



**Zwischenbericht**  
**Kommunale Wärmeplanung**  
**Stadt Friedberg**





## **Herausgeber:**

TÜV Rheinland Consulting GmbH  
Am Grauen Stein  
51105 Köln

[consulting.tuv.com](http://consulting.tuv.com)

Dieses Dokument wurde im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung Friedberg von der Stadt Friedberg und der TÜV Rheinland Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der greenventory GmbH erstellt.

## **Projektteam:**

### **Stadt Friedberg**

Stabstelle Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Städtepartnerschaften  
Roland Eichmann - Bürgermeister  
Stephanie Posch - Gesamtprojektleitung kommunale Wärmeplanung

### **TÜV Rheinland Consulting GmbH / greenventory GmbH**

Dr. Florian Nigbur  
Sebastian Happich  
Helmut Adler  
Doris Heinrich  
Johannes Jacobs  
Christian Warm

## **Bildnachweise**

© TÜV Rheinland  
© greenventory GmbH

## **Stand**

28.07.2024

Dieser Zwischenbericht zur kommunalen Wärmeplan darf nur unter Nennung der Stadt Friedberg veröffentlicht werden. Sofern Änderungen an Berichten, Prüfergebnissen, Berechnungen u. ä. des Konzeptes vorgenommen werden, muss eindeutig kenntlich gemacht werden, dass die Änderungen nicht von der Stadt Friedberg stammen. Eine über die bloße Veröffentlichung hinausgehende Werknutzung des kommunalen Wärmeplans und seiner Bestandteile durch Dritte, insbesondere die kommerzielle Nutzung z. B. von Präsentationen oder Grafiken, ist nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung der Stadt Friedberg gestattet.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

# Inhaltsverzeichnis

Konsortium.....	8
1. Einleitung.....	9
2. Bestandsanalyse .....	10
2.1 Stadtbild Friedberg .....	10
2.2 Datenerhebung.....	11
2.3 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug.....	11
2.4 Eignungsprüfung und verkürzte Wärmeplanung .....	11
2.5 Gebäudebestand .....	12
2.6 Wärmebedarf.....	14
2.7 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger.....	15
2.8 Eingesetzte Energieträger.....	17
2.9 Gasinfrastruktur .....	18
2.10 Stromnetze .....	18
2.11 Wärmenetze .....	19
2.12 Abwassernetze .....	19
2.13 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung.....	20
2.14 Zusammenfassung Bestandsanalyse.....	21
3. Potenzialanalyse .....	23
3.1 Erfasste Potenziale.....	23
3.2 Methode: Indikatorenmodell.....	24
3.3 Ziele der Potenzialerhebung und Limitationen .....	27
3.4 Potenziale zur Stromerzeugung .....	27
3.6 Potenziale für Sanierung.....	31
3.7 Wasserstoff.....	32
3.8 Zusammenfassung und Fazit für die Versorgung von Friedberg mit erneuerbarer Wärme.....	32
Zwischenfazit und weitere Schritte .....	33
Literaturverzeichnis .....	34
Anhang 1: Methodik zur Bestimmung der technischen Potenziale zur Energiegewinnung .....	36
1. Windkraft.....	36
2. Biomasse .....	37
3. Solarthermie (Freifläche) .....	38
4. Photovoltaik (Freifläche) .....	39
5. Dachflächenpotenziale.....	40
5.1 Solarthermie (Dachflächen).....	40
5.2. Photovoltaik (Dachflächen).....	41
6. Oberflächennahe Geothermie.....	41

7. Luftwärmepumpe.....	42
8. See- und Flusswärme.....	42
9. Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen .....	43

## Abbildungen

Abbildung 1: Vorgehen bei der Bestandsanalyse .....	10
Abbildung 2: Gebäudeanzahl nach Sektor in Friedberg .....	12
Abbildung 3: Verteilung der Gebäudeanzahl nach Sektor in Friedberg .....	12
Abbildung 4: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Friedberg .....	13
Abbildung 5: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude in Friedberg .....	13
Abbildung 6: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte).....	14
Abbildung 7: Wärmebedarf in Friedberg .....	14
Abbildung 8: Verteilung der absoluten Wärmebedarfsdichte in Friedberg.....	15
Abbildung 9: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichte in Friedberg.....	15
Abbildung 10: Endenergiebedarf nach Energieträger in Friedberg .....	17
Abbildung 11: Verteilung der Energieträger in Friedberg .....	17
Abbildung 12: Gasnetzinfrastruktur in Friedberg .....	18
Abbildung 13: Stromnetzinfrastruktur in Friedberg .....	18
Abbildung 14: Wärmenetzinfrastruktur in Friedberg .....	19
Abbildung 15: Abwassernetz der Stadt Friedberg .....	19
Abbildung 16: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Friedberg.....	20
Abbildung 17: Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen .....	20
Abbildung 18: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen .....	23
Abbildung 19: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse.....	24
Abbildung 20: Erneuerbare Strompotenziale der Stadt Friedberg.....	28
Abbildung 21: Erneuerbare Wärmepotenziale der Stadt Friedberg.....	30
Abbildung 22: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen.....	31
Abbildung 23: Energetische Gebäudesanierung - Maßnahmen und Kosten .....	31
Abbildung 24: Standortpotenzial für Windenergieanlagen .....	36
Abbildung 25: Erschließbare Energie aus organischen Materialien .....	38
Abbildung 26: Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung .....	38
Abbildung 27: Elektrische Energiegewinnung durch Sonnenstrahlung .....	39
Abbildung 28: Solares Potenzial durch PV-Installation auf Dächern .....	40
Abbildung 29: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten.....	41
Abbildung 30: Energetische Nutzung der Umgebungsluft .....	42
Abbildung 31: Potenziale für Seewärme (Derching).....	43
Abbildung 32: Potenziale für See- und Flusswärme.....	43

## Tabellen

Tabelle 1: Emissionsfaktoren.....	21
Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien .....	25

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Erklärung</b>
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen
BEG NWG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Nichtwohngebäude
BEG WG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Wohngebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BBS	Biomassebeschaffungsstrategie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wirtschaft, Struktur und Bau
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
EB	Energieberatung
EE	Erneuerbare Energien
EG	Eignungsgebiete
EM	Energiemanagement
EnEV	Energieeinsparverordnung
EV	Energieversorgung
FFH-Gebiete	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssysteme
GWh	Gigawattstunde
GWh/a	Gigawattstunde pro Jahr
HLK	Heizung, Lüftung, Klima
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LNG	Flüssigerdgas
PPP	Public-Private-Partnership
PV	Photovoltaik
SQ	Sanierungsquote
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm

t <sub>CO2</sub> /MWh	Tonnen Kohlendioxid pro Megawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
WNI	Wärmenetzinfrastruktur
WN	Wärmenetze
WPG	Wärmeplanungsgesetz des Bundes
WVN	Wärmeverbundnetz





# Konsortium

## Auftraggeber:

Die **Stadt Friedberg** zählt mit ihren etwa 30.000 Einwohnenden zu den Vorreitern in puncto Wärmewende, da die kommunale Wärmeplanung nach dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze für Städte mit weniger als 100.000 Einwohnern die Wärmeplanung erst bis Mitte 2028 gesetzlich vorschreibt. Die Stadt Friedberg engagiert sich bereits seit vielen Jahren im Bereich der nachhaltigen Energienutzung. So wurde im Jahre 2014 für den Landkreis Aichach Friedberg und die Stadt Friedberg ein Energienutzungsplan mit verschiedensten Maßnahmenvorschlägen erstellt. Darunter u.a. ein Solarkataster, eine Energieinitiative für kleine und mittlere Unternehmen wie auch ein kommunales Energiemanagement für Liegenschaften der Stadt Friedberg.

Die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung ist ein weiterer wichtiger Schritt zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in Friedberg. Dabei definiert die Kommune die politischen Rahmenbedingungen und trifft strategische Entscheidungen für die Wärmeversorgung. Weiterhin übernimmt sie die Koordination zwischen den verschiedenen Stakeholdern und kann die Umsetzung durch Förderprogramme und Verordnungen erleichtern.

[www.friedberg.de](http://www.friedberg.de)

## Auftragnehmer:

Die **TÜV Rheinland Consulting GmbH** unterstützt in Zusammenarbeit mit dem Software-Unternehmen **greenventory GmbH** Kommunen und Stadtwerke modular und zielgerichtet bei allen mit der kommunalen Wärmeplanung verbundenen Anforderungen und Herausforderungen. Die Grundlagen hierfür sind eine in mehr als 25 Jahren Entwicklungszeit aufgebaute Softwaretechnologie aus dem Fraunhofer ISE und Karlsruher Institut für Technologie (KIT), ein gut aufgestelltes Team mit dem nötigen energieplanerischen Know-how, ein starkes Partnernetzwerk und eine große Leidenschaft für das Thema Energiewende. Aus den benannten Unternehmen bringen praxiserfahrene Mitarbeiter mit einem starken Fokus auf den Energie- und IT-Bereich ihre umfangreiche Fachexpertise im Kontext einer sektorübergreifenden Energie- und Infrastrukturplanung, der Zusammenarbeit mit unterschiedlichen kommunalen Institutionen sowie dem Einbezug der Öffentlichkeit interdisziplinär ein. Im harmonisierten Zusammenwirken bringen die beiden Unternehmen die Erfahrung aus der kommunalen Wärmeplanung in mehr als 100 Kommunen ein.

[consulting.tuv.com](http://consulting.tuv.com)

[www.greenventory.de](http://www.greenventory.de)



# 1. Einleitung

Sehr geehrte Bürgerinnen und Bürger,

in den vergangenen Jahren ist immer deutlicher geworden, dass Deutschland angesichts des fortschreitenden Klimawandels eine treibhausgasneutrale und dabei aber auch sichere und kostengünstige Energieversorgung benötigt. Die Wärmeversorgung spielt hierbei eine zentrale Rolle. Hierfür erarbeiten wir als Stadt Friedberg in Zusammenarbeit mit den Unternehmen TÜV Rheinland Consulting GmbH und greenventory GmbH mit der **Kommunalen Wärmeplanung (KWP)** eine strategische Planung. Die Kommunale Wärmeplanung analysiert auf Basis der bestehenden Bedarfs- und Versorgungsstruktur mögliche Treibhausgas-Einsparpotenziale sowie treibhausgasneutrale Versorgungsoptionen basierend auf erneuerbaren Energieträgern wie z.B. Sonne, Wind oder Geothermie.

Der Bearbeitungsprozess hin zu einem kommunalen Wärmeplan gliedert sich in die vier nachgenannten Phasen

1. Im Rahmen der Bestandsanalyse wird die aktuelle Situation der Energieversorgung und -nutzung in Friedberg beschrieben. Diese Analyse bildet die Basis für die Identifizierung von Entwicklungsmöglichkeiten und Verbesserungspotenzialen.
2. Die Potenzialanalyse untersucht die Möglichkeiten zur Integration erneuerbarer Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz. Dieser Abschnitt enthält eine detaillierte Bewertung der verfügbaren Ressourcen und ihrer technischen und wirtschaftlichen Potenziale.
3. Im Zielszenario wird die zukünftige Wärmeversorgung dargestellt. Basierend auf den Ergebnissen der vorherigen Schritte wird ein Szenario der klimaneutralen Wärmeversorgung in Friedberg für das Jahr 2040 entwickelt.
4. Die Wärmewendestrategie legt einen Beispiel-Fahrplan fest, wie der Weg zur Treibhausgasneutralität im Wärmesektor aussehen kann. Sie enthält konkrete Maßnahmen, Empfehlungen und Prioritäten.

Nachdem die **Bestands- und Potenzialanalyse** zwischenzeitlich abgeschlossen ist, möchten wir Sie mit diesem Zwischenbericht über die ersten Arbeitsergebnisse informieren.

Diese verdeutlichen zum einen, dass der gegenwärtige Wärmebedarf vorrangig noch aus den fossilen Energiequellen Erdgas (46 %) und Heizöl (42 %) gedeckt wird. Zum anderen jedoch, dass energetische Potenziale identifiziert wurden, aus denen sich Strategien und Handlungsmaßnahmen ableiten lassen, die unsere Zielausrichtung, die Wärmeversorgung in Friedberg bis spätestens 2040 klimaneutral, d.h., ausschließlich aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme, einhergehend mit der entsprechenden Treibhausgas-Reduzierung, zu verwirklichen, realisierbar machen.

Wir werden jetzt basierend auf den vorliegenden Zwischenergebnissen ein Zielszenario entwickeln, das dann in eine Wärmewendestrategie und damit verbundene Handlungsmaßnahmen mündet. Diese Arbeitsergebnisse werden wir in Form eines Abschlussberichtes aufbereiten und ebenfalls veröffentlichen.



## 2. Bestandsanalyse

Das Ziel der Bestandsanalyse besteht darin, ein genaues Bild des aktuellen Zustands der Gebäudestruktur, des Wärmebedarfs und der zur Erzeugung anfallenden Emissionen sowie der vorhandenen Wärmeinfrastruktur zu erlangen. Die umfassende Datengrundlage ermöglicht die Identifikation konkreter Handlungsbedarfe und die Ausarbeitung von Szenarien zur Dekarbonisierung, inklusive der darauf aufbauenden strategischen Maßnahmen.

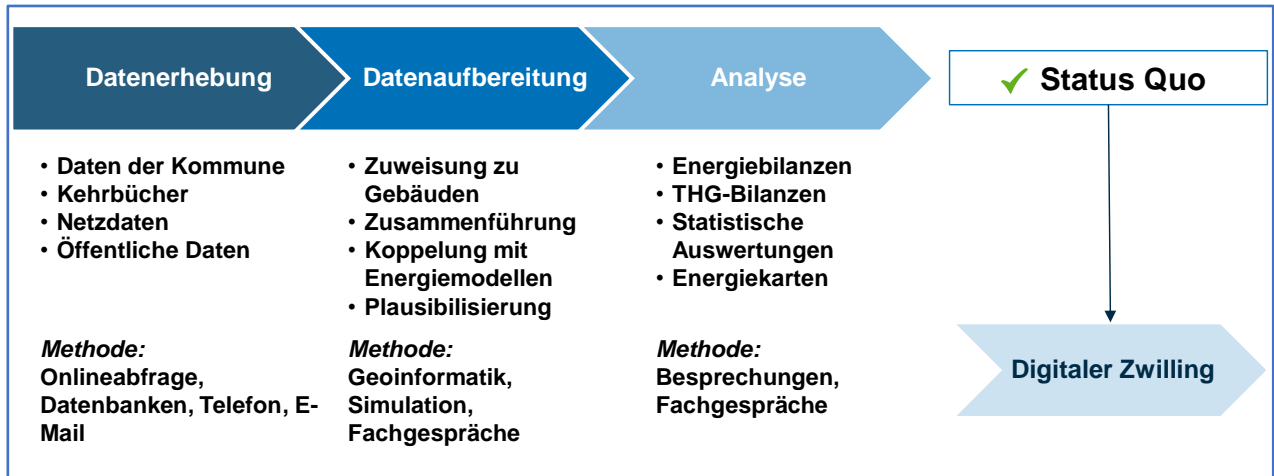


Abbildung 1: Vorgehen bei der Bestandsanalyse

### 2.1 Stadtbild Friedberg

Die Gemeinde Friedberg befindet sich im bayerisch-schwäbischen Landkreis Aichach-Friedberg und grenzt direkt an den Osten der Stadt Augsburg. Sie gliedert sich in die Kernstadt Friedberg und 13 Ortsteile/Gemarkungen: Bachern, Derching, Haberskirch, Harthausen, Hügelshart, Ottmaring, Paar, Rederzhausen, Rinnenthal, Rohrbach, Stätzling, Wiffertshausen und Wulfertshausen. Die Stadt Friedberg liegt auf einer Anhöhe über dem Lechtal und ist bekannt für seine geschichtsträchtige Altstadt. Im Westen fließt der Lech, ein Nebenfluss der Donau. Die hügelige Landschaft mit kleineren Bächen und Teichen wird überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzt.

Friedberg beheimatet in etwa 30.000 Einwohner auf einer Gesamtfläche von 81,26 km<sup>2</sup> und umfasst einen Bestand von

über 11.967 Wohngebäuden. Über die Bundesstraße 300, die als Umgehungsstraße um die Kernstadt Friedberg geführt wird, sind die Städte Augsburg und Aichach in jeweils 15 bis 20 Minuten zu erreichen. Durch den Bahnhof mit Regionalbahn- und Busverkehr verfügt Friedberg mittels ÖPNV über eine gute Anbindung und ist somit ideal für Pendler.

Die Gewerbegebiete in der Kernstadt und den Stadtteilen mit vielen mittelständischen Unternehmen machen Friedberg auch zu einem Wirtschaftsstandort und bieten einen attraktiven Arbeitsmarkt.

Die Stadt Friedberg engagiert sich bereits seit vielen Jahren im Bereich der nachhaltigen Energienutzung und hat u.a. 2014 einen Energienutzungsplan erstellt. Im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative hat Friedberg über die Kommunalrichtlinie einen Förderbescheid zur Erstellung eines kommunalen Wärmeplans erhalten. Damit



zählt Friedberg zu den Vorreitern in puncto Wärmewende.

## 2.2 Datenerhebung

Am Anfang der Bestandsanalyse erfolgt die systematische Erfassung von Verbrauchsdaten für Wärme, einschließlich Gas- und Stromverbrauch speziell für Heizzwecke. Anfragen zur Bereitstellung der elektronischen Kehrbücher wurden an die zuständigen Bezirksschornsteinfeger gerichtet. Zusätzlich wurden ortsspezifische Daten aus Plan- und Geoinformationssystemen (GIS) der städtischen Ämter bezogen, die ausschließlich für die Erstellung des Wärmeplans freigegeben und verwendet wurden. Die primären Datenquellen für die Bestandsanalyse sind folgendermaßen:

- Statistik und Katasterdaten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS)
- Daten zu Strom- und Gasverbräuchen, welche von Netzbetreibern zur Verfügung gestellt werden
- Auszüge aus den elektronischen Kehrbüchern der Schornsteinfeger mit Informationen zu den jeweiligen Feuerstellen
- Verlauf der Strom- und Gasnetze
- Daten über Abwärmequellen, welche durch Befragungen bei Betrieben erfasst wurden

Die vor Ort gesammelten Daten wurden durch externe Datenquellen sowie durch energietechnische Modelle, Statistiken und Kennzahlen ergänzt. Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der Datenquellen und -anbieter war eine umfassende manuelle Aufbereitung und Harmonisierung der Datensätze notwendig.

Zusätzlich erfolgte eine gründliche Plausibilitätsprüfung, um die Daten als valide Berechnungsgrundlagen zu etablieren.

## 2.3 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug

Der digitale Zwilling dient in der kommunalen Wärmeplanung als zentrales Arbeitswerkzeug für die Projektbeteiligten und erleichtert die Komplexität der Planungs- und Entscheidungsprozesse. Dabei handelt es sich um ein spezialisiertes digitales Kartentool der Firma greenventory. Auf dieser Karte ist ein virtuelles, gebäudescharfes Abbild der Stadt Friedberg dargestellt - ein digitaler Zwilling der Stadt. Dieser zeigt zunächst den Ist-Zustand der Stadt auf und bildet die Grundlagen für die Analysen. Alle erhobenen Daten, einschließlich Informationen zum Wärmeverbrauch, den Heizsystemtypen und der Energieinfrastruktur wurden in den digitalen Zwilling integriert. Die Arbeit mit dem Tool bietet mehrere signifikante Vorteile: Erstens garantiert es eine homogene Datenqualität, die für fundierte Analysen und Entscheidungen unabdingbar ist. Zweitens ermöglicht es ein gemeinschaftliches Arbeiten an den Datensätzen und somit eine effizientere Prozessgestaltung. Drittens sind energetische Analysen direkt im Tool durchführbar, wodurch die Identifikation und Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen erleichtert wird. Des Weiteren können die Daten gefiltert und interaktiv angepasst werden, um spezifische Eignungsgebiete für die Wärmeversorgung auszuweisen. Dies alles trägt zu einer schnelleren und präziseren Planung bei und erleichtert die Umsetzung der Energiewende auf kommunaler Ebene.

## 2.4 Eignungsprüfung und verkürzte Wärmeplanung

Laut § 14 Wärmeplanungsgesetz wird zunächst das geplante Gebiet im Rahmen einer Eignungsprüfung auf Teilgebiete untersucht, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung



durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen. Für diese Gebiete kann eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden. Ein Kriterium zur Beurteilung dieser Wahrscheinlichkeit ist die Siedlungsstruktur und der daraus resultierende voraussichtliche Wärmebedarfs. Basierend darauf wurden keine Gebiete im Vorhinein ausgeschlossen und es wird nicht von der Möglichkeit einer verkürzten Wärmeplanung Gebrauch gemacht.

## 2.5 Gebäudebestand

Der Gebäudebestand wurde durch die Zusammenführung von offenem Kartenmaterial, Zensus- und ALKIS-Daten sowie Daten der Stadt und weiteren Datenquellen analysiert. [Abbildung 2](#) zeigt die Verteilung der Gebäude auf die verschiedenen Sektoren. Der Anteil der Wohngebäude beträgt 89,2 %, während dem Sektor GHD (Gewerbe, Handel,

Dienstleistungen) nur 3,2 % und dem Sektor Industrie 6,2 % der Gebäude zuzuordnen sind. Öffentliche Bauten machen 1,4 % der Gebäude aus. Der Wohnsektor dominiert somit den Gebäudebestand, weshalb er als wichtiges Element der Energiewende zu betrachten ist.

In [Abbildung 3](#)<sup>1</sup> sind die Sektoren der Gebäude auf Baublockebene aggregiert dargestellt. Die Gebäude des Gewerbe-, Handel und Dienstleistungssektors (GHD) finden sich überwiegend in der Kernstadt und im Osten von Friedberg als auch westlich von Derching. Der Industriesektor dominiert insbesondere in Friedberg-West und in Derching (Nähe zu Augsburg und der Autobahn A8). Vereinzelt gibt es auch Industrie in kleineren Ortschaften. In den restlichen Gebieten und in den Dörfern sind überwiegend Wohngebäude zu finden.

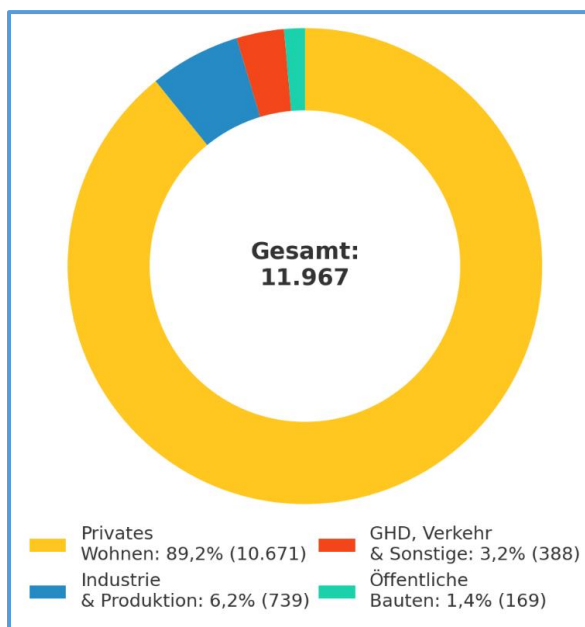


Abbildung 2: Gebäudeanzahl nach Sektor in Friedberg

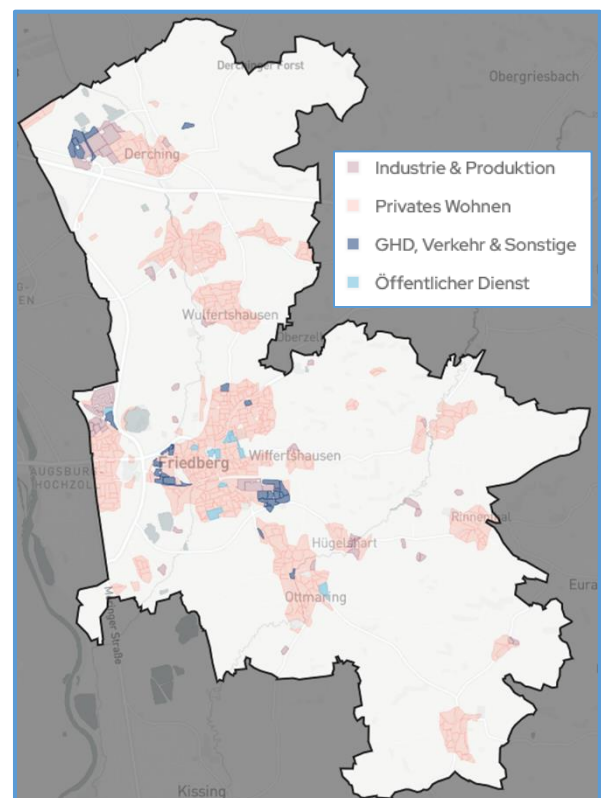


Abbildung 3: Verteilung der Gebäudeanzahl nach Sektor in Friedberg

<sup>1</sup> Hinweis: In Abbildungen dieses Berichts, die Daten den Gebäudeblöcken zuordnen, wird die Einfärbung durch den dominierenden bzw. durchschnittlichen Wert pro Baublock bestimmt.

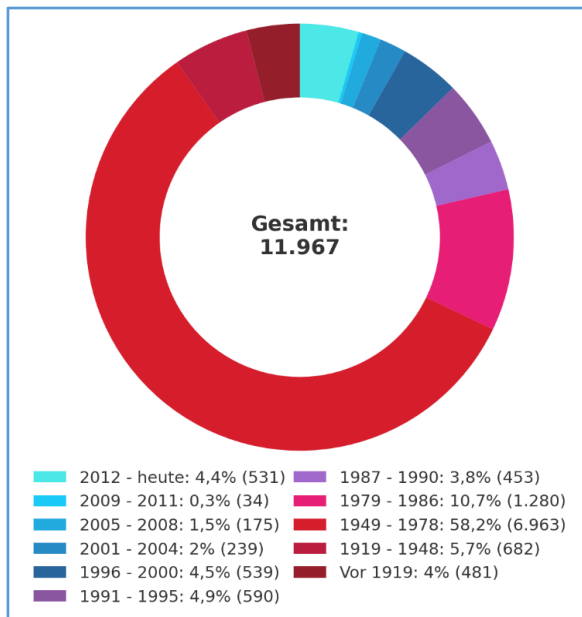


Abbildung 4: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Friedberg

Aus der Verteilung dieser Gebäude auf die Baualtersklassen (siehe [Abbildung 4](#) geht hervor, dass über 78,6 % der Gebäude vor 1979 gebaut wurden. Sie wurden somit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut, die ein Mindestmaß an Dämmung vorschrieb. Gebäude aus dem Zeitraum 1949 - 1978 haben mit 58,2 % den mit Abstand größten Anteil am Gebäudebestand und in Summe das größte Sanierungspotenzial. Den höchsten spezifischen Wärmebedarf weisen Altbauten auf, die vor 1919 gebaut worden sind, sofern diese bisher wenig oder gar nicht saniert wurden. Für die Sanierung sind diese Gebäude aufgrund ihrer oft soliden Bauweise attraktiv, jedoch können hier Einschränkungen durch den Denkmalschutz vorliegen, die zu beachten sind. Gezielte Energieberatungen und Sanierungskonzepte für alle Baualtersklassen sind nötig, um pro Gebäude das volle Sanierungspotenzial erschließen zu können.

Eine aggregierte Darstellung der Baualtersklassen der Gebäude Friedbergs auf Baublockebene ist der [Abbildung 5](#) zu

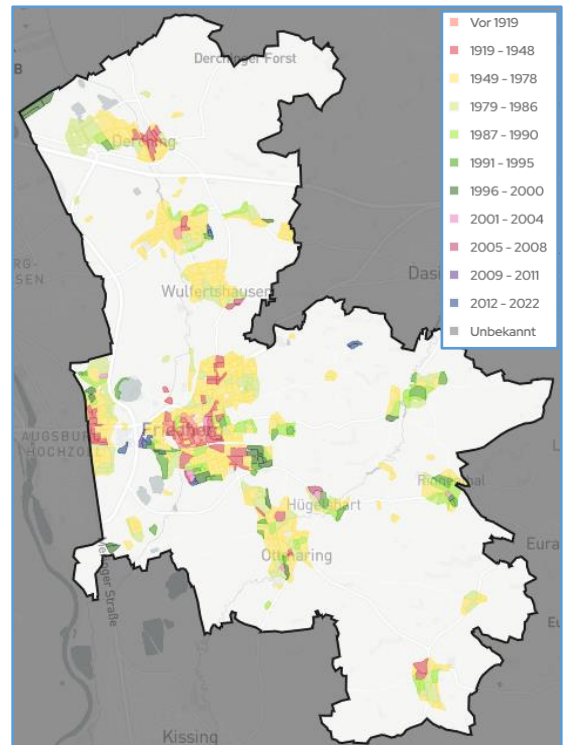


Abbildung 5: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude in Friedberg

entnehmen. Hier ist erkennbar, dass sich die Gebäude mit Baujahr bis 1948 überwiegend im Zentrum der Ortskerne befinden. Die Ausweisung von Sanierungsgebieten ist in Bereichen mit sehr alten Gebäuden besonders sinnvoll. Auch für die Ausweisung von Wärmenetzen kann die Verteilung der Gebäudealtersklassen bei der Planung behilflich sein.

Bei der Analyse der GEG-Energieeffizienzklassen der Gebäude, bezogen auf Verbrauchswerte, fällt auf, dass die Stadt überwiegend Gebäude aufweist, die auf Basis des Gebäudealters vollumfänglich saniert werden müssten oder die den sehr hohen Effizienzklassen zuzuordnen sind. 6,9 % der Gebäude weisen einen hohen Grad an Energieeffizienz auf (Klassen A+ bis B), 37,3 % bewegen sich im Durchschnitt (Klassen C bis E), wobei Verbesserungen möglich sind. Der Großteil der Gebäude befindet sich im unteren Drittel der Energieeffizienz (siehe [Abbildung 6](#)). Von den Gebäuden, denen ein Wärmebedarf



zugeordnet werden konnte, sind 9,3 % den Effizienzklassen G und H zuzuordnen, was unsanierten oder nur sehr wenig sanierten Altbauten entspricht.

Der Großteil (46,5 %) der Gebäude ist der Effizienzklasse F zuzuordnen und entspricht überwiegend Altbauten, die nach den Richtlinien der Energieeinsparverordnung (EnEV) modernisiert wurden. Durch umfassende energetische Sanierungen kann der Anteil der Gebäude in den unteren Effizienzklassen zugunsten der mittleren Effizienzklassen reduziert werden. Die Einteilung der Gebäude in die GEG-Energieeffizienzklassen wurde anhand des Baujahres, des Verbrauchs und der Grundfläche vorgenommen, da keine Daten zum Sanierungsstand der jeweiligen Gebäude vorliegen.

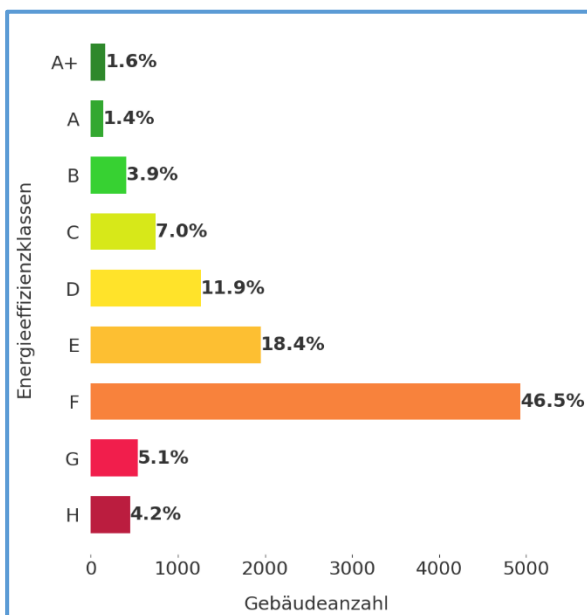


Abbildung 6: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)

## 2.6 Wärmebedarf

Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Wärmenetz, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die gemessenen Verbrauchsdaten

(Endenergieverbräuche), sofern diese verfügbar waren. Mit den Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien konnte so der Wärmebedarf, die Nutzenergie, ermittelt werden. Bei nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (Öl, Holz, Kohle) und bei beheizten Gebäuden mit fehlenden Informationen zum verwendeten Heizsystem wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkte berechnet. Für die Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen konnte unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade auf die Endenergieverbräuche geschlossen werden.

Aktuell beträgt der Wärmebedarf in Friedberg 361 GWh jährlich (siehe [Abbildung 7](#)). Mit 70,5 % ist der Wohnsektor anteilig am stärksten vertreten, während auf die Industrie 15,8 % des Gesamtwärmebedarfs entfällt. Auf den Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD) entfällt ein Anteil von 9,8 % des Wärmebedarfs und auf die öffentlich genutzten Gebäude, die ebenfalls kommunale Liegenschaften beinhalten, entfallen 3,9 %.

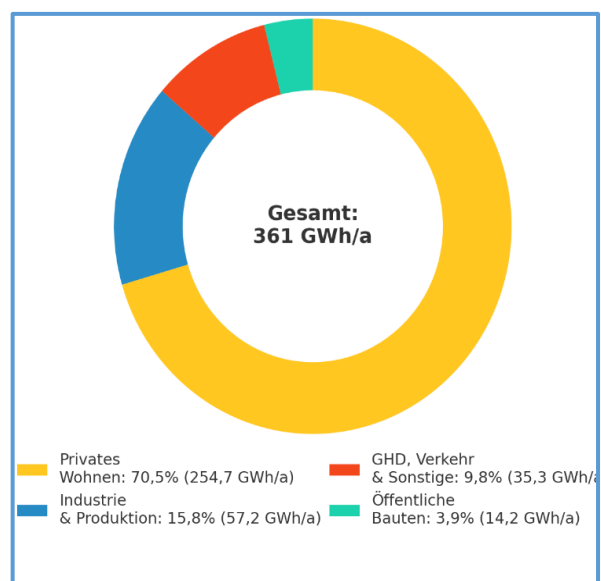


Abbildung 7: Wärmebedarf in Friedberg

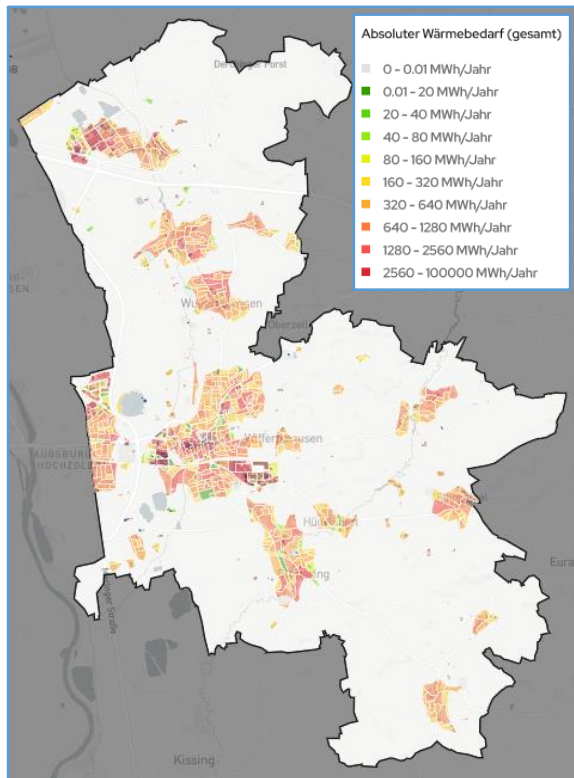


Abbildung 8: Verteilung der absoluten Wärmebedarfsdichte in Friedberg

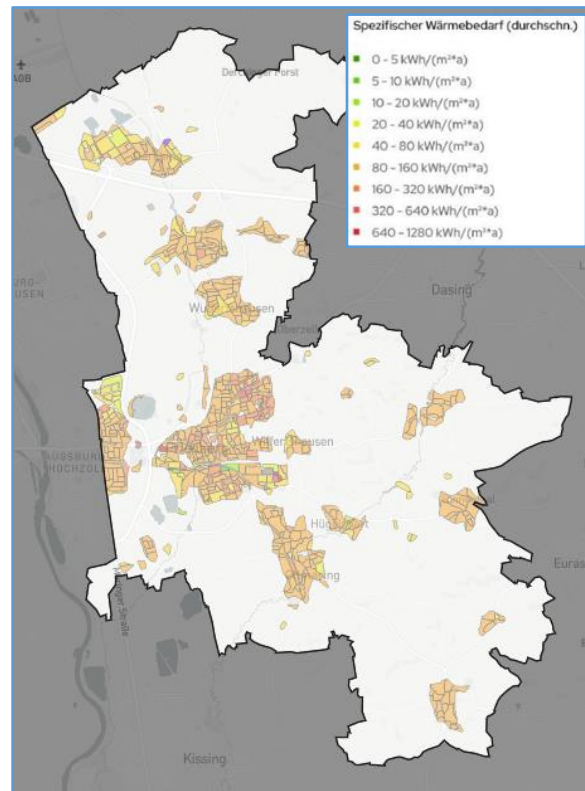


Abbildung 9: Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichte in Friedberg

Die räumliche Verteilung der absoluten, d.h. wohnflächenspezifischen Wärmebedarfsdichten, ist in [Abbildung 8](#), die räumliche Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichten ist in [Abbildung 9](#) dargestellt. Es lässt sich ein leicht niedrigerer spezifischer Wärmebedarf in den Dörfern im Vergleich zum Stadtgebiet Friedberg und zu Derching, mit seinem angesiedelten Gewerbegebiet, beobachten. Als Grund hierfür ist zum einen die Konzentration alter Gebäude im Stadtkern von Friedberg zu sehen, zum anderen erhöht der größere Anteil industriell und gewerblich genutzter Gebäude den spezifischen Wärmebedarf. Die indikative Betrachtung respektive Bewertung der Wärmebedarfe ist mit Blick auf die Ausweisung von Wärmenetzsignungsgebieten relevant, da eine hohe Wärmeliniendichte hierfür einen Eignungsindikator darstellt.

## 2.7 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger

Das primäre Heizsystem je Gebäude ist die Grundlage für die Ermittlung des Wärmebedarfs. Als Datengrundlage dienen die elektronischen Kkehrbücher der Bezirksschornsteinfeger, welche Informationen zum verwendeten Brennstoff sowie zu Art und Alter der jeweiligen Feuerungsanlage enthalten. Insgesamt konnten Daten zu insgesamt 15.396 Heizsystemen erhoben werden. Ergänzt wurden diese Informationen durch Verbrauchs- und Netzdaten von den Stadtwerken. Die Diskrepanz zwischen der Anzahl der Heizungsanlagen und des Gebäudebestands ist zum einen darauf zurückzuführen, dass auch Scheunen, Ställe, Hallen und weitere Gebäude ohne vorhandene Heizsysteme erfasst wurden. Zum anderen sind die mit Wärmenetzen und Wärmepumpen versorgten Gebäude in den





Kehrbüchern nicht erfasst. Durch Wärmepumpen versorgte Objekte werden über Angaben zu Heizstromverbrauchswerten über die Energieversorgungsunternehmen (EVU) erfasst. Wärmenetzanschlüsse und -verbrauchswerte einzelner Gebäude werden über die jeweiligen Netzbetreiber abgefragt. Derzeit sind in Friedberg bereits einige relativ kleine Wärmenetze vorhanden. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Wärmeversorgung einiger Gebäude mit zwei oder mehr Heizsystemen (bspw. Erdgastherme und Holz-Einzelofen) erfolgt und die Kehrbücher der Schornsteinfeger nicht vollständig sind.

Um in Zukunft Treibhausgasneutralität im Wärmesektor gewährleisten zu können, müssen alle fossil betriebenen Heizsysteme ersetzt werden. Die Analyse des Alters der aktuell verbauten Heizsysteme kann einer Priorisierung des Austauschs der Heizsysteme dienen.

Unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 20 Jahren für Heizsysteme ergibt sich ein deutlicher Handlungsdruck:

- Das Durchschnittsalter aller mit Gas betriebenen Heizsysteme liegt bei 15,7 Jahren.
- Im Durchschnitt sind die mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Heizkessel 25,6 Jahre alt.

Gemäß § 72 GEG dürfen Heizkessel, die flüssigen oder gasförmigen Brennstoff verbrauchen und vor dem 1. Januar 1991 aufgestellt wurden, nicht mehr betrieben werden. Das Gleiche gilt für später in Betrieb genommene Heizkessel, sobald sie 30 Jahre in Betrieb waren. Ausnahmen gelten für Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel, Heizungen mit einer Leistung unter 4 Kilowatt oder über 400 Kilowatt sowie heizungstechnische Anlagen mit Gas-, Biomasse- oder

Flüssigbrennstoffeuerung als Bestandteil einer Wärmepumpen-Hybridheizung soweit diese nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Ausgenommen sind ebenfalls Hauseigentümer in Ein- oder Zweifamilienhäusern, die ihr Gebäude zum 01.02.2002 bereits selbst bewohnt haben. Heizkessel mit fossilen Brennstoffen dürfen jedoch längstens bis zum Ablauf des 31. Dezember 2044 betrieben werden (GEG, 2024).

In der Neuerung des GEG, die ab dem 01.01.2024 in Kraft getreten ist, müssen Heizsysteme, die in Kommunen mit mindestens 10.000 bis maximal 100.000 Einwohnern nach dem 30.06.2028 neu eingebaut werden, zukünftig mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden. In Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern gilt bereits der 30.06.2026 als Frist. Wird in der Kommune auf Grundlage eines erstellten Wärmeplans nach § 26 WPG ein Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärme- oder Wasserstoffnetzen in Form einer gesonderten Satzung ausgewiesen, gilt die 65%-Regelung des GEG in diesem Gebiet entsprechend früher.

Es ist somit ersichtlich, dass in den kommenden Jahren ein erheblicher Handlungsdruck auf Immobilienbesitzer zukommt. Dies betrifft v. a. die Punkte eines Systemaustauschs gemäß § 72 GEG. Für Heizsysteme, die eine Betriebsdauer von mehr als 30 Jahren aufweisen, muss demnach geprüft werden, ob eine Verpflichtung zum Austausch des Heizsystems besteht. Zudem sollte eine technische Modernisierung der Heizsysteme mit einer Betriebsdauer zwischen 20 und 30 Jahren erfolgen oder es wird zumindest eine technische Überprüfung empfohlen. Diese könnte um die Komponente einer ganzheitlichen Energieberatung ergänzt werden.



## 2.8 Eingesetzte Energieträger

Für die Bereitstellung der Wärme in den Gebäuden werden 417 GWh/a Endenergie pro Jahr benötigt.

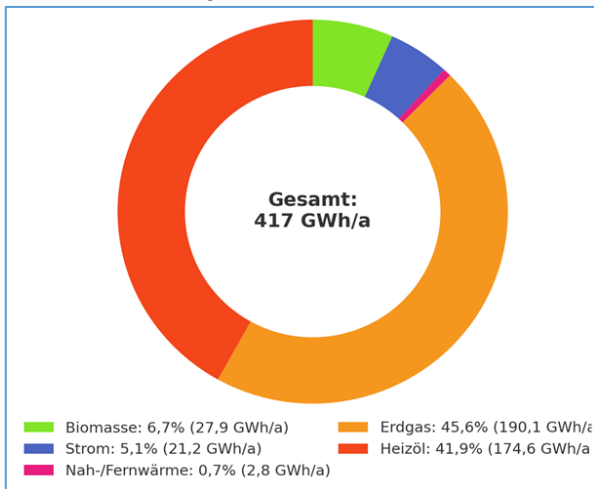


Abbildung 10: Endenergiebedarf nach Energieträger in Friedberg

Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung verdeutlicht die Dominanz fossiler Brennstoffe im aktuellen Energiemix (siehe [Abbildung 10](#)). Erdgas trägt mit 190 GWh/a (45,6 %) maßgeblich zur Wärmeerzeugung bei, gefolgt von Heizöl mit 174 GWh/a (41,9 %). Biomasse mit ca. 28 GWh/a (6,7 %) und Nah-/Fernwärme mit ca. 3 GWh/a (0,7 %) tragen bereits zum erneuerbaren Anteil der Wärmeversorgung bei. Ein weiterer Anteil von 21 GWh/a (5,1 %) des Endenergiebedarfs wird durch Strom gedeckt, der in Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird.

Ein sukzessiver Aufbau der Wärmenetze, kombiniert mit der Erschließung erneuerbarer Wärme- und unvermeidbarer industrieller Abwärmequellen, bietet die Chance, die fossilen Anteile des Endenergeträgermixes erheblich zu reduzieren.

In [Abbildung 11](#) ist die örtliche Verteilung der Energieträger auf Baublockebene dargestellt. Die Kernstadt Friedberg wird überwiegend durch Erdgas versorgt (gelbe Gebiete), während in den Ortsteilen die Ölheizungen

dominieren (violette Gebiete). In Dickelsmoor, Haberskirch, Ottoried, Rettenberg, Heimatshausen, Harthausen, Paar, Rinnenthal, Hügelshart, Rederzhausen, Ottmaring, Gagers, Griesbachmühle, Bestihof, Rohrbach und Bachern ist aktuell keine flächendeckende Gasversorgung installiert, weshalb hier vorrangig mit Öl, ergänzt durch Biomasse und Strom, geheizt wird. In sämtlichen gelben und violetten Gebieten besteht in Zukunft ein großer Handlungsbedarf bezüglich des Austauschs dieser fossilen Heizsysteme durch erneuerbare Systeme.

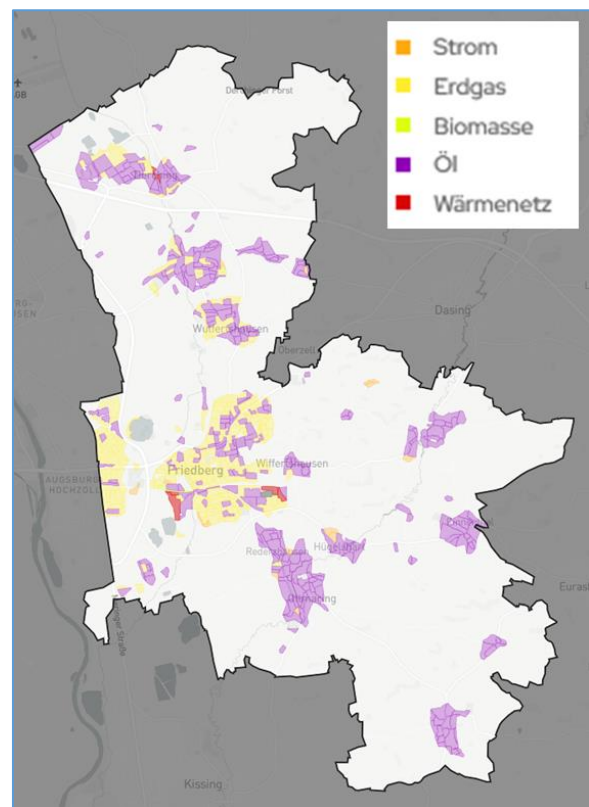


Abbildung 11: Verteilung der Energieträger in Friedberg

Die aktuelle Zusammensetzung der Endenergie verdeutlicht die Dimension der Herausforderungen auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Die Verringerung der fossilen Abhängigkeit erfordert technische Innovationen, verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, Sanierung, den Bau von Wärmenetzen und die Integration



verschiedener Technologien in bestehende Systeme. Eine zielgerichtete, technische Strategie ist unerlässlich, um die Wärmeversorgung zukunftssicher und treibhausgasneutral zu gestalten.

## 2.9 Gasinfrastruktur

In Friedberg ist die Gasinfrastruktur im Stadtgebiet nicht flächendeckend etabliert. Bis auf Dickelsmoor, Haberskirch, Ottoried, Rettenberg, Heimatshausen, Harthausen, Paar, Rinnenthal, Hügelshart, Rederzhausen, Ottmaring, Gagers, Griesbachmühle, Bestihof, Rohrbach und Bachern sind auch die Ortsteile für die Erdgasnutzung erschlossen (siehe [Abbildung 12](#)). Die Eignung für die Nutzung von Wasserstoff im Gasnetz ist gegenwärtig noch Gegenstand von Prüfungen. Die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserstoff hinsichtlich Menge und Preis ist allgemein noch nicht abzusehen.

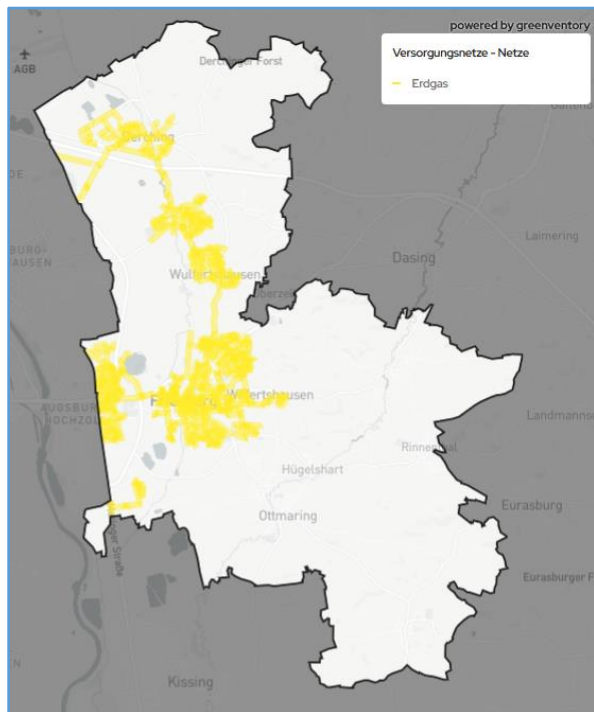


Abbildung 12: Gasnetzinfrastuktur in Friedberg

## 2.10 Stromnetze

In Friedberg ist die Stromnetzinfrastruktur im Stadtgebiet flächendeckend etabliert (siehe [Abbildung 13](#)).

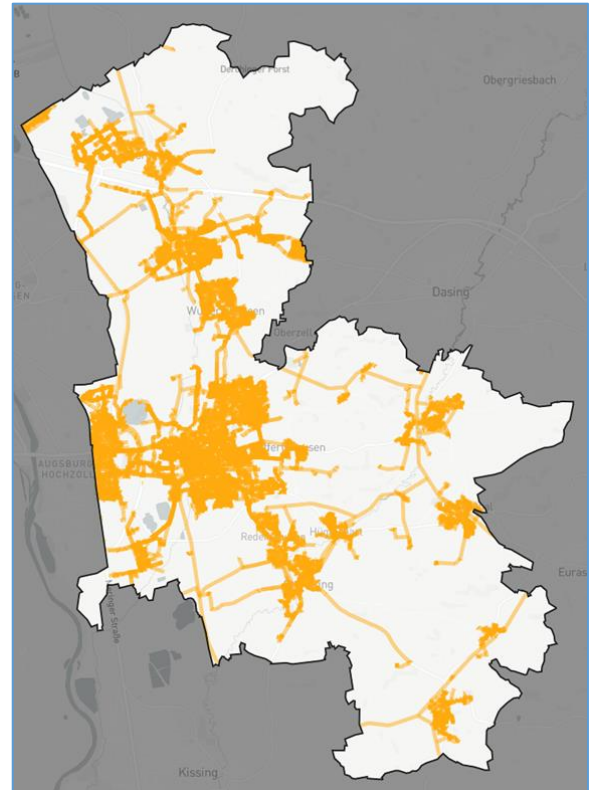


Abbildung 13: Stromnetzinfrastuktur in Friedberg



## 2.11 Wärmenetze

Aktuell bestehen bereits mehrere kleinere Wärmenetze von unterschiedlichen Betreibern in der Stadt Friedberg, die zusammen ca. 6 km Länge ergeben (siehe [Abbildung 14](#)).

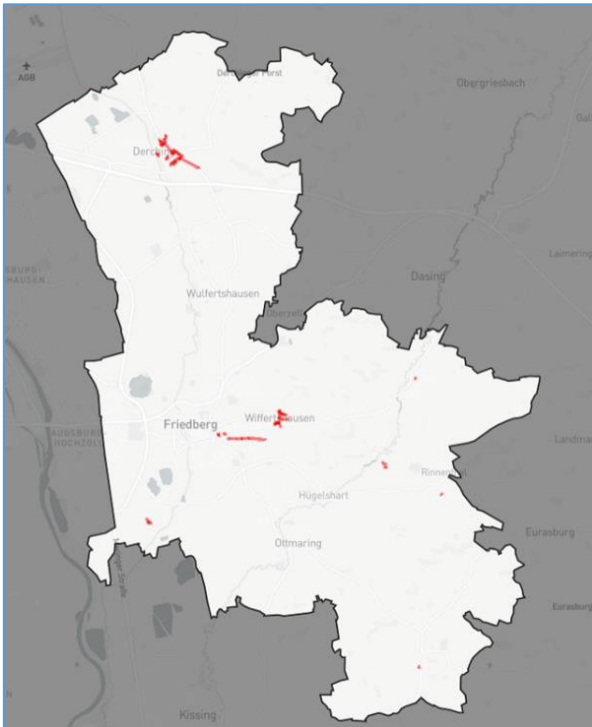


Abbildung 14: Wärmenetzinfrastruktur in Friedberg

## 2.12 Abwassernetze

Das Abwassernetz mit einer Mindestnennweite von DN 400 ist insbesondere im Stadtkern von Friedberg als auch im nördlichen Stadtgebiet stark ausgeprägt (siehe [Abbildung 15](#)).

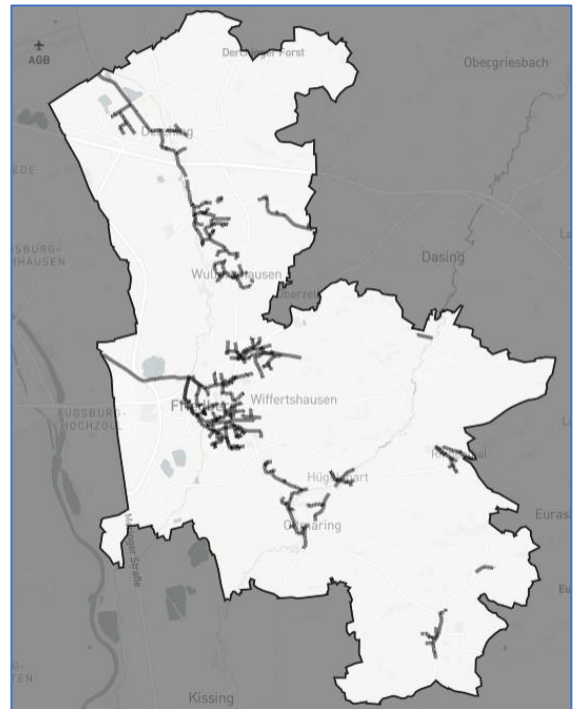


Abbildung 15: Abwassernetz der Stadt Friedberg



## 2.13 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

Ziel der Wärmeplanung ist es, einen Weg zur Treibhausgasneutralität aufzuzeigen. Ein wichtiger Teil der Bestandsanalyse liegt daher in der Erhebung der Treibhausgasemissionen.

In Friedberg betragen aktuell die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 108.969 Tonnen pro Jahr. Sie entfallen zu 70,5 % auf den Wohnsektor, zu 9,7 % auf den Gewerbe-, Handels und Dienstleistungssektor (GHD), zu 15,9 % auf die Industrie und zu 3,9 % auf öffentlich genutzte Gebäude. Damit sind die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen in etwa proportional zu deren Anteilen am Wärmebedarf (siehe [Abbildung 16](#)). Jeder Sektor emittiert also pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme ähnlich viel Treibhausgas, wodurch eine Priorisierung einzelner Sektoren auf Basis der spezifischen Emissionen nicht erfolgen muss.

Erdgas ist mit 45,6 % der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen, dicht gefolgt von Heizöl mit 41,9 %. Damit verursachen die beiden fossilen Wärmeerzeuger fast 88 % der Emissionen im Wärmesektor in Friedberg. Der Anteil von Strom ist mit 5,1 %

deutlich geringer, jedoch ebenfalls signifikant, da der Bundesstrommix nach wie vor hohe Emissionen verursacht, die zukünftig weiter absinken. Biomasse macht 6,7 % der Treibhausgas-Emissionen aus.

An diesen Zahlen wird deutlich, dass der Schlüssel für die Reduktion der Treibhausgase in der Abkehr von Erdgas und Erdöl liegt, aber eben auch in der erneuerbaren Stromerzeugung, zumal dem Strom durch die vorherzusehende starke Zunahme von Wärmepumpen zukünftig eine zentrale Rolle zufallen wird.

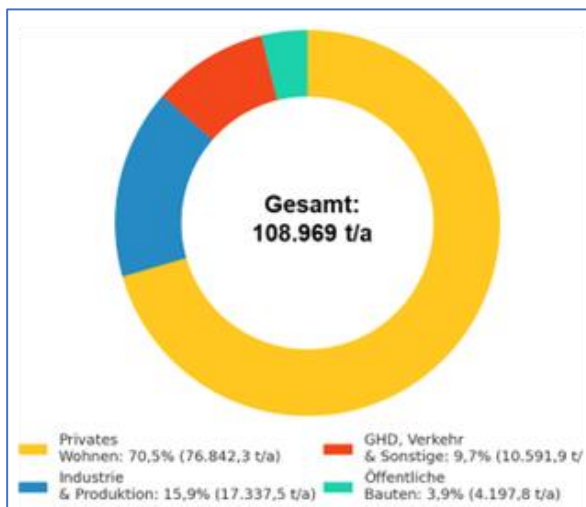


Abbildung 16: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Friedberg

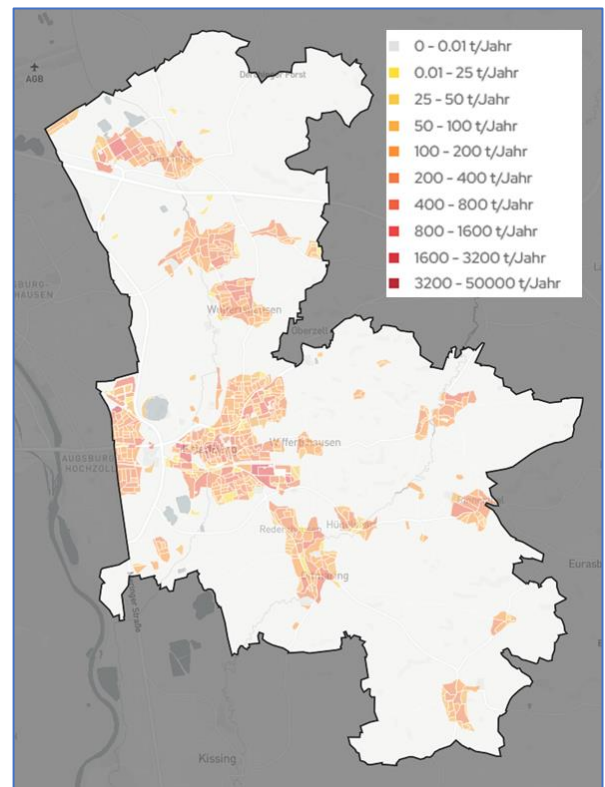


Abbildung 17: Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen

Eine örtliche Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen auf Baublockebene ist in [Abbildung 17](#) dargestellt. Im innerstädtischen Bereich und in den Industriegebieten sind die Emissionen besonders hoch. Gründe für hohe lokale Treibhausgasemissionen können große Industriebetriebe oder eine Häufung besonders schlecht sanierter Gebäude



gepaart mit dichter Besiedelung sein. Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bedeutet auch eine Verbesserung der Luftqualität, was besonders in den Wohnvierteln eine erhöhte Lebensqualität mit sich bringt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren lassen sich aus

[Tabelle 1](#) entnehmen.

Bei der Betrachtung der Emissionsfaktoren wird der Einfluss der Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß deutlich. Zudem spiegelt sich die erwartete Dekarbonisierung des Stromsektors in den Emissionsfaktoren wider. Dieser entwickelt sich für den deutschen Strommix von heute 0,438 t<sub>CO2</sub>/MWh auf zukünftig 0,032 t<sub>CO2</sub>/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte. Der zukünftige stark reduzierte Emissionsfaktor des Strommixes spiegelt die erwartete Entwicklung einer fast vollständigen Dekarbonisierung des Stromsektors wider.

Energie-träger	Emissionsfaktoren (t <sub>CO2</sub> /MWh)		
	2024	2030	2040
Strom	0,485	0,270	0,032
Heizöl	0,311	0,311	0,311
Erdgas	0,233	0,233	0,233
Steinkohle	0,431	0,431	0,431
Biogas/ Biomethan	0,090	0,086	0,081
Biomasse (Holz)	0,022	0,022	0,022
Solarthermie	0,013	0,013	0,013

Tabelle 1: Emissionsfaktoren

## 2.14 Zusammenfassung Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse in Friedberg basiert auf der Analyse und Aufbereitung zahlreicher Datenquellen, Statistiken, Fragebögen und Verbrauchsdaten. Diese Bestandsanalyse macht deutlich, dass die Wärmewende eine herausfordernde Aufgabe ist. Aktuell basiert die Wärmeversorgung zu etwa 88 % auf fossilen Energieträgern. Der Wohnsektor hat die höchste Anzahl an Gebäuden und macht den größten Anteil an Emissionen aus. Erdgas ist in diesem Sektor der dominierende Energieträger für die Wärmeerzeugung. Mit der Vielzahl an Heizungsanlagen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden und im Durchschnitt 20,5 Jahre alt sind, besteht ein erheblicher Sanierungs- und Erneuerungsbedarf. Dies verdeutlicht den dringenden Handlungsbedarf, bietet jedoch auch eine wertvolle Gelegenheit, um nachhaltige und effiziente Wärmeversorgungslösungen zu implementieren.

Die Bestandsanalyse zeigt darüber hinaus weitere Chancen auf: Wärmenetze können ausgebaut und erneuerbare Energien integriert werden, damit der Anteil von Heizöl und Erdgas, der zurzeit ca. 88 % des Endenergiebedarfs ausmacht, durch erneuerbare Energien ersetzt werden kann.

Für eine erfolgreiche Wärmewende sind breit angelegte Sanierungen und Modernisierungen von Heizsystemen unerlässlich, um den Einsatz fossiler Brennstoffe zu reduzieren und somit die Treibhausgasemissionen zu senken. Trotz der Herausforderungen bietet sich für Friedberg durch das starke Engagement der Stadt Friedberg die Chance, die Wärmewende aktiv zu lenken.



Der Abgleich der aktuellen Situation mit den erneuerbaren Potenzialen und Abwärmequellen ist für ein vollständiges Bild der Wärmewende essenziell.

Das Fazit lautet daher: Eine fundierte Datengrundlage ist vorhanden und es gibt sowohl deutlichen Handlungsbedarf als auch konkrete Ansatzpunkte für die Transformation des Wärmebereichs.

## 3. Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse erfolgt die strukturierte Erfassung von Energiequellen für die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung auf dem Stadtgebiet Friedbergs. Sie ist ein wesentlicher Schritt in der kommunalen Wärmeplanung. Die Potenziale zeigen die Möglichkeiten auf, innerhalb derer sich zukünftige Versorgungsszenarien bewegen können. Potenziale außerhalb der Gemarkung können in der zukünftigen Wärmeversorgung ebenfalls eine Rolle spielen, sind jedoch kein Bestandteil der Potenzialanalyse.

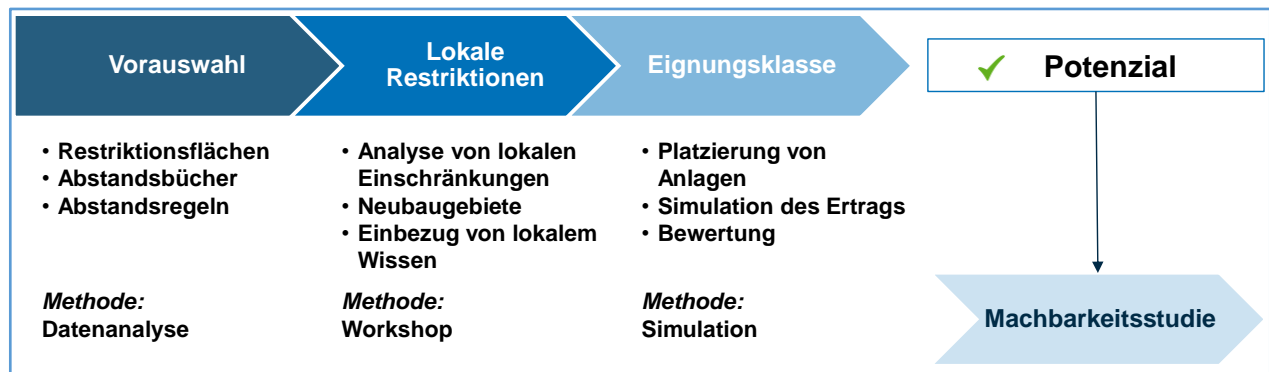


Abbildung 18: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen

### 3.1 Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus überwiegend öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Visualisierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial für die Erzeugung regenerativen Stroms evaluiert, da mit diesem z. B. Wärmepumpen betrieben werden können. Des Weiteren wurden Abwärmepotenziale erfasst und es wurden Einsparpotenziale durch die energetische Sanierung von Gebäuden ermittelt. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung
- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten
- Luftwärmepumpe: Energetische Nutzung der Umgebungsluft
- Seewärme: Nutzung der Seewärme durch Wärmepumpen
- Flusswärme: Nutzung der Flusswärme durch Wärmepumpen
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen





- Industrielle Abwärme:  
Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen
- Sanierungspotenziale des Gebäudebestandes:  
Einsparung von Wärme durch geringere Verluste

Diese detaillierte Erfassung ist eine Basis für die strategische Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung.

Restriktionen	Geodaten	Potenzialflächen	Technische Bewertung	Wirtschaftliche Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Kriterienkatalog</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Positive Restriktionen</li> <li>▪ Harte Restriktionen</li> <li>▪ Weiche Restriktionen</li> </ul> </li> <li>→ <b>Datenquellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Genehmigungsrecht</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Datenquellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ OpenStreetMap</li> <li>▪ Bundesämter (BKG, BAF, BFG, BFN)</li> <li>▪ European Environment Agency</li> <li>▪ Wind- &amp; Solaratlas</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Erzeugung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschneidung</li> <li>▪ Kategorisierung</li> </ul> </li> <li>→ <b>Verfeinerung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Segmentierung</li> <li>▪ Metadaten</li> <li>▪ Ranking</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Anlagenplatzierung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mindestabstände</li> </ul> </li> <li>→ <b>Berechnungsmodelle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wetterdaten</li> <li>▪ Reale Anlagendaten</li> </ul> </li> <li>→ <b>Aggregation</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Aggregation</b></li> <li>→ <b>Betriebskosten</b></li> <li>→ <b>Energiekosten</b></li> <li>→ <b>Emissionen</b></li> </ul>

Abbildung 19: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

### 3.2 Methode: Indikatorenmodell

In diesem Abschnitt wird das verwendete Indikatorenmodell zur Bestimmung der Potenziale vorgestellt. Eine ausführlichere Beschreibung der Methodik zur Potenzialermittlung findet sich im Anhang.

Als Basis für die Potenzialanalyse wird eine stufenweise Eingrenzung der Potenziale vorgenommen. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In einem Indikatorenmodell werden alle Flächen analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z. B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes.
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen).

3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

In [Tabelle 2](#) ist eine Auswahl der wichtigsten für die Analyse herangezogenen Flächenkriterien aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Eine detaillierte Beschreibung der angewandten Methodik zur Bestimmung der verschiedenen Potenziale zur Energiegewinnung ist in Anhang 3 zu finden.

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung dient die Potenzialanalyse dazu, zukunftsfähige Strategien unter Einbindung relevanter Akteure zu entwickeln. Neben der technologischen Machbarkeit sind jedoch insbesondere wirtschaftliche Aspekte von Relevanz. Wo es nachvollziehbar und sinnvoll ist, werden daher ökonomische Beschränkungen in die Analyse einbezogen und entsprechend gekennzeichnet. Dies



ermöglicht eine zielorientierte Diskussion und die Entwicklung praxisnaher Maßnahmen.

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial	Wichtigste Kriterien (Auswahl)
Windkraft	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Gewässer), Infrastruktur (z. B. Hochspannungsleitungen), Naturschutz (z. B. FFH-Gebiete), Flächengüte (z. B. Windgeschwindigkeiten), in Friedberg nach Flächennutzungsplan
PV (Freiflächen)	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Hochwassergebiete), Infrastruktur (z. B. Bahnstrecken), Naturschutz (z.B. Biosphärenreservate), Flächengüte (z. B. Hangneigung)
PV (Dachflächen)	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Solarthermie (Freiflächen)	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Hochwassergebiete), Infrastruktur (z.B. Bahnstrecken), Naturschutz (z. B. Biosphärenreservate), Flächengüte (z. B. Nähe zu Wärmeverbrauchern)
Solarthermie (Dachflächen)	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Biomasse	Landnutzung (z. B. Acker- und Waldflächen), Hektarerträge von Energiepflanzen, Heizwerte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Oberflächennahe Geothermie	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Hangneigung), Infrastruktur (z. B. Straßen), Naturschutz (z. B. Naturschutzgebiete), Flächen mit erwiesenem oder vermutetem Potenzial (GEOTIS), Temperaturschichtung im Untergrund, Gesteinstypen, Wärmeleitfähigkeit
Tiefengeothermie	Siedlungsflächen (z. B. Wohngebiete), Flächeneignung (z. B. Gewässer), Infrastruktur (z. B. Straßen), Naturschutz (z. B. Naturschutzgebiete), Flächen mit erwiesenem oder vermutetem Potenzial (GEOTIS), Temperaturschichtung im Untergrund, Gesteinstypen, Wärmeleitfähigkeit
Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, techno-ökonomische Anlagenparameter (z. B. spezifische Lärmemissionen, COP), gesetzliche Vorgaben (z. B. TA Lärm)
Abwärme aus Klärwerken	Klärwerk-Standorte, Anzahl versorgter Haushalte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Industrielle Abwärme	Wärmemengen, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit
Fluss- und Seewasserwärme pumpen	Landnutzung (freie Flächen um Gewässer), Temperatur- und Abflussdaten der Gewässer, techno-ökonomische Anlagenparameter



**Infobox: Potenzialbegriffe**

**Theoretisches Potenzial:**

Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

**Technisches Potenzial:**

Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:

- \* Geeignetes Potenzial (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang“ eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.
- \* Bedingt geeignetes Potenzial (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert eingeräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieanlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

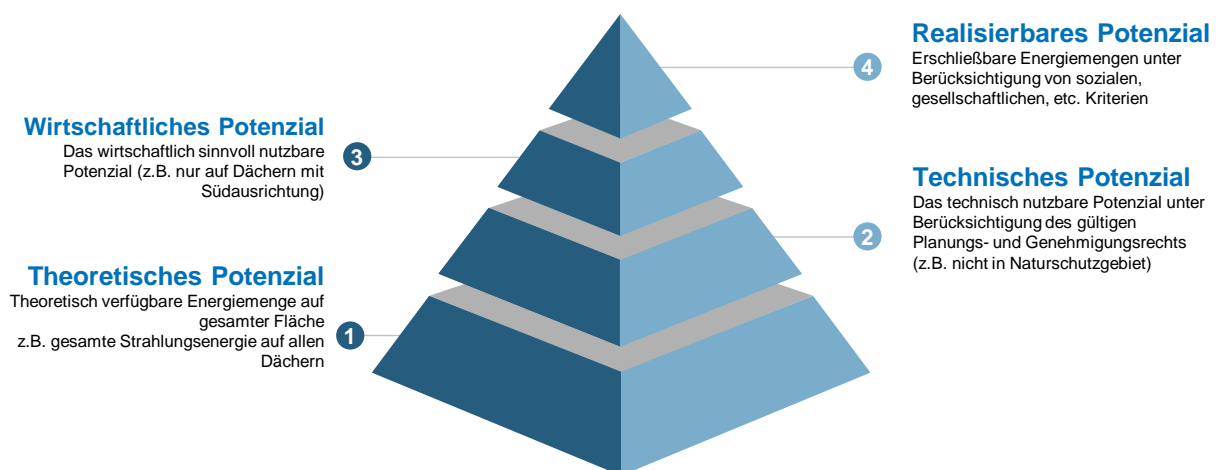
→ **Das technische Potenzial wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert. Aber auch die Wirtschaftlichkeit wird durch Beachtung von Randbedingungen wie Mindestvolllaststunden oder teils auch Wirtschaftlichkeitsberechnungen im digitalen Zwilling implizit berücksichtigt.**

**Wirtschaftliches Potenzial:**

Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Material- und Erschließungskosten sowie Betriebskosten und erzielbare Energiepreise).

**Realisierbares Potenzial:**

Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. „praktisch nutzbaren Potenzial“.





### 3.3 Ziele der Potenzialerhebung und Limitationen

Die Kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Instrument, um breite Möglichkeiten im Bereich der erneuerbaren Wärmeversorgung aufzuzeigen und Szenarien für die Zukunft zu erörtern. Hierbei spielt eine konsistente und homogene Methodik eine entscheidende Rolle, um verschiedene Potenziale auf einer möglichst neutralen Vergleichsbasis erheben und bewerten zu können. Anpassungen von rechtlichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel sich ändernde Abstandsregelungen, erfordern zudem eine fortlaufende Aktualisierung der erhobenen Daten. Es ist zu beachten, dass die kommunale Wärmeplanung nicht den Anspruch erhebt, eine detaillierte Potenzialstudie zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt. Zudem hat auch die Nutzung öffentlicher Kataster ihre Grenzen, da diese teilweise ungenau oder veraltet sein können. Folglich können Abweichungen zu bereits bestehenden Potenzialstudien auftreten. Diese Differenzen sollten jedoch nicht zu eng betrachtet werden, da der Schwerpunkt der kommunalen Wärmeplanung auf der Identifizierung von Möglichkeiten und Folgeprojekten zur Erreichung der Treibhausgasneutralität im Jahr 2040 liegt. Durch die Berücksichtigung aktueller Kriterien schafft die kommunale Wärmeplanung eine Datengrundlage, welche in weiteren Prozessen vertieft und verfeinert werden kann.

### 3.4 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale in Friedberg zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom, der unter anderem verwendet werden kann, um

Wärmepumpen zu versorgen. Die quantitativen Ergebnisse der Analyse lauten wie folgt:

- Biomasse: 61 GWh/a
- Photovoltaik (Aufdach): 226 GWh/a
- Windkraft: 228 GWh/a
- Photovoltaik (Freifläche): 3.890 GWh/a

Es zeigt sich, dass die Nutzung von ausschließlich im Stadtgebiet vorhandener Biomasse mit 61 GWh/a einen im Vergleich zur Freiflächen-Photovoltaik geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten könnte. Eine hohe Effizienz in Bezug auf die Nutzung des Biomassepotenzials wird durch Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen erzielt, die zum einen Wärme in Wärmenetze einspeisen können und zum anderen auch Strom produzieren. Entsprechend dimensioniert, können diese die notwendige Flexibilität zur Deckung der Residuallast bereitstellen.

Mit 228 GWh/a bietet die Windkraft ein signifikantes Potenzial, auch wenn hierfür bereits die im Flächennutzungsplan vorgegebenen Einschränkungen berücksichtigt worden sind. Allerdings sind hier Aspekte der Akzeptanz sowie der Einfluss auf die lokale Flora und Fauna zu berücksichtigen. Herausfordernd im Hinblick auf den Zubau an Windenergieanlagen in Friedberg sind militärische Bedürfnisse der Luftwaffe, die zu Höhen- und damit Leistungseinschränkungen bei Windkraftanlagen führen und dadurch einen entsprechend negativen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Projekten haben.

Photovoltaik auf Freiflächen stellt mit 3.890 GWh/a das größte erneuerbare Stromerzeugungspotenzial dar. Hier sind Flächenkonflikte, beispielsweise mit landwirtschaftlichen Nutzflächen, sowie die Netzanschlussmöglichkeiten abzuwägen.



Das Potenzial für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen fällt mit 226 GWh/a geringer aus als in der Freifläche, bietet jedoch den Vorteil, dass es ohne zusätzlichen Flächenbedarf oder Flächenkonflikte ausgeschöpft werden kann. Im Vergleich zu Freiflächenanlagen ist allerdings mit höheren spezifischen Kosten zu kalkulieren. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial von Photovoltaik auf Dachflächen gerade für die Warmwasserbereitstellung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten interessant.

Nutzbare Tiefengeothermiepotenziale können auf Basis empirischer Daten nicht festgestellt werden. Die Temperatur in 2.500 m Tiefe liegt demnach im gesamten zu beplanenden Gebiet unter 100 °C. Trotzdem können Potenziale insbesondere zur Wärmeerzeugung vorliegen, die aber nur durch tiefere Untersuchungen identifiziert und quantifiziert werden können. Derzeit gibt es Bestrebungen, Tiefengeothermiepotenziale zu untersuchen und gegebenenfalls nutzbar zu machen. Der Fortschritt hierbei soll bei einer Fortschreibung der Wärmeplanung in spätestens fünf Jahren überprüft werden. Daher werden die Tiefengeothermie-Potenziale sowohl hinsichtlich der Wärme- als auch hinsichtlich der Stromerzeugung in diesem Wärmeplan zunächst nicht weiter betrachtet.

Potenziale im Bereich der Wasserkraft z. B. an der Friedberger Ach oder am Achgraben wurden nicht quantifiziert, da diese als vergleichsweise äußerst gering eingeschätzt werden, zum Teil bereits technisch genutzt werden, genehmigungstechnisch schwierig umsetzbar sind und nur unwesentlich zur Wärmewende beitragen könnten. Trotzdem kann die tiefere Prüfung der Machbarkeit von Kleinwasserkraftanlagen eine sinnvolle Option darstellen.

Zusammenfassend bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung in Friedberg, wobei jede Technologie ihre eigenen Herausforderungen und Kostenstrukturen mit sich bringt. Bei der Umsetzung von Projekten sollten daher sowohl die technischen als auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig abgewogen werden.

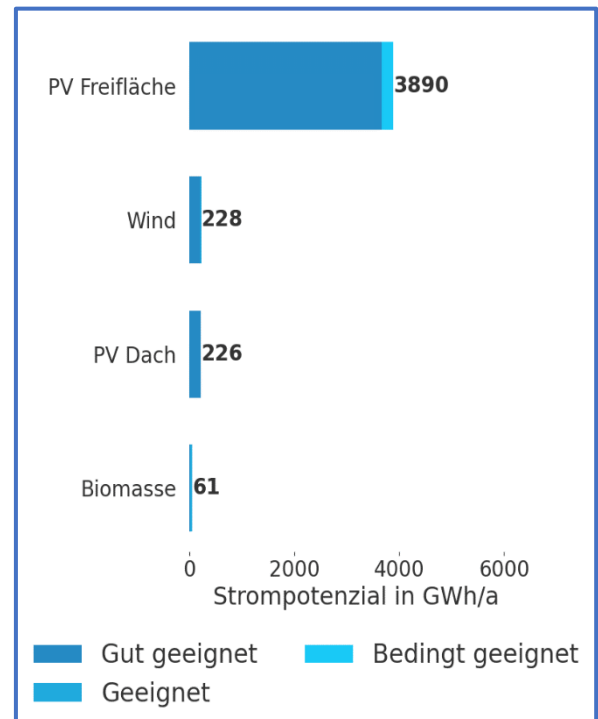


Abbildung 20: Erneuerbare Strompotenziale der Stadt Friedberg



### 3.5 Thermische Potenziale

Die Untersuchung der thermischen Potenziale für Friedberg offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung. Die quantitativen Potenziale in GWh/a sind wie folgt:

- Abwasser: 7 GWh/a
- Seewärme: 88 GWh/a
- Flusswärme: 394 GWh/a
- Biomasse: 88 GWh/a
- Oberflächennahe Geothermie (Kollektoren): 2.762 GWh/a
- Solarthermie (Aufdach): 206 GWh/a
- Oberflächennahe Geothermie (Sonden): 3.631 GWh/a
- Luftwärmepumpe: 209 GWh/a
- Solarthermie (Freifläche): 6.060 GWh/a
- Industrielle Abwärme: Ermittlung ausstehend

Dachflächenpotenziale für Solarthermie (206 GWh/a) stehen in direkter Konkurrenz mit den PV-Aufdachpotenzialen. Eine sinnvolle Nutzung des einen oder des anderen Potenzials muss im Einzelfall abgewogen werden.

Solarthermie auf Freiflächen stellt mit einem Potenzial von 6.060 GWh/a die größte Ressource dar. Dabei sind jedoch Flächenverfügbarkeit und Anbindung an Wärmenetze zu berücksichtigen, welche zum heutigen Stand noch nicht voll ausgebaut sind. Zudem sei darauf hingewiesen, dass auch bei Solarthermie- und PV-Freiflächenanlagen eine gewisse Flächenkonkurrenz besteht.

Wärmepumpen sind eine etablierte und unter gewissen Bedingungen energetisch hocheffiziente Technologie für die Wärmeerzeugung und können vielseitig im Stadtgebiet genutzt werden. Die Potenziale der Luftwärmepumpe (209 GWh/a) und Erdwärmekollektoren (2.762 GWh/a) ergeben sich jeweils im direkten Umfeld der Gebäude;

die jeweiligen Herausforderungen der Implementierung und Betriebsparameter sind jedoch sehr unterschiedlich.

Die Nutzung der Erdwärmekollektoren im Stadtgebiet gestaltet sich oft als schwierig, ist jedoch eine sinnvolle Option für Neubaugebiete. Hier können sie entweder als Einzellösungen pro Gebäude genutzt werden, oder als Kollektorfelder, die beispielsweise in kalte Wärmenetze speisen. Auch für Gebiete mit lockerer Bebauung sind Erdwärmekollektoren eine Option.

Luftwärmepumpen haben für die zukünftige Wärmeversorgung ein großes Potenzial. Dieses ist besonders groß für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser und kann im Vergleich zu Erdwärmekollektoren auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregelungen zum Lärmschutz eingehalten werden.

Das thermische Biomassepotenzial beträgt 88 GWh/a und setzt sich aus Waldrestholz, Hausmüll, Grünschnitt und dem möglichen Anbau von Energiepflanzen zusammen. Hocheffizient ist die Verwertung von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Das Potenzial für Seewärmepumpen im Stadtgebiet beträgt 88 GWh/a. Es wurden Standorte am Friedberger Baggersee, am Afrasee 1 und Afrasee 2 sowie am Derchinger Baggersee identifiziert.

Neben dem Seewärmepotenzial wurde auch ein Flusswärmepotenzial an der Friedberger Ach sowie an der Paar in Höhe von 394 GWh/a erfasst.

Das Abwärmepotenzial, welches aus dem geklärten Abwasser am Kläranlagenauslauf (Reinwasser) des Klärwerks am Heuweg mittels einer Großwärmepumpe gehoben werden kann, wurde auf 7 GWh/a beziffert.



Ein zweites Klärwerk befindet sich außerhalb des beplanten Gebietes nördlich von Derching. Die mögliche Erschließung und Nutzung der Abwärmen aus den Klärwerken muss nachfolgend noch untersucht werden. Des Weiteren besteht auch die Möglichkeit, Abwärme aus der Kanalisation zu entnehmen und mit Wärmepumpen auf ein geeignetes Temperaturniveau anzuheben. Hierfür kann der Netzplan des Abwassernetzes herangezogen werden, der alle Leitungen mit einem Mindestdurchmesser von 80 cm erfasst und im vorherigen Kapitel in [Abbildung 15](#) dargestellt ist.

Für die Evaluierung der Nutzung von industrieller Abwärme wurden in Friedberg Abfragen bei möglichen relevanten Industrie- und Gewerbebetrieben durchgeführt.

Hierbei wurden fünf Betriebe identifiziert, die über Abwärmepotenziale verfügen, wovon vier ihre grundsätzliche Bereitschaft zur Abwärmeauskopplung bzw. -verkauf bekundeten. Zunächst konnten die Potenziale jedoch nicht quantifiziert werden. Hierzu sind nachfolgende Untersuchungen

nötig, wenn eine Nutzung der Potenziale möglich erscheint. Wichtige Aspekte hierfür sind das Temperaturniveau der Abwärmequelle, die Kontinuität, das Wärmeträgermedium und die Leistung.

Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass drei der hier genannten Wärmeerzeugungspotenziale eine Saisonalität aufweisen, sodass Speicherlösungen für die bedarfsgerechte Wärmebereitstellung bei der Planung mitberücksichtigt werden sollten.

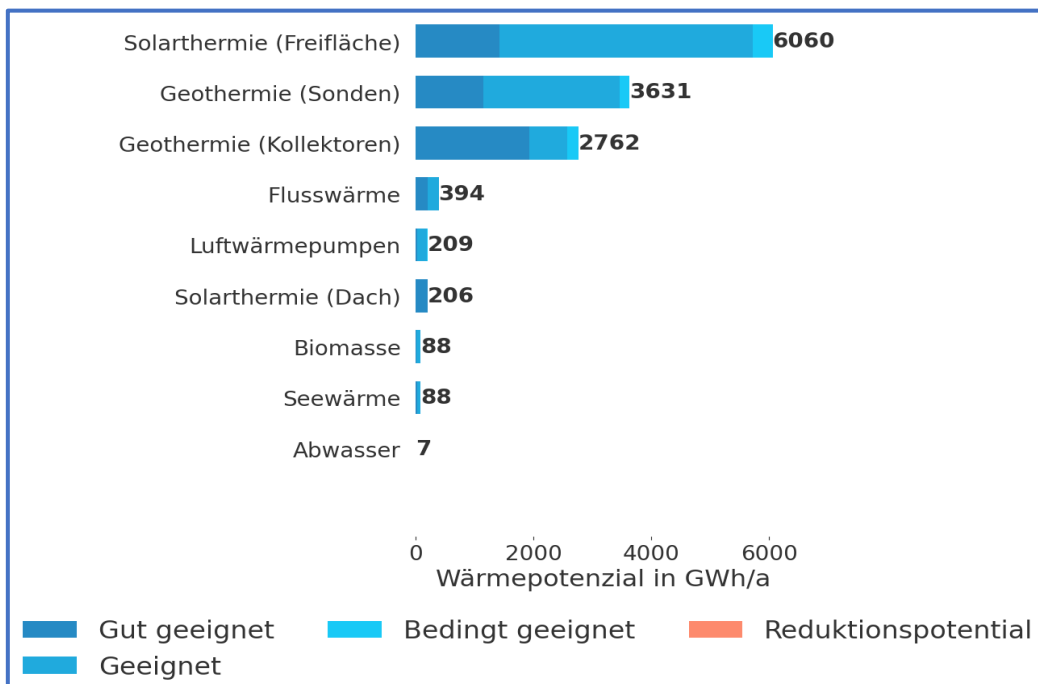


Abbildung 21: Erneuerbare Wärmepotenziale der Stadt Friedberg



### 3.6 Potenziale für Sanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele dar. Die Untersuchung zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen eine Gesamtreduktion um bis zu 204 GWh bzw. 57 % des Gesamtwärmeverbrauchs in Friedberg realisiert werden könnte. Erwartungsgemäß liegt der größte Anteil des Sanierungspotenzials bei Gebäuden, die bis 1978 erbaut wurden (vgl. [Abbildung 22](#)). Diese Gebäude sind sowohl in der Anzahl als auch in ihrem energetischen Zustand besonders relevant. Sie wurden vor den einschlägigen Wärmeschutzverordnungen erbaut und haben daher einen erhöhten Sanierungsbedarf.

Besonders im Wohnbereich zeigt sich ein hohes Sanierungspotenzial. Hier können durch energetische Verbesserung der Gebäudehülle signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit einem Austausch der Heiztechnik bietet dies insbesondere für Gebäude mit Einzelversorgung einen großen Hebel. Diese können von der Dämmung der Außenwände bis hin zur Erneuerung der

Fenster reichen und sollten im Kontext des Gesamtpotenzials der energetischen Sanierung betrachtet werden.

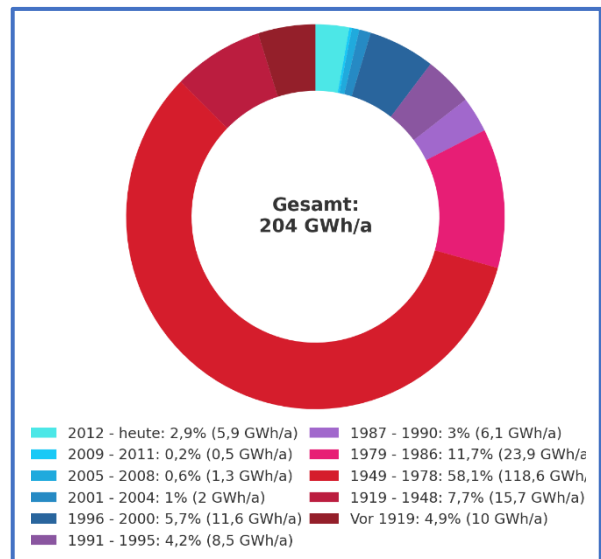


Abbildung 22: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen

Das Sanierungspotenzial bietet nicht nur eine beträchtliche Möglichkeit zur Reduzierung des Energiebedarfs, sondern auch zur Steigerung des Wohnkomforts und zur Wertsteigerung der Immobilien. Daher sollten entsprechende Sanierungsprojekte integraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung sein.

Infobox: Energetische Gebäudesanierung			
	<b>Fenster</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-fach Verglasung</li> <li>• Zugluft / hohe Wärmeverluste durch Glas vermeiden</li> </ul>	800 €/m <sup>2</sup>
	<b>Fassade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeverbundsystem ~ 15 cm</li> <li>• Wärmebrücken (Rolladenkästen, Heizkörpernischen, Ecken) reduzieren</li> </ul>	200 €/m <sup>2</sup>
	<b>Dach</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (teil-)beheiztes Dachgeschoss: Dach abdichten / Zwischensparrendämmung</li> <li>• Unbeheiztes Dachgeschoss: oberste Geschosdecke dämmen</li> <li>• Oft: verhältnismäßig gutes Dach in älteren Gebäuden</li> </ul>	400 €/m <sup>2</sup>
	<b>Kellerdecke</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei unbeheiztem Keller</li> </ul>	100 €/m <sup>2</sup>

Abbildung 23: Energetische Gebäudesanierung - Maßnahmen und Kosten





### 3.7 Wasserstoff

Die lokale Erzeugung bzw. Beschaffung von Wasserstoff zur Verwendung als Energieträger für Wärme wird aufgrund der geringen lokalen Verfügbarkeit von Überschussstrom sowie der noch ungeklärten zukünftigen zentralen Bereitstellung über Gasnetze in der vorliegenden Planung als zunächst unwahrscheinlich angenommen und daher in diesem Bericht nicht weiter betrachtet.

Dazu kommt, dass auch im Hinblick einer möglichen Versorgung von Haushalten mit Wasserstoff über Gasnetze Haftungsrisiken nach § 71k Abs. 6 GEG für Netzbetreiber bestehen, die eintreten können, wenn die Umstellung des Erdgasnetzes nicht nach den Planungen des Betreibers läuft. Verwiesen werden soll dabei auch auf die gutachterliche Stellungnahme (Günther, 2024).

Eine mögliche zukünftige Nutzung kann und sollte jedoch bei sich ändernden Rahmenbedingungen in die Planungen aufgenommen werden. Dies wird im Rahmen der Fortschreibung des kommunalen Wärmeplan Friedbergs erfolgen.

### 3.8 Zusammenfassung und Fazit für die Versorgung von Friedberg mit erneuerbarer Wärme

Die Potenzialanalyse für erneuerbare Energien in der Wärmeerzeugung in Friedberg offenbart signifikante Chancen für eine nachhaltige Wärmeversorgung. Friedberg zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Öl- und Gasheizungen aus, was ein erhebliches Umrüstungspotenzial auf erneuerbare Energien impliziert.

Die umfassende Analyse legt nahe, dass es theoretisch möglich ist, den gesamten

Wärmebedarf Friedbergs durch erneuerbare Energien auf der Basis lokaler Ressourcen zu decken. Dieses ambitionierte Ziel erfordert allerdings eine differenzierte Betrachtungsweise, da die Potenziale räumlich stark variieren und nicht überall gleichermaßen verfügbar sind. In den bebauten Gebieten liegen die größten Potenziale primär in der Gebäudesanierung und in geeigneten Gebieten in einem konsequenten Aufbau von Wärmenetzen.

Der Aufbau der Wärmenetz-Infrastruktur erfordert eine detaillierte Planung, ein hohes Maß an Koordination zwischen den Beteiligten und ist mit sehr hohen Investitionen verbunden. Er erhöht nicht nur die Energieeffizienz, sondern reduziert auch die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen. Zudem besteht in den Ortsrandlagen die Möglichkeit, Solarthermie und oberflächennahe Geothermie in Freiflächenanlagen zu nutzen und in bestehende oder neue Wärmenetze zu integrieren.

Außerhalb der Eignungsgebiete für Wärmenetze sollten überwiegend Wärmepumpen und in bestimmten Fällen auch Biomasseheizungen eingesetzt werden.

Im Hinblick auf die dezentrale Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien spielt die Flächenverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. Individuelle, räumlich angepasste Lösungen sind daher unerlässlich für eine effektive Wärmeversorgung. Dabei sind Dachflächenpotenziale und weitere Potenziale in bereits bebauten, versiegelten Gebieten den Freiflächenpotenzialen gegenüber prioritär zu betrachten.



## Zwischenfazit und weitere Schritte

Die kommunale Wärmeplanung in Friedberg ist ein wichtiger Schritt zur nachhaltigen Energieversorgung der Stadt. Der Wärmeplan unterstützt die Stadt, die Versorger und Netzbetreiber sowie die Bürgerschaft bei der langfristigen Planung der Wärmeversorgung.

Die Analyse des Bestands der Wärmeversorgung in Friedberg hat einen erheblichen Handlungsbedarf offengelegt. So überwiegt der Anteil fossiler Energieträger in der Wärmeversorgung, mit Erdgas und Heizöl als dominierende Energieträger. Diese fossile Versorgung gilt es zu dekarbonisieren. Dem Wohnsektor kommt hier eine Schlüsselrolle zu, da dieser für ca. 70 % der Emissionen verantwortlich ist. Sanierung, Energieberatung und der Aufbau der Wärmenetzinfrastruktur sind hier wesentliche Komponenten zum Gelingen der Wärmewende. Wärmenetze haben sich als effizientes Mittel zur Wärmeversorgung etabliert, sodass die Identifikation von Eignungsgebieten mit entsprechender Wärmenetzversorgung nachfolgend näher untersucht wird.

In Zukunft gilt es also den Anteil der Wärmenetze an der Wärmeversorgung zu erhöhen und die Netze mit erneuerbaren Wärmequellen zu versorgen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden zahlreiche thermische Potenziale für die Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetze identifiziert. Diese gilt es zunächst im Prozess der Wärmeplanung und anschließend in der Wärmeplanung nachgelagerten Machbarkeitsstudien weiter zu untersuchen, um die Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit festzustellen.

Es wurde gezeigt, dass Wärmepumpen bereits heute ein großes Potenzial besitzen und in Zukunft eine große Bedeutung zur Versorgung von Friedberg mit klimaneutraler Wärme haben können. Strom als Energieträger wird somit eine Schlüsselrolle zufallen. Eine Untersuchung der technischen Potenziale zeigt zudem, dass auf Gebäudedächern und Freiflächen jährlich theoretisch mehr als 6.600 GWh Strom durch PV-Freiflächenanlagen produziert werden könnten. Dieses Potenzial kann zusätzlich um Stromerzeugung durch Windkraft ergänzt werden. Zudem steht sowohl im Stadtgebiet als auch in den unmittelbar angrenzenden Kommunen Biomasse als nachwachsender Rohstoff potenziell zur Verfügung.

Es gilt nun, diese theoretischen Potentiale an erneuerbaren Energieträgern zu qualifizieren und davon abgeleitet nachhaltige Strategien hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung zu entwickeln. Dieser Prozess wird unter aktiver Einbindung der kommunalen Akteurgemeinschaft fortgeführt und wird in der Veröffentlichung des Wärmeplans für Friedberg münden.



# Literaturverzeichnis

- BAFA. (2024). *Förderprogramm im Überblick*. [BAFA.de](https://www.bafa.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Foerderprogramm\\_im\\_Ueberblick/foerderprogramm\\_im\\_ueberblick\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html)
- BMWK. (2023a). Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Gebäudeenergiegesetz (GEG). [Energiewechsel.de](https://www.energiewechsel.de). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Navigation/DE/Service/FAQ/GEG/faq-geg.html>
- BMWK. (2023b). Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. [BMWK.de](https://www.bmwk.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/entwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-aenderung-g-des-bundes-klimaschutzgesetzes.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/entwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-aenderung-g-des-bundes-klimaschutzgesetzes.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- BMWSB. (2023). Bundesregierung einigt sich auf neues Förderkonzept für erneuerbares Heizen. [BMWSB.de](https://www.bmwsb.de). Aufgerufen am 13. Februar 2024 unter <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/04/geg-foerderkonzept.html>
- BMWSB. (2023). Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG). [BMWSB.de](https://www.bmwsb.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf;jsessionid=AD290818DAE9254DBAF11EC268661C84.1\\_cid505?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf;jsessionid=AD290818DAE9254DBAF11EC268661C84.1_cid505?__blob=publicationFile&v=3)
- dena. (2016). Der dena-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Deutsche Energie-Agentur [dena.de](https://www.dena.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/8162\\_dena-Gebaeudereport.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/8162_dena-Gebaeudereport.pdf)
- Günther. (2024). Gutachterliche Stellungnahme zur kommunalen Wasserstoffnetzausbauplanung im Auftrag des Umweltinstitut München e. V. vorgelegt von den Rechtsanwälten Victor Görlich und Dr. Dirk Legler. Aufgerufen am 28. Juli 2024 unter [https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten\\_Wasserstoffnetzgebiete.pdf](https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten_Wasserstoffnetzgebiete.pdf).
- IWU. (2012). „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.iwu.de/index.php?id=205>
- KEA. (2020). Leitfaden Kommunale Wärmeplanung. [KEA-BW.de](https://www.kea-bw.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.kea-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/094\\_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-02\\_2021.pdf](https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-02_2021.pdf)



- KEA. (2022). Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung | [Wärmewende. KEA-BW.de](https://www.waermewende.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikkatalog>
- KfW. (2024). Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (432). [KfW.de](https://www.kfw.de). Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F %C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)
- Umweltbundesamt. (2023). Erneuerbare Energien in Zahlen. [Umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

# Anhang 1: Methodik zur Bestimmung der technischen Potenziale zur Energiegewinnung

Die Methodik zur Bestimmung der erfassten Potenziale zur Energiegewinnung beruht auf dem von greenventory entwickelten digitalen Zwilling, der eine integrierte und sektorübergreifende Energieplanung ermöglicht. Diese Plattform nutzt fortschrittliche KI-Algorithmen für die digitale Inventarisierung des Energiesystems auf Gebäudeebene und moderne Simulationsverfahren zur Ermittlung repräsentativer Last- und Erzeugungsprofile. Im Folgenden werden die Methoden für die einzelnen Potenziale genauer erläutert.

## 1. Windkraft

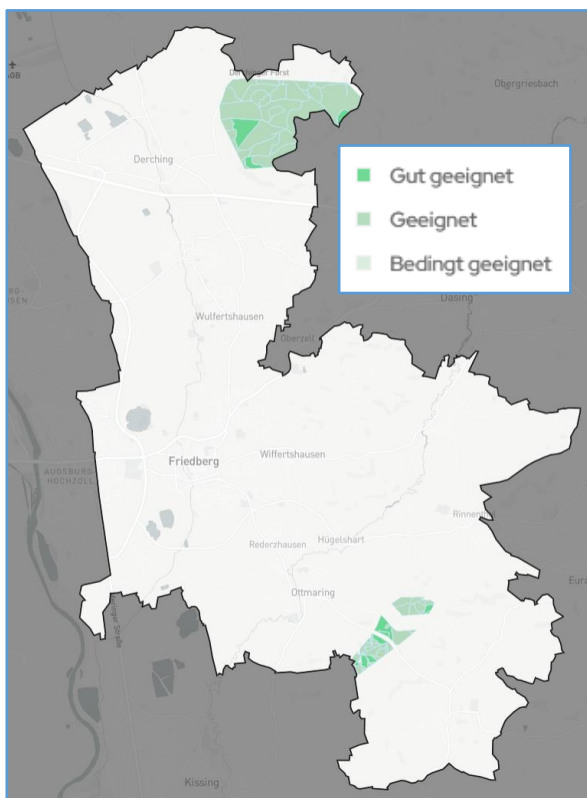


Abbildung 24: Standortpotenzial für Windenergieanlagen

Windkraftanlagen machen sich die Strömungen des Windes zunutze, welche die Rotorblätter in Bewegung setzen. Mittels eines Generators erzeugen diese aus der Bewegungsenergie elektrischen Strom, der anschließend ins Netz eingespeist wird. Die mit großem Abstand dominierende Bauform ist der dreiblättrige Auftriebsläufer mit

horizontaler Achse. Für diese Bauart wurden die flächenspezifischen Potenziale ermittelt.

**Gebietsbestimmung:** Als Gebiete für Windpotenziale wurden nur nach Flächennutzungsplan geeignete Flächen in Betracht gezogen.

**Potenzialberechnung:** Auf Basis von Klimadaten und der Oberflächenbeschaffenheit der betrachteten Gebiete werden die Windverhältnisse in unterschiedlichen Höhen berechnet.

Auf den ermittelten Potenzialgebieten werden, unter Berücksichtigung bereits existierender Windkraftanlagen, Turbinen platziert und zu Windparks zusammengefasst. Hierbei wird aus einer Vielzahl von am Markt erhältlichen Anlagentypen jeweils das für den Standort mit seinen lokalen Windverhältnissen am besten geeignete Modell gewählt (z. B. Stark- / Schwachwindanlage, charakterisiert nach Leistungskurve). Inzwischen kommen Turbinen mit mehr als 6,0 MW Nennleistung und 160 m Rotordurchmesser zum Einsatz.

Mit der zeitlich aufgelösten Windgeschwindigkeit und den technischen Parametern der Anlagen wird das zeitliche Profil der Stromerzeugung pro Anlage und ein jährlicher Energieertrag berechnet.



**Wirtschaftliche Eingrenzung:** Im Anschluss erfolgt eine wirtschaftliche Bewertung der berechneten Potenziale. Zusätzlich zu den Erträgen werden auch die Kosten möglicher Windparks berechnet. Diese beinhalten Investitionen für die Turbinen, den Netzanschluss, die Wartung und den Betrieb der Anlagen. Diese Kosten werden der voraussichtlichen Stromerzeugung gegenübergestellt, um die Stromgestehungskosten [€/kWh] zu ermitteln. Diese können dann für die Maßnahmenempfehlung genutzt werden.

Zur besseren Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit werden außerdem alle existierenden und potenziellen Turbinen herausgefiltert, die weniger als 1.900 Volllaststunden pro Jahr erzielen.

## 2. Biomasse

Zur energetischen Nutzung von Biomasse können die Stoffe entweder direkt verbrannt oder zuvor mittels anaerober Vergärung in Biogas umgewandelt werden. Die energetische Nutzung kann vollständig der Wärmebereitstellung dienen oder auch zur Stromerzeugung genutzt werden.

**Gebietsbestimmung:** Für die Bestimmung der für Biomassenutzung geeigneten Gebiete werden sämtliche Naturschutzgebiete ausgeschlossen. Anschließend werden folgende Gebiete mit den jeweiligen Substraten als geeignete Gebiete für die anschließende Potenzialberechnung herangezogen:

- Landwirtschaftliche Flächen: Mais, Stroh
- Waldflächen: Waldrestholz
- Reben: Rebschnitt
- Gras: Grünschnitt
- Wohngebiete: Hausmüll, Biomüll

**Potenzialberechnung:** Für die Zuordnung der Substrate zu den Gebietstypen wird angenommen, dass Mais als Energiepflanze auf Ackerflächen angebaut wird. Zur Berechnung des energetischen Potenzials wird mit einem durchschnittlichen Ertrag pro Fläche gerechnet.

Zur Bestimmung der Biomasse in Siedlungsgebieten wird die Einwohnerzahl als Merkmal herangezogen und mit einer durchschnittlichen Abfallmenge pro Person multipliziert. Die Bestimmung der Personenanzahl pro Gebiet erfolgt durch deren prozentualen Anteil am betrachteten Gesamtgebiet und dessen Einwohnerzahl.

**Wirtschaftliche Eingrenzung:** Um eine realistische Einschätzung der durch oben beschriebene Vorgehensweise erzielten Werte zu erreichen, werden folgende wirtschaftliche Einschränkungen verwendet



- Gras (unrentabel), Stroh (Flächenkonkurrenz Mais) und Müll (in der Regel bereits vollkommen verwertet) wurden ausgenommen
- Mais: nur 10 % verwendet (nachhaltige Fruchtfolge)

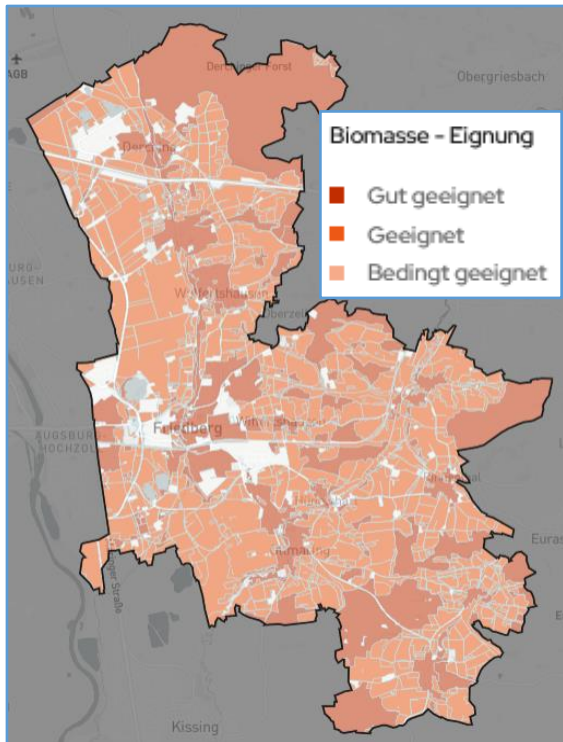


Abbildung 25: Erschließbare Energie aus organischen Materialien

Anforderungen zum Aufstellen von Solarthermieanlagen nicht oder nur bedingt genügen. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer

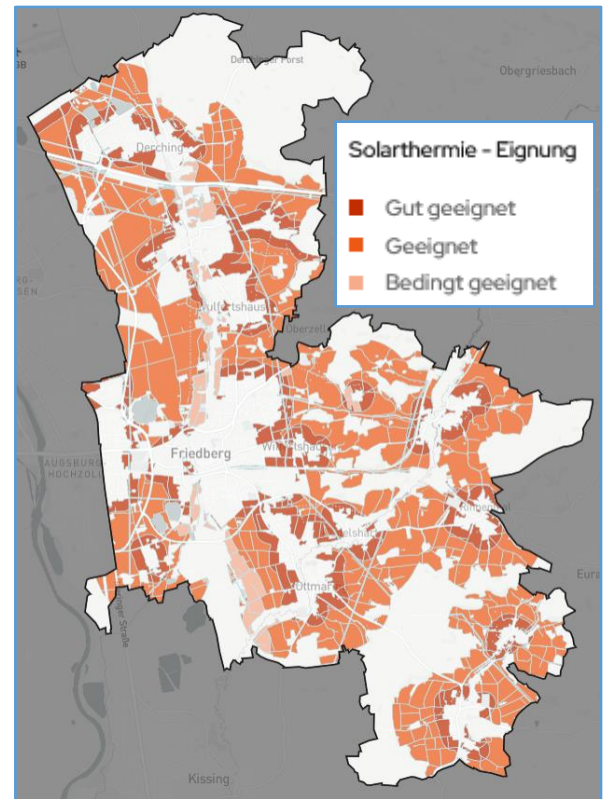


Abbildung 26: Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung

### 3. Solarthermie (Freifläche)

Die Solarthermie nutzt die Strahlung der Sonne und wandelt diese mittels Sonnenkollektoren (z. B. Röhrenkollektoren oder Flachbettkollektoren) in Wärme auf einem Temperaturniveau zwischen 80 °C und 150 °C um. Diese kann durch ein angeschlossenes Verteilsystem an die entsprechenden Nutzungsorte transportiert werden.

**Gebietsbestimmung:** Als grundsätzlich geeignet werden Flächen ausgewiesen, die keinen Restriktionen unterliegen. Anschließend werden diejenigen Flächen entfernt (bzw. als bedingt geeignet ausgewiesen), die aufgrund von Neigung und Beschaffenheit der Böden den technischen

und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden jene Gebiete herausgefiltert, die als Naturschutzgebiete gelten oder unter die gesetzlichen Abstandsregeln fallen. Die in diesem Zuge ausgeschlossenen (oder als gesondert zu prüfenden) Gebiete lassen sich unterteilen in Siedlungsflächen, Naturschutzgebieten und Gebieten mit baulicher Infrastruktur (Straßen, Flughäfen, etc.) mit den entsprechenden gesetzlich vorgeschriebenen Abständen.

Von den so bestimmten Potenzialgebieten werden kleinere Flächen entfernt (< 20 x 20 m<sup>2</sup>), deren Erschließung nicht praktikabel wäre. Zusätzlich werden alle weiteren Flächen ausgeschlossen, die nicht mittels eines Suchradius von 25 m zu einem 0,5 ha großen Gebiet verbunden werden



können. Es wird ein Mindestabstand von 5 m von den Modulen zum Rand des jeweiligen Gebietes angenommen.

Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von über 900 jährlichen Volllaststunden und eine Mindestgröße von 500 m<sup>2</sup> pro Fläche

**Potenzialberechnung:** Zur Potenzialberechnung werden die identifizierten Flächen mit Modulen belegt. Für die Leistungsdichte werden 3.000 kW/ha zugrunde gelegt (basierend auf den Werten bestehender Solarthermie-Großprojekte in Deutschland). Für die Modulplatzierung wird eine Ausrichtung nach Süden mit einem Neigungswinkel von 20° angenommen. Aus Einstrahlungsdaten und der Verschattung werden die jährlichen Volllaststunden berechnet. Unter Berücksichtigung des Reihenabstands der Module kann so ein Jahresenergieertrag pro Gebiet bestimmt werden. Dafür wird der Unterschied zwischen theoretisch errechneter und praktisch erzielter Wärmemenge mit einem Reduktionsfaktor von 0,61 berücksichtigt.

**Wirtschaftliche Abgrenzung:** Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit der Potenziale werden nur die Flächen in der Berechnung berücksichtigt, deren Entfernung zur Siedlungsfläche einen Maximalabstand von 1.000 m unterschreitet. Zudem wird das Ergebnis in "gut geeignete" (< 200 m) und "bedingt geeignete" (< 1000 m) Flächen eingeteilt.

#### 4. Photovoltaik (Freifläche)

Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom.

**Gebietsbestimmung:** Als grundsätzlich geeignet werden Flächen ausgewiesen, die keinen Restriktionen unterliegen.

Anschließend werden diejenigen Flächen entfernt (bzw. als bedingt geeignet ausgewiesen), die aufgrund von Neigung

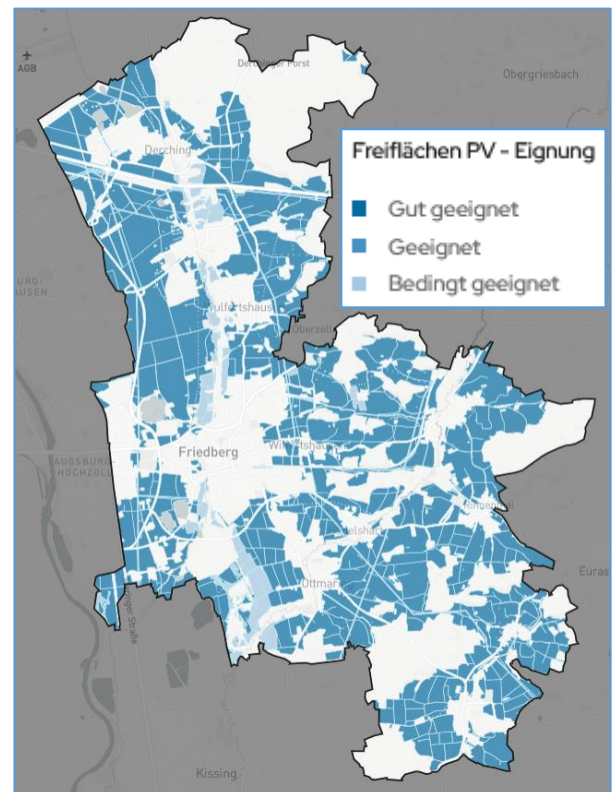


Abbildung 27: Elektrische Energiegewinnung durch Sonnenstrahlung

und Beschaffenheit der Böden den technischen Anforderungen zum Aufstellen von Photovoltaikanlagen nicht oder nur bedingt genügen. Darunter fallen unter anderem Gebiete mit starker Hangneigung, Gewässer und Überschwemmungsgebiete.

Ebenso werden jene Gebiete herausgefiltert, die als Naturschutzgebiete gelten oder unter die gesetzlichen Abstandsregeln fallen. Die in diesem Zuge ausgeschlossenen (oder als gesondert zu prüfenden) Gebiete lassen sich unterteilen in Siedlungsflächen, Naturschutzgebieten und Gebieten mit baulicher Infrastruktur (Straßen, Flughäfen, etc.) mit den entsprechenden gesetzlich vorgeschriebenen Abständen.

Von den so bestimmten Potenzialgebieten werden kleinere Flächen entfernt (< 500 m<sup>2</sup>), deren Erschließung nicht praktikabel wäre. Zusätzlich werden alle weiteren Flächen ausgeschlossen,





die nicht mittels einem Suchradius von 25 m zu einem mindestens 0,5 ha großen Gebiet aggregiert werden können. Es wird ein Mindestabstand von 5 m von den Modulen zum Rand des jeweiligen Gebietes angenommen.

Für "gut geeignete Gebiete" gilt, zusätzlich zur Beachtung harter und weicher Ausschlusskriterien, die Mindestanforderung von über 900 jährlichen Volllaststunden und eine Mindestgröße von 30 m<sup>2</sup> pro Fläche.

**Potenzialberechnung:** Im nächsten Schritt werden auf diesen Flächen Module platziert. Dabei werden Parameter marktüblicher PV-Module für Größe und Leistung angenommen. Es wird eine Ausrichtung nach Süden mit einem Neigungswinkel von 20° vorgesehen. Die auf die Module treffende Sonneneinstrahlung setzt sich aus direkter, diffuser und reflektierter Strahlung zusammen. Mit Modellen, die auf Satelliten- und Atmosphärendaten basieren und mit Messungen kalibriert werden, können Wolken berücksichtigt und die Globalstrahlung pro Ort und Höhe bestimmt werden. Pro Gebiet werden dann die durchschnittliche Höhe und das Gefälle ermittelt. Verschattungen durch das Terrain werden in den Modellen berücksichtigt. Aus den Strahlungsdaten und der Verschattung werden dann die jährlichen Volllaststunden berechnet. Unter Berücksichtigung des Reihenabstands und der Leistung der Module kann so ein Jahresenergieertrag pro Gebiet errechnet werden.

**Wirtschaftliche Abgrenzung:** Zur Einschätzung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit der Potenziale werden nur die Flächen in der Berechnung berücksichtigt, auf denen mehr als 1.125 Volllaststunden pro Jahr erreicht werden und der Neigungswinkel des Geländes maximal 5° beträgt, bzw. zwischen 5° und 30°, solange der Azimutwinkel des Moduls 20° nicht überschreitet.

## 5. Dachflächenpotenziale

Zusätzlich zum Freiflächen-Potenzial wird das solare Potenzial durch die Installation auf Dächern betrachtet. Als geographische Eingrenzung dienen sämtliche Gebäude. Hierbei handelt es sich um das technische Potenzial, das gebäudebezogene Einschränkungen aufgrund des Denkmalschutzes nicht berücksichtigt

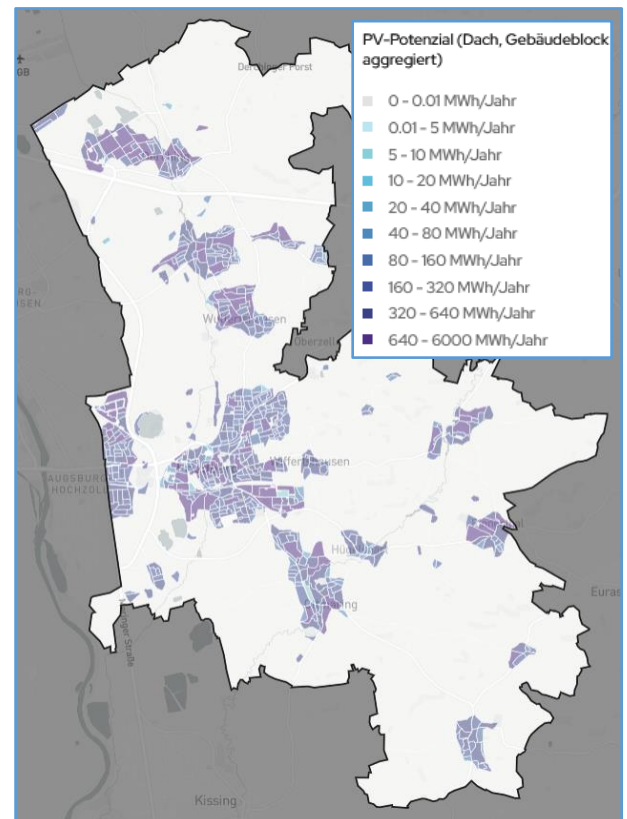


Abbildung 28: Solares Potenzial durch PV-Installation auf Dächern

### 5.1 Solarthermie (Dachflächen)

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW zum Einsatz, die das Wärmeerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass 25 % der Grundfläche aller Gebäude über 50 m<sup>2</sup> Dachfläche für Solarthermie genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Wärmeerzeugung durch Anwendung von flächenspezifischer Solarthermieleistung und durchschnittlichen Volllaststunden berechnet.

Folgender Wert kommt zum Einsatz:



- Flächenspezifische jährliche Wärmeerzeugung: 400 kWh/m<sup>2</sup>

## 5.2. Photovoltaik (Dachflächen)

Zur Potenzialberechnung kommt eine Methode der KEA-BW zum Einsatz, die das Stromerzeugungspotenzial direkt über die Grundfläche des Gebäudes approximiert. Dafür wird angenommen, dass 50 % der Grundfläche aller Gebäude über 50 m<sup>2</sup> Dachfläche für Photovoltaik genutzt wird. Anschließend wird die jährliche Stromerzeugung durch Anwendung von flächenspezifischer Photovoltaik-Leistung und durchschnittlichen Volllaststunden berechnet.

Folgender Wert kommt zum Einsatz für die Modulfläche:

- Flächenspezifische jährliche Stromerzeugung: 160 kWh/m<sup>2</sup>

## 6. Oberflächennahe Geothermie

Durch die relativ konstanten Temperaturen in der oberen Erdschicht kann mit Hilfe einer Wärmepumpe ganzjährig Wärme extrahiert werden. Das System der Erdwärmesonden mit Wärmepumpe besteht aus drei Teilen: einem U-förmigen Rohr mit einer Tiefe von bis zu 100 m, einer elektrisch betriebenen Pumpe und einem sich an das Rohr anschließenden Verteilsystem.

Die zirkulierende Flüssigkeit im Rohr wird durch die höheren Temperaturen im Erdreich (Wärmequelle) erwärmt und mit Hilfe der Wärmepumpe an die Zielorte transportiert (Wärmesenken), wo sie die Wärme abgibt.

**Gebietsbestimmung:** Zunächst werden sämtliche Wohn- und Gewerbegebiete erfasst, wobei Wege und Straßen mit einer Pufferzone von 3 m berücksichtigt werden

und Gewässer und Schutzzonen ausgeschlossen werden.

**Potenzialberechnung:** Aufgrund der größeren Tiefe und der zentralen Bedeutung der Wärmeleitfähigkeit und -kapazität bei der Abschätzung des Potenzials werden

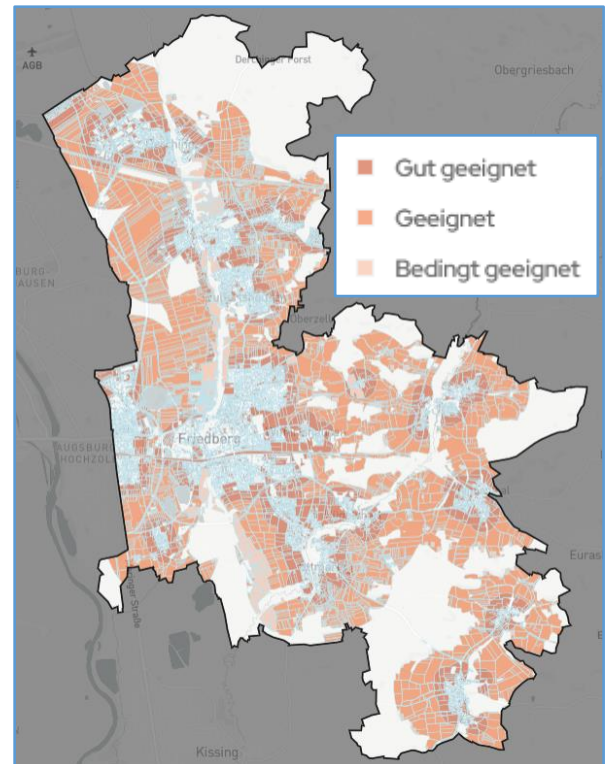


Abbildung 29: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten

ortsspezifische Werte des Geodatenkatalogs verwendet und keine pauschalen Schätzungen vorgenommen.

Ausgehend von 1.800 Volllaststunden kann mittels der GPOT-Methodologie, ortsspezifischer Wetterdaten und weiterer Annahmen ein jährliches Potenzial pro Bohrloch bestimmt werden. Für das Gesamtpotenzial werden die einzelnen Potenziale aufsummiert. Die für den Betrieb der Wärmepumpe aufzuwendende elektrische Energie ist dabei nicht berücksichtigt.



## 7. Luftwärmepumpe

Die Installation von Luft-Wasser-Wärmepumpen hat das Potenzial, den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, indem die Wärme der Umgebungsluft als Energiequelle genutzt wird.

Die Ermittlung der Potenziale für die Anwendung von Luftwärmepumpen in Gebäuden hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Diese umfassen neben den örtlichen Gegebenheiten auch technische Parameter der Wärmepumpen und



Abbildung 30: Energetische Nutzung der Umgebungsluft

lärmschutzrechtliche Aspekte.

**Gebietsbestimmung:** Die Methode fußt auf der Erstellung einer Flächenberechnung für jedes Gebäude, wobei die Außeneinheit der Wärmepumpe innerhalb eines Abstands von maximal 8 m zum Gebäude installiert werden sollte. Dies ist notwendig, um eine effiziente Wärmeübertragung zu gewährleisten und Wärmeverluste zu minimieren. Gleichzeitig

muss jedoch stets sichergestellt sein, dass genügend Abstand zu anderen Gebäuden vorhanden ist, um Probleme mit den Schallemissionen der Außeneinheit zu vermeiden.

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm legt die entsprechenden Richtlinien für die Wahl des Standortes der Außeneinheit fest. Abhängig vom Siedlungstyp (Wohngebiet, Industrie, Krankenhaus etc.) wird die maximal zulässige Lautstärke ermittelt. Unter Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung ergeben sich daraus die Mindestabstände einer Wärmepumpe zu den Nachbargrundstücken und die entsprechenden Verbotsflächen.

Weiterhin werden Straßen, Plätze und ähnliche Bereiche als zusätzliche Verbotsflächen definiert. Potenzielle Installationsflächen für eine Wärmepumpe ergeben sich dann aus den Umgebungsflächen des eigenen Gebäudes, die von den Verbotsflächen der umliegenden Gebäude und den zusätzlichen Verbotsflächen unberührt bleiben.

**Potenzialberechnung:** Mit der ermittelten Installationsfläche und der Leistung pro Fläche der Wärmepumpe kann die installierbare Leistung der Wärmepumpe berechnet werden. Durch einen Vergleich mit den Verbrauchsdaten, den Volllaststunden des Jahres und der jahreszeitenbedingten Leistungszahl wird der (mittlere) Strombedarf der Wärmepumpe und die erzeugte Wärmemenge pro Jahr berechnet.

## 8. See- und Flusswärme

Die nachfolgende Beschreibung befasst sich mit der Berechnung der Potenziale für Wärmepumpen, die Oberflächenwasser (Flüsse und Seen) als Wärmequelle nutzen. Diese Art der Wärmeerzeugung nutzt Groß-Wärmepumpen, die



in ein Wärmenetz zur Versorgung einer Vielzahl von Gebäuden einspeisen. Hierfür sollen mögliche Standorte, Leistungen und Jahrerzeugungsmengen bestimmt werden.

**Gebietsbestimmung:** In einem ersten Schritt werden alle relevanten Flüsse und Seen in der untersuchten Region ermittelt. Diese bilden die potenziellen Wärmequellen für die Wärmepumpen.

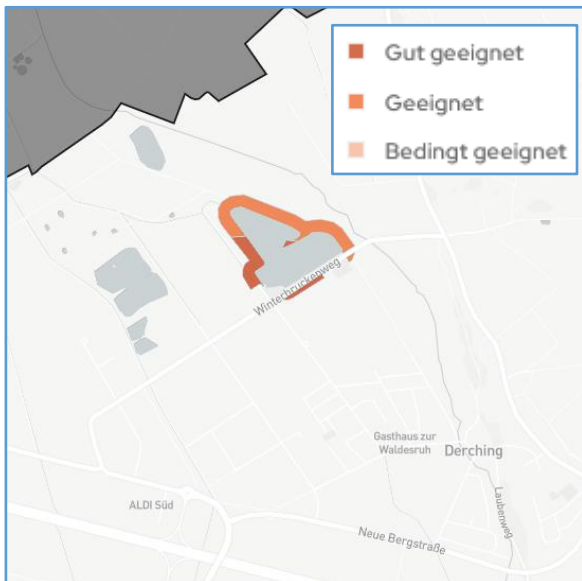


Abbildung 31: Potenziale für Seewärme (Derching)

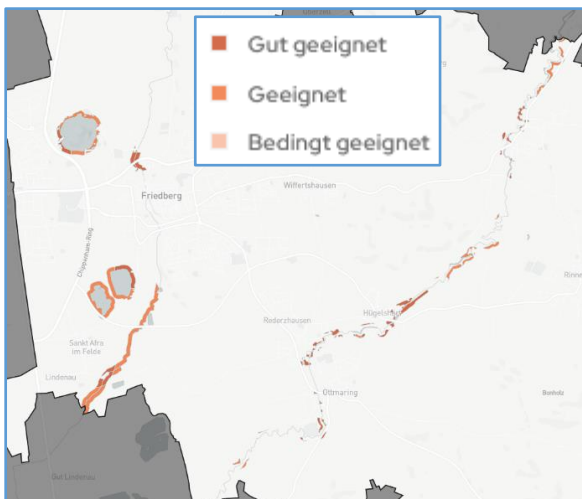


Abbildung 32: Potenziale für See- und Flusswärme

Daraufhin werden mögliche Aufstellflächen für die Wärmepumpen ermittelt. Dazu wird eine potenzielle Fläche von 50 Metern rund um die identifizierten Gewässer definiert. Ausschlusskriterien sind dabei unter

anderem Siedlungsflächen, Naturschutzgebiete und andere ungeeignete Areale.

**Potenzialberechnung:** Innerhalb der identifizierten Aufstellflächen werden mögliche Standorte für die Wärmepumpen festgelegt, wobei ein Mindestabstand zwischen den Standorten eingehalten wird. In diesen Abständen werden nun fiktive Wärmepumpen mit der jeweils vorgegebenen thermischen Leistung in den geeigneten Flächen platziert.

Ausgehend von dieser Auslegung für den jeweils einzelnen Standort wird anschließend berechnet, welche Wärmemengen den Gewässern jeweils insgesamt und gleichzeitig entzogen werden könnten. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass maximal 5 % des mittleren Niedrigwasserabflusses aus Flüssen und maximal 0,5 K aus dem gesamten Seevolumen entnommen werden können.

## 9. Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen

Industriebetriebe verfügen teils über große Abwärmequellen, die, je nach Temperaturniveau der Quelle, für die Einspeisung in warme oder kalte Wärmenetze erschlossen werden können.

**Gebietsbestimmung:** Industriebetriebe fungieren als Punktquellen. Die relevanten Betriebe wurden in Zusammenarbeit mit der Kommune identifiziert und angeschrieben.

**Potenzialberechnung:** Zur Erfassung der Potenziale wurden Fragebögen an die Unternehmen verschickt und von diesen dann Informationen u.a. zum jeweiligen Abwärmepotenzial sowie dessen Verfügbarkeit und des Temperaturniveaus angegeben. Teilweise handelt es sich dabei



nur um Erfahrungswerte. Insgesamt haben sechs Unternehmen relevante Rückmeldungen bezüglich Abwärmepotenziale geliefert, die derzeit (Zwischenbericht) noch nicht genau beziffert werden konnten und bei Bedarf noch weitergehend untersucht und in die weiteren Planungen einbezogen werden.