

# Potenzialanalyse

- Zwischenbericht -

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Schwaig b. Nürnberg

<b>Projekt</b>	Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Schwaig b. Nürnberg
<b>Auftraggeber</b>	Stadt Röthenbach a. d. Pegnitz, Gemeinden Rückersdorf, Leinburg, Schwaig b. Nürnberg
<b>Bearbeiter</b>	Katharina Will, Markus Rößler, zeitgeist engineering gmbh
<b>Kontakt</b>	Katharina.will@ib-zeitgeist.de +49 (0) 911 21707-411
<b>Datum</b>	05.12.2024

## 1. Zusammenfassung

In der Potenzialanalyse im Zuge der kommunalen Wärmeplanung werden die möglichen Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Wärme und erneuerbaren Stroms aufgezeigt.

Dazu werden zuerst Ausschlussgebiete für die Nutzung erneuerbarer Energieanlagen identifiziert und das Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet. Danach werden alle möglichen Potenziale für erneuerbare Erzeugung von Wärme und Strom ermittelt. Im Norden des Gemeindegebietes befindet sich ein Vogelschutzgebiet und um die Pegnitz herum ein Landschaftsschutzgebiet. Auch einige Biotope sind vorhanden. Die größte Herausforderung stellt das Trinkwasserschutzgebiet dar, das sich über das gesamte Gemeindegebiet erstreckt. In den Kernorten sind mehrere Baudenkmäler vorhanden. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung ergibt vor allen in den Randgebieten Einsparmöglichkeiten von teils über 65 % des Endenergiebedarfes für Raumwärme. Als mögliche Quellen erneuerbarer Wärme werden unter anderem die Potenziale von Biomasse, oberflächennaher Geothermie, Solarthermie, Abwärme und Umweltwärme (Luft und Gewässer) betrachtet. Insgesamt ergibt sich ein ungenutztes Potenzial von 100.400 MWh pro Jahr, wobei das Potenzial der Umweltwärme nicht quantifizierbar ist und somit noch zusätzlich zur Verfügung steht. Das ungenutzte Potenzial von Photovoltaik zur Erzeugung erneuerbaren Stroms auf dem Gemeindegebiet beläuft sich auf 31.700 MWh<sub>el</sub> pro Jahr. Es wurden für circa 4,4 % der Gebäude in der Gemeinde von den Bürgerrinnen und Bürgern Fragebogen zur kommunalen Wärmeplanung ausgefüllt. Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass 77 % der Befragten Interesse an einem Anschluss an ein Wärmenetz haben.

Eine Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse ergibt, dass die Potenziale an erneuerbarer Wärme und Strom höher sind als die aktuellen Verbräuche auf dem Gemeindegebiet, besonders im Bereich Wärme. Hierbei ist zu beachten, dass es sich lediglich um

Energiemengen handelt. Parameter wie Temperatur und Verfügbarkeit der Energiequellen müssen zusätzlich betrachtet werden.

## Inhalt

1. Zusammenfassung.....	1
2. Potenzialanalyse .....	5
2.1. Datengrundlage .....	5
2.2. Schutzgebiete und Denkmalschutz .....	5
2.2.1. Schutzgebiete .....	5
2.2.2. Denkmalschutz.....	7
2.3. Energieeinsparpotenzial durch Sanierung.....	8
2.4. Potenziale erneuerbarer Wärme .....	9
2.4.1. Oberflächennahe Geothermie .....	9
2.4.2. Solarthermie.....	11
2.4.3. Biomasse .....	12
2.4.4. Abwärme.....	15
2.4.5. Sonstige .....	16
2.4.6. Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme.....	16
2.5. Potenziale erneuerbarer Strom .....	17
2.5.1. Photovoltaik .....	18
2.5.2. Windenergie.....	19
2.5.3. Sonstige .....	19
2.5.4. Zusammenfassung Potenzial Strom.....	19
2.6. Anschlussinteresse an einem Wärmenetz.....	19
3. Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse .....	22
4. Literaturverzeichnis .....	23
5. Hinweise .....	25

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet .....	6
Abbildung 2: Wasserschutzgebietszonen in Schwaig .....	7
Abbildung 3: Boden- und Baudenkmäler in der Kernstadt .....	8
Abbildung 4: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [3].....	9
Abbildung 5: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie .....	11
Abbildung 6: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen.....	12
Abbildung 7: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand .....	13
Abbildung 8: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Schwaig.....	14
Abbildung 9: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der im Landkreis Nürnberger Land und im Regierungsbezirk Mittelfranken .....	14
Abbildung 10: Potenzialanalyse Abwärme.....	16
Abbildung 11: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme .....	17
Abbildung 12: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik.....	18
Abbildung 13: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz.....	20
Abbildung 14: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz .....	21
Abbildung 15: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom.....	22

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datengrundlagen der Potenzialanalyse.....	5
Tabelle 2: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie.....	10
Tabelle 3: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen .....	12
Tabelle 4: Potenzial Biomasse .....	13
Tabelle 5: Potenzialanalyse Abwärme.....	15
Tabelle 6: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik .....	18
Tabelle 7: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen.....	19
Tabelle 8: Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. ....	19

## 2. Potenzialanalyse

Das Ziel der Gemeinde Schwaig, so wie das des Freistaates Bayern, ist es bis 2040 klimaneutral zu werden. Dafür müssen fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ausgetauscht werden. Um mögliche Erfüllungsoptionen aufzuzeigen, wird in diesem Kapitel eine Potenzialanalyse für erneuerbare Wärme sowie Strom auf dem Gemeindegebiet durchgeführt.

### 2.1. Datengrundlage

In Tabelle 1 sind die Datengrundlagen der einzelnen Abschnitte für die Potenzialanalyse aufgelistet.

*Tabelle 1: Datengrundlagen der Potenzialanalyse*

Kapitel	Datengrundlage
Schutzgebiete und Denkmalschutz	Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayern-Atlas
Energieeinsparpotenziale durch Sanierung	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Potenzial erneuerbarer Wärme	ALKIS, Energie-Atlas-Bayern, Umweltatlas-Bayern, Fragebogen Industrie & Großgewerbe
Potenzial erneuerbarer Strom	Energie-Atlas Bayern
Anschlussinteresse an einem Wärmenetz	Fragebogen Bürgerinnen und Bürger

### 2.2. Schutzgebiete und Denkmalschutz

Um die energetischen Potenziale im Gemeindegebiet einschätzen zu können, müssen Ausschlussgebiete, wie Schutzgebiete und Bauten unter Denkmalschutz, mitberücksichtigt werden. So können z.B. Standorte für Windkraftanlagen oder die Ausweisung von Sanierungsgebieten von vornherein für bestimmte Areale ausgeschlossen werden. Bei denkmalgeschützten Bauwerken kann es zu Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen kommen.

#### 2.2.1. Schutzgebiete

Abbildung 1 zeigt die Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet Schwaig. Die Daten stammen aus dem Geodatendienst des Bayerischen Landesamt für Umwelt [1]. Unterteilt werden die Schutzgebiete in Trinkwasserschutz, Fauna-Flora-Habitat, Naturschutz, Landschaftsschutz, Vogelschutz, Biotop und Naturpark.

Im Norden des Gemeindegebietes befindet sich ein Vogelschutzgebiet und um die Pegnitz herum ein Landschaftsschutzgebiet. Auch einige Biotop sind vorhanden. Während in Naturparks, Flora-Fauna-Habitat Gebieten und Naturschutzgebieten der Bau von Windenergieanlagen und PV-Freiflächen „in der Regel unzulässig“ ist, ist dies in Landschaftsschutzgebieten unter Auflagen und Vorgaben möglich [2]. Für Landschaftsschutzgebiete stellt die Genehmigung der Nutzung von Geothermie eine Herausforderung dar.

Die größte Herausforderung stellt das Trinkwasserschutzgebiet dar, das sich über das gesamte Gemeindegebiet erstreckt. In Abbildung 2 ist die Unterteilung in die verschiedenen Schutzzonen dargestellt. In Zone III B sind geothermische Anlagen wie Erdwärmesonden, laut Stellungnahme des Wasserwirtschaftsamtes, grundsätzlich möglich, allerdings müssen

bestimmte Auflagen eingehalten werden. So kann es je nach Standort der Anlage eine Begrenzung der Bohrtiefe geben, ausreichende Abstände von min. 60 Metern zu Oberflächengewässern müssen eingehalten werden. Bei größeren Anlagen zur öffentlichen oder gewerblichen Nutzung ist im Vorfeld in der Regel ein Thermal-Response-Test erforderlich. Im Betrieb muss darauf geachtet werden, dass eine Wärmeregeneration im Bereich unterhalb der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen erfolgen kann (durch kombinierten Heiz- und Kühlbetrieb). Bei Anlagen, deren Leistung größer als 100 kW ist, muss in der Regel ein Temperatur-Monitoring im Grundwasser durchgeführt werden.

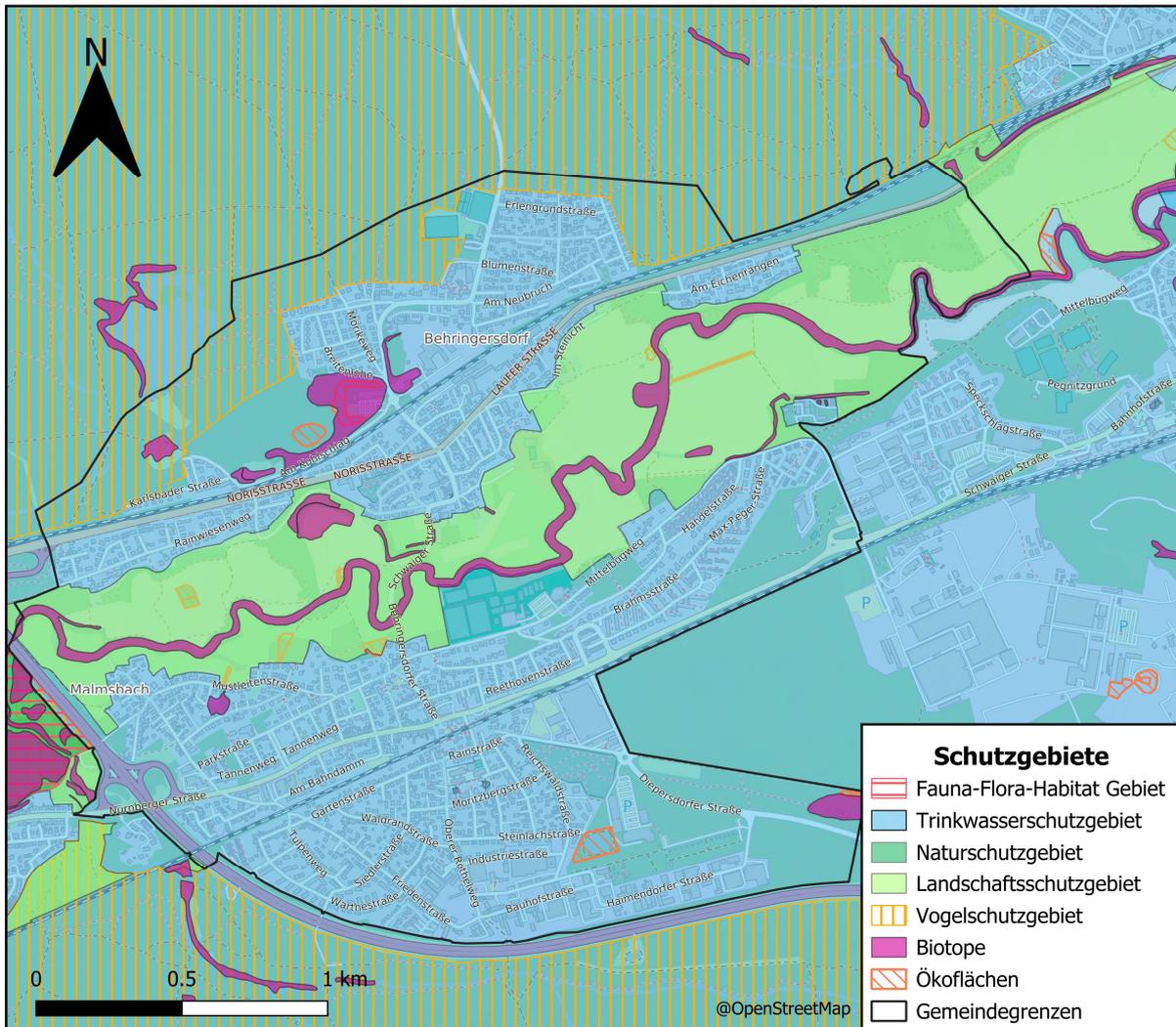


Abbildung 1: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet

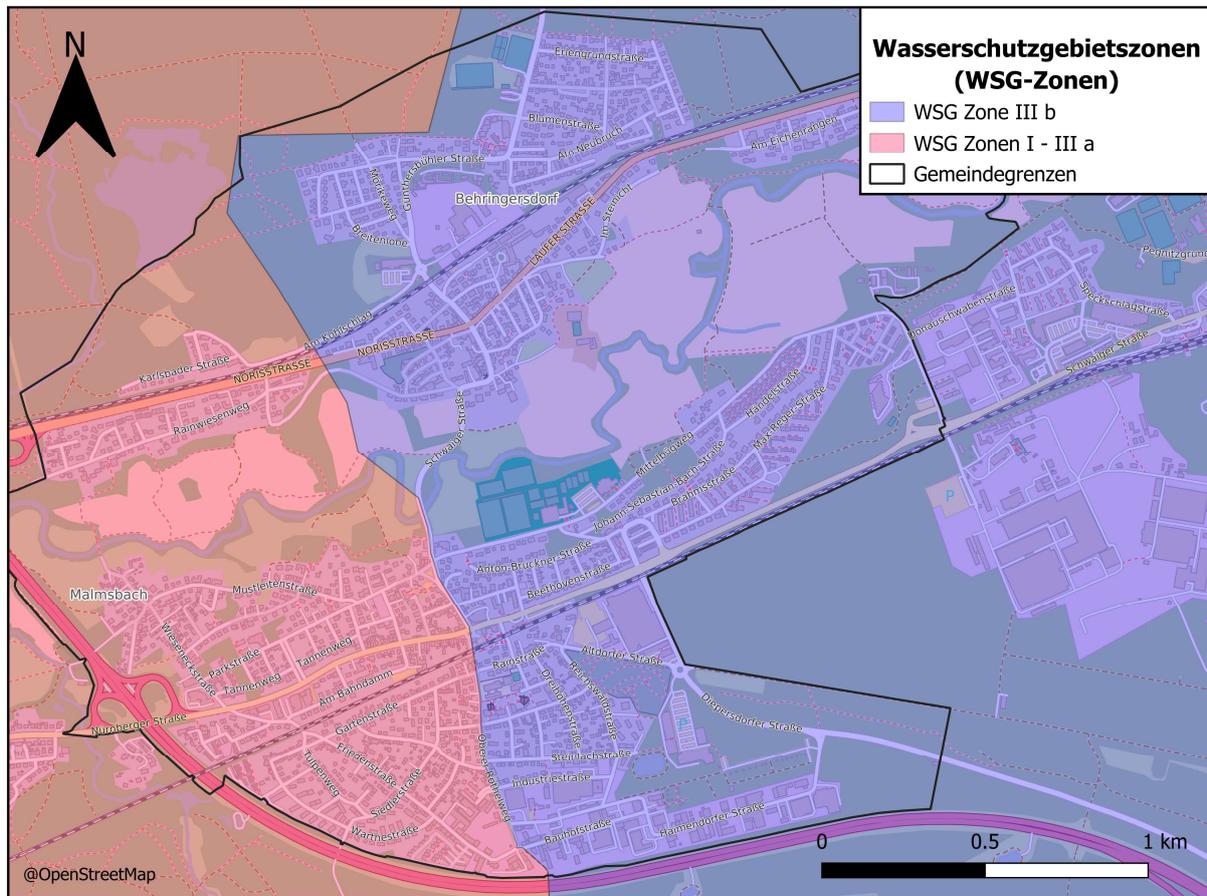


Abbildung 2: Wasserschutzgebietszonen in Schwaig

## 2.2.2. Denkmalschutz

Bei denkmalgeschützten Bauwerken kann es zu Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen kommen. In Abbildung 3 sind die denkmalgeschützten Gebäude in der Gemeinde zu sehen.

Auf dem Gemeindegebiet gibt es insgesamt 27 Bau- und 8 Bodendenkmäler, wobei sich die meisten Baudenkmäler um die Bereiche entlang der Schwaiger- und Behringersdorfer Straße befinden, wie zum Beispiel das Schloss.

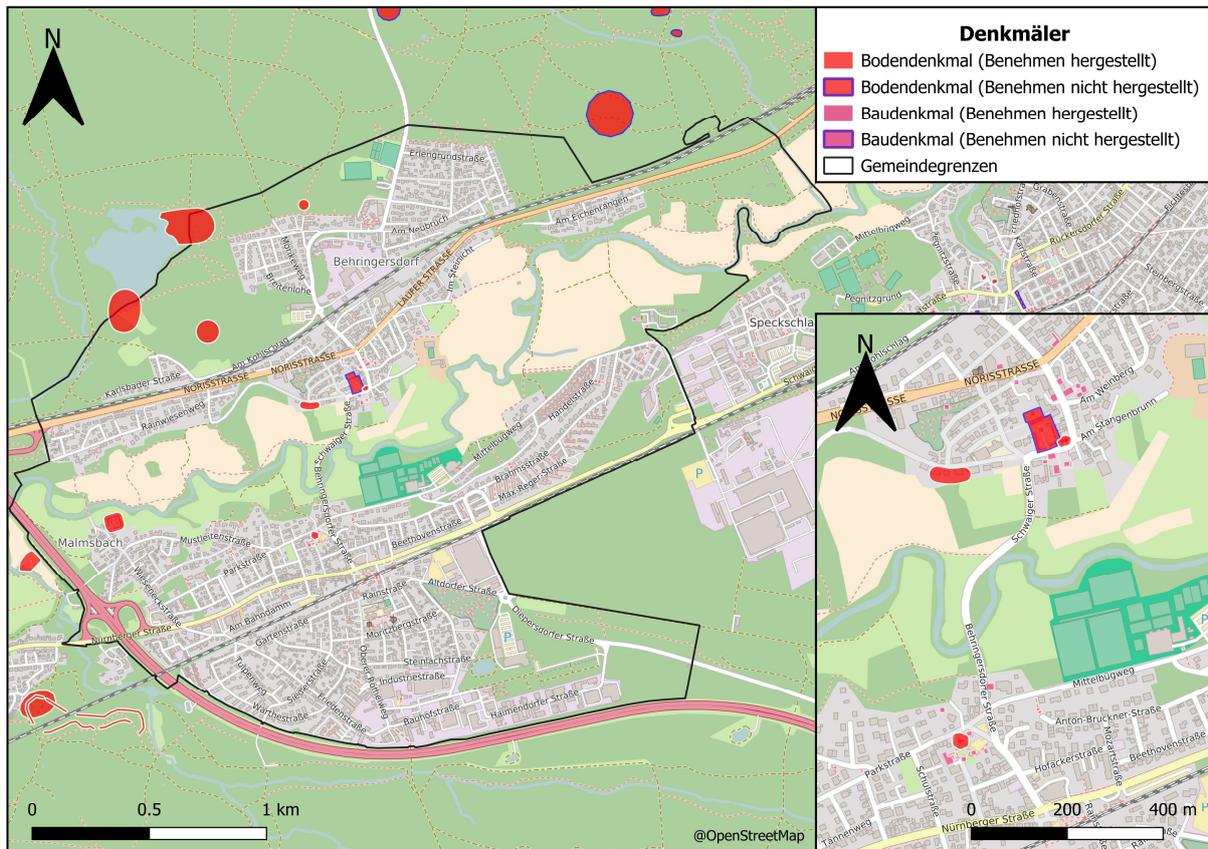


Abbildung 3: Boden- und Baudenkmäler in der Kernstadt

### 2.3. Energieeinsparpotenzial durch Sanierung

Das Ersetzen von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Technologien ist ein Baustein zum Gelingen der Energiewende. Ein weiterer wesentlicher Beitrag kann durch die Reduktion des Energiebedarfs geleistet werden. Für den Bereich Wohnen & Kleinverbraucher ist die Sanierung der Gebäude eine effektive Maßnahme, um den Wärmebedarf zu verringern. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung gibt einen ersten Hinweis darauf, in welchen Gebieten der Gemeinde Sanierungsmaßnahmen eine beachtliche Auswirkung auf die Wärmewende hätten.

Das Energieeinsparpotenzial kann mittels der Kennwerte Technikcatalog der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) [3] berechnet werden, indem anhand der Siedlungsentwicklung [4] ein repräsentatives Gebäude-Baujahr für jeden Baublock angenommen wird. Die mögliche Wärmebedarfsreduktion hängt vom Baujahr des Gebäudes ab. Hier wird allerdings nicht davon ausgegangen, dass jedes Haus vollsaniert wird. In Abhängigkeit des Baujahres werden Einsparpotenziale zwischen 0 und 65 % angenommen. Das höchste Potenzial haben Gebäude aus der Nachkriegszeit (1950 – 1975). Neuere Gebäude haben nahezu kein Einsparpotenzial. Dementsprechend fallen die Einsparpotenziale geringer aus. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Es ist zu erkennen, dass vor allem die Baublöcke am Ortsrand ein hohes Energieeinsparpotenzial beinhalten. Das geringste Potenzial besteht in den Kernorten von Schwaig und Behringersdorf, die vor 1948 bebaut wurden. Bei Gebäuden, die unter Denkmalschutz stehen, ist eine energetische Sanierung zudem schwierig. Wie viel Energieeinsatz tatsächlich vermieden

werden kann, hängt vom Grad der Sanierung ab und kann in dieser Detailebene nur grob abgeschätzt werden.

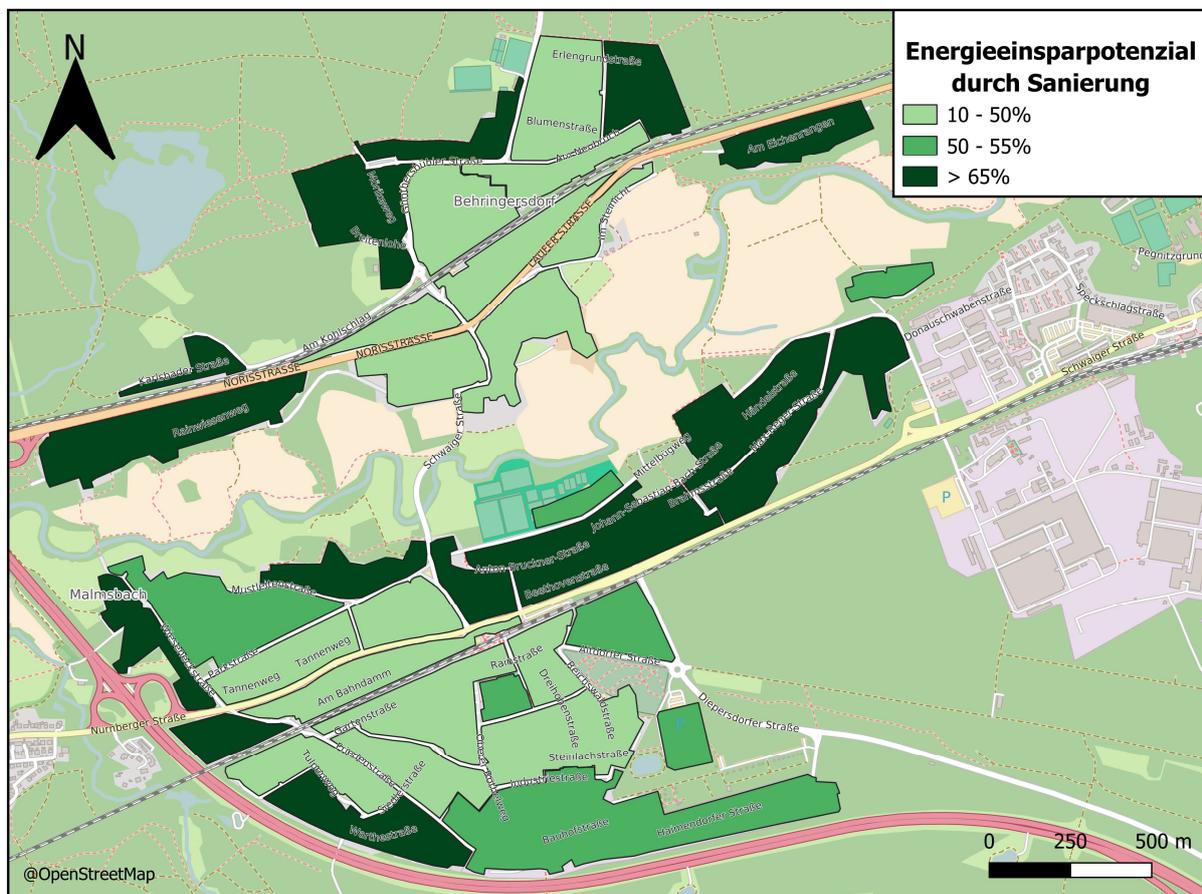


Abbildung 4: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [3]

## 2.4. Potenziale erneuerbarer Wärme

In diesem Kapitel werden die Potenziale erneuerbarer Wärme in Form von oberflächennaher Geothermie, Solarthermie, Biomasse und Abwärme berechnet. Hierbei handelt es sich um das nach derzeitigem technischen Stand realistisch umsetzbare Potenzial.

### 2.4.1. Oberflächennahe Geothermie

Zur Abschätzung des Potenzials erneuerbarer Wärme durch oberflächennahe Geothermie für eine dezentrale Wärmeversorgung wird die mögliche Nutzung und der mögliche Ertrag von Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden auf bebautem Grund innerhalb des Gemeindegebietes untersucht. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit sind Grundwasserwärmepumpen. Für diese ist das Potenzial jedoch nicht quantifizierbar, da hierfür an jedem Ort individuell die hydrothermalen Gegebenheiten im Untergrund betrachtet werden müssen. Aus diesem Grund werden diese hier nicht weiter untersucht.

Um das Potenzial für Erdwärmekollektoren und -sonden auf bebautem Gebiet zu errechnen, wird mit Hilfe der ALKIS-Daten die bebaute Fläche ermittelt und davon die Grundfläche der Gebäude abgezogen. Somit erhält man alle unbebauten Flächen, wie z.B. Gärten, innerhalb von Bebauungsgebieten. Hierbei unterscheiden sich Flächen der Verbraucher Wohnen &

Kleinverbraucher sowie der öffentlichen Liegenschaften von industriell genutzten Flächen. Für die ersten beiden Verbrauchergruppen wird die potenzielle unbebaute Fläche mit einem Faktor von 0,5 versehen, um Einflüsse wie Bäume, Terrassen, verwinkelte Flächen und Abstände zu Nachbargebieten mitzubersichtigen. Danach wird die durchschnittliche Wärmeenergie pro Gebäude bzw. Grundstück errechnet und dem durchschnittlichen Bedarf gegenübergestellt. Das Potenzial wird anhand des maximalen Bedarfs begrenzt. Bei der Industrie muss der Faktor zur Bestimmung der unbebauten Fläche für jeden Ort individuell mittels Luftbilder ermittelt werden. Dieser liegt in Schwaig bei 0,2. Für die Industrie wird das Potenzial anhand des geschätzten Bedarfs an Raumwärme begrenzt, da zur Erzeugung von Prozesswärme in der Regel höhere Temperaturen erforderlich sind und dies jeweils individuell und prozessabhängig betrachtet werden muss.

In Schwaig wurden nur Flächen der Schutzzone IIIB betrachtet. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Genehmigung von geothermischen Projekten bei der Unteren Wasserbehörde beantragt werden muss.

#### Erdwärmekollektoren:

Für die Abschätzung der potenziellen Energiemenge durch Erdwärmekollektoren spielt die Bodenbeschaffenheit eine wichtige Rolle. Diese erhält man aus dem Umweltatlas-Bayern [5]. Darauf aufbauend kann mittels der VDI-Norm 4640 die spezifische Entzugsenergie bestimmt werden [6]. Aus diesem Vorgehen ergibt sich für die grobe Potenzialabschätzung ein Mittelwert von 28 kWh pro Jahr und Quadratmeter für Erdwärmekollektoren. Für die Wärmepumpe wird eine Jahresarbeitszahl von 4 angenommen.

#### Erdwärmesonden:

Zur Abschätzung der potenziellen Energiemenge durch Erdwärmesonden wird die Anzahl der Sonden auf dem für oberflächennahe Geothermie möglichen Flächen berechnet. Es gilt ein Mindestabstand von Sonde zu Sonde von 6 m. Die Multiplikation der Sondenzahl mit einem aus Umweltatlas und VDI 4640 ermittelten spezifischen Entzugsleistung von 46,8 W/m, 1500 Vollbenutzungsstunden und einer durchschnittlichen Bohrtiefe von 77,5 m (Mittelwert der auf dem Gemeindegebiet vorhandenen Bohrungen [7]) ergeben die potenzielle Energiemenge. Auch hier wird eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 4 angenommen.

Abbildung 5 und Tabelle 2 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Wärme aus oberflächennaher Geothermie graphisch und tabellarisch auf. Es ist zu sehen, dass das Potenzial für Erdwärmesonden generell höher ist als für Erdwärmekollektoren.

*Tabelle 2: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie*

System	Potenzial Wohnen & Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen [MWh/a]	Potenzial Industrie & Großgewerbe [MWh/a]
Erdwärmekollektor	13.100	300
Erdwärmesonden	93.200	2.300

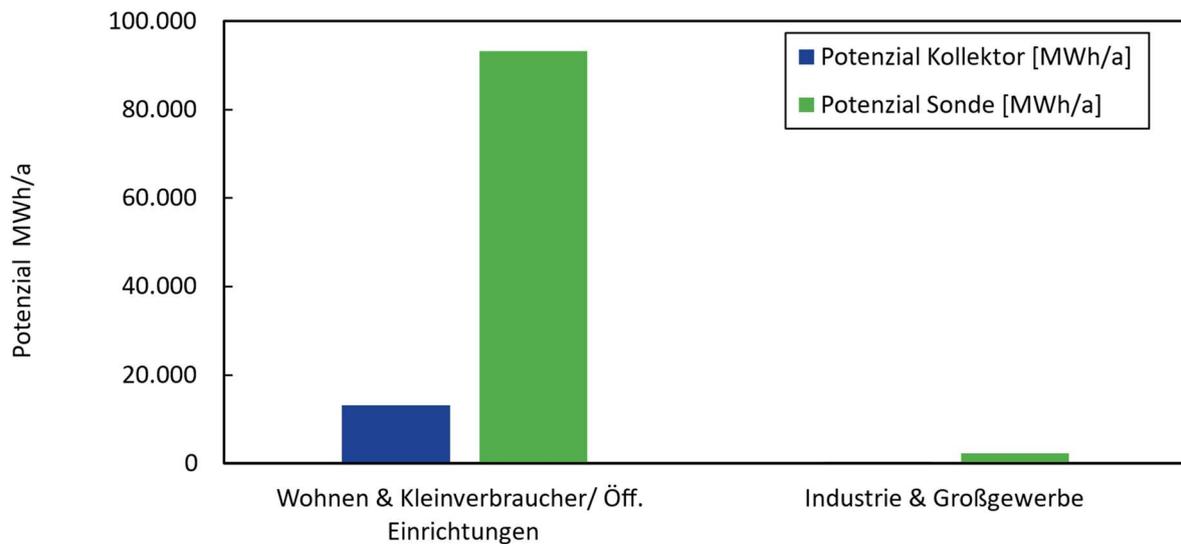


Abbildung 5: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie

#### Geothermie-Freiflächen:

Oberflächennahe Geothermie kann nicht nur für einzelne Häuser genutzt werden, sondern auch als Quelle für ein kaltes Nahwärmenetz dienen. Daher wird das grobe Potenzial von Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten zur Nutzung geothermischer Energie in Form von Flächenkollektoren abgeschätzt. Es werden alle landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie Wiesen und Felder größer einem Hektar Fläche betrachtet. Die einzigen Flächen in Schwaig, auf die diese Kriterien zutreffen, liegen um die Pegnitz herum und befinden sich im Landschaftsschutz- und Trinkwasserschutzgebiet. Darüber hinaus handelt es sich weitestgehend um ein Überschwemmungsgebiet [5]. Aus diesem Grund liegt in Schwaig kein Potenzial für Geothermie-Freiflächen vor.

#### 2.4.2. Solarthermie

Das theoretische Potenzial von Solarthermie ist sehr hoch. Um eine realistische Einschätzung des Potenzials von Solarthermie zu bekommen, werden folgende Schritte unternommen.

#### Solarthermie-Freiflächen:

Wie bei den Geothermie-Freiflächen besteht auch für Solarthermie-Freiflächen kein Potenzial, da keine geeigneten Grundstücke im Gemeindegebiet zur Verfügung stehen.

#### Solarthermie-Dachflächen:

Das Potenzial der Solarthermie-Dachflächen wird mit Hilfe des Energie-Atlas Bayern berechnet [7], in dem jedoch nur das Potenzial der Warmwassererzeugung betrachtet wird. Grundsätzlich steht das Potenzial von Solarthermie und Photovoltaik immer in Konkurrenz zueinander. Neben den bereits jährlich erzeugten Wärmemengen von 440 MWh/a kann die Solarthermie auf Dachflächen noch weitere 6.600 MWh/a Wärme liefern, was zusammen ca. 7 % der von den Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher sowie Öffentliche Einrichtungen benötigten Wärmemenge ausmacht.

Tabelle 3 listet die realistischen Potenziale für Solarthermie auf. In Abbildung 6 sind diese graphisch dargestellt.

Tabelle 3: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

System	Potenzial [MWh/a]
Freiflächen-Solarthermie	-
Dachflächen-Solarthermie	6.600
<b>Gesamt</b>	<b>6.600</b>

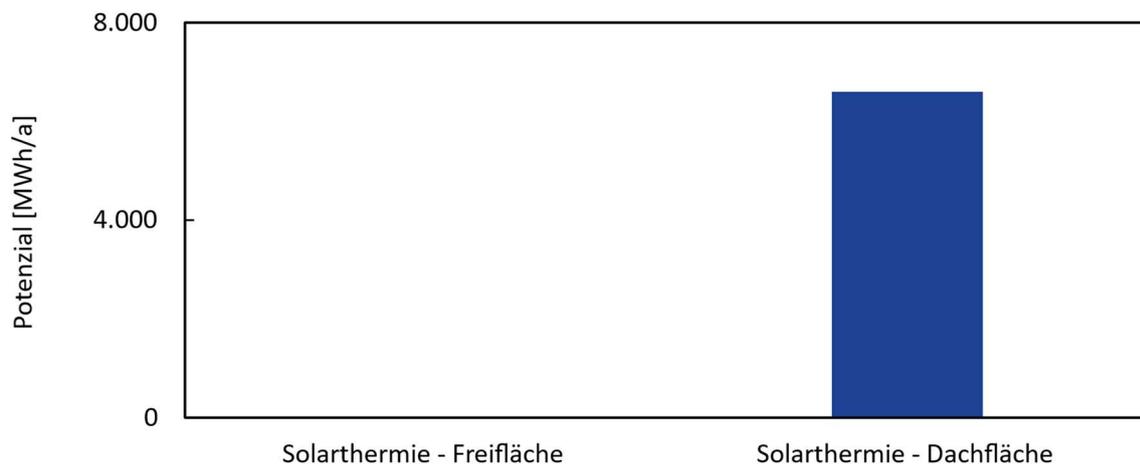


Abbildung 6: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

### 2.4.3. Biomasse

Zur Abschätzung des Potenzials für Wärme aus Biomasse werden die Bereiche Biomasse aus Abfällen, Biomasse aus Landwirtschaft und Biomasse aus Waldbestand betrachtet.

#### Biomasse aus Abfällen:

Biomasse aus Abfällen setzt sich aus Altholz, Grüngut und biogenen Hausabfällen zusammen. Hierfür werden die statistischen Werte des Bayerischen Landesamt für Umwelt für Mittelfranken aus dem Jahr 2022 verwendet [8]. Mit Hilfe der Brenn- und Heizwerte für Altholz [9] und Bioabfall [10] können die Potenziale abgeschätzt werden.

#### Biomasse aus Landwirtschaft:

Zur groben Abschätzung des energetischen Potenzials aus landwirtschaftlich genutzter Fläche wird ein Mittelwert des energetischen Ertrages von Silomais, Zuckerrüben, Sudangras und Grünland verwendet [11]. Der flächenspezifische Ertragswert mit der vorhandenen landwirtschaftlichen Fläche verrechnet ergibt das Potenzial. Auch hier werden die Werte der Flächen aus den ALKIS-Daten übernommen. Wegen der Konkurrenznutzung zum Futter- und Nahrungsmittelanbau wird davon ausgegangen, dass auf 16 % der landwirtschaftlich genutzten Ackerfläche nachwachsende Rohstoffe angebaut werden [12]. Der Flächenbedarf für bestehende Biogasanlagen auf dem Gemeindegebiet muss grundsätzlich vom möglichen Potenzial abgezogen, was jedoch auf Schwaig nicht zutrifft.

### Biomasse aus Waldbestand:

Das energetische Potenzial der Waldfläche wird anhand der Kennzahlen aus dem Energie-Atlas Bayern abgeschätzt [7]. Da Biomasse ein begrenzter Rohstoff ist, wird das Potenzial der Waldfläche mit dem aktuellen Verbrauch verglichen. Hierfür werden die Verbrauchswerte von Biomasse aus der Energiebilanz Wärme für alle Verbrauchergruppen hergenommen. Hierbei ist zu beachten, dass die Herstellung der Pellets außerhalb der betrachteten Bilanzgrenzen liegt und das Holz zur Herstellung der Pellets sehr wahrscheinlich nicht aus der Gemeinde Schwaig stammt. Trotzdem werden diese mitbetrachtet. Die betreffende Waldfläche auf dem Gemeindegebiet Schwaig wird aus den ALKIS-Daten entnommen.

Wie bereits im Bericht zur *Eignungsprüfung* erwähnt, ist für Biomasse ein regionaler Bezug in nachwachsendem Ausmaß essenziell. Um das Thema der Biomasse aus Waldbestand genauer zu diskutieren, werden übrige Potenzialflächen für Energieholz aus dem Mischpult-Wärme sowie des Kartenmaterials des Energie-Atlas Bayern betrachtet [7].

Tabelle 4 listet das gesamte Potenzial der Biomasse auf dem Gemeindegebiet auf. Abbildung 7 zeigt das Ergebnis in graphischer Form.

Tabelle 4: Potenzial Biomasse

System	Potenzial [MWh/a]
Biomasse aus Abfällen	2.100
Biomasse aus Landwirtschaft	700
Biomasse aus Waldbestand	-5.900
<b>Gesamt</b>	<b>-3.100</b>

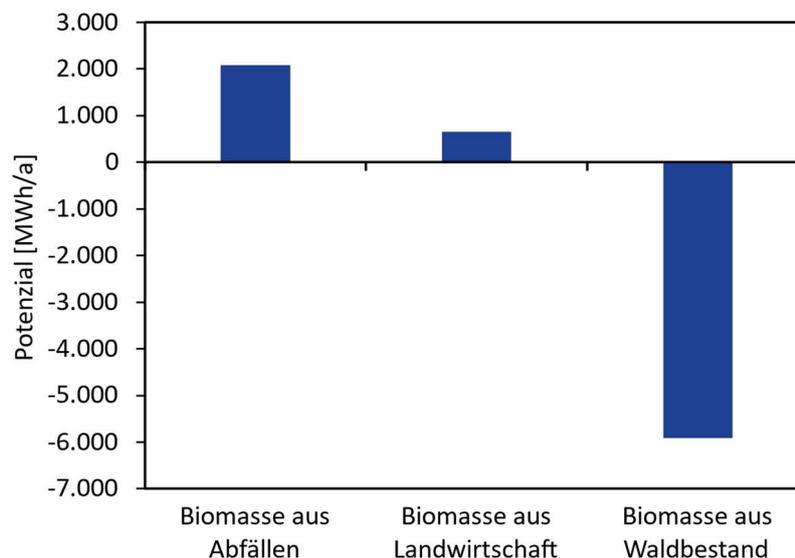


Abbildung 7: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand

Da bisher die Bilanzgrenzen um das Gemeindegebiet der Gemeinde Schwaig gezogen wurden, aber es möglich ist Holz aus benachbarten Gebieten zu importieren, werden zusätzlich die Potenzialflächen für Energieholz für die umliegenden Gemeinden aufgezeigt. Abbildung 8 zeigt das übrige Flächenpotenzial für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Schwaig. Eine negative Fläche bedeutet, dass mehr Holz genutzt wird als nachhaltig auf dem

Gemeindegebiet vorhanden ist. Das Potenzial für Heizkraftwerke stellt die Nutzung von Energieholz für KWK-Anlagen und zur Fernwärme dar. Das Potenzial für Kachelöfen und Einzelraumfeuerungen wird durch die Kleinfeuerungsanlagen dargestellt.

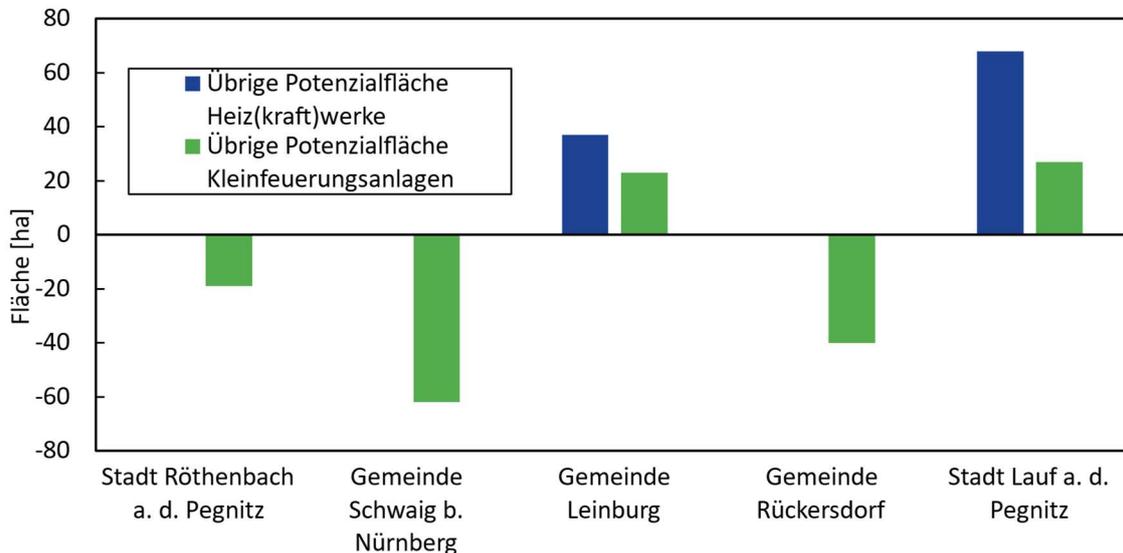


Abbildung 8: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Schwaig

Es ist zu sehen, dass für die Gemeinde Schwaig das Potenzial an Energieholz auf dem Gemeindegebiet sowohl für Heizkraftwerke sowie Kleinfeuerungsanlagen negativ ist. Ein negatives Potenzial bedeutet, dass mehr Energieholz verwendet wird, als nachhaltig auf dem Gemeindegebiet nachwachsen kann. Im nahegelegenen Lauf a. d. Pegnitz dagegen ist das Potenzial hingegen noch nicht ausgeschöpft. Abbildung 9 zeigt, dass auch auf Landkreisebene noch Potenzialflächen vorhanden sind. Betrachtet man dagegen den ganzen Regierungsbezirk Mittelfranken, wird bereits erheblich mehr Energieholz eingesetzt als nachwachsen kann. Je nach Technologie zur Wärmebereitstellung wird im Energie-Atlas Bayern von einem spezifischen Flächenbedarf an Energieholz von 0,045 – 0,053 ha/MWh<sub>th</sub> ausgegangen. Das Energiepotenzial aus Waldholz wurde durch die bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft errechnet [7].

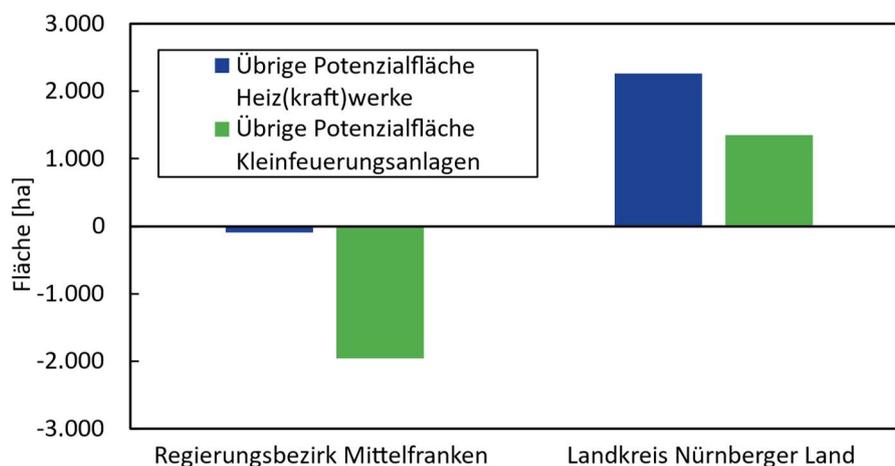


Abbildung 9: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der im Landkreis Nürnberger Land und im Regierungsbezirk Mittelfranken

Das Biomassepotenzial auf dem Gemeindegebiet ist also bereits ausgeschöpft, was auf die starke Nutzung von Energieholz zurückzuführen ist. Auch wenn es in manchen umliegenden Gemeinden und im Landkreis noch ungenutzte Potenziale gibt, ist das Potenzial im Regierungsbezirk betrachtet stark negativ.

#### 2.4.4. Abwärme

Das Potenzial der Abwärme wird separat für die Bereiche Industrie, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Abwasser betrachtet. Da nicht für jedes Unternehmen Daten zur Verfügung stehen, sind die folgenden Potenziale nicht vollständig und lediglich die bekannten Energiemengen werden aufgelistet.

##### Unvermeidbare Abwärme aus Industrie:

Insgesamt nahmen fünf Firmen in Schwaig an der Befragung für Industrieunternehmen teil. Allerdings machten nur zwei davon Angaben zu ihren Abwärmemengen bzw. zeigten Interesse an der Einspeisung ihrer Abwärme in ein potenzielles Wärmenetz. Aus diesem Grund konnten nur diese beiden Angaben ins Potenzial mit einbezogen werden.

##### Kraft-Wärme-Kopplung:

Es gibt auf dem Gemeindegebiet nur ein BHKW, dessen installierte elektrische Leistung über 30 kW beträgt. Es handelt sich um die Anlage im Schwimmbad, bei der bereits eine Nutzung der Wärme stattfindet. Daher ist im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung kein Abwärmepotenzial vorhanden.

##### Abwasser:

Schwaig verfügt über keine eigene Kläranlage, die Abwässer werden nach Nürnberg geleitet. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Abwärme direkt aus den Kanälen zu gewinnen, für eine Quantifizierung des Potenzials liegen jedoch nicht genügend Daten vor.

Tabelle 5 und Abbildung 10 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Gewinnung von Wärme aus unvermeidbarer Abwärme und Abwasser.

*Tabelle 5: Potenzialanalyse Abwärme*

System	Potenzial [MWh/a]
Industrie	1.450
KWK-Anlagen	0
Abwasser Kläranlage	0
<b>Gesamt</b>	<b>1.450</b>

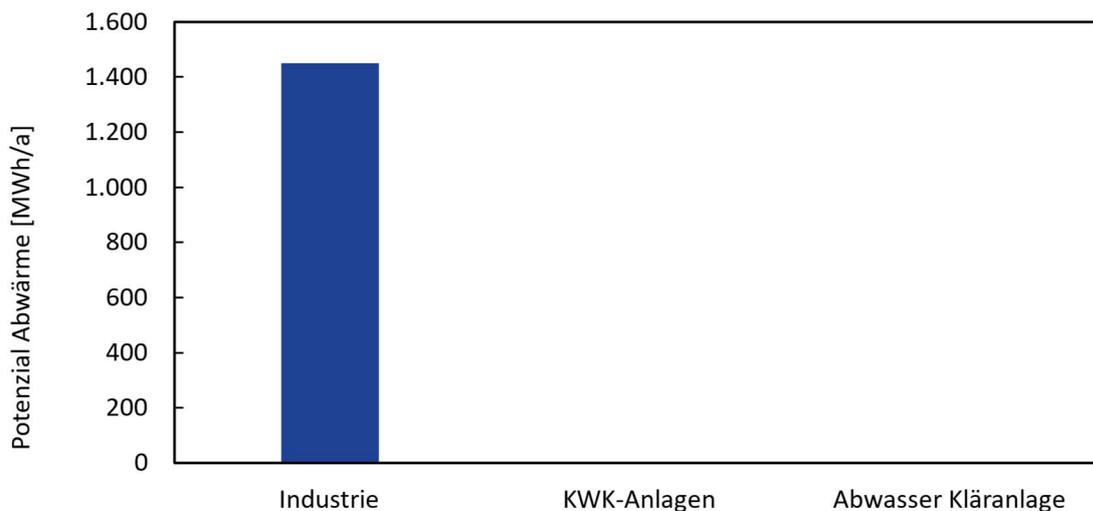


Abbildung 10: Potenzialanalyse Abwärme

#### 2.4.5. Sonstige

Weitere mögliche Potenziale für erneuerbare Energien sind Umweltwärme, Tiefengeothermie und Kraft-Wärme-Kopplung. Die Quantifizierung des Potenzials von Umweltwärme, welche z.B. bei Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet wird, ist nicht sinnvoll. Gleichwohl werden diese Potenziale im weiteren Vorgehen betrachtet. Das Potenzial von Umweltwärme ist, in Bezug zu den betrachteten Energiemengen, quasi unbegrenzt. Da Schwaig in keinem der drei deutschen für hydrothermale Tiefengeothermie geeigneten Gebiete (Norddeutsches Becken, Süddeutsches Molassebecken, Oberrheingraben) liegt, wird dieses Potenzial als nicht vorhanden eingestuft. Neue Entwicklungen im Bereich der nicht-hydrothermalen Technologien der Tiefengeothermie könnten jedoch zukünftig neue Potenziale erschließbar machen. Das Potenzial an Biomasse aus Waldgebieten ist verbraucht. Da seitens des Gasverteilnetzbetreibers noch kein Transformationsplan für Wasserstoff vorliegt, wird diese Option nicht betrachtet. Aus diesen zwei Gründen wird das Potenzial von Kraft-Wärme-Kopplung als ausgeschöpft betrachtet. Zudem sind keine Anlagen zur thermischen Müllbehandlung auf dem Gemeindegebiet vorhanden. Perspektivisch könnte Wasserstoff im Gemeindegebiet eine Rolle spielen. 2032 soll das zukünftige Wasserstoff-Kernnetz laut dem Antragsentwurf zu einem Wasserstoff-Kernnetz der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. durch den Landkreis Nürnberger Land verlaufen [13]. Für die Deckung von Spitzenlasten in Heizzentralen könnte Wasserstoff also prinzipiell in Betracht gezogen werden. Primär liegt der Einsatzbereich von Wasserstoff auf dem Gemeindegebiet allerdings bei der Industrie.

#### 2.4.6. Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme

In Abbildung 11 sind die abgeschätzten technisch-realistischen Potenziale für erneuerbare Wärme auf dem Gemeindegebiet aufgezeigt, nicht eingerechnet sind die Energiemengen, die schon genutzt werden. Umgebungswärme kann in Verbindung mit z.B. einer Wärmepumpe nutzbar gemacht werden. Da das Potenzial nicht sinnvoll abzuschätzen ist, wird dieses in der Graphik in grau exemplarisch dargestellt. Insgesamt ergibt das ein Potenzial von ca. 100.400 MWh pro Jahr plus die Energiemenge der Umweltwärme. Das Potenzial oberflächennaher Geothermie-Bebauung wird auf das Potenzial der Erdwärmesonden beschränkt, da eine

gleichzeitige Nutzung von Sonden und Kollektoren als unwahrscheinlich gilt. Da Solarthermie und Photovoltaik sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen in Konkurrenz stehen, wird dies in der untenstehenden Graphik berücksichtigt. Somit wird eine doppelte Betrachtung von Potenzialflächen verhindert.

Hierbei handelt es sich jedoch ausschließlich um Energiemengen. Parameter wie Temperatur oder zeitliche Verfügbarkeit der Wärmequelle sind noch nicht berücksichtigt. So variieren vor dem Hintergrund der verfügbaren Potenziale die zu präferierende Anwendung der verschiedenen Quellen. Der begrenzte Rohstoff Biomasse, der die Eigenschaft hat, im Verbrennungsprozess hohe Vorlaufemperaturen generieren zu können, sollte so im Schwerpunkt zur Deckung der Spitzenlast bei sehr niedrigen Außentemperaturen eingesetzt werden.

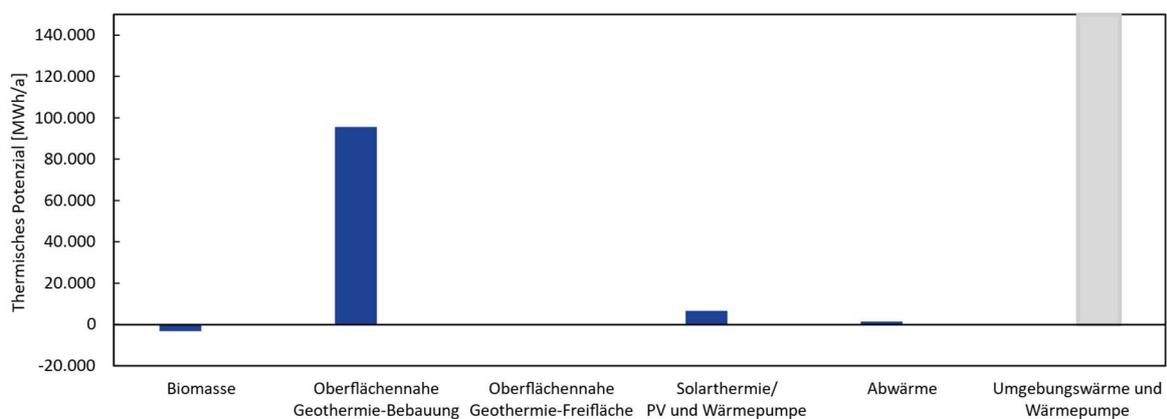


Abbildung 11: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme

## 2.5. Potenziale erneuerbarer Strom

In diesem Kapitel werden die Potenziale von erneuerbarem Strom in Form von Photovoltaik, Windenergie und Biomasse berechnet.

## 2.5.1. Photovoltaik

Analog zur Potenzialabschätzung der Solarthermie wird auch bei der Photovoltaik in Dach- und Freiflächen unterschieden.

### Photovoltaik-Freiflächen:

Wie bei den Geothermie- und Solarthermie-Freiflächen besteht auch für PV-Freiflächen kein Potenzial, da keine geeigneten Grundstücke im Gemeindegebiet zur Verfügung stehen.

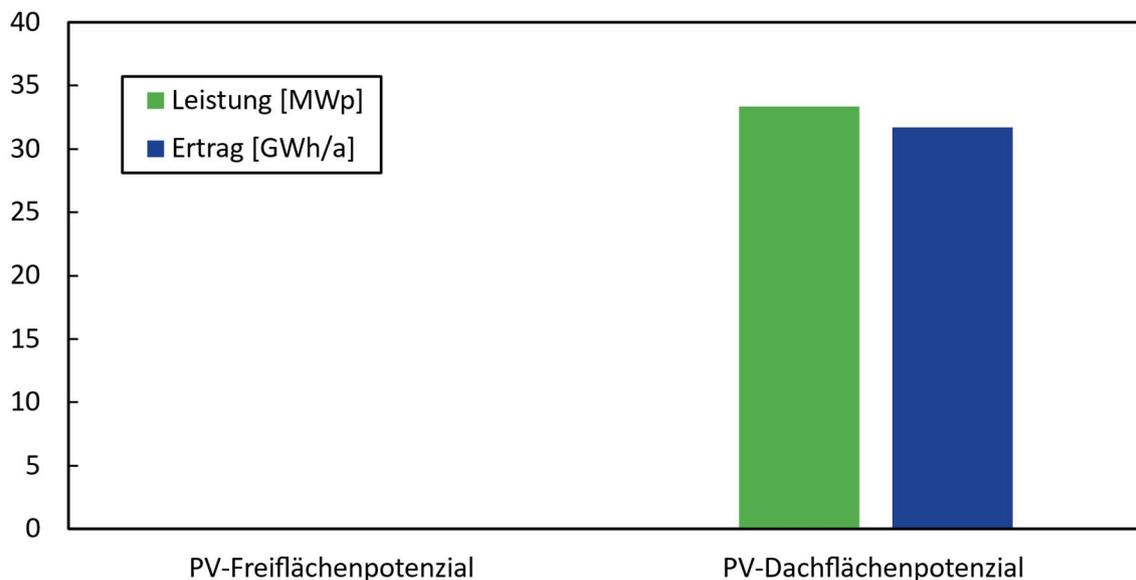
### Photovoltaik-Dachflächen:

Das Dachflächenpotenzial für Photovoltaik wird aus dem Energie-Atlas Bayern entnommen [7]. Bereits für PV genutzte Dachfläche wird gegengerechnet.

Tabelle 6 und Abbildung 12 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Photovoltaik auf dem Gemeindegebiet Schwaig. Angegeben wird hier das noch nicht genutzte Potenzial.

*Tabelle 6: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik*

System	Potenzial [MWh <sub>el</sub> /a]
Freiflächen-Photovoltaik	0
Dachflächen-Photovoltaik	31.700
<b>Gesamt</b>	<b>31.700</b>



*Abbildung 12: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik*

Verglichen mit den Daten aus dem Marktstammdatenregister werden aktuell 12 % des Potenzials an Photovoltaik im Gemeindegebiet genutzt.

## 2.5.2. Windenergie

Wie in Tabelle 7 dargestellt, gibt es im Gemeindegebiet Schwaig keine Potenzialflächen für Windenergie.

Tabelle 7: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen

Betrachtung	Potenzial [MWh <sub>el</sub> /a]
Windenergieanlagen	0

## 2.5.3. Sonstige

In Bayern ist der Neubau von Wasserkraftanlagen vor allem an bereits vorhandenen und noch nicht energetisch genutzten Querbauwerken vorgesehen [7]. Darüber hinaus sind hierbei Anforderungen hinsichtlich Mindestwasserführung, Durchgängigkeit und Fischschutz zu erfüllen [14]. Aus diesem Grund wird das Potenzial von Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung in Schwaig als nicht vorhanden eingestuft. Laut Energie-Atlas Bayern ist das Potenzial für Biomasse zur Stromerzeugung bereits ausgenutzt [7]. Da seitens des Gasverteilnetzbetreibers noch kein Transformationsplan für Wasserstoff vorliegt, wird diese Option nicht betrachtet. Aus diesen zwei genannten Gründen wird das Potenzial von Kraft-Wärme-Kopplung als ausgeschöpft betrachtet.

## 2.5.4. Zusammenfassung Potenzial Strom

Das Potenzial zur Erzeugung von elektrischer Energie besteht auf dem Gemeindegebiet von Schwaig nur aus Photovoltaik mit einer möglichen jährlichen Strommenge von circa 31.700 MWh<sub>el</sub> pro Jahr.

## 2.6. Anschlussinteresse an einem Wärmenetz

Im Zuge der Bestandsanalyse wurde ein Fragebogen an die Bürgerinnen und Bürger ausgehändigt. Darin wird u.a. das Interesse am Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz abgefragt. Insgesamt gibt es nach aktuellem Stand 120 Rückläufer. Bei 2753 Adressen ergibt das eine Antwortquote von circa 4,4 %. Da die Adressen auch industrielle Gebäude und Öffentliche Einrichtungen umfassen, die nicht in diese Befragung mit aufgenommen wurden, ist die Rücklaufquote der Verbrauchsgruppe Wohnen & Kleinverbraucher noch einmal höher. Tabelle 8 listet die Antworten der Bürgerinnen und Bürger auf die Frage, ob ein Interesse am Anschluss Ihres Hauses an ein Wärmenetz besteht, auf. Abbildung 13 stellt das Ergebnis graphisch prozentual dar.

Tabelle 8: Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. Auswertung der Rückläufer der Fragebögen an die Bürgerinnen und Bürger

Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz	Anzahl Gebäude
Ja	92
Nein	26
Keine Angabe	2
<b>Summe</b>	<b>120</b>

Bei circa 77% der Antworten besteht Interesse am Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz der Bürgerinnen und Bürger. Da weniger als 5 % der Hauseigentümer den Fragebogen

ausgefüllt haben, lässt sich dieses Ergebnis nicht auf die ganze Gemeinde übertragen. Es liegt außerdem nahe, dass Personen, die ein Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz haben, mehr gewilligt sind, einen Fragebogen auszufüllen. Dennoch kann anhand dieser Rückmeldungen darauf geschlossen werden, dass der Aus- und Neubau von Wärmenetzen in dem Gemeindegebiet auf das Interesse der Bürgerinnen und Bürger stößt. Außerdem können Gebiete mit besonders vielen Interessenten identifiziert werden. Abbildung 14 zeigt kartografisch das Interesse von Gebäuden am Anschluss an ein Wärmenetz auf.

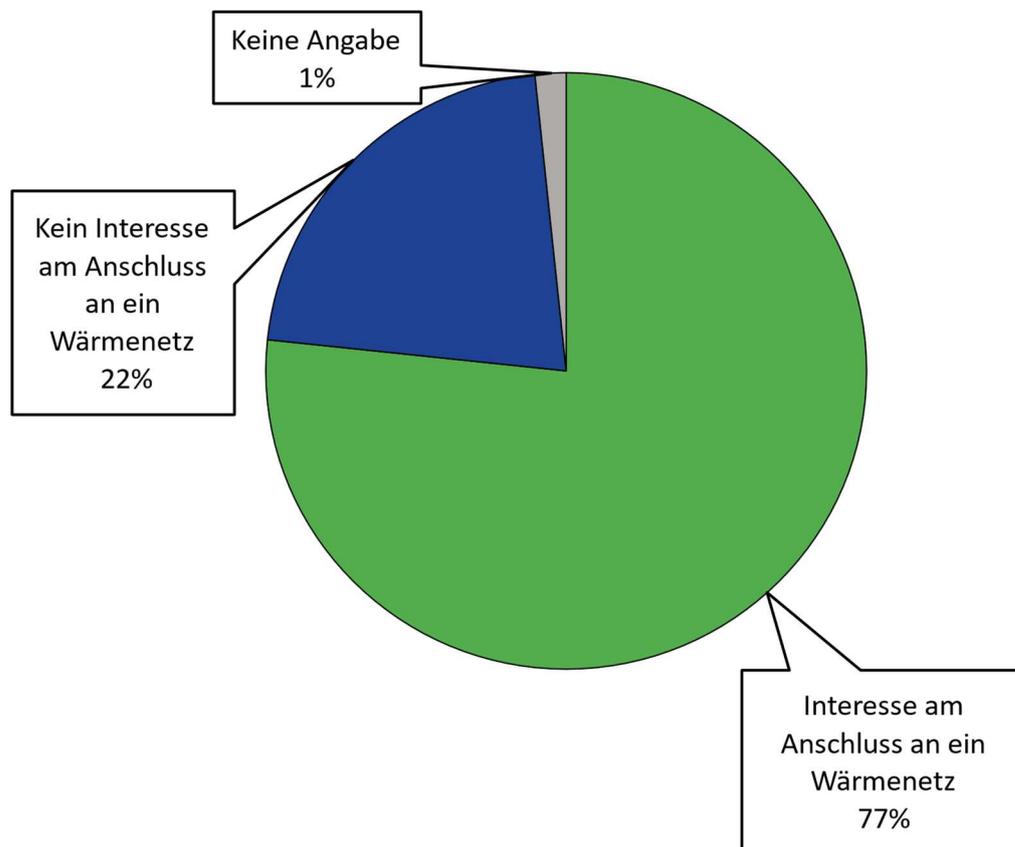


Abbildung 13: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. Auswertung der Rückläufer der Fragebögen an die Bürgerinnen und Bürger

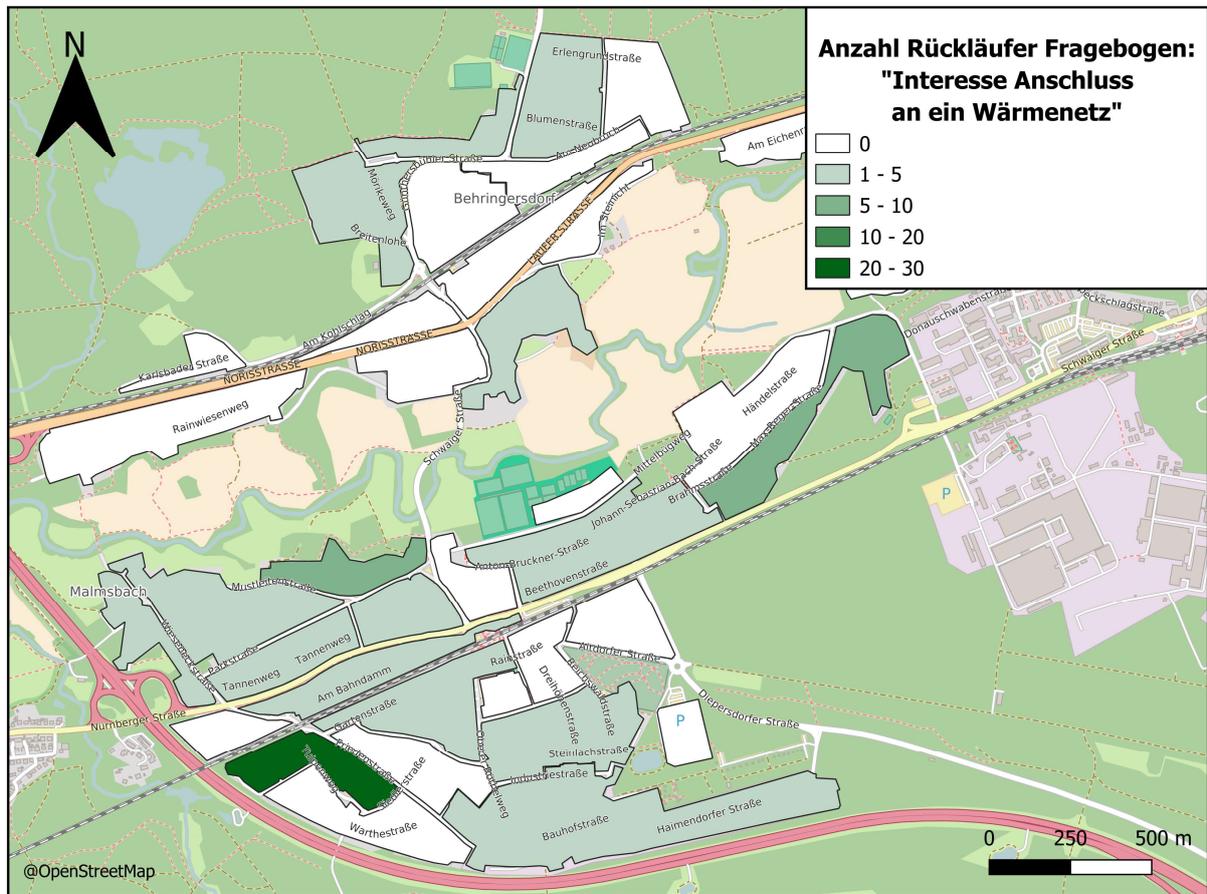


Abbildung 14: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz

### 3. Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse

In Abbildung 15 sind die Verbräuche und Potenziale der Sektoren Wärme und Strom gegenübergestellt. Die Verbräuche sind zudem auf die einzelnen Verbrauchergruppen aufgeteilt. In Grau ist wieder das nicht zu quantifizierende Potenzial von Umweltwärme dargestellt. Es ist zu sehen, dass bilanziell das Potenzial an erneuerbarer Energie den aktuellen Verbrauch überträgt. Dies ist besonders signifikant im Wärmebereich, bei dem das genaue Potenzial aufgrund der theoretisch unbegrenzt zur Verfügung stehenden Umgebungswärme schwer quantifizierbar ist. Im Strombereich ist das Potenzial ebenfalls höher als der Verbrauch, allerdings nur um etwa 1,1-fache. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl das Temperaturniveau als auch die Verfügbarkeit des Potenzials eine entscheidende Rolle spielen. So kann das Potenzial von oberflächennaher Geothermie nur schwer für Hochtemperatur-Prozesswärme in der Industrie genutzt werden. Auch das elektrische Potenzial von PV- und Windenergieanlagen steht häufig nicht zur richtigen Zeit zur Verfügung. Daher spielen ein schlaues Energiemanagement und Speicher eine wichtige Rolle. Vor allem der Austausch von Erdgas hin zu umweltfreundlichen Energieträgern für Prozesswärme in der Industrie stellt eine große Herausforderung dar. Ebenfalls muss berücksichtigt werden, dass ein Teil des Potenzials der Wärme mit dem elektrischen Potenzial verschnitten ist (Anteil Strom der Wärmepumpe).

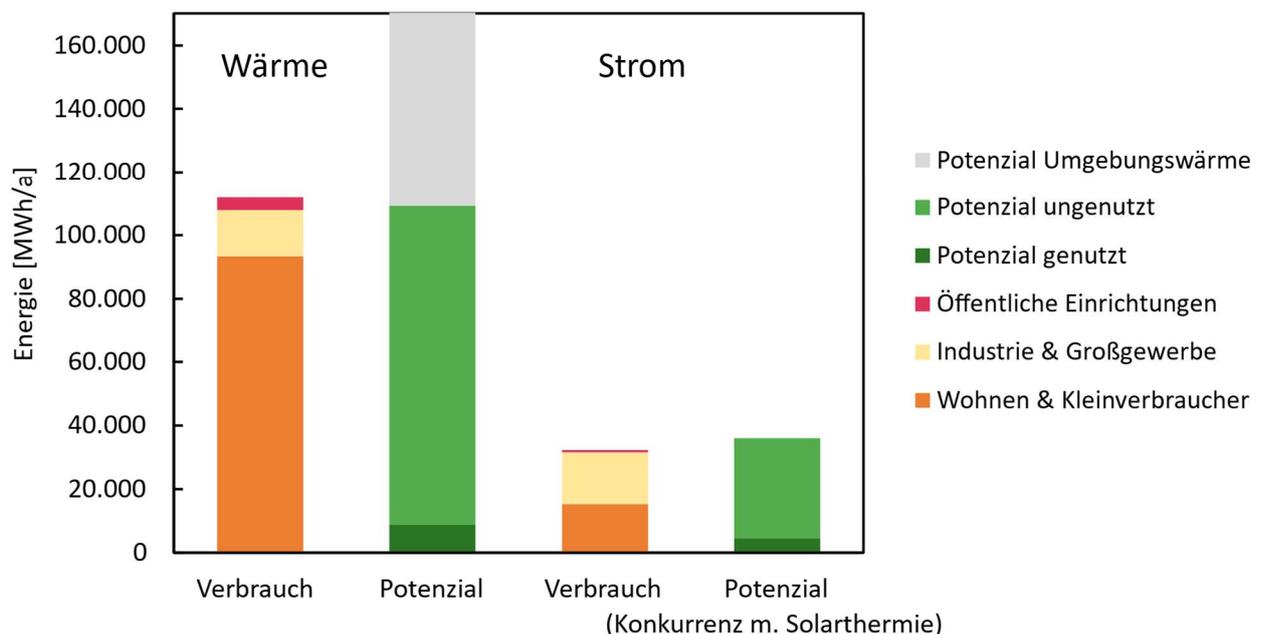


Abbildung 15: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom

## 4. Literaturverzeichnis

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Detailinformationen zu Geodatendienst,“ [Online]. Available: [https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty\\_downloaddienst.htm?dId=schutzgebiete](https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dId=schutzgebiete). [Zugriff am 01 2024].
- [2] Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende, „Schutzgebiete und Erneuerbare Energien,“ 05 2022. [Online]. Available: <https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/veroeffentlichungen/uebersicht-schutzgebiete-und-erneuerbare-energien/>. [Zugriff am 04 2024].
- [3] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Technikkatalog zur Kommunalen Wärmeplanung,“ 01 2024. [Online]. Available: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/einfuehrung-in-den-technikkatalog>. [Zugriff am 09 04 2024].
- [4] PLANWERK Stadtentwicklung, Topos team, „Ortsentwicklungskonzept OEK. Gemeinde Schwaig b. Nürnberg,“ Nürnberg, 2019.
- [5] Bayrisches Landesamt für Umwelt, „UmweltAtlas,“ <https://www.umweltatlas.bayern.de/>, 2024.
- [6] VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU), „VDI 4640,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2010.
- [7] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Energie-Atlas Bayern,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>. [Zugriff am 01 2024].
- [8] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Hausmüll in Bayern,“ Augsburg, 2023.
- [9] Umweltbundesamt, „Altholz,“ 04 2019. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/altholz#sekundarproduktion>. [Zugriff am 02 2024].
- [10] Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., „Biogas - Biogasdaten Deutschland,“ Hürth, 2008.
- [11] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Faustzahlen Biogastechnologie,“ [Online]. Available: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>. [Zugriff am 12 04 2024].
- [12] Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, „Energie aus nachwachsenden Rohstoffen,“ 11 2023. [Online]. Available: <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/energie-aus-nachwachsenden-rohstoffen>. [Zugriff am 12 04 2024].

- [13] FNB Gas e.V., „Wasserstoff Kernnetz,“ 2024. [Online]. Available: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>. [Zugriff am 10 September 2024].
- [14] Landratsamt Nürnberger Land, „Nürnberger Land,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.nuernberger-land.de/serviceleistungen/tiere-natur-jagd/wasserkraftanlagen-stau-und-triebwerksanlagen>. [Zugriff am 04 12 2024].

## 5. Hinweise

zeitgeist engineering trifft keine verbindlichen rechts- und steuerberaterlichen Auskünfte, deren Hoheitsgebiete einschlägigen Berufsgruppen obliegen.

Alle im Rahmen dieser Arbeit angenommenen oder vorausgesetzten Rahmenbedingungen basieren auf der Sichtweise von zeitgeist engineering auf die aktuell vorliegenden Gesetzestexte und anderen Unterlagen. Die Betrachtung erfolgt grundsätzlich auf einer ingenieurtechnischen Perspektive. Aufgrund der komplexen Thematik und teils unterschiedlichen Auslegungen der Rechtslage kann keine Gewährleistung für die Richtigkeit dieser Annahmen übernommen werden.

Konkrete Rechtsfragen zu der Thematik dürfen ausschließlich durch zugelassene Anwälte und Experten beantwortet werden. Ebenso können steuerliche Fragen ausschließlich durch einen Steuerberater rechtssicher geklärt werden. Die hier getroffenen Annahmen können nicht als belastbare Steuerberatung oder Rechtsberatung angesehen werden.

Katharina Will

Katharina Will