



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND
ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM
OE ENERGIESYSTEMANALYSE

ERSTELLUNG EINES WÄRMEATLAS FÜR BREMEN UND BREMERHAVEN

BERICHT IST-ANALYSE

Dr. Bernd Eikmeier, Karen Janßen (IFAM)

Timo Wassermann, Benedikt Meyer (FGRES)

17. Juli 2019

Dr. Bernd Eikmeier, Karen Janßen

Energiesystemanalyse

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM

Wiener Straße 12 | 28359 Bremen | Germany

Telefon + 49 421 2246-7023 | Fax 2246-300

bernd.eikmeier@ifam.fraunhofer.de

Timo Wassermann, Benedikt Meyer

Fachgebiet Resiliente Energiesysteme

Universität Bremen

Enrique-Schmidt-Str. 7 | 28359 Bremen | Germany

Telefon + 49 421 218-64888 | Fax + 49 421 218-964884

benedikt.meyer@uni-bremen.de

Projektnummer: 218 219

Auftraggeber: Wesernetz Bremen GmbH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Projektbeschreibung	10
2	Datenbasis und Datenaufbereitung im GIS	11
2.1	Datenbasis.....	11
2.2	Datenaufbereitung in Bezug auf Einzelgebäude	12
2.2.1	Zusammenführung der Gebäudegrunddaten	12
2.2.2	Plausibilitätsprüfung und Nachbearbeitung fehlender Daten	12
2.2.3	Auswahl Industrie	13
2.2.4	Auswahl wärmerrelevanter Objekte.....	14
2.2.5	Berechnung der Energiebezugsfläche	16
2.3	Zuordnung von Baualtersklassen.....	16
2.4	Berechnung des A*/V-Verhältnisses	17
2.5	Gebäudeensembleanalyse	18
2.5.1	Einrichten von Mitversorgungsverbänden	18
2.5.2	Nacharbeiten von Mitversorgungsverbänden	19
3	Nutzung der Verbrauchsdaten	22
3.1	Genutzte Datenbasis	22
3.2	Erste Aufbereitung der Verbrauchsdaten.....	22
3.3	Klimakorrektur der Verbrauchswerte	22
3.4	Zusammenführung der Jahreswerte und Zuweisung zu den Gebäuden	23
3.5	Umrechnung auf Nutzenergie	23
3.6	Plausibilitätsprüfung der Bedarfswerte	23
3.6.1	Mitversorgungsverbände mit Wohngebäuden	24
3.6.2	Mitversorgungsverbände mit Nichtwohngebäuden	24
3.6.3	Mitversorgungsverbände mit Nutzungsart-Mischung	24
3.6.4	Mitversorgungsverbände mit Industriegebäuden	24
3.7	Typologiebildung und -anwendung	24
3.7.1	Wohngebäude-Typologie.....	25
3.7.2	Nichtwohngebäude-Typologie	27
3.7.3	Industrie-Typologie	28

4	Struktur des Wärmebedarfs	31
4.1	Nutzwärmebedarf nach Nutzungsart	32
4.1.1	Nutzwärmebedarf Bremen	32
4.1.2	Nutzwärmebedarf Bremerhaven.....	36
4.2	Räumliche Verteilung des Wärmebedarfs / Version zur Veröffentlichung	40
5	Literatur.....	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Kontrolle von Nutzungsart und Stockwerkzahl.....	13
Abbildung 2-2:	Ausfilterung von Kleingärten und Industrie in Bremen.....	14
Abbildung 2-3:	Ausfilterung von Kleingärten und Industrie in Bremerhaven	15
Abbildung 2-4:	Zuordnung von Baualtersklassen	17
Abbildung 2-5:	Ermittlung des A*/V-Verhältnisses	18
Abbildung 2-6:	Bildung von Mitversorgungsverbänden.....	19
Abbildung 2-7:	Nacharbeitung von Mitversorgungsverbänden.....	20
Abbildung 2-8:	Mitversorgungsverbund wird nicht eingerichtet	21
Abbildung 3-1:	Spezifischer Nutzwärmebedarf der BAK in Abhängigkeit des A*/V-Verhältnisses	25
Abbildung 3-2:	Spezifischer Nutzwärmebedarf der BAK in Abhängigkeit des A*/V-Verhältnisses	26
Abbildung 3-3:	Anzahl der Betriebe je Wirtschaftszweig	29
Abbildung 4-1:	Beispielhafte Darstellung des Wärmebedarfs.....	31
Abbildung 4-2:	Beispielhafte Darstellung des Energieträger	32
Abbildung 4-3:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf Wohn- und Nichtwohngebäude in Bremen (ohne die Stahlwerke).....	33
Abbildung 4-4:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträger in Bremen	35
Abbildung 4-5:	Anteil der Energieträger in den Stadtteilen in Bremen	35
Abbildung 4-6:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf Wohn- und Nichtwohngebäude in Bremerhaven	36
Abbildung 4-7:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträger in Bremerhaven	38
Abbildung 4-8:	Anteil der Energieträger in den Stadtteilen in Bremerhaven	39
Abbildung 4-9:	Wärmedichtekarte des Wärmebedarfs Bremen (Rastergröße 100 m)	40
Abbildung 4-10:	Wärmedichtekarte des Wärmebedarfs in Bremerhaven (Rastergröße 100 m).....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Geradengleichungen der Wohngebäude-Typologie.....	25
Tabelle 3-2:	Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf der Wohngebäude.....	26
Tabelle 3-3:	Nutzwärmebedarf der Wohngebäude je Baualtersklasse	27
Tabelle 3-4:	Durchschnittlicher mitarbeiterspezifischer Wärmebedarf von ausgewählten Industriebetrieben [Blesl et al. 2009] sowie daraus resultierender Prozesswärmeanteil.....	30
Tabelle 4-1:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs (enthält Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) sowie Anzahl der Objekte nach Gebäudetypen in Bremen	33
Tabelle 4-2:	Verteilung von Nutzwärmebedarf, Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Wärmebezugsflächen auf die Stadtteile in Bremen	34
Tabelle 4-3:	Verteilung des Nutzwärmebedarfs (enthält Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) sowie Anzahl der Objekte nach Gebäudetypen in Bremerhaven	37
Tabelle 4-4:	Verteilung von Nutzwärmebedarf, Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Wärmebezugsflächen auf die Stadtteile in Bremerhaven.....	37

Abkürzungsverzeichnis

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

1 Einleitung und Projektbeschreibung

Wesernetz Bremen GmbH und wesernetz Bremerhaven GmbH (im Folgenden mit AG abgekürzt) möchten in Zusammenarbeit mit der Freien Hansestadt Bremen sowie der Stadtgemeinde Bremerhaven eine strategische Fernwärmeplanung bis zum Jahr 2030 erarbeiten und der Folge umsetzen. Ein erster Schritt auf dem Weg zur Erarbeitung dieser Strategie ist die Erstellung eines Wärmeatlas für beide Städte. Das Fraunhofer IFAM (im Folgenden mit IFAM abgekürzt), Arbeitsgruppe Energiesystemanalyse hat zusammen mit dem Fachgebiet Resiliente Energiesysteme der Universität Bremen (nachfolgend mit FGRES abgekürzt) die Studie *Erstellung eines Wärmeatlas für Bremen und Bremerhaven* erstellt.

In der Studie wird zunächst eine digitale Wärmebedarfskarte erstellt. Diese zeigt in gebäudescharfer Auflösung der Wärmebedarf der Städte Bremen und Bremerhaven im Ist-Stand. Darauf aufbauend wird eine Prognose des Wärmebedarfs bis 2050 vorgenommen.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Methodik und die zentralen Ergebnisse für den Ist-Stand des Wärmebedarfs. Die Fortschreibung wird nach Absprache mit dem AG erst in 2019 bearbeitet und im Abschlussbericht dokumentiert.

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 geliefert wurden. Diese Datenbasis ermöglicht eigene Analysen und weitere kartographische Darstellungen.

2 Datenbasis und Datenaufbereitung im GIS

Die digitale Wärmebedarfskarte für das Gebiet der Städte Bremen und Bremerhaven wird erarbeitet, um den Wärmebedarf für alle wärmerelevanten Gebäude in gebäudescharfer Auflösung darzustellen. Sie bietet damit die Grundlage für zahlreiche weitere Untersuchungen, wie die Berechnung von Szenarien zum zukünftigen Wärmebedarf sowie einer Version zur Veröffentlichung.

2.1 Datenbasis

In diesem Kapitel wird die Datenbasis beschrieben auf der der Wärmeatlas aufbaut. Die Daten wurden insbesondere vom AG sowie der Geoinformation Bremen Landesamt für Kataster – Vermessung – Immobilienbewertung – Informationssysteme und dem Statistischen Landesamt Bremen bereitgestellt. Konkret handelt es sich um die folgenden Daten:

- Für Bremen:
 - wesernetz:
 - Verbrauchsdaten für Gas (2012 - 2015), Fernwärme (2012 – 2016), Heiz- und Wärmepumpenstrom (2013 – 2016)
 - Gebäude „Aussenwandflaechen“ (enthält Adressen und Nutzungsart)
 - 3D-Gebäudemodell im LoD1 (enthält Gebäudehöhen)
 - Geoinformation Bremen:
 - „GebäudeBauwerke“ (enthält zusätzliche Gebäude, die nicht im LoD1 enthalten sind, z. B. Neubauten)
 - Adressen
 - Flurstücke
 - Stadtgrenze Bremen
 - Statistisches Landesamt:
 - Baualtersklassen
- Für Bremerhaven
 - wesernetz:
 - Verbrauchsdaten für Gas (2012 - 2015), Fernwärme (2012 – 2016), Heiz- und Wärmepumpenstrom (2013 – 2016)
 - 3D-Gebäudemodell im LoD1 (enthält Gebäudehöhen und Nutzungsart)
 - Gebäude (zur Zusammenführung der Bauteile aus dem LoD1)
 - Adressen
 - Flurstücke
 - Statistisches Landesamt:
 - Baualtersklasse

Die Datenbasis zur Erarbeitung der digitalen Wärmebedarfskarte bilden die Gebäudemodelle im LoD1, aus denen die Lage, die Grundfläche sowie die Höhe der Gebäude abgelei-

tet werden. Die weitere Aufbereitung dieser Daten wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

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, indem die verschiedenen Gebäudelayer zu einem je Stadt zusammengeführt werden. Nicht alle Objekte¹ 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 Zusammenführung der Gebäudegrunddaten

Die Grundlage für den Aufbau des Wärmetlas bilden die LoD1-Gebäudelayer für Bremen und Bremerhaven. In einem ersten Schritt wird das LoD1 in Bremen um Gebäude erweitert, die in anderen Layern vorhanden sind, hierbei handelt es sich insbesondere um Neubauten. Somit liegt für Bremen und Bremerhaven ein vollständiger Gebäudedatensatz für die weiteren Betrachtungen vor.

Den Gebäudegrunddaten werden Adressen sowie in Bremen zusätzlich die Nutzungsart hinzugefügt.

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.

Im LoD1 sind keine Adressen hinterlegt, aus einem eigenen Layer werden diese nachgearbeitet. Adresspunkte liegen lediglich in Hauptgebäuden, über die Lage auf den Flurstücken werden die Adressen aus den Haupt- auf Nebengebäude übertragen.

Liegt bei einem Gebäude mehr als eine Adresse vor, werden die zusätzlichen Adressen in dem neu erstellten Layer *Doppeladressen* hinterlegt. Über eine eindeutige Gebäude-ID ist die Zuordnung sämtlicher Adressen zu den einzelnen Gebäuden gewährleistet und damit auch die Möglichkeit, adressbezogene Daten den Gebäuden zuordnen zu können.

Die Einschätzungen zur Gebäudenutzung werden über einen Abgleich mit Schrägluftaufnahmen sowie über unplausible Verhältnisse zwischen Grundflächen und Stockwerkzah-

¹ 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.

len korrigiert bzw. spezifiziert. So werden beispielsweise Objekte mit sehr großen Grundflächen bei nur einem Stockwerk, die als Wohngebäude gekennzeichnet sind, noch einmal überprüft. Abbildung 2-1 zeigt am Beispiel einer anderen Stadt für ein Gebäude, dass die angegebene Nutzungsart (Wohngebäude) nicht mit der tatsächlichen Nutzung (Gebäude für Handel und Dienstleistungen) übereinstimmt.

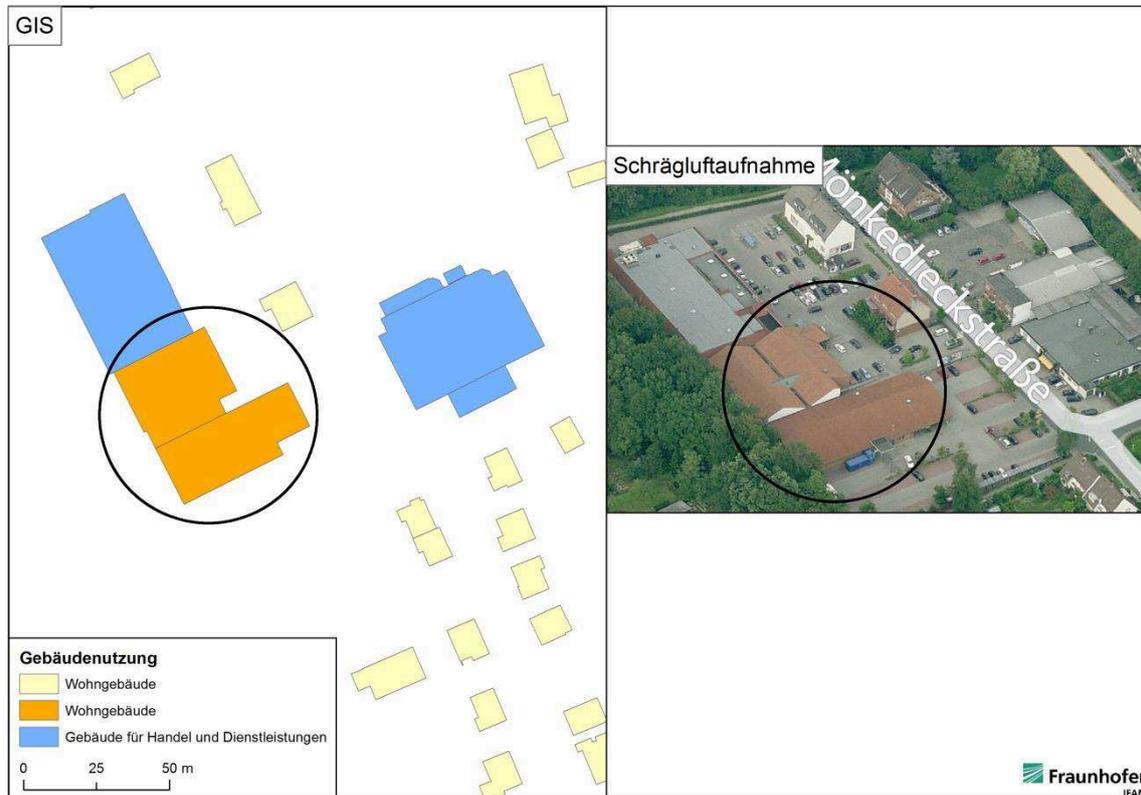


Abbildung 2-1: Kontrolle von Nutzungsart und Stockwerkzahl

Beispiel aus einer anderen Stadt zur Erklärung der Methodik

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. 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 haben.

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.

2.2.3 Auswahl Industrie

Da die Daten des LoD1 keine eindeutige Zuordnung zu den Sektoren GHD bzw. Industrie erlauben, müssen weitere Quellen zur Identifizierung der Industriestandorte herangezogen werden. Dazu wird im Wesentlichen auf gemessene Verbrauchsdaten sowie Tarifmerkmale und Schrägluftbilder zurückgegriffen. Um die Adressen der größten Verbraucher zu

bestimmen, werden die bereitgestellten Verbrauchsdaten für Gas und Fernwärme analysiert und eine entsprechende Liste mit den größten industriellen Verbrauchern erstellt. Diese Liste wird anschließend durch einen systematischen Abgleich mit den angesiedelten Industriebetrieben, unter Berücksichtigung der jeweiligen Branchenzugehörigkeit, validiert und erweitert. Die Zuordnung der identifizierten Betriebe zu den entsprechenden Gebäuden erfolgt auf Basis von frei zugänglichen Schrägluftbildern.

2.2.4 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. Ebenso werden Gebäude in Kleingärten als nicht beheizt gekennzeichnet. Die Objekte mit der größten Grundfläche werden abschließend noch einmal in Bezug auf die Einschätzung der Wärmerrelevanz überprüft und ggfs. korrigiert.

Aus OpenStreetMap werden Gebäude gekennzeichnet, die innerhalb von Kleingartengebieten liegen. Diese werden als nicht beheizt gekennzeichnet. Die Abbildungen 2-2 und 2-3 zeigen für Bremen bzw. Bremerhaven die als Industrie und Kleingarten gekennzeichneten Gebäude.

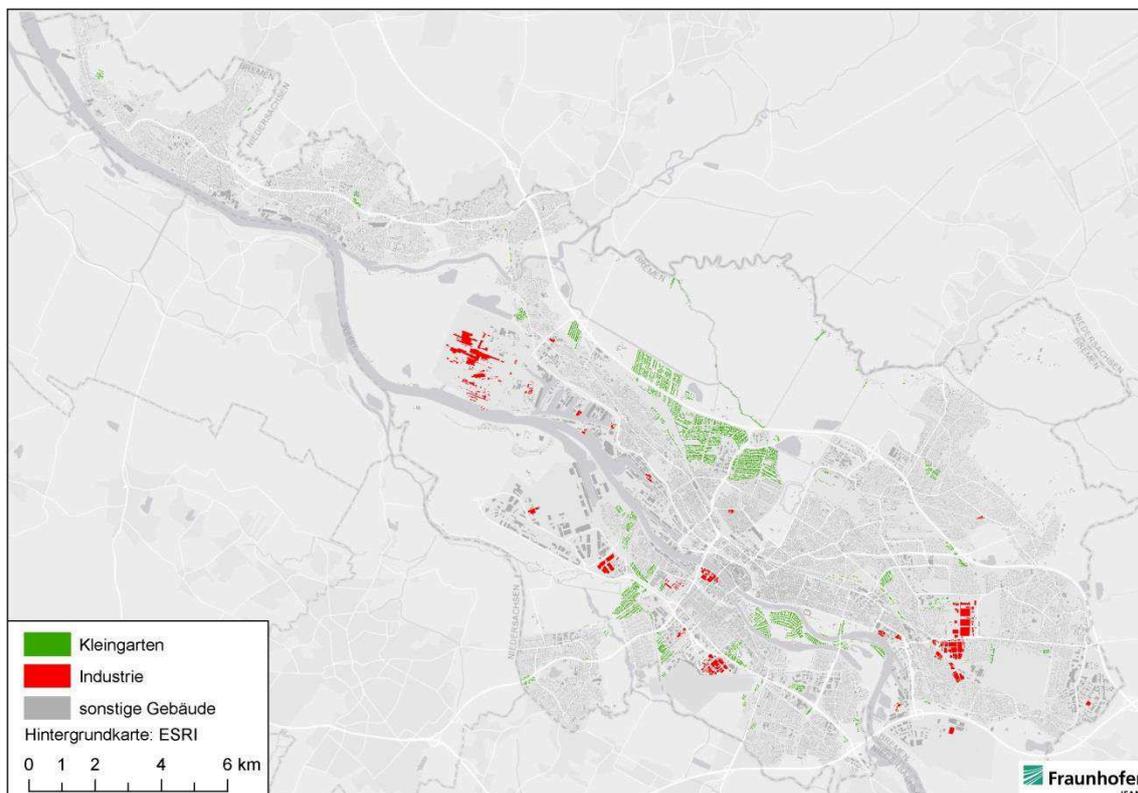


Abbildung 2-2: Ausfilterung von Kleingärten und Industrie in Bremen

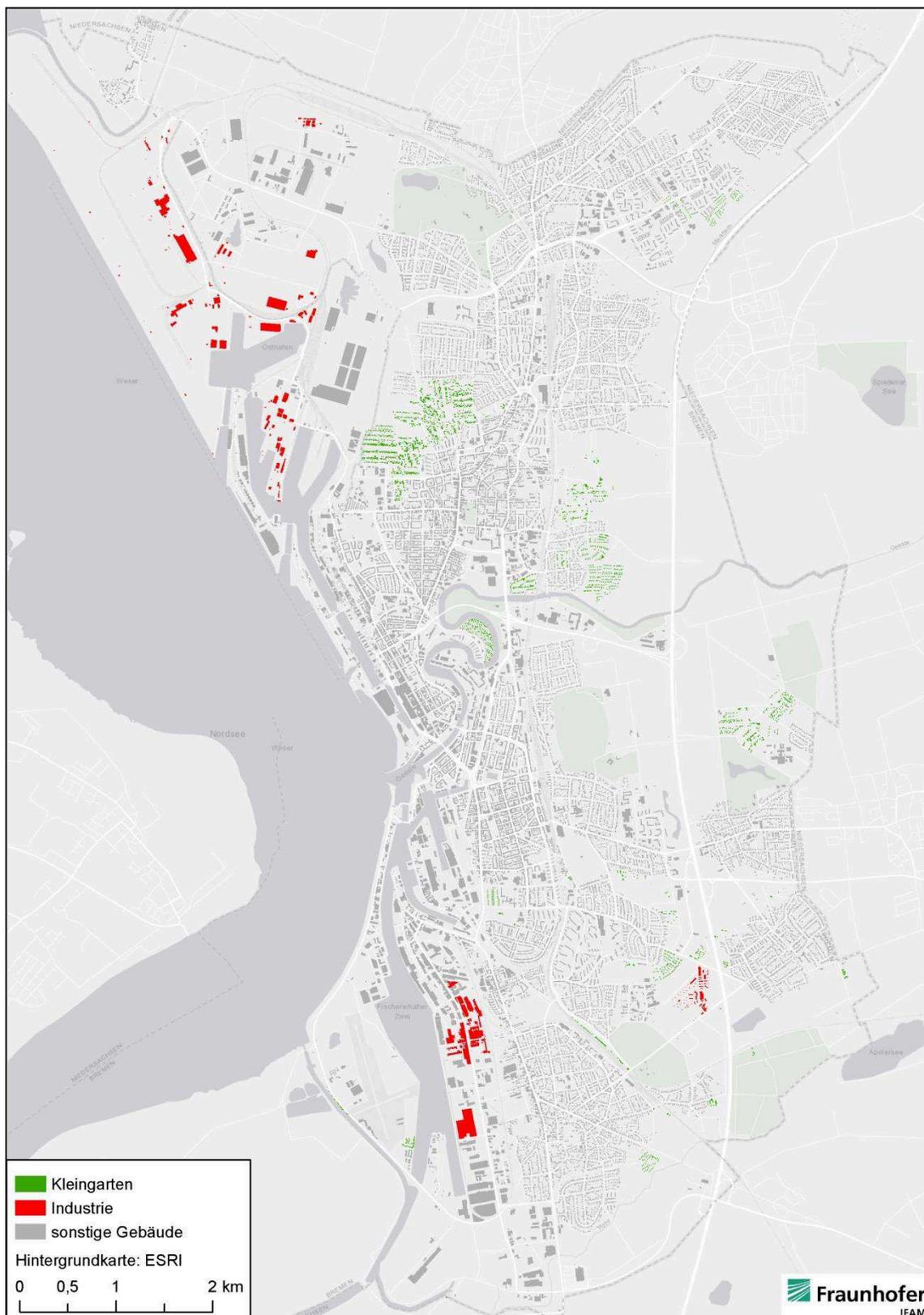


Abbildung 2-3: Ausfilterung von Kleingärten und Industrie in Bremerhaven

Der digitale Wärmeetlas basiert nach Abschluss aller diesbezüglichen Arbeiten in der finalen Fassung in **Bremen** auf 202.770 Objekten, von denen **126.113 Objekte als wärme-relevant** eingestuft sind. Diese teilen sich auf in **114.679 Wohngebäude** (WG) und **11.435 Nichtwohngebäude** (NWG).

In **Bremerhaven** umfasst der Wärmeetlas 45.650 Objekte, von denen **24.532 Objekte als wärmerrelevant** eingestuft sind. Davon sind **20.105 Objekte als WG** eingestuft und **4.427 als NWG**.

2.2.5 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

Das Statistische Landesamt Bremen hat eine adressscharfe Zuordnung zu Baualtersklassen zur Verfügung gestellt. Die Gebäude werden in die folgenden Baualtersklassen (BAK) eingeordnet:

- Vor 1930
- 1931 – 1948
- 1949 – 1957
- 1958 – 1968
- 1969 – 1978
- 1979 – 1983
- 1984 – 1994
- 1995 – 2001
- 2002 – 2016

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

Es verbleiben einige Objekte, insbesondere Nebengebäude, für die keine Baualtersklassen zugeordnet werden können. Um die Lücken zu schließen, erhalten diese Objekte die gleiche Baualtersklasse wie ihre direkt angrenzenden oder dicht benachbarten Objekte (gemäß Beispiel aus einer anderen Stadt in Abbildung 2-4). Objekte, die über kein Nachbarobjekt mit zugeordneter Baualtersklasse verfügen, erhalten die mittlere Baualtersklasse 1968.



Abbildung 2-4: 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 2-5 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 AV -Quotienten unterscheidet, wird die Schreibweise A^*/V gewählt.



Abbildung 2-5: 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 Verbundes erhalten eine identische MV-ID (entspricht der Fest-ID 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 2-6 zeigt ein Beispiel für die Bildung von Mitversorgungsverbänden.



Abbildung 2-6: Bildung von Mitversorgungsverbänden

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.

Da vom AG keine Angaben zu Mitversorgungen über Adressen hinaus gemacht werden konnten, erfolgt im GIS eine visuelle Kontrolle des Siedlungsumfeldes der Gebäude mit unplausibel hohen spezifischen Bedarfswerte ($> 400 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). Für diese Gebäude wird 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 (vergleiche Abbildung 2-7),
- Gebäude mit anderer Adresse ohne Verbrauch in direkter Umgebung, die gemäß Schrägluftaufnahme dazugehören müssten,

- das Einrichten eines neuen MV führt zu plausiblen spez. Werten, die in einem homogenen Siedlungsumfeld auch zu den spez. Werten der umliegenden Gebäude passen.



Abbildung 2-7: Nacharbeitung von Mitversorgungsverbänden

In einigen Fällen, ist unklar welche Gebäude zu einem MV zusammengefasst werden müssten. In diesen Fällen wird auf die Einrichtung eines MV verzichtet. Abbildung 2-8 zeigt ein Beispiel für einen unklaren MV.



Abbildung 2-8: Mitversorgungsverbund wird nicht eingerichtet

3 Nutzung der Verbrauchsdaten

3.1 Genutzte Datenbasis

Die Datengrundlage bilden Verbrauchsdaten für Gas (2012 - 2015), Fernwärme (2012 - 2016), Heiz- und Wärmepumpenstrom (2013 - 2016), also die Verbräuche der leitungsgebundenen Wärmeversorgung.

3.2 Erste Aufbereitung der Verbrauchsdaten

Nach einer grundsätzlichen Prüfung und Aufbereitung der Daten (u. a. Löschung von Daten aus Stuhr) ist der erste Schritt die jahres- und energieträgerbezogene Addition der Verbrauchsdaten, für diejenigen Fälle, in denen mehrere Werte je Adresse vorliegen.

Die Stromdaten werden anhand des Tariftyps nach Heizungsarten unterschieden:

- Wärmepumpe: swb thermo proNatur und swb thermoe
- Stromheizung: swb Strom Nachtspeicher, swb Strom basis Nachtspeicher, swb Strom thermoe (Direktheizung)

Bei Fernwärme und Strom liegen Monatswerte vor und über die Anzahl Monate damit eine Information, ob das Jahr vollständig ist oder nicht. Deshalb werden von den unvollständigen Jahren alle Fälle mit 9 oder mehr verfügbaren Monaten auf 12 Monate hochskaliert, alle mit weniger Monaten werden auf 0 gesetzt (damit der Verbrauchswert nicht weiterverwendet wird). Eine Ausnahme bilden Einzelfälle wie Fernwärme in Bremerhaven mit durchgehend für alle Jahre 7 - 8 Monaten Verbrauchswert und einem Sommerwert von 0, d. h. hier handelt es sich um reinen Winterbetrieb und damit (fast) den Jahreswert, der deshalb unskaliert genutzt wird.

Eintragskennungen zu *RLM* und *größte Verbräuche* lassen sich über einen Adressabgleich in die Hauptdatei übertragen.

Der Industrie zuzuordnende Fälle werden gekennzeichnet.

3.3 Klimakorrektur der Verbrauchswerte

Die Klimakorrekturfaktoren für Bremen und Bremerhaven ergeben sich auf Basis der Heizgradtage eines Jahres gemäß [IWU, 2018]:

- 2012: 0,98
- 2013: 1,03
- 2014: 0,78
- 2015: 0,85
- 2016: 0,95

Werte größer 1 kennzeichnen ein im Vergleich zum langjährigen Mittelwert kaltes Jahr, Werte kleiner 1 ein warmes Jahr. Wie sich zeigt, waren bis auf 2013 alle betrachteten Jahre wärmer als das langjährige Mittel.

Aus den vom BMWi veröffentlichten Energiedaten für Deutschland [BMWi, 2018] wird für jedes Jahr und jeden Energieträger der Anteil von Raumwärme (nach einer Klimakorrektur) und Brauchwasser sowie Prozesswärme (keine Klimakorrektur) für jeden Energieträger errechnet und dies getrennt nach den Sektoren Private Haushalte, GHD und Industrie; sodass sich als Ergebnis klimabereinigte Verbrauchsdaten der Einzeljahre ergeben.

3.4 Zusammenführung der Jahreswerte und Zuweisung zu den Gebäuden

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 beispielsweise 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 2016 genutzt. Die jeweils genutzten Jahre sind im Wärmeetlas angegeben; ebenso der Energieträger bzw. die Heizungstechnik.

Bei der Zuweisung der Verbrauchsdaten zu den Gebäuden ergeben sich hohe und für solche Projekte typische Zuordnungsquoten (Bezogen auf die Menge): Gas: 98,6 %, Fernwärme 98,2 %, Heizstrom 93,4 %, Wärmepumpen-Strom: 89,5 %. Ein wesentlicher Grund für eine nicht mögliche Zuordnung sind Adressabweichungen in den Datensätzen, u. a. durch fehlende oder abweichende Hausnummern.

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:

- Heizstrom: 0,98
- Fernwärme: 0,99
- Gas: 0,78
- Für Wärmepumpen wird eine mittlere Jahresarbeitszahl von 3,0 angenommen.

Alle weiteren Arbeitsschritte erfolgen mit den Nutzenergiewerten. Dafür erfolgt eine Trennung der Gesamtdatei in zwei Teile für die Städte Bremen und Bremerhaven.

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. 94,6% der Objekte mit Verbrauch (bzgl. Anzahl, ohne Industrie) werden als plausibel eingeschätzt. Diese Quote ist recht hoch und entspricht vergleichbaren Projekten.

Es werden vier MV-Konstellationen unterschieden; bei den ersten drei handelt es sich um MV mit einheitlichen Nutzungen, im letzten Fall um Nutzungsmischungen.

3.6.1 Mitversorgungsverbünde mit Wohngebäuden

Bei den Wohngebäuden gelten spezifische Bedarfswerte unter 25 kWh/m²a als nicht plausibel. Der als plausibel angesetzten Maximalwert von 400 kWh/m²a wird in Abhängigkeit der BAK für die neueren Gebäude ab BAK 1994 stufenweise bis auf 280 kWh/m²a (BAK 2016) abgesenkt, um die stetig steigenden gesetzlichen Anforderungen abzubilden

3.6.2 Mitversorgungsverbünde mit Nichtwohngebäuden

Bei den NWG werden zunächst alle Fälle mit Werten zwischen 25 - 600 kWh/m²a als plausibel eingeordnet. Für einzelne Nutzungsarten werden höhere Maximalwerte als plausibel angesehen: *Hallenbad, Krankenhaus*: bis 800 kWh/m²a; *Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe, Gebäude für Gewerbe oder Industrie* bis 1.000 kWh/m²a.

3.6.3 Mitversorgungsverbünde mit Nutzungsart-Mischung

Zunächst sind alle Werte zwischen 25 - 300 kWh/m²a als unmittelbar plausibel anzusehen. Für jeden MV wird zusätzlich ein Maximalwert berechnet, welcher sich aus den Einzelwerten 300 kWh/m²a für WG, dem nach der Nutzungsart gestaffelten Wert für NWG sowie den jeweiligen Flächenanteilen von WG und NWG ergibt.

3.6.4 Mitversorgungsverbünde mit Industriegebäuden

In dieser Gruppe sind regelmäßig hohe Werte aufgrund des Prozesswärmeanteils zu erwarten. Da für das IFAM keine Möglichkeit besteht, diese im Einzelfall zu verifizieren, erfolgt eine Herausfilterung unplausibler Werte nur bei solchen Fällen, die einen Wert von 25 kWh/m²a unter- oder 4.000 kWh/m²a überschreiten.

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 Verbrauchswert entspricht 74,1% der Gesamtheit, d. h. rund ein Viertel 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.

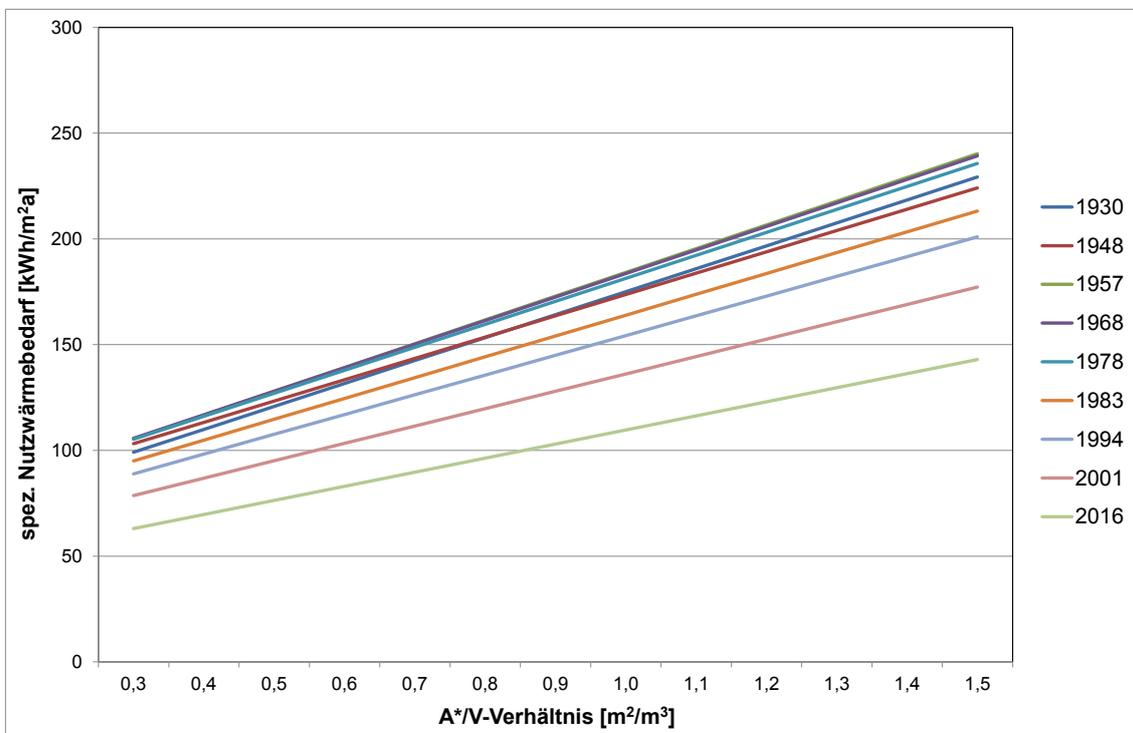


Abbildung 3-1: Spezifischer Nutzwärmebedarf der BAK in Abhängigkeit des A*/V-Verhältnisses

Tabelle 3-1: Geradengleichungen der Wohngebäude-Typologie

BAK	Steigung	Y-Achsenabschnitt
1930	108	67
1948	101	73
1957	112	72
1968	111	72
1978	109	73
1983	98	65
1994	93	61
2001	82	54
2016	67	43

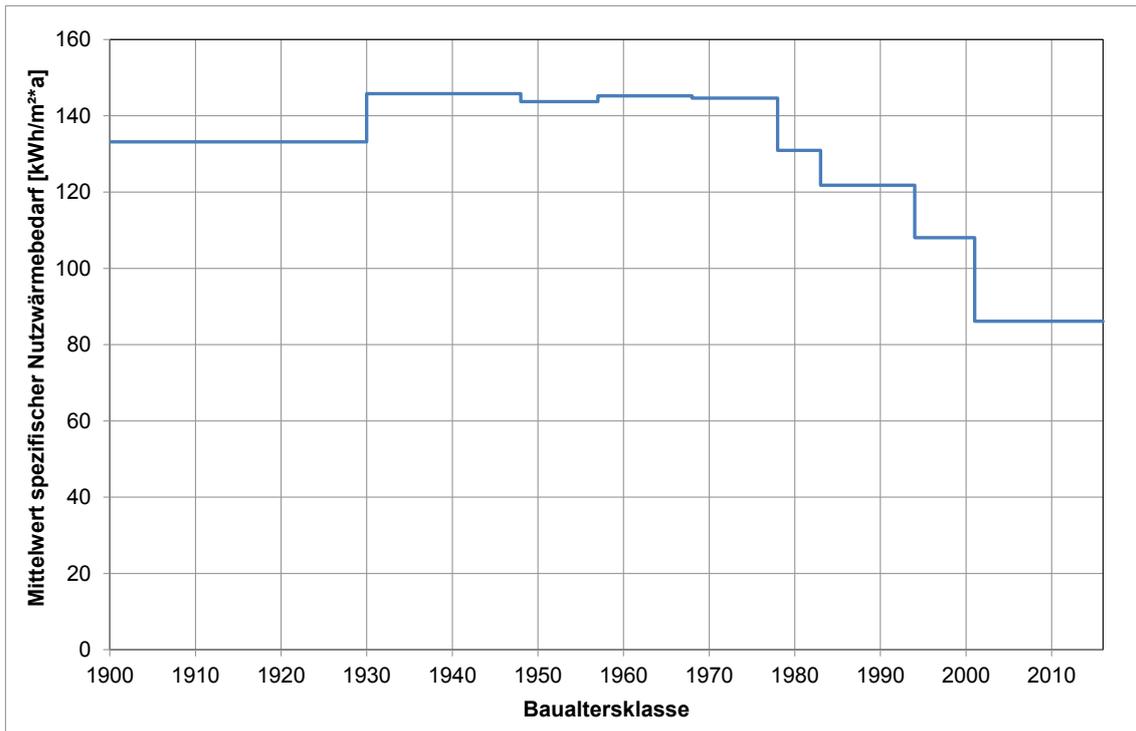


Abbildung 3-2: Spezifischer Nutzwärmebedarf der BAK in Abhängigkeit des A*/V-Verhältnisses

Tabelle 3-2: Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf der Wohngebäude

BAK	Flächenspezifischer Nutzwärmebedarf [kWh/m²*a]
1930	133
1948	146
1957	144
1968	145
1978	145
1983	131
1994	122
2001	108
2016	86

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.

Die Aufteilung des Nutzwärmebedarfs der Wohngebäude in Bremen (3.286 GWh/a) und in Bremerhaven (729 GWh/a) auf die Baualterklassen wird in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3-3: Nutzwärmebedarf der Wohngebäude je Baualtersklasse

BAK	Bremen		Bremerhaven	
	Anzahl Objekte	Nutzwärmebedarf [GWh/*a]	Anzahl Objekte	Nutzwärmebedarf [GWh/*a]
1930	28.251	675	3.147	144
1948	12.693	268	2.310	62
1957	17.116	556	3.311	143
1968	21.029	744	4.068	175
1978	11.173	458	2.728	101
1983	5.050	145	1.149	32
1994	7.130	189	915	28
2001	5.368	132	1.443	29
2016	6.869	119	1.034	16

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 oder aus anderen IFAM-Projekten übernommen.

Bei Gebäuden der Nutzungsart *Gebäude für Gewerbe und Industrie* wird davon abgewichen, eine einheitliche Abschätzung für alle Gebäude dieser Nutzungsart zu treffen. Die tatsächliche Nutzung ist bei Gebäuden dieser Nutzungsart deutlich inhomogener als in den anderen Gruppen. Zudem bildet die Nutzungsart *Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe* die größte Gruppe der Nichtwohngebäude, sowohl von der Anzahl der Gebäude als auch von der Nutzfläche her. Um eine bessere Aussage zum Wärmebedarf in dieser Gruppe treffen zu können, werden die *Gebäude für Gewerbe und Industrie* in drei Gruppen geteilt:

- Gruppe 1: Das Gebäude steht alleine. Die Gebäude dieser Gruppe zeichnen sich durch besonders große Grundflächen bei nur einem Stockwerk aus. Der Mittelwert der Gebäude mit plausiblen Verbrauchswert ist in dieser Gruppe am höchsten.
- Gruppe 2: Das Gebäude ist Teil eines Mitversorgungsverbundes mit einem Nichtwohngebäude als Versorgerobjekt. Der Mittelwert der plausiblen Verbrauchswerte bei solchen Gebäuden ist geringer als bei den Gebäuden der Gruppe 1.
- Gruppe 3: Das Gebäude ist Teil eines Mitversorgungsverbundes mit einem Wohngebäude als Versorgerobjekt. Diese Gebäude sind in der Regel Anbauten an Wohngebäude, ihre Grundflächen sind relativ klein. Der Mittelwert der plausiblen Verbrauchswerte liegt deutlich unterhalb dem der anderen Teilgruppen.

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

3.7.3 Industrie-Typologie

Die Identifikation und Zuordnung der größten industriellen Verbraucher erfolgt anhand der bereitgestellten Verbrauchsdatentabellen für Fernwärme und Gas. Den identifizierten Adressen werden durch online-Recherche die jeweiligen Unternehmen zugeordnet. Die somit erstellte Liste wird anschließend durch ein Screening der vorherrschenden Industrielandschaft validiert und bei Identifikation fehlender Unternehmen erweitert. Entsprechend der Klassifikation der Wirtschaftszweige vom Statistischen Bundesamt [Destatis 2007] werden die identifizierten Betriebe bzw. Standorte den entsprechenden Wirtschaftszweigen (Abteilungen) zugeordnet. Im Wesentlichen handelt es sich um Betriebe die dem Abschnitt C „verarbeitendes Gewerbe“ angehören. Darüber hinaus werden weitere Großverbraucher bspw. aus dem Abschnitt H „Verkehr und Lagerei“ im Rahmen dieser Studie dem Industriesektor zugeschrieben. Die Zuordnung der Betriebe zu den Branchen wurde anhand der Hauptbranche¹ der jeweiligen Betriebe vorgenommen. Einzelne Betriebe deren Hauptbranche nicht dem verarbeitenden Gewerbe zugeordnet sind, jedoch Produktionsstätten in Bremen aufweisen, werden ebenfalls dem Industriesektor zugeordnet. Die Verteilung der Betriebe auf die Branchen ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

Die Integration von Unternehmen, die nicht in den Verbrauchsdatentabellen gelistet sind², erfolgt durch Berechnung anhand von Branchenkennzahlen nach [Blesl et al. 2009]. Aus den angegebenen Daten lässt sich stark vereinfacht die Verteilung zwischen Prozess- und Raumwärme für einzelne Betriebsklassen bzw. Industriebetriebe ableiten. Die Branchenbezeichnungen von [Destatis 2007] lassen sich nicht unmittelbar auf die in [Blesl et al. 2009] angegebenen Betriebsklassen anwenden. Für die auf die identifizierten Branchen näherungsweise anwendbaren Betriebsklassen sind in Tabelle 3-4 die Daten wiedergegeben sowie die sich daraus ergebenden Prozesswärmeanteile angegeben. In Abhängigkeit der Mitarbeiterzahlen ergeben sich teilweise große Unterschiede von bis zu 23 %-Punkten (Betriebsklasse Fahrzeugbau 52 – 75 %). Die Betriebsklassen Stahlwerk und Kunststoffverarbeitung weisen einen Prozesswärmeanteil > 99 % auf. In weiteren identifizierten Branchen liegt der Anteil der Prozesswärmebedarf zwischen 85 – 97 % (Brauerei 87 – 95 %, Glasfabrik 94 – 97 %, Chemiewerk 85 – 92 %).

¹ Die Hauptbranchen der Betriebe wurde gemäß den Einträgen unter www.firmenwissen.de übernommen

² Für die Firmen ArcelorMittal in Bremen (Stahlwerk) und Raguse + Voss in Bremerhaven (Metallgießerei) sind die Wärmebedarfe anhand von Kennzahlen ermittelt worden.

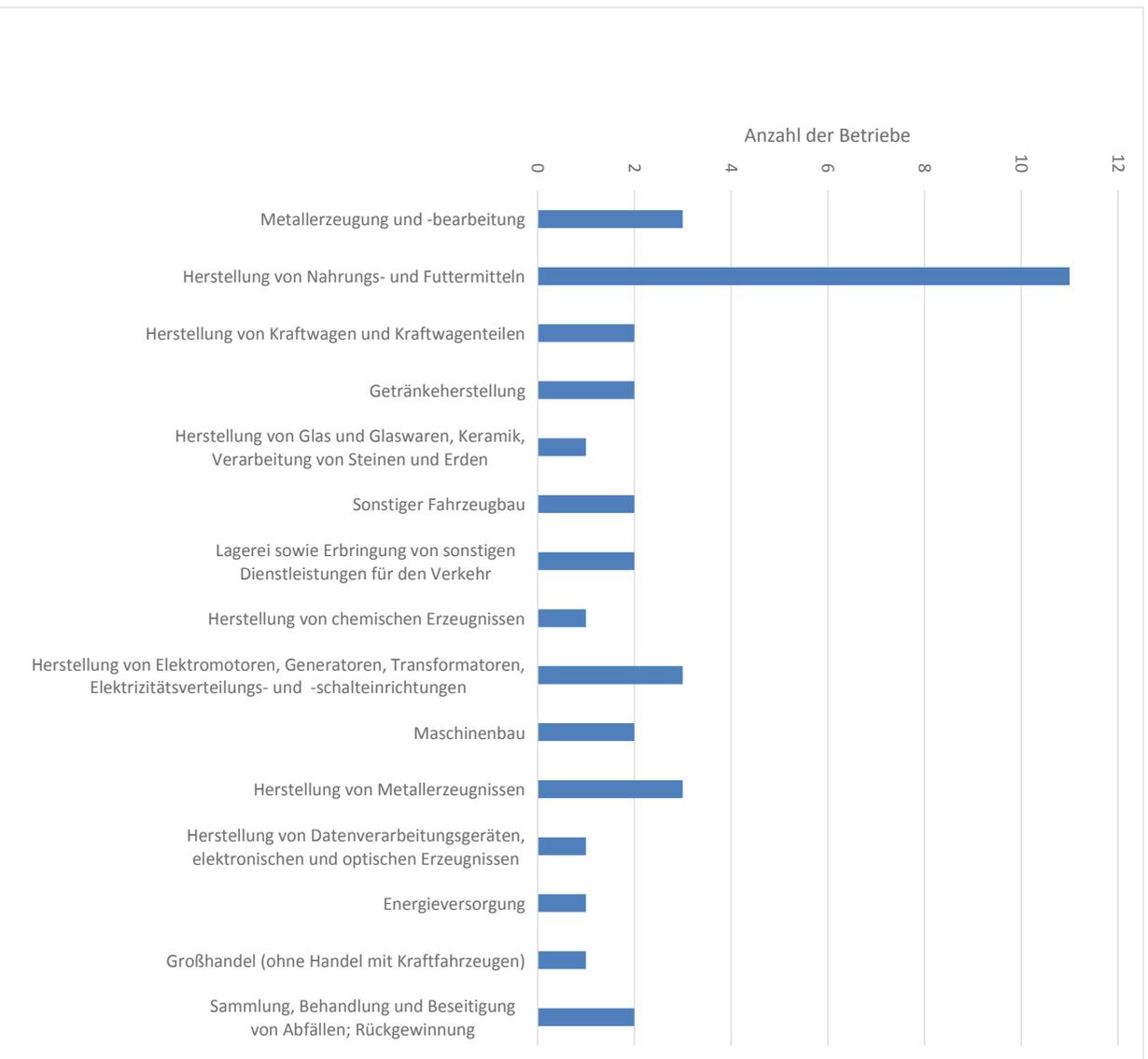


Abbildung 3-3: Anzahl der Betriebe je Wirtschaftszweig

Zur Integration in das GIS werden die geographischen Grenzen der Industriebetriebe bzw. die zugehörigen Gebäude anhand von Schrägluftbildern identifiziert und gekennzeichnet. Da die Werte zum Energieverbrauch der Industrie zum überwiegenden Teil auf den Verbrauchsdatentabellen für Fernwärme und Gas basieren, die genaue Struktur der identifizierten Betriebe sowie deren Produktionsleistungen und -verfahren nicht im Detail bekannt sind, kann eine Aufteilung in Prozess- und Raumwärme nicht valide durchgeführt werden

Tabelle 3-4: Durchschnittlicher mitarbeiterspezifischer Wärmebedarf von ausgewählten Industriebetrieben [Blesl et al. 2009] sowie daraus resultierender Prozesswärmeanteil

Betriebsklasse	Mitarbeiterzahl	Raumwärme	Warmwasser	NT-Prozesswärme (< 100 °C)	MT-Prozesswärme (100 - 500 °C)	HT-Prozesswärme (> 500 °C)	Anteil Prozesswärme
	[-]	[MWh _{th} /(Mitarbeiter*a)]					[%]
Stahlwerk	bis 500	16,09	0,92	0	0	1891	99,11%
	bis 1000	15,15	0,82	0	0	2743	99,42%
	über 1 000	15,08	0,82	0	0	3100	99,49%
Brauerei	bis 10	9,07	0,31	51	12	0	87,04%
	bis 100	9,18	0,32	79,1	19,4	0	91,20%
	über 100	6,24	0,22	104,8	25,6	0	95,28%
Fahrzeugbau	bis 1000	8,99	1,22	3	3	5	51,86%
	bis 10 000	8,97	1,25	3	3	5	51,84%
	über 10 000	3,16	0,44	3	3	5	75,34%
Glasfabrik	bis 10	9,56	0,35	0	14	135	93,76%
	bis 100	13,31	0,52	0	21	210	94,35%
	über 500	8,55	0,34	0	31	308	97,44%
Chemiewerk	bis 500	13,9	0,36	31	48	0	84,71%
	bis 1 000	13,29	0,39	48	127	0	92,75%
	über 1 000	16,55	0,5	31	48	127	92,36%
Kunststoffverarbeitung	bis 10	4,18	0,13	0	660	0	99,35%
	bis 100	3,69	0,1	0	907	0	99,58%
	über 100	2,79	0,1	0	1081	0	99,73%

4 Struktur des Wärmebedarfs

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 identischen Ausschnitt der absolute Wärmebedarf sowie der Energieträger 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 Energieträger

4.1 Nutzwärmebedarf nach Nutzungsart

4.1.1 Nutzwärmebedarf Bremen

Der Gesamtwärmebedarf in Bremen beträgt **20,65 TWh/a**, davon entfallen ca. 68 % auf die Stahlwerke. Unter Ausschluss der Stahlwerke beträgt der Wärmebedarf 6,60 TWh/a. In den folgenden Auswertungen ist der Wärmebedarf der Stahlwerke stets ausgenommen.

Abbildung 4-3 zeigt die Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf die unterschiedlichen Gebäudenutzungsarten. Es entfällt fast genau die Hälfte des Nutzwärmebedarfs auf die Wohngebäude; eine für Großstädte typische Größenordnung. Knapp 21 % entfallen auf die restliche Industrie ohne die Stahlwerke. 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.

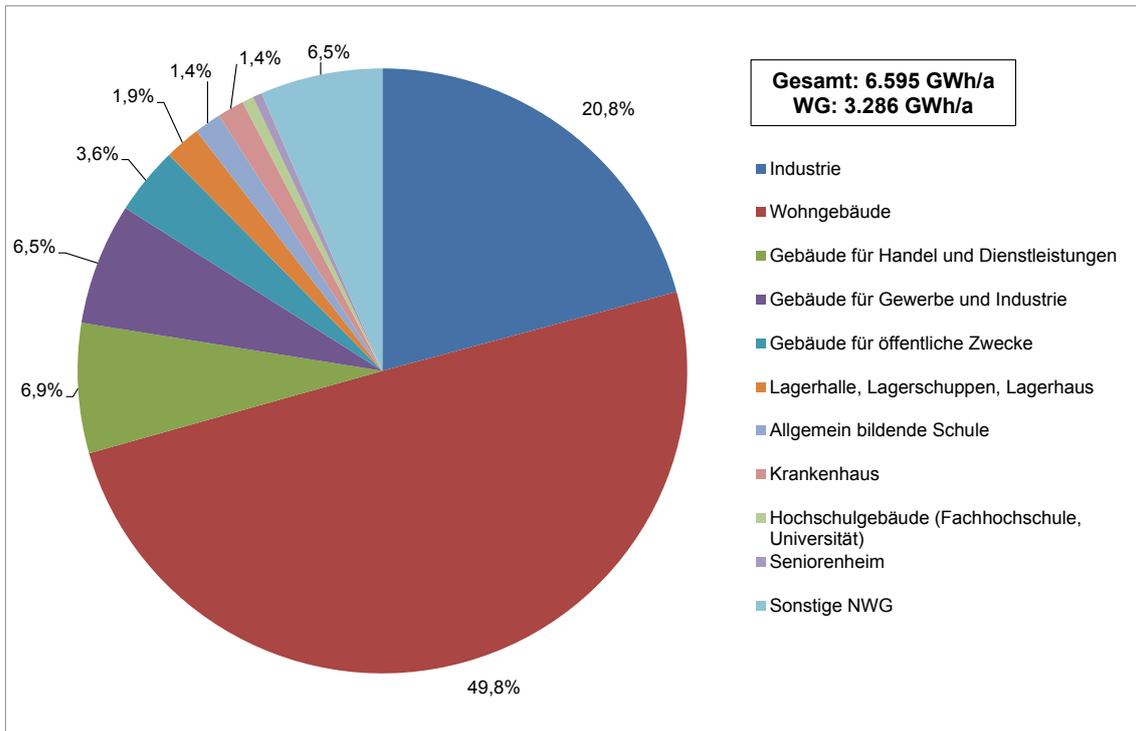


Abbildung 4-3: Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf Wohn- und Nichtwohngebäude in Bremen (ohne die Stahlwerke)

Tabelle 4-1: Verteilung des Nutzwärmebedarfs (enthält Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) sowie Anzahl der Objekte nach Gebäudetypen in Bremen

Gebäudekategorie	Nutzwärmebedarf [GWh/a]	Anzahl
Industrie (ohne Stahlwerke)	1.371	646
Wohngebäude	3.286	114.675
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	458	2.514
Gebäude für Gewerbe und Industrie	429	2.681
Gebäude für öffentliche Zwecke	238	875
Lagerhalle, Lagerschuppen, Lagerhaus	126	640
Allgemein bildende Schule	94	367
Krankenhaus	94	46
Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)	40	57
Seniorenheim	32	90
Sonstige NWG	428	2.875
Gesamt	6.595	125.466

Die Verteilung des Nutzwärmebedarfs, der Anzahl von Wohn- und Nichtwohngebäudeobjekten sowie der Wärmebezugsfläche auf Ebene der Stadtteile Bremens ist in Tabelle 4-2 dargestellt.

Tabelle 4-2: Verteilung von Nutzwärmebedarf, Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Wärmebezugsflächen auf die Stadtteile in Bremen

Stadtteil	Nutzwärmebedarf [GWh/a]	Anzahl WG	Anzahl NWG	Anteil WG	Wärmebezugsfläche [m ²]
Blockland	6	94	38	71%	52.516
Blumenthal	266	7.483	448	94%	2.076.622
Borgfeld	67	3.095	150	95%	558.149
Burglesum	264	6.961	494	93%	1.960.240
Findorff	178	4.630	261	95%	1.476.392
Gröpelingen	259	6.308	497	93%	1.851.048
Häfen (o.Bhv.)	702	77	1.119	6%	2.883.357
Hemelingen	1.233	10.670	1.486	88%	4.641.785
Horn-Lehe	303	5.317	520	91%	2.175.541
Huchting	200	6.296	326	95%	1.534.306
Mitte	347	2.468	878	74%	2.857.578
Neustadt	584	7.580	985	88%	3.655.054
Oberneuland	142	4.572	191	96%	1.023.892
Obervieland	276	9.744	469	95%	2.192.721
Osterholz	296	6.605	420	94%	2.043.819
Östl. Vorstadt	254	5.932	274	96%	2.035.580
Schwachhausen	342	6.895	321	96%	2.777.254
Seehausen	30	360	68	84%	248.944
Strom	53	154	114	57%	291.128
Vahr	153	2.359	214	92%	1.181.823
Veogesack	327	8.030	525	94%	2.350.499
Walle	198	6.088	607	91%	1.580.296
Woltmershausen	113	2.961	383	89%	897.679
Summe	6.595	114.679	10.788		42.346.224

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern für die Stadt Bremen.

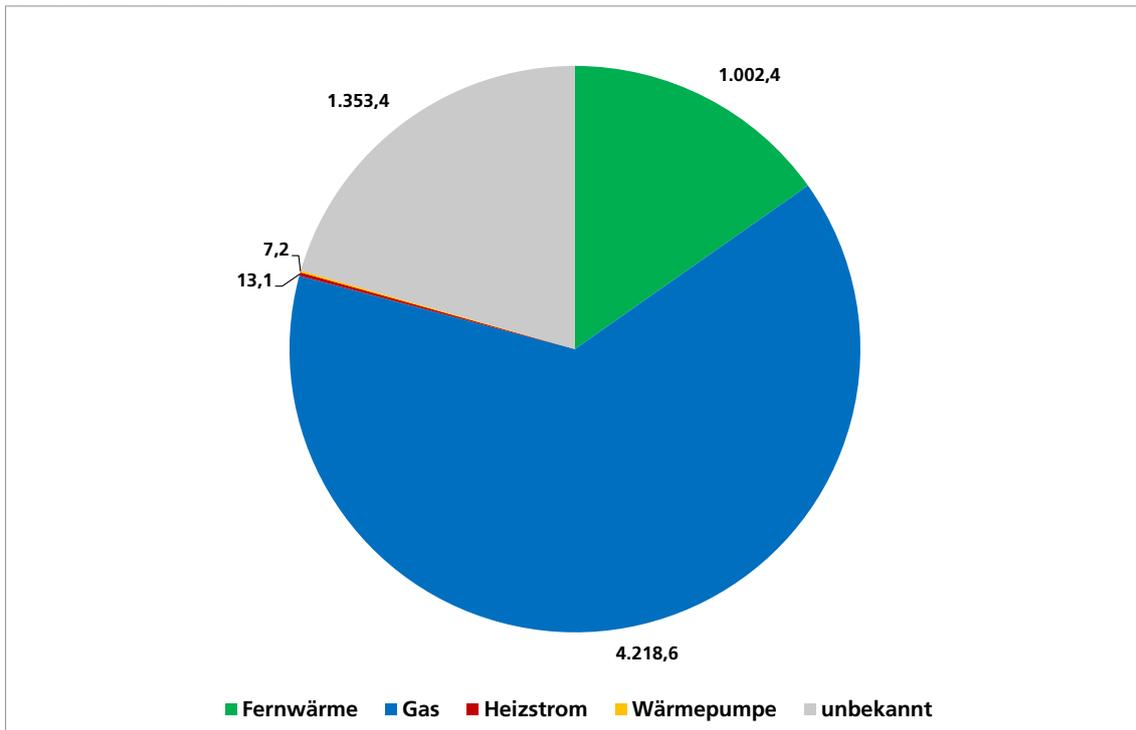


Abbildung 4-4: Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträger in Bremen
Wie sich die Energieträger auf Ebene der Stadtteile räumlich verteilt, ist in Abbildung 4-5 dargestellt.

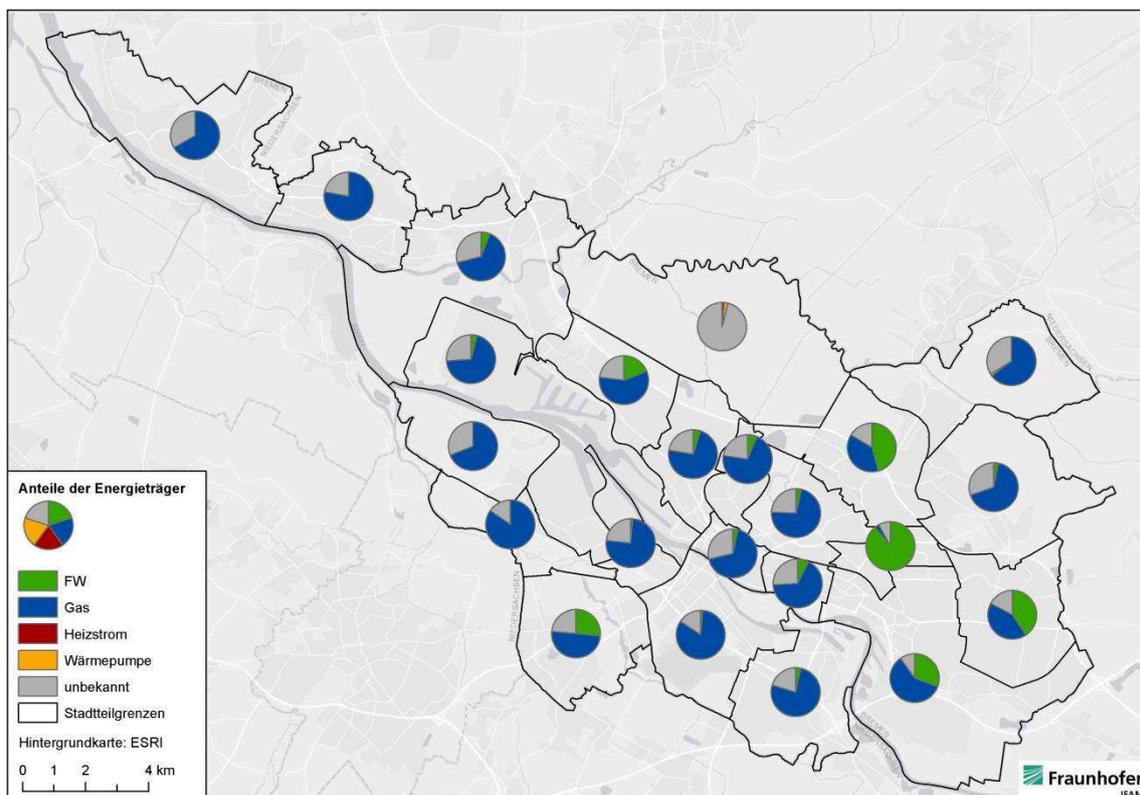


Abbildung 4-5: Anteil der Energieträger in den Stadtteilen in Bremen

4.1.2 Nutzwärmebedarf Bremerhaven

Der Wärmebedarf in Bremerhaven beträgt insgesamt **1,35 TWh/a**. Abbildung 4-6 zeigt die Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf die unterschiedlichen Gebäudenutzungsarten. Knapp 54 % entfallen demnach auf die Wohngebäude. Bei den Nichtwohngebäuden entfällt der größte Anteil mit knapp 15 % auf die Industrie, gefolgt von den Gebäuden für Gewerbe und Industrie mit etwas mehr als 11 %. Auf die verbleibenden Gebäudenutzungen entfallen deutlich geringere Anteile. Tabelle 4-3 zeigt eine Übersicht über die Verteilung des Nutzwärmebedarfs sowie die Anzahl der Objekte je in den Gebäudetypen mit den höchsten Anteilen am Gesamtwärmebedarf.

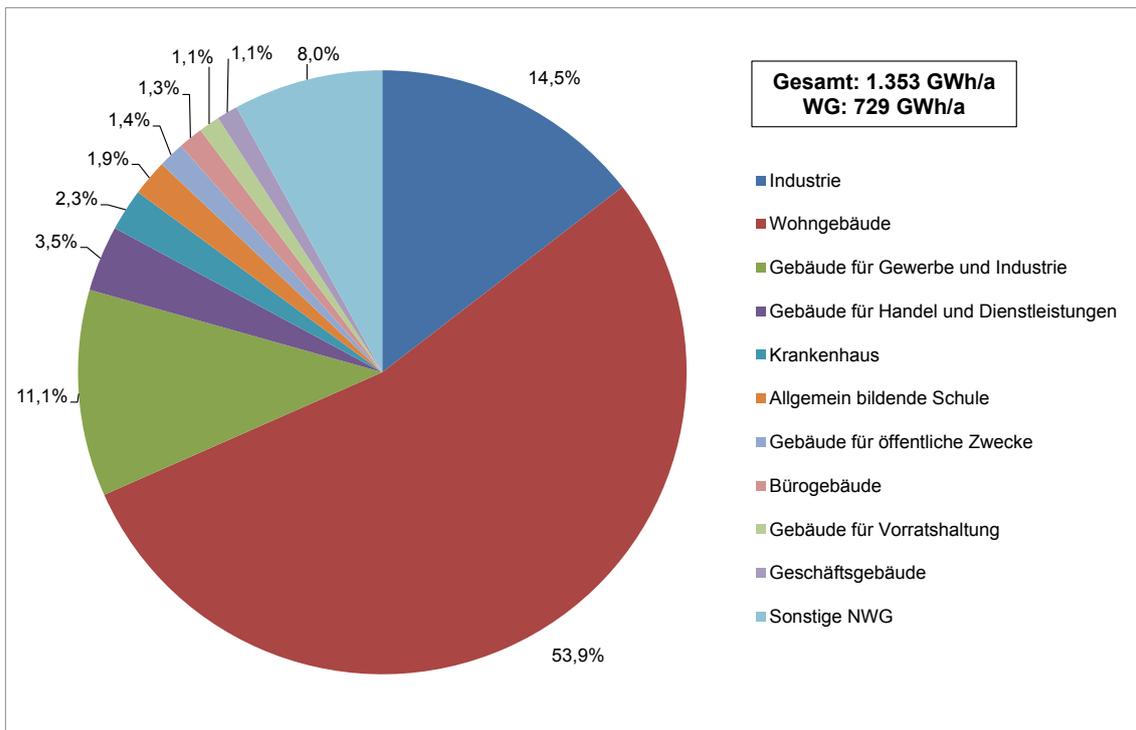


Abbildung 4-6: Verteilung des Nutzwärmebedarfs auf Wohn- und Nichtwohngebäude in Bremerhaven

Tabelle 4-3: Verteilung des Nutzwärmebedarfs (enthält Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme) sowie Anzahl der Objekte nach Gebäudetypen in Bremerhaven

Gebäudekategorie	Nutzwärmebedarf [GWh/a]	Anzahl
Wohngebäude	729	20.097
Industrie	196	476
Gebäude für Gewerbe und Industrie	150	1.452
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	48	333
Krankenhaus	30	21
Allgemein bildende Schule	26	100
Gebäude für öffentliche Zwecke	19	137
Bürogebäude	18	312
Gebäude für Vorratshaltung	15	165
Geschäftsgebäude	15	198
Sonstige NWG	108	1.241
Gesamt	1.353	24.532

Die Verteilung des Nutzwärmebedarfs, der Anzahl von Wohn- und Nichtwohngebäudeobjekten sowie der Wärmebezugsfläche auf Ebene der einzelnen Stadtteile Bremerhavens sind in Tabelle 4-4 dargestellt.

Tabelle 4-4: Verteilung von Nutzwärmebedarf, Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Wärmebezugsflächen auf die Stadtteile in Bremerhaven

Stadtteil	Nutzwärmebedarf [GWh/a]	Anzahl WG	Anzahl NWG	Anteil WG	Wärmebezugsfläche [m ²]
Fischereihafen	275	55	822	6%	801.397
Geestemünde	282	4.022	1.000	80%	2.113.168
Lehe	319	6.831	1.042	87%	2.425.390
Leherheide	117	3.173	292	92%	813.015
Mitte	150	868	282	75%	1.182.082
Schiffdorferdamm	42	902	72	93%	235.663
Surheide	23	1.129	106	91%	166.717
Überseehafengebiet	38	12	333	3%	312.389
Weddewarden	18	194	94	67%	179.035
Wulsdorf	90	2.919	384	88%	696.943
Summe	1.353	20.105	4.427		8.925.799

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträgern für die Stadt Bremerhaven.

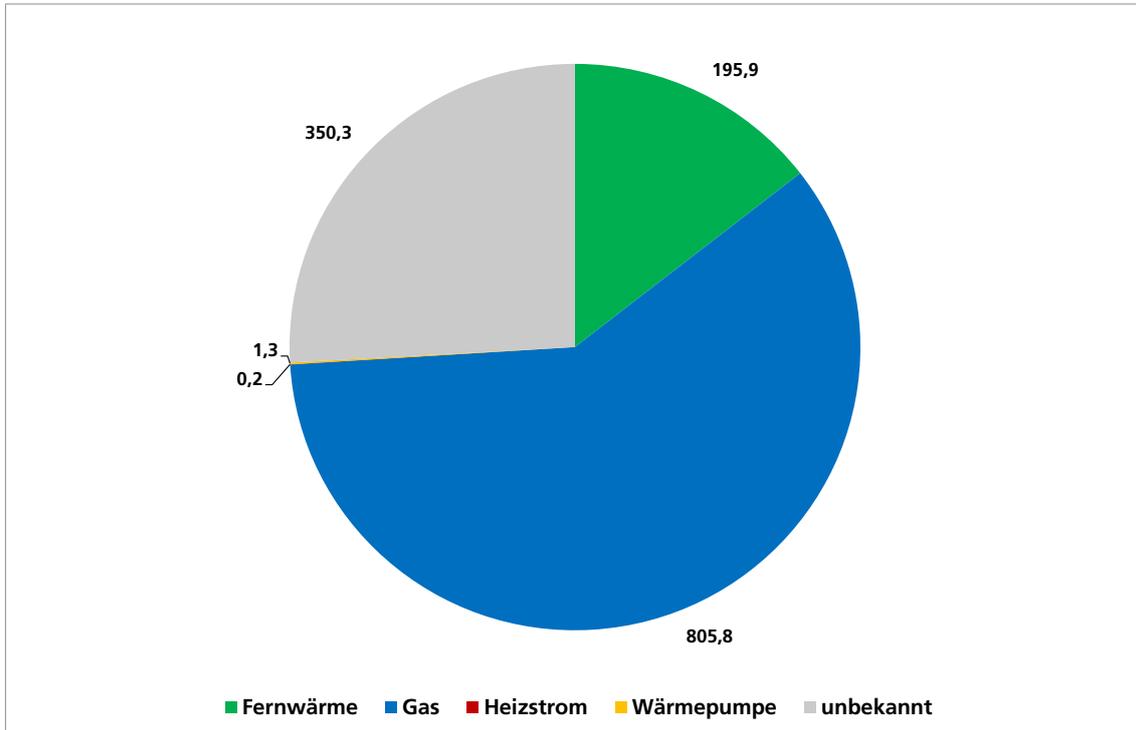


Abbildung 4-7: Verteilung des Nutzwärmebedarfs nach Energieträger in Bremerhaven

In Abbildung 4-8 ist die unterschiedliche Verteilung der Energieträger in den einzelnen Stadtteilen in Bremerhaven dargestellt.

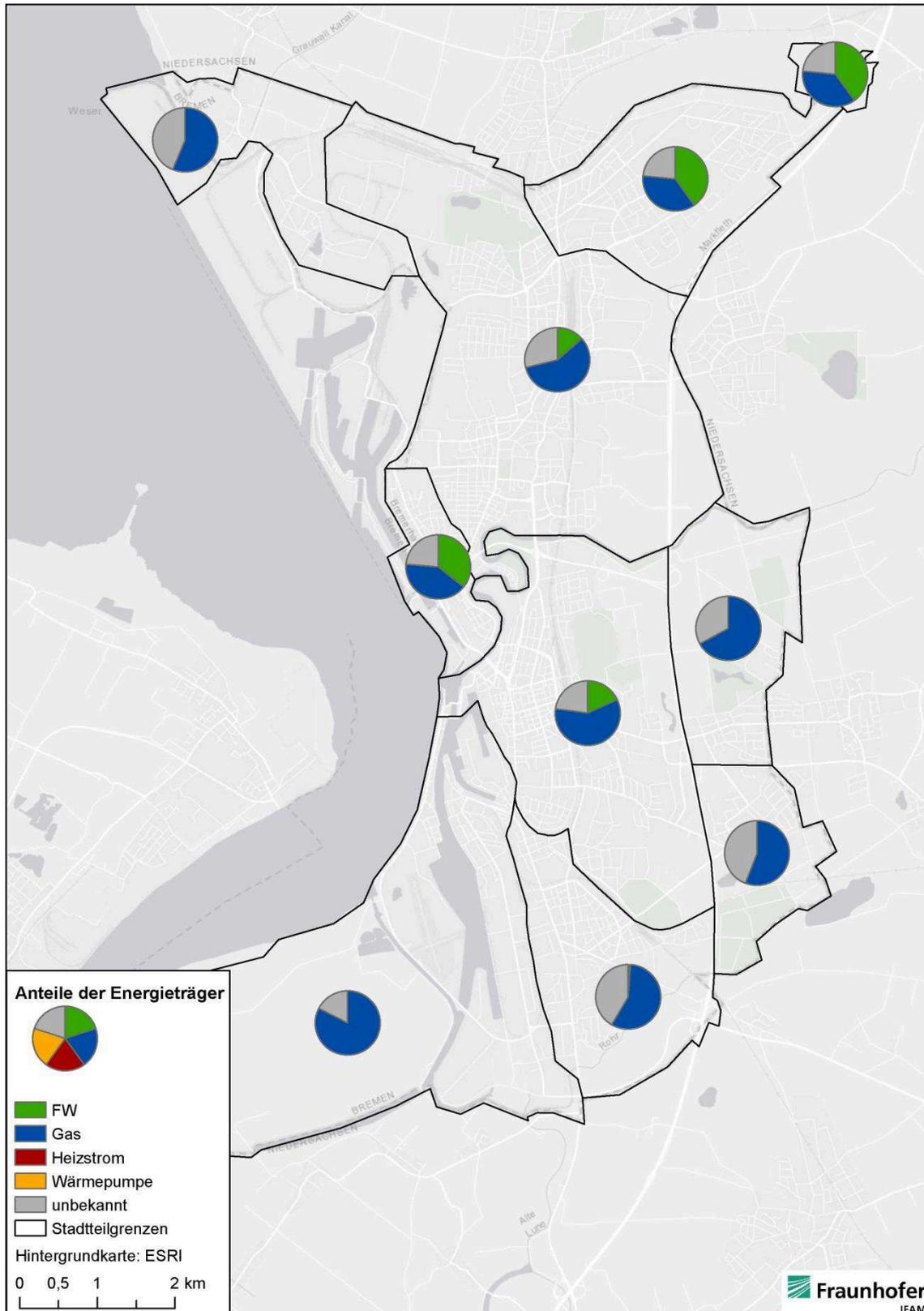


Abbildung 4-8: Anteil der Energieträger in den Stadtteilen in Bremerhaven

4.2 Räumliche Verteilung des Wärmebedarfs / Version zur Veröffentlichung

Die folgenden Abbildungen visualisieren die räumliche Verteilung des Wärmebedarfs für Bremen (Abbildung 4-9) und Bremerhaven (Abbildung 4-10) als Rasterdarstellungen. In dieser Art der Darstellung wird der Wärmebedarf der einzelnen Gebäude zunächst einer Zelle in einem Raster von 100 x 100 m zugeordnet (Abbildungen 4-6 und 4-8). Der Fokus dieser Darstellungsart liegt nicht auf einzelnen Objekten und auch nicht auf administrativen Grenzen, sondern dem räumlichen Zusammenhang der Gebäude und ihres Wärmebedarfs zueinander. Somit ist in hoher räumlicher Auflösung schnell ersichtlich, in welchen Gebieten der Städte Bremen und Bremerhaven der Wärmebedarf besonders hoch ist. Eine Skala mit konkreten Werten wird aus methodischen Gründen nicht angegeben, da unterschiedliche Rasterzellengrößen / Radien zugrunde liegen. Die Industrie wurde aufgrund des hohen Prozesswärmebedarfs aus der Berechnung der Karten ausgeschlossen, da die Werte zu einer Verzerrung der Farbskala führen würden. Die Industriestandorte sind jedoch kenntlich gemacht, da es sich bei ihnen um potenzielle Abwärmequellen handelt.

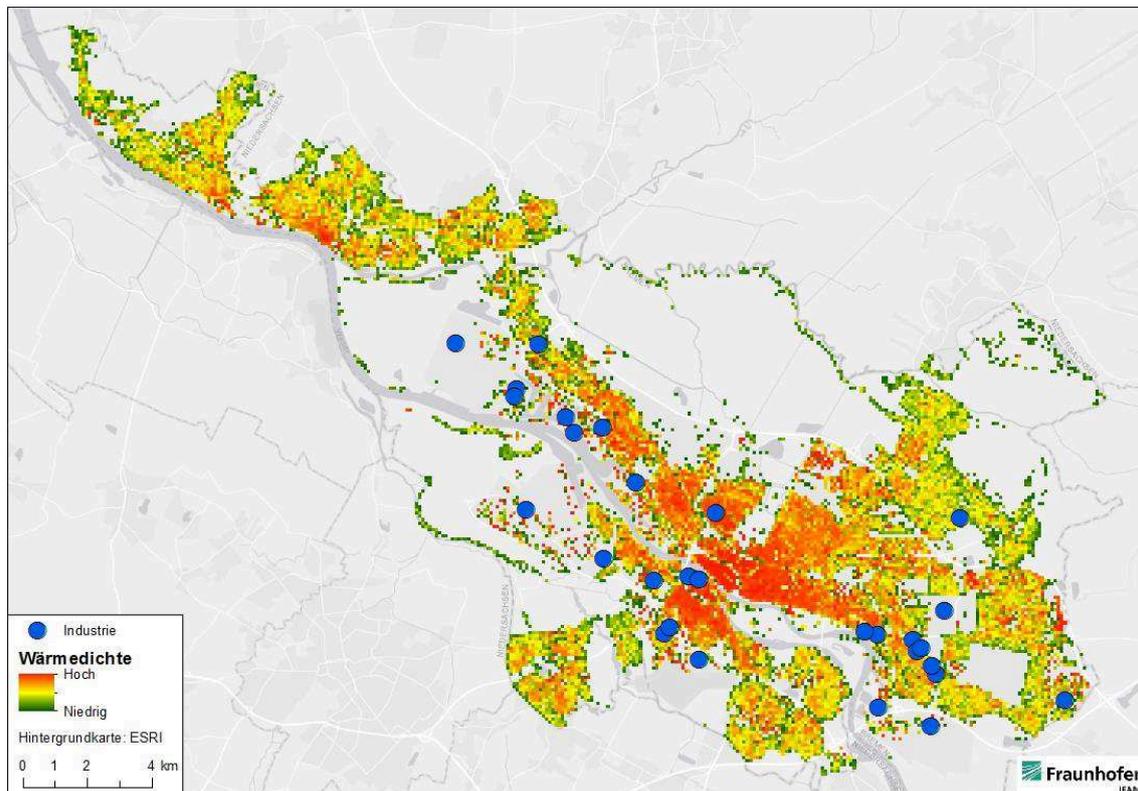


Abbildung 4-9: Wärmedichtekarte des Wärmebedarfs Bremen (Rastergröße 100 m)

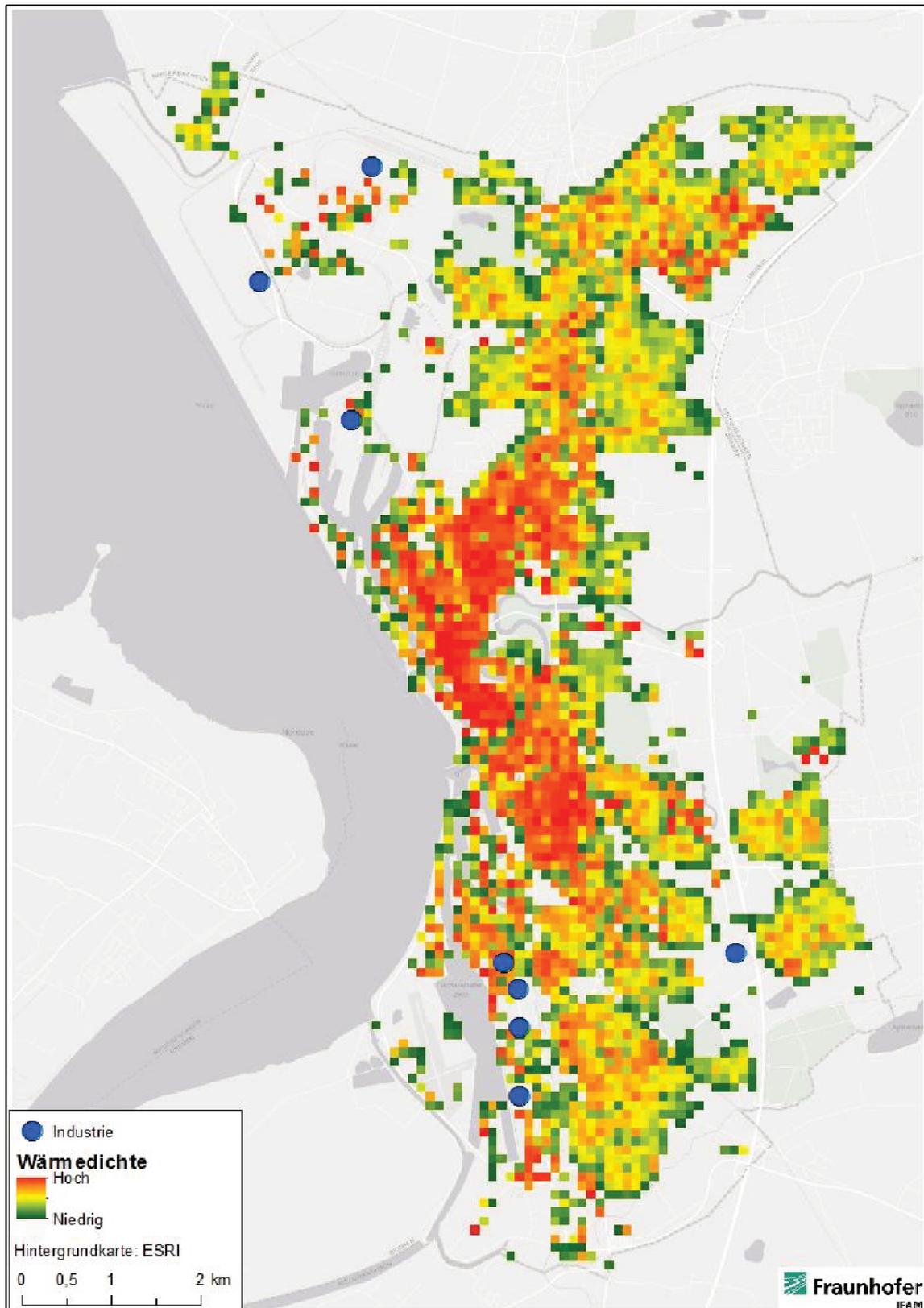


Abbildung 4-10: Wärmedichtekarte des Wärmebedarfs in Bremerhaven (Rastergröße 100 m)

Die Rasterkarten eignen sich zudem, um den Wärmeatlas auch der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Bei einer Veröffentlichung sind Belange des Datenschutzes zu beachten,

daher ist es erforderlich, dass kein Rückschluss auf Einzelgebäude / Verbräuche möglich ist. Durch die Zuordnung der Gebäude zu Rasterzellen und die anschließende Verteilung des Wärmebedarfs auf anliegende Rasterzellen wird dies gewährleistet.

5 Literatur

- [BKI, 2010] *BKI Baukosten 2010: Teil 1: Statistische Kostenwerte für Gebäude*, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2010
- [Blesl et al. 2009] Blesl, Markus; Kempe, Stephan; Ohl, Michael; Fahl, Ulrich; König, Andreas; Jenssen, Till; Eltrop, Ludger: *Wärmeatlas Baden-Württemberg - Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen*, Stuttgart, 2009
- [BMWi, 2018] Energiedaten für Deutschland, Excel-Tabellen, Bundeswirtschaftsministerium, Abruf am 20.02.2018
- [Destatis 2007] *Klassifikationen, Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige*, Ausgabe 2008, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2007, verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Gueter-Wirtschaftsklassifikationen/klassifikation-wz-2008.html>, zuletzt geprüft am 02.04.2019
- [IWU, 2018] *Gradtagzahlen für Deutschland*, Online-Excel-Tool, Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt, Abruf am 20.02.2018