf Ebene der Baublöcke dargestellt. Zunächst wird in Abbildung 6-1 noch einmal die Wärmedichte im Ist-Stand auf Baublockebene dargestellt, allerdings ist auch hier die Großindustrie ausgeschlossen, so dass sich leichte Abweichungen zu Abbildung 4-5 ergeben. Gut zu erkennen ist auf den darauf folgenden Abbildungen der Rückgang der Wärmedichte. Diese sinkt im SPAR-Szenario deutlich stärker als im TREND-Szenario und ist in 2045 deutlich geringer als in 2035.

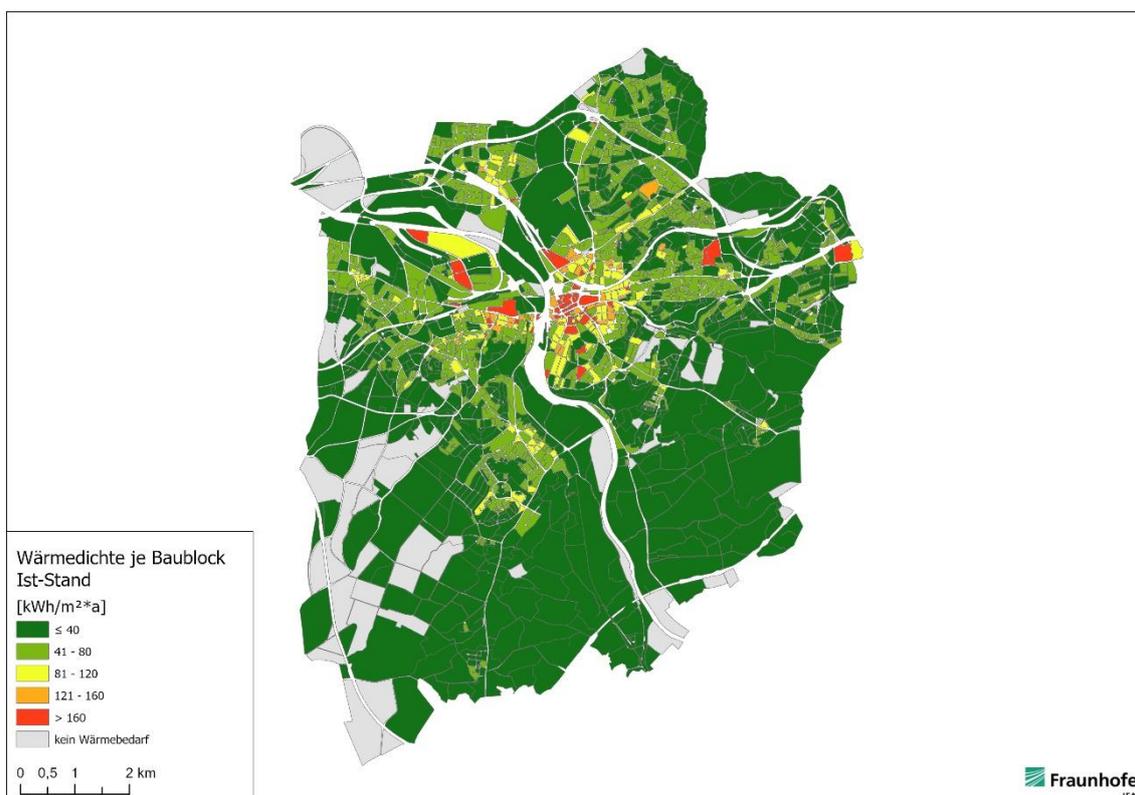


Abbildung 6-1: Wärmedichte je Baublock im Ist-Stand; ohne Großindustrie

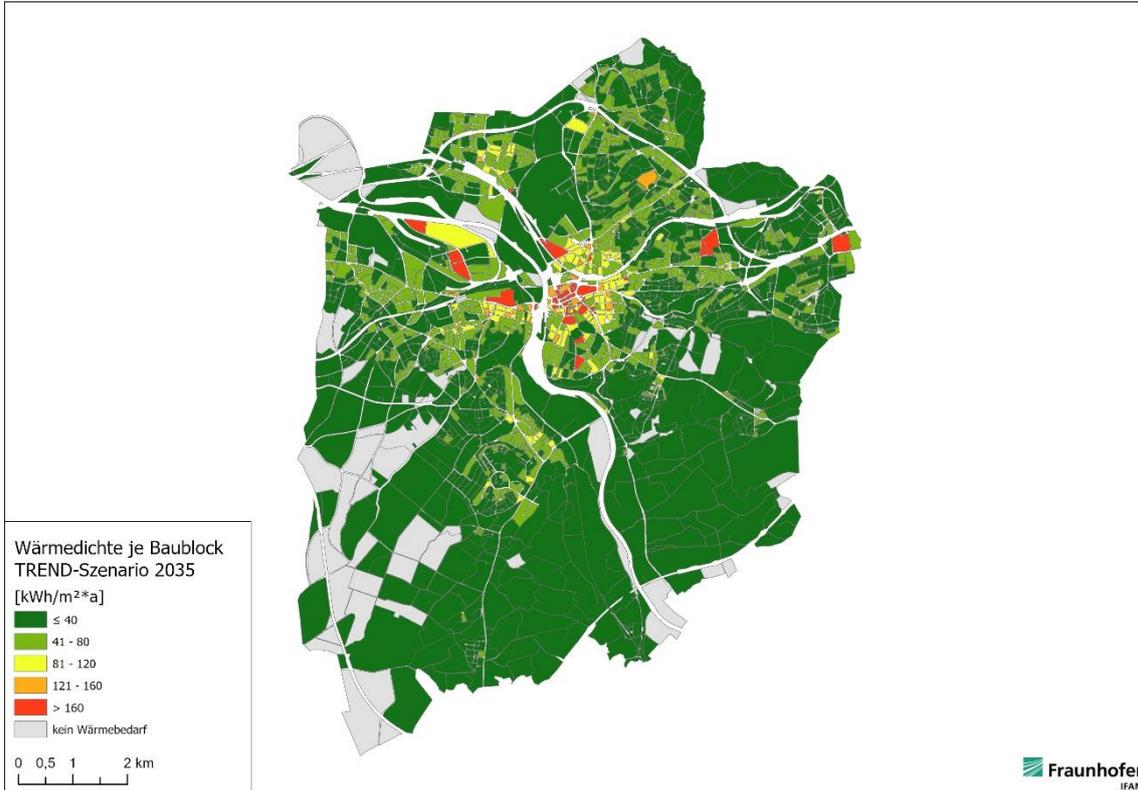


Abbildung 6-2: Wärmedichte je Baublock im TREND-Szenario 2035; ohne Großindustrie

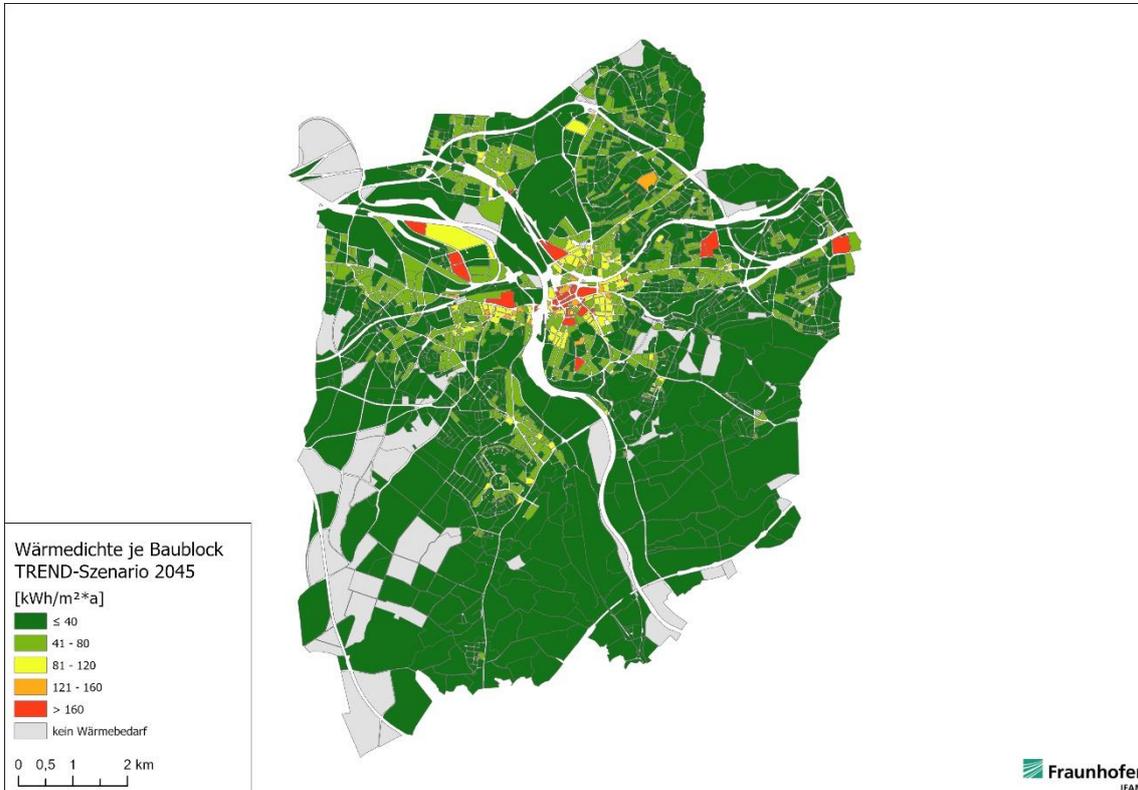


Abbildung 6-3: Wärmedichte je Baublock im TREND-Szenario 2045; ohne Großindustrie

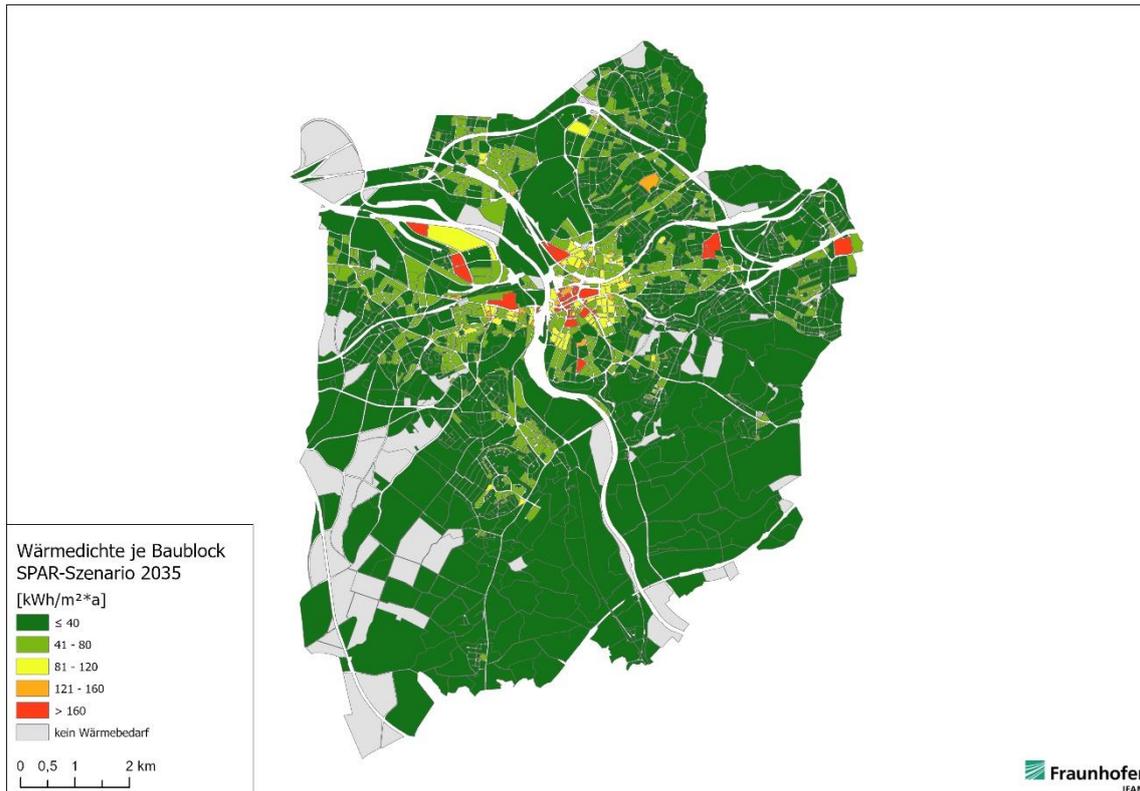


Abbildung 6-4: Wärmedichte je Baublock im SPAR-Szenario 2035; ohne Großindustrie

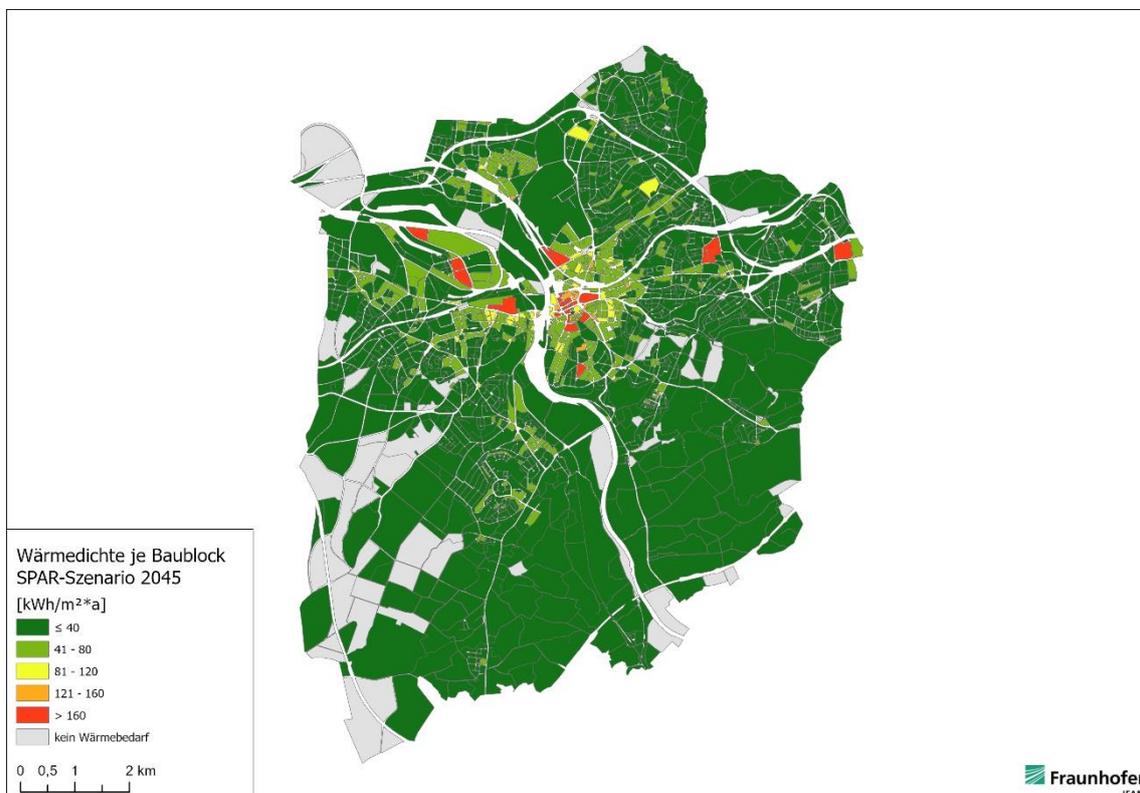


Abbildung 6-5: Wärmedichte je Baublock im SPAR-Szenario 2045; ohne Großindustrie

Die folgende Abbildung zeigt auf der kleinräumigen Ebene der Baublockseiten einen Ausschnitt der Mülheimer Innenstadt. Für diesen Bereich wird die Entwicklung der Wärmebedarfsdichte in Abhängigkeit der Szenarien noch einmal sehr deutlich. Je ambitionierter das Szenario, umso mehr dominieren die Grüntöne, die für eine geringe Wärmedichte stehen.

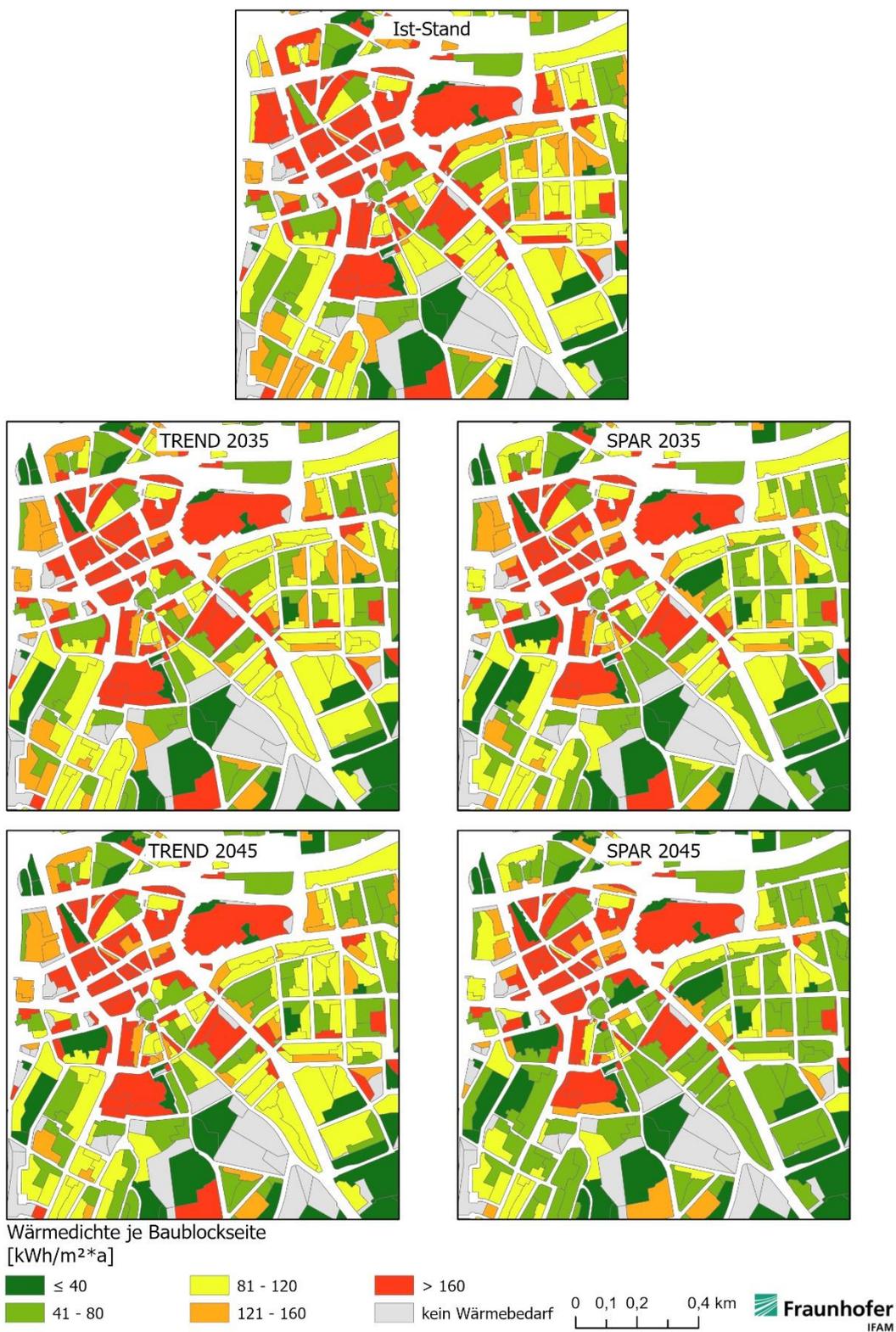


Abbildung 6-6: Wärmedichte je Baublockseite; Ausschnitt der Innenstadt

## 6.2 Neubauf Flächen Wohnen und Gewerbe

Aus den oben genannten Inputwerten für geplante Wohn- und Gewerbegebiete in Mülheim an der Ruhr ergibt sich der in Tabelle 6-3 gezeigte Zubau an Wohn- und Gewerbeflächen sowie deren angenommener Wärmebedarf. Die Ergebnisse gelten für beide Szenarien gleichermaßen und ergeben einen zusätzlichen Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Höhe von 43,0 GWh/a in 2045.

Tabelle 6-3: Zubau und Nutzwärmebedarf in Neubauf Flächen

Zeitraum	Wohnflächenzubau [m <sup>2</sup> ]	Gewerbeflächenzubau [m <sup>2</sup> ]	Nutzwärmebedarf [GWh/a]
2035	88.920	440.880	30,3
2045	53.820	204.480	12,7
<b>Summe</b>	<b>142.740</b>	<b>645.360</b>	<b>43,0</b>

Quelle: eigene Berechnung

## 6.3 Gesamteffekt

Werden die Ergebnisse für die Bestandsgebäude sowie den Neubau zusammengefasst, ergibt sich die folgende Abbildung 6-7 für die Stadt Mülheim an der Ruhr für die beiden Szenarien TREND und SPAR.

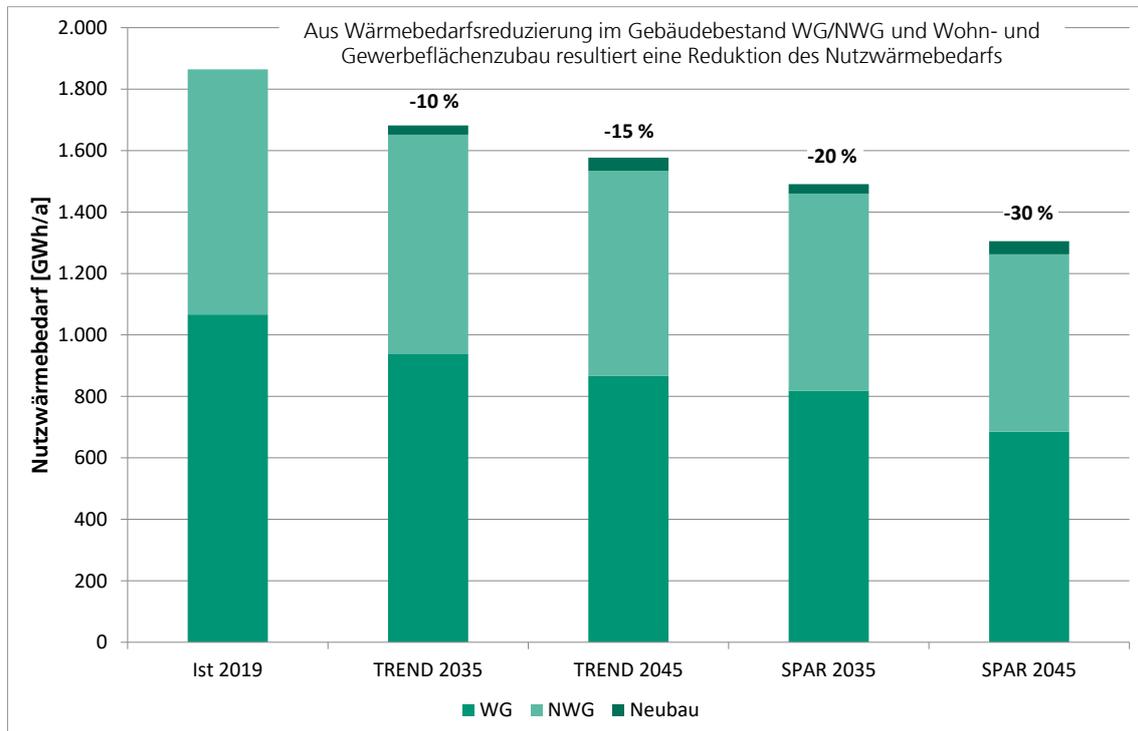


Abbildung 6-7: Ergebnis der Fortschreibung des Wärmebedarfs im TREND- und SPAR-Szenario

Gut erkennbar ist, dass die Neubauten einen Teil des Rückgangs des Wärmebedarfs wieder aufheben, sodass die Reduktionseffekte insgesamt geringer ausfallen als die Effekte, die in Tabelle 6-2 dargestellt wurden.

## 7 Vergleich der Wärmebedarfsstudie 2021 mit der Wärmebedarfsstudie 2012/2013

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der beiden Wärmebedarfsstudien aus den Jahren 2012/2013 sowie 2021 miteinander verglichen. Zum einen in Hinsicht auf den gesamten Wärmebedarf und zum anderen in Hinsicht auf die Reduktion des Wärmebedarfs, der sich aus der langjährigen Zeitreihe der vorliegenden Verbrauchswerte ergibt.

Die folgende Tabelle zeigt den Abgleich der Ergebnisse von 2013 sowie 2021 getrennt für Wohngebäude und Nichtwohngebäude. Die Industrie ist in den Nichtwohngebäuden enthalten, da sie in beiden Studien unterschiedlich abgegrenzt wurde und daher schwer einzeln zu erfassen ist.

Tabelle 7-1: Übersicht über Ergebnisse der Studien von 2012/2013 und 2021 getrennt nach WG und NWG

	2013	2021	Anteil 2021/2013
Anzahl beheizte WG	31.697	34.649	109 %
GWB WG [GWh/a]	1.241	1.067	86 %
Anzahl beheizte NWG	6.441	4.782	74 %
GWB NWG [GWh/a]	1.982	1.227	62 %
Anzahl WG + NWG	38.138	39.431	103 %
<b>GWB WG + NWG [GWh/a]</b>	<b>3.223</b>	<b>2.249</b>	<b>71 %</b>

Quelle: eigene Berechnung

Wichtig zu beachten ist, dass sich die Daten der beiden Studien nur bedingt miteinander vergleichen lassen, da sich die Gebäudegrundlage geändert hat. Einige Gebäude wurden abgerissen, während zahlreiche Gebäude neu gebaut wurden. Zudem ist eine deutliche Verschiebung von Nichtwohngebäuden zu Wohngebäuden zu erkennen.

Insgesamt fällt zunächst auf, dass die Reduktion des Wärmebedarfs von Wohngebäuden durchaus hoch ausfällt. Das widerspricht den allgemeinen Annahmen zur Entwicklung der Sanierungsquote und Sanierungstiefe, die bundesweit hinter den Vorgaben zurück bleiben. Es ist jedoch auch so, dass die ersten Sanierungen überdurchschnittlich große Einsparungen ermöglichen, da vor allem bei Gebäuden mit sehr schlechtem energetischem Zustand angefangen wird. Das Reduktionspotential liegt dort oft im dreistelligen Bereich bezogen auf den Energiebedarf pro Jahr und Nutzfläche. Je mehr Gebäude mit mittlerem Energiebedarf in die Sanierung aufgenommen werden, desto geringer werden die Einsparungen ausfallen. Außerdem wurde zwar eine Klimakorrektur vorgenommen, aber die betrachteten Jahre der Studie 2021 waren außerordentlich warm. Inwiefern eine Korrektur der Verbrauchswerte um mehr als ein Drittel diesen Trend dann wirklich korrekt wiedergibt, oder inwiefern die

Bezugswerte der Standardjahre noch gültig sind, ist zumindest fraglich. Letztlich werden ähnliche Trends auch in anderen Projekten gesehen, so dass die Entwicklung in Mülheim dazu passt. Es ist auch möglich, dass die breite mediale Aufmerksamkeit und gesellschaftliche Verbreitung von Bewegungen wie Fridays For Future zu einem gesteigerten grünen Bewusstsein und Überdenken der Heiz- und Lüftungsgewohnheiten geführt hat.

Für die Nichtwohngebäude muss zudem darauf hingewiesen werden, dass insbesondere für die Industrie sehr unterschiedliche Verbrauchswerte für die Jahre hinterlegt sind und diese die Effekte für die sonstigen Nichtwohngebäude deutlich überlagern.

Aussagekräftiger wird der Vergleich, wenn nur die Verbrauchsdaten abgeglichen werden, für die die folgenden Kriterien gelten:

- es sind für den gesamten Zeitraum von 2012 – 2020 Verbrauchsdaten vorhanden und
- die Schwankungen liegen bei weniger als 80 %<sup>1</sup>.

Die Ergebnisse entsprechen dann den Reduktionen, die rein auf Sanierungen zurückzuführen sind. Tabelle 7-2 zeigt das Ergebnis für die Wohn- und Nichtwohngebäude. Dabei wurden Wohngebäude ohne Mischverbünde betrachtet, da die mögliche Kombination von Wohngebäuden mit energieintensiven Gewerben die Effekte von Wohngebäuden deutlich überlagern würden. Bei Nichtwohngebäuden werden hingegen Mischverbünde mit Wohngebäuden berücksichtigt, da andersrum eine deutliche Überlagerung des Energieverbrauchs durch das Wohngebäude gegenüber dem Nichtwohngebäude nicht zu erwarten ist.

Tabelle 7-2: Reduktion des Wärmebedarfs entsprechend der Verbrauchsdaten der Jahre 2012 – 2020

	Reduktion zwischen 2012-2020	Jährliche Einsparung	Bemerkung
WG	-7,4 %	-0,95 %	Ohne Mischverbünde
NWG	-4,6 %	-0,59 %	Inkl. Mischverbünde

Quelle: eigene Berechnung

Die folgende Tabelle 7-3 stellt die jährlichen Reduktionsfaktoren aus den Verbrauchsdaten denen aus dem TREND- bzw. SPAR-Szenario für den ersten betrachteten Zeitraum bis 2035 gegenüber. Die aus den Verbrauchsdaten abgeleitete Reduktion für die Wohngebäude liegt damit zwischen dem TREND- und dem SPAR-Szenario, wobei sie deutlich näher am TREND- als am SPAR-Szenario liegt. Für die Nichtwohngebäude wird die Reduktion des TREND-Szenarios nicht ganz erreicht. Damit wird deutlich, dass das TREND-Szenario tatsächlich die untere Grenze darstellt: es ist unwahrscheinlich, dass die Sanierungsanstrengungen unter das bisherige Niveau fallen. Gleichzeitig hat der obere Abgleich gezeigt, dass in den letzten Jahren die relativ einfachen Einsparungen bereits durchgeführt wurden, was zu einer insgesamt positiven Wärmebedarfsentwicklung geführt hat. Allein dieses Niveau zuhalten wird

<sup>1</sup> Dies entspricht einer Vollsanierung mit sehr hoher Sanierungstiefe

ambitioniert sein. Soll das SPAR-Szenario erreicht werden, sind also noch einmal deutlich verstärkte Anstrengungen notwendig.

Tabelle 7-3: Jährliche Reduktionen aus den historischen Verbrauchsdaten, dem TREND- und dem SPAR-Szenario im Vergleich

	<b>Verbrauchsdaten 2012 – 2020</b>	<b>TREND-Szenario 2021 – 2035</b>	<b>SPAR-Szenario 2021 – 2035</b>
<b>WG</b>	-0,95 %	-0,79 %	-1,55 %
<b>NWG</b>	-0,59 %	-0,71 %	-1,30 %

## 8 Literatur

- [BCG & Prognos, 2018] The Boston Consulting Group und Prognos, *Klimapfade für Deutschland*, 2018
- [BKI, 2010] Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, *BKI Baukosten 2010: Teil 1: Statistische Kostenwerte für Gebäude*, Stuttgart, 2010
- [BMWî, 2021] Bundeswirtschaftsministerium, *Energiedaten für Deutschland*, Excel-Tabellen, Abruf am 06.05.2021
- [DESTATIS, 2021] Statistisches Bundesamt, *Von Januar bis November 2020 genehmigte Wohnungen: 59 % in Mehrfamilienhäusern*, Pressemitteilung Nr. N 015, Wiesbaden 2021, Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/02/PD21\\_N015\\_44.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/02/PD21_N015_44.html), zuletzt geprüft am 14.10.2021
- [IT NRW, 2021a] Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW), *Bevölkerungsvorausberechnungen 2018 bis 2040 nach Geschlecht – kreisfreie Städte und Kreise – Stichtag*, Stand 27.09.2021
- [IT NRW, 2021b] Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW), *NRW: Anteil fertiggestellter Mehrfamilienhäuser seit 2005 um neun Prozentpunkte auf 15,3 Prozent gestiegen*, Pressemitteilung (89 / 21), verfügbar unter: <https://www.it.nrw/nrw-anteil-fertiggestellter-mehrfamilienhaeuser-seit-2005-um-neun-prozentpunkte-auf-153-prozent>, zuletzt geprüft am 14.10.2021
- [IWU, 2020] Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), *Gradtagzahlen für Deutschland*, Online-Excel-Tool, Darmstadt, Abruf am 06.05.2021
- [IWU, 2021] Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), *Gradtagzahlen für Deutschland*, Online-Excel-Tool, Darmstadt, Abruf am 12.10.2021
- [UBA, 2017] Umweltbundesamt, *Klimaneutraler Gebäudebestand 2050*, Dessau-Roßlau 2017, ISSN 1862-4359