



# Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Leinburg

- Abschlussbericht -

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Leinburg

|                     |                                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Projekt</b>      | Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Leinburg                                             |
| <b>Auftraggeber</b> | Stadt Röthenbach a. d. Pegnitz, Gemeinden Rückersdorf, Leinburg, Schwaig b. Nürnberg |
| <b>Bearbeiter</b>   | Katharina Will, Christian Raab, zeitgeist engineering gmbh                           |
| <b>Kontakt</b>      | katharina.will@ib-zeitgeist.de +49 (0) 911 21707-411                                 |
| <b>Datum</b>        | 13.06.2025                                                                           |

## 1. Zusammenfassung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein informelles Planungsinstrument der Kommune zur Gestaltung der langfristigen Wärmeversorgung. Sie soll als Grundlage für weitere Schritte wie z.B. Machbarkeitsstudien oder energetische Quartierskonzepte dienen. Inhalt der Wärmeplanung ist eine Bestands- und Potenzialanalyse des Sektors Wärme, die Einteilung der Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete, eine schrittweise Zielsetzung hin zum Ziel der Klimaneutralität 2040 sowie die Skizzierung von ersten Umsetzungsmaßnahmen, welche der Wärmeplanung folgen sollen, einschließlich der Betrachtung von zwei Fokusgebieten.

Um Zeit und Kapazitäten zu sparen, wird den oben genannten Punkten eine Eignungsprüfung von Teilgebieten außerhalb der Kernstadt vorangestellt. Hierbei wird untersucht, ob eine leistungsgebundene Wärmeversorgung (mittels Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz) anhand von ersten Abschätzungen der Bedarfe und Potenziale von vornherein ausgeschlossen werden kann. Gegebenenfalls wird für diese Gebiete eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. In Leinburg werden für alle Teilgebiete bis auf die Kernorte Leinburg und Diepersdorf eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt.

In der Bestandsanalyse wird die aktuelle Situation in der Wärme- und Stromversorgung aufgezeigt. Dazu wird die Flächennutzung sowie Siedlungsstruktur, die bestehenden Energieversorgungsanlagen und -netze und die Verteilung der Wärmeerzeuger analysiert. Darauf basierend wird eine Energie- und Treibhausgasbilanz erstellt. Das bebaute Gebiet umfasst circa 13,9 Prozent der Gemeindefläche. Der Großteil der Wohnbebauung stammt aus den Jahren von 1919 bis 1948 und von 1949 bis 1978. Die Stromerzeugung vor Ort erfolgt durch

ca. 480 PV-Anlagen (meist kleiner als 30 kWp) mit ca. 4.320 MWh pro Jahr sowie durch eine kleine fossile Anlage, die ca. 4.590 MWh pro Jahr erzeugt. Darüber hinaus existieren keine weiteren Stromerzeugungsanlagen. Das Gasnetz versorgt nur industrielle Kunden, Haushalte sind nicht angeschlossen. Im Bereich Wohnen & Kleinverbraucher stammt 65 Prozent der erzeugten Energiemenge für Raumwärme und Warmwasser aus Heizöl, 25 Prozent aus Biomasse. Bei Industrie & Großgewerbe wird 94 Prozent der Wärme (inklusive Prozesswärme) durch die Verbrennung von Erdgas gewonnen, 4 Prozent stammt aus Heizöl. Raumwärme und Warmwasser zur Versorgung von Öffentlichen Einrichtungen wird zu 94 Prozent aus Heizöl und 6 Prozent aus Biomasse erzeugt. 69 Prozent des Strombezugs aus dem Stromnetz ist auf den Bereich Industrie & Großgewerbe zurückzuführen, 29 Prozent auf Wohnen & Kleinverbraucher und nur 2 Prozent auf die Öffentlichen Einrichtungen. Insgesamt summiert sich der thermische Endenergieverbrauch aller Verbrauchergruppen im Gemeindegebiet auf circa 113.900 MWh pro Jahr; der elektrische Endenergieverbrauch, bezogen aus dem Stromnetz, auf 38.500 MWh pro Jahr. Dies entspricht einem Ausstoß von 26.300 bzw. 14.700 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr.

In der Potenzialanalyse 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. Über weite Teile des Gemeindegebiets, um die Ortsteile herum, erstreckt sich ein Landschaftsschutzgebiet, an der südwestlichen Grenze befindet sich ein Vogelschutzgebiet. Auch einige Biotopie sind vorhanden. Die Ortsteile Weißenbrunn und Ernhofen liegen in einem Trinkwasserschutzgebiet, mehrere kleinere Wasserschutzgebiete befinden sich um die Ortsteile Entenberg, Fuchsmühle und Diepersdorf herum. In den verschiedenen Ortsteilen sind mehrere Baudenkmäler vorhanden. Die Betrachtung des Energieeinsparpotenzials durch Sanierung ergibt bei der Mehrheit der Baublöcke hohe Werte von über 50 Prozent. 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 142.000 MWh pro Jahr, wobei das Potenzial der Umweltwärme nicht quantifizierbar ist und somit noch zusätzlich zur Verfügung steht. Das ungenutzte Potenzial von Photovoltaik und Wind zur Erzeugung erneuerbaren Stroms auf dem Gemeindegebiet beläuft sich auf 155.900 MWh<sub>el</sub> pro Jahr. Es wurden für circa 2,8 Prozent der Gebäude in der Gemeinde von den Bürgerinnen und Bürgern Fragebogen zur kommunalen Wärmeplanung ausgefüllt. Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass 53 Prozent 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. Hierbei ist zu beachten, dass es sich lediglich um Energiemengen handelt. Parameter wie Temperatur und Verfügbarkeit der Energiequellen müssen zusätzlich betrachtet werden.

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. In Gebieten mit Wärmenetzzeichnung werden weitere Untersuchungen für eine mögliche Versorgung durch Nahwärme empfohlen. In dezentralen Gebieten ist eine individuelle Wärmeversorgung der einzelnen Gebäude wahrscheinlich. Dennoch ist auch hier eine Versorgung durch kalter Nahwärme oder eines Inselnetzes möglich. In Prüfgebieten liegen besondere Gegebenheiten vor, die vor einer Einstufung durch die Kommune geprüft werden

müssen. Die meisten Baublöcke in der Gemeinde Leinburg sind als wahrscheinlich ungeeignet für ein Wärmenetz eingestuft. Nur das Gebiet um die Grundschule in Diepersdorf wurde als sehr wahrscheinlich geeignet eingestuft. In den restlichen Gebieten ist eine dezentrale Lösung, kalte Nahwärme oder ein Inselnetz wahrscheinlich.

Als Fokusgebiete wird die Errichtung eines Gebäudenetzes um die Grundschule und das dezentrale Gebiet um den Lerchenweg genauer untersucht. An der Grundschule wird eine Versorgung mittels Erdwärmesonden mit Wärmepumpe und Hackschnitzeln zur Spitzenlastabdeckung geprüft. Nach ersten groben Berechnungen liegen die Verbraucherpreise bei circa 22 ct pro kWh netto und damit im wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen. Die Treibhausgasemissionen sinken signifikant im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung. Im dezentralen Fokusgebiet Lerchenweg wird ein Szenario für den Austausch der eingesetzten Energieträger, der damit verbundenen Kosten sowie der Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Gebiet betrachtet. Außerdem werden mögliche Fördermittel erläutert und eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt. Die Wärmegestehungskosten liegen je nach Technologie zwischen 16 und 22 ct pro kWh.

In den Zielszenarien werden für alle Verbrauchergruppen Wege aufgezeigt, wie die Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 klimaneutral werden kann. Auch diese Ergebnisse basieren auf der Bestands- und Potenzialanalyse. Während die Versorgung der privaten Haushalte großteils durch Wärmepumpen erfolgt, benötigt die Industrie, vor allem für die Prozesswärme, eine größere Menge an Grünen Gasen und Direktstrom. Im Falle der kommunalen Liegenschaften und der öffentlichen Großverbraucher liegt das Hauptaugenmerk der Wärmeversorgung auf der Fernwärme und auf Wärmepumpen.

In einem Maßnahmenkatalog werden der Kommune 14 Maßnahmen aufgelistet, welche nach der Wärmeplanung begonnen werden sollten. Vorschläge im Bereich Wärmenetzaufbau, Sanierung und strategischen Ursprungs werden in Stechbriefen genauer beschrieben.

## Inhalt

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Zusammenfassung.....                                            | 1  |
| 2. Eignungsprüfung .....                                           | 11 |
| 2.1. Ausgangslage .....                                            | 11 |
| 2.1.1. Gesetzliche Vorgaben .....                                  | 11 |
| 2.1.2. Prüfgebiete.....                                            | 11 |
| 2.1.3. Einteilungskriterien.....                                   | 12 |
| 2.2. Ergebnis Eignungsprüfung.....                                 | 14 |
| 2.3. Weiteres Vorgehen .....                                       | 15 |
| 2.3.1. Erweiterte Wärmeplanung.....                                | 15 |
| 2.3.2. Verkürzte Wärmeplanung.....                                 | 16 |
| 2.4. Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung.....     | 17 |
| 2.4.1. Energetische Sanierung .....                                | 17 |
| 2.4.2. Erfüllungsoptionen der 65-Prozent-Regelung nach GEG .....   | 17 |
| 2.4.3. Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung.....              | 18 |
| 3. Bestandsanalyse .....                                           | 23 |
| 3.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen .....                  | 23 |
| 3.1.1. Datengrundlagen.....                                        | 23 |
| 3.1.2. Verbrauchergruppen .....                                    | 23 |
| 3.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur .....                    | 24 |
| 3.2.1. Flächennutzung.....                                         | 24 |
| 3.2.2. Siedlungsstruktur .....                                     | 25 |
| 3.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze .....           | 27 |
| 3.3.1. Energieerzeugungsanlagen.....                               | 27 |
| 3.3.2. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung .....                  | 29 |
| 3.3.3. Stromversorgungsnetze .....                                 | 30 |
| 3.3.1. Abwasserkanalnetz .....                                     | 30 |
| 3.4. Wärmeerzeugung: Methodik zur Ermittlung des IST-Zustands..... | 32 |
| 3.5. Energiebilanz Wärme.....                                      | 34 |
| 3.5.1. Wohnen & Kleinverbraucher.....                              | 34 |
| 3.5.2. Industrie & Großgewerbe .....                               | 35 |
| 3.5.3. Öffentliche Einrichtungen .....                             | 36 |
| 3.5.4. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme .....                   | 37 |
| 3.6. Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene.....        | 39 |
| 3.6.1. Absoluter Heizwärme- und Warmwasserbedarf.....              | 40 |

|        |                                                            |    |
|--------|------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.2. | Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche .....   | 41 |
| 3.6.3. | Wärmelinienabdichte .....                                  | 41 |
| 3.7.   | Energiebilanz Strombezug .....                             | 42 |
| 3.7.1. | Methodik .....                                             | 42 |
| 3.7.2. | Zusammenfassung Energiebilanz Strombezug .....             | 43 |
| 3.8.   | Treibhausgasbilanz Wärme und Strom .....                   | 44 |
| 4.     | Potenzialanalyse .....                                     | 47 |
| 4.1.   | Datengrundlage .....                                       | 47 |
| 4.2.   | Schutzgebiete und Denkmalschutz .....                      | 47 |
| 4.2.1. | Schutzgebiete .....                                        | 47 |
| 4.2.2. | Denkmalschutz .....                                        | 48 |
| 4.3.   | Energieeinsparpotenzial durch Sanierung .....              | 49 |
| 4.4.   | Potenziale erneuerbarer Wärme .....                        | 50 |
| 4.4.1. | Oberflächennahe Geothermie .....                           | 50 |
| 4.4.2. | Solarthermie .....                                         | 53 |
| 4.4.3. | Biomasse .....                                             | 55 |
| 4.4.4. | Abwärme .....                                              | 58 |
| 4.4.5. | Sonstige .....                                             | 59 |
| 4.4.6. | Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme .....          | 60 |
| 4.5.   | Potenziale erneuerbarer Strom .....                        | 61 |
| 4.5.1. | Photovoltaik .....                                         | 61 |
| 4.5.2. | Windenergie .....                                          | 63 |
| 4.5.3. | Sonstige .....                                             | 64 |
| 4.5.4. | Zusammenfassung Potenzial Strom .....                      | 65 |
| 4.6.   | Anschlussinteresse an einem Wärmenetz .....                | 65 |
| 5.     | Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse ..... | 68 |
| 6.     | Wärmeversorgungsgebiete .....                              | 69 |
| 6.1.   | Einteilungskriterien .....                                 | 69 |
| 6.2.   | Wärmenetzeignung .....                                     | 70 |
| 7.     | Fokusgebiet Grundschule Diepersdorf .....                  | 72 |
| 7.1.   | Ausgangssituation .....                                    | 72 |
| 7.1.   | Einstufung als Gebäudenetz .....                           | 74 |
| 7.2.   | Auslegung Gebäudenetz .....                                | 74 |
| 7.3.   | Annahmen Berechnung .....                                  | 75 |
| 7.4.   | Ergebnisse Simulation Gebäudenetz .....                    | 77 |

|        |                                                                      |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.5.   | Alternative Wärmeversorgung.....                                     | 79  |
| 8.     | Dezentrales Fokusgebiet Lerchenweg.....                              | 80  |
| 8.1.   | Versorgung des dezentralen Gebiets Lerchenweg.....                   | 80  |
| 8.1.1. | Beschreibung der Bestandssituation .....                             | 80  |
| 8.1.2. | Entwicklung zur Treibhausgasneutralität bis 2040.....                | 81  |
| 8.1.3. | Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines konkreten Versorgungsfalls..... | 84  |
| 9.     | Zielszenario.....                                                    | 87  |
| 9.1.   | Entwicklung des Wärmeverbrauchs .....                                | 87  |
| 9.2.   | Entwicklung der Wärmeerzeugung.....                                  | 89  |
| 9.2.1. | Methodik .....                                                       | 89  |
| 9.2.2. | Wohnen & Kleinverbraucher.....                                       | 91  |
| 9.2.3. | Öffentliche Einrichtungen .....                                      | 92  |
| 9.2.4. | Industrie & Großgewerbe .....                                        | 93  |
| 9.3.   | Energie- und Treibhausgasbilanz 2040 .....                           | 95  |
| 9.4.   | Entwicklung Nahwärme.....                                            | 97  |
| 9.5.   | Zukünftige Versorgungsstruktur .....                                 | 98  |
| 9.6.   | Entwicklung Erdgasnetz.....                                          | 99  |
| 9.7.   | Ausblick Strom.....                                                  | 100 |
| 9.8.   | Vergleich der Kosten verschiedener Versorgungsfälle .....            | 100 |
| 9.8.1. | Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dezentrale Versorgung.....            | 100 |
| 9.8.2. | Bau von neuen Nahwärmenetzen .....                                   | 101 |
| 10.    | Umsetzungsstrategie und Maßnahmen .....                              | 102 |
| 11.    | Literaturverzeichnis.....                                            | 107 |
| 12.    | Hinweise .....                                                       | 113 |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Ergebnis der Eignungsprüfung für Leinburg.....                                                                                                    | 15 |
| Abbildung 2: Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie am Beispiel von Entenberg.[6].....                                                    | 18 |
| Abbildung 3: Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher Geothermie in den einzelnen Prüfgebieten .....                                                             | 19 |
| Abbildung 4: Auszug aus dem Solarkataster des Landkreises Nürnberger Land [7] am Beispiel eines Hauses in Weißenbrunn.....                                     | 20 |
| Abbildung 5: Absoluter Flächenbedarf und Potenzialfläche für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen im Gemeindegebiet Leinburg. [3]..... | 22 |
| Abbildung 6: Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet Leinburg.....                                                                                               | 25 |
| Abbildung 7: Siedlungsentwicklung der Gemeinde Leinburg: Ortsteile Diepersdorf und Leinburg.....                                                               | 26 |
| Abbildung 8: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten .....                                                                                                  | 27 |
| Abbildung 9: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen .....                                                                                                 | 28 |
| Abbildung 10: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister.....                                                                             | 29 |
| Abbildung 11: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken .....                                                                                        | 30 |
| Abbildung 12: Stromversorgungsnetze auf dem Gemeindegebiet .....                                                                                               | 31 |
| Abbildung 13: Kanalnetz mit Durchmesser größer 800 mm und Kläranlage .....                                                                                     | 31 |
| Abbildung 14: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher ...                                                                         | 35 |
| Abbildung 15: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe.....                                                                          | 36 |
| Abbildung 16: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen.....                                                                   | 37 |
| Abbildung 17: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen .....                                                 | 38 |
| Abbildung 18: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen .....                                                                | 38 |
| Abbildung 19: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock .....                                                                          | 40 |
| Abbildung 20: Jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche.....                                                                               | 41 |
| Abbildung 21: Wärmelinien dichten am Beispiel des Ortskerns von Leinburg.....                                                                                  | 42 |
| Abbildung 22: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen .....                                                                              | 43 |
| Abbildung 23: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch.....                                                                                                | 45 |
| Abbildung 24: CO <sub>2</sub> -Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen .....  | 45 |
| Abbildung 25: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet .....                                                                                                       | 48 |
| Abbildung 26: Boden- und Baudenkmäler in Leinburg.....                                                                                                         | 49 |
| Abbildung 27: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [19] .....                                    | 50 |
| Abbildung 28: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie auf bebautem Gebiet ...                                                                          | 52 |
| Abbildung 29: Potenzielle Geothermie Freiflächen .....                                                                                                         | 53 |
| Abbildung 30: Potenzielle Solarthermie-Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten .....                                                             | 54 |
| Abbildung 31: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen.....                                                                                          | 55 |
| Abbildung 32: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand .....                                                   | 56 |

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 33: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im<br>Umkreis von Leinburg .....                       | 57 |
| Abbildung 34: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der im Landkreis Nürnberger Land<br>und im Regierungsbezirk Mittelfranken ..... | 58 |
| Abbildung 35: Potenzialanalyse Abwärme .....                                                                                         | 59 |
| Abbildung 36: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme .....                                                                    | 60 |
| Abbildung 37: PV-Potenzialflächen auf dem Gemeindegebiet .....                                                                       | 62 |
| Abbildung 38: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik .....                                                                       | 63 |
| Abbildung 39: Potenzielle Standorte von Windenergieanlagen .....                                                                     | 64 |
| Abbildung 40: Zusammenfassung Potenzialanalyse Strom .....                                                                           | 65 |
| Abbildung 41: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz .....                                                             | 66 |
| Abbildung 42: Örtliche Übersicht an Gebäuden mit Interesse am Anschluss an ein<br>Wärmenetz .....                                    | 67 |
| Abbildung 43: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom .....                                                    | 68 |
| Abbildung 44: Bewertungsmatrix zur Bestimmung von Wärmenetzeignungsgebieten. ....                                                    | 69 |
| Abbildung 45: Einteilung der Gemeinde Leinburg in Wärmenetzeignungsgebiete. ....                                                     | 71 |
| Abbildung 46: Mögliches Wärmenetz Grundschule Diepersdorf. ....                                                                      | 73 |
| Abbildung 47: Benötigte Wärmeleistung (einschl. Verluste) des Quartiers in kW mit<br>Jahresdauerlinie .....                          | 74 |
| Abbildung 48: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool<br>nPro [40] .....                                  | 75 |
| Abbildung 49: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger .....                                                                         | 78 |
| Abbildung 50: Wärmebedarf und CO <sub>2</sub> -Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet bis<br>zum Zieljahr 2040. ....              | 79 |
| Abbildung 51: Das dezentrale Gebiet Lerchenweg .....                                                                                 | 80 |
| Abbildung 52: Anzahl der Wärmeerzeuger im Gebiet Lerchenweg .....                                                                    | 81 |
| Abbildung 53: Anteil installierter Wärmeerzeuger bis 2040 nach Anzahl .....                                                          | 82 |
| Abbildungen 54: Wärmeerzeugung (oben) und Emissionen CO <sub>2</sub> -Äq. (unten) bis 2040<br>nach Energieträgern .....              | 83 |
| Abbildung 55: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der<br>verschiedenen Heizungsvarianten .....                     | 86 |
| Abbildung 56: Thermischer Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppen bis 2040 .....                                                  | 88 |
| Abbildung 57: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock<br>2030 .....                                        | 88 |
| Abbildung 58: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock<br>2040 .....                                        | 89 |
| Abbildung 59: Entwicklung des CO <sub>2</sub> -Preises (Non-ETS) [49] .....                                                          | 90 |
| Abbildung 60: Zielszenario der Energieträgerverteilung Wohnen & Kleinverbraucher .....                                               | 91 |
| Abbildung 61: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen .....                                               | 93 |
| Abbildung 62: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Raumwärme und<br>Warmwasser Industrie & Großgewerbe .....                 | 94 |
| Abbildung 63: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040 .....                                                                | 96 |
| Abbildung 64: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller<br>Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 .....                 | 97 |
| Abbildung 65: Entwicklung Nahwärme .....                                                                                             | 98 |
| Abbildung 66: Versorgungsstruktur in Leinburg in den Jahren 2030 und 2040 .....                                                      | 99 |

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 67: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der<br>verschiedenen Heizungsvarianten ..... | 101 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Einwohnerzahl .....                                                                | 12  |
| Tabelle 2: Erfüllungsoptionen 65-Prozent-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen...                                                      | 17  |
| Tabelle 3: Datengrundlagen der Bestandsanalyse .....                                                                                        | 23  |
| Tabelle 4: Flächen nach Nutzungsart auf dem Gemeindegebiet der Gemeinde Leinburg<br>[8].....                                                | 24  |
| Tabelle 5: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und<br>Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister ..... | 29  |
| Tabelle 6: Angenommene Leistung der einzelnen Energieträger.....                                                                            | 33  |
| Tabelle 7: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen &<br>Kleinverbraucher.....                                                   | 35  |
| Tabelle 8: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe.....                                                                 | 35  |
| Tabelle 9: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt<br>auf Energieträger .....                            | 36  |
| Tabelle 10: Kennwerte der Energiebilanz Wärme.....                                                                                          | 39  |
| Tabelle 11: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen.....                                                                               | 43  |
| Tabelle 12: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug .....                                                                                    | 44  |
| Tabelle 13: CO <sub>2</sub> -Äquivalente der Energieträger.....                                                                             | 44  |
| Tabelle 14: Kennwerte der Treibhausgasbilanz.....                                                                                           | 46  |
| Tabelle 15: Datengrundlagen der Potenzialanalyse.....                                                                                       | 47  |
| Tabelle 16: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie.....                                                                                | 51  |
| Tabelle 17: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen .....                                                                        | 55  |
| Tabelle 18: Potenzial Biomasse .....                                                                                                        | 56  |
| Tabelle 19: Potenzialanalyse Abwärme.....                                                                                                   | 59  |
| Tabelle 20: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik .....                                                                                | 62  |
| Tabelle 21: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen.....                                                                                  | 63  |
| Tabelle 22: Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. ....                                                                                   | 65  |
| Tabelle 23: Kategorien Einstufung Wärmenetzeignung .....                                                                                    | 70  |
| Tabelle 24: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude .....                                                                                            | 73  |
| Tabelle 25: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung.....                                                                            | 76  |
| Tabelle 26: Preiskomponenten für Kostenschätzung.....                                                                                       | 76  |
| Tabelle 27: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung .....                                                                                 | 76  |
| Tabelle 28: Ergebnisse Simulation Gebäudenetz Grundschule Leinburg .....                                                                    | 77  |
| Tabelle 29: Durchschnittliche Leistung und Gesamtkosten netto von neuen<br>Heizungsanlagen nach dem Austausch .....                         | 84  |
| Tabelle 30: Umsetzungsmaßnahmen Gemeinde Leinburg .....                                                                                     | 103 |
| Tabelle 31: Legende für Maßnahmenkatalog in Anlehnung an [60] [36] .....                                                                    | 104 |

## 2. Eignungsprüfung

### 2.1. Ausgangslage

#### 2.1.1. Gesetzliche Vorgaben

Um den aktuell in der Erstellung befindlichen kommunalen Wärmeplan der Gemeinde Leinburg mit den künftigen Anforderungen an eine Wärmeplanung zu versehen, werden die Vorgaben des seit dem 01.01.2024 in Kraft getretenen Wärmeplanungsgesetzes (WPG) mitberücksichtigt. Daher wird zu Beginn der Planung die Gemeinde auf Teilgebiete geprüft, bei welchen eine Wärmeversorgung durch ein Wärme-, Biomethan- oder Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht in Frage kommt (§14 WPG).

Die im Gesetzestext gelisteten Kriterien zur Eignungsprüfung sind in Kapitel 2.1.3 beschrieben. Falls für ein Teilgebiet eine leitungsgebundene Versorgung ausgeschlossen wird, kann eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden, außer es handelt sich um ein Gebiet mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial (§18 Absatz 5 WPG). Dazu zählen Sanierungsgebiete (§136 Baugesetzbuch) und Gebiete mit einem hohen Anteil an Gebäuden mit einem hohen spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme.

Alle fünf Jahre, aber spätestens bis Ende 2030, soll der Wärmeplan fortgeschrieben werden (§25 WPG). Im Zuge der Fortschreibung werden die Teilgebiete erneut auf eine leitungsgebundene Wärmeversorgung überprüft.

Für Bürgerinnen und Bürger, die in einem Teilgebiet mit einer verkürzten Wärmeplanung wohnen, ist anzunehmen, dass sie sich in Zukunft eigenständig um die Einhaltung der 65-Prozent-Regelung (§71 Absatz 1 Gebäudeenergiegesetz) kümmern müssen.

Laut dem Antragsentwurf zu einem Wasserstoff-Kernnetz der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. soll das zukünftige Wasserstoff-Kernnetz 2032 durch den Landkreis Nürnberger Land verlaufen [1]. Laut dem Netzbetreiber N-ERGIE Netz GmbH wird die Priorität bei der Versorgung mit Wasserstoff zuerst auf der energieintensiven Industrie und den Kraftwerken liegen. Ob auch eine Versorgung von privaten Haushalten möglich ist, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht festsetzen, aber als in der ersten Stufe des Markthochlaufs als unwahrscheinlich einstufen. In einem Rechtsgutachten der Rechtsanwälte Günther für das Umweltinstitut München wird dargelegt, dass eine Wärmeplanung, die bis Mitte 2026 bzw. 2028 fertiggestellt werden muss, bei der aktuellen Sachlage nicht von einer Geeignetheit der Wasserstoffplanung für Haushalte ausgehen kann [2]. Aus diesem Grund wird in diesem Wärmeplan die Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes über darüberliegende Netzebenen als nicht sichergestellt eingeordnet (§71k Absatz 3 Gebäudeenergiegesetz). Dies kann sich in Zukunft ändern und ist bei der nächsten Fortschreibung des Wärmeplans zu berücksichtigen. Zudem ist aufgrund der Umwandlungsverluste und Verfügbarkeit der Einsatz von Wasserstoff zur Bereitstellung von Raumwärme als kritisch zu sehen.

#### 2.1.2. Prüfgebiete

Die umliegenden bebauten Gebiete der Gemeinde Leinburg wurden in insgesamt 16 Teilgebiete eingeteilt. Tabelle 1 listet die Teilgebiete mit der zugeordneten Nummer, Bezeichnung und der im Teilgebiet befindlichen Einwohnerzahl auf. In *Abbildung 1* sind die Teilgebiete kartografisch abgebildet. Zum Kerngebiet wird neben dem Ort Leinburg auch das Dorf Diepersdorf

gezählt. Diese Ortschaften werden im Zuge der Eignungsprüfung nicht untersucht. Hier ist eine erweiterte Wärmeplanung festgeschrieben.

*Tabelle 1: Prüfgebiete mit Nummerierung, Bezeichnung und Einwohnerzahl*

| Nummer | Bezeichnung     | Einwohnerzahl<br>(31.12.2023) |
|--------|-----------------|-------------------------------|
| 1      | Scherau         | 14                            |
| 2      | Heiligenmühle   | 8                             |
| 3      | Fuchsmühle      | 5                             |
| 4      | Forsthaus       | 2                             |
| 5      | Weißbrunn       | 805                           |
| 6      | Ernhofen        | 83                            |
| 7      | Winn            | 91                            |
| 8      | Gersdorf        | 377                           |
| 9      | Pötzling        | 52                            |
| 10     | Gersberg        | 52                            |
| 11     | Reuth           | 19                            |
| 12     | Unterhaidelbach | 423                           |
| 13     | Weihersberg     | 38                            |
| 14     | Pühlhof         | 34                            |
| 15     | Entenberg       | 340                           |
| 16     | Oberhaidelbach  | 211                           |

### 2.1.3. Einteilungskriterien

Wie in Kapitel 2.1.1 bereits erwähnt, gibt das Wärmeplanungsgesetz Kriterien zur Eignungsprüfung vor. Im Folgenden werden die Kriterien zur Bewertung einer Wärmeversorgung mittels **Wärmenetz** aufgezählt:

- Art der Siedlungsstruktur
- Wärmenetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Wärmenetz
- Konkretes Abwärmepotenzial vorhanden
- Konkretes Potenzial Wärme aus Erneuerbaren Energien vorhanden
- Stromnetz Hoch- / Mittelspannung vorhanden
- Grobe Schätzung spezifischer Wärmebedarf in kWh/(a\*m<sup>2</sup>) (anhand der Daten des Energieatlas Bayern [3])

Die Bewertung einer Wärmeversorgung mittels eines **Biomethan- oder Wasserstoffnetzes** erfolgt unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Art der Siedlungsstruktur
- Stromnetz Hoch- / Mittelspannung vorhanden
- Gasnetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Gasnetz
- Konkrete Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Biomethan/Wasserstoff vorhanden
- Grobe Schätzung spezifischer Wärmebedarf in kWh/(a\*m<sup>2</sup>) (anhand der Daten des Energieatlas Bayern)

Zudem werden die Teilgebiete auf potenzielle städtebauliche Sanierungsmaßnahmen sowie auf einen hohen Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme überprüft.

Jedes Teilgebiet wird nach diesen Kriterien bewertet und mit einer Punktzahl von 0, 1.5 oder 3 versehen. Wenn z.B. in einem Gebiet ein Wärmenetz vorhanden ist, gibt es für die Kategorie „*Wärmenetz vorhanden bzw. Entfernung zum nächsten Wärmenetz*“ 3 Punkte. Das in unmittelbarer Nähe gelegene Gebiet ohne Wärmenetz erhält 1.5 Punkte. Gebiete fernab von Wärmenetzen erhalten keinen Punkt.

Alle einzelnen Kriterien der Wärmenetz- bzw. Biomethan-/Wasserstoffnetz-Bewertung werden gewichtet und erhalten am Ende eine Gesamtpunktzahl. Diese Gewichtung ist so ausgelegt, dass ein Gebiet höchstens 3 Punkte in einer Bewertung erlangen kann. Wenn z.B. ein Gebiet in der Kategorie Siedlungsstruktur 3 Punkte erhält und diese Kategorie mit einer Gewichtung von 10 Prozent in die Berechnung eingeht, bringt es dem Gebiet einen Wert von 0.3 in der Netz-Gesamtwertung.

Wenn die Gesamtzahl eines Gebietes den Wert 2 überschreitet, ist eine Wahrscheinlichkeit einer Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz gegeben. Für Gebiete, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz eignen, findet eine verkürzte Wärmeplanung statt. Falls für ein Gebiet eine der drei Möglichen leitungsgebundener Wärmeversorgungsarten zutrifft, wird eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt.

## 2.2. Ergebnis Eignungsprüfung

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis der Eignungsprüfung kartografisch auf. Alle rot dargestellten Gebiete werden einer verkürzten Wärmeplanung unterzogen. Für die grün gefärbten Teilgebiete wird, wie auch für die Kernstadt, eine erweiterte Wärmeplanung durchgeführt. Die Bezeichnungen der einzelnen Gebiete sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Im Gemeindegebiet besteht bisher kaum Netzinfrastruktur, die für eine spätere Versorgung genutzt werden kann. Es existieren keine Wärmenetze und bis auf den Ort Diepersdorf auch kein Gasnetz. Darüber hinaus gibt es in den Teilgebieten keine konkreten Abwärmepotenziale. Die Siedlungsstruktur besteht in großen Teilen aus Einfamilienhäusern niedriger Dichte mit geschätzten niedrigen relativen Wärmebedarfen.

Dies hat zur Folge, dass sich die Teilgebiete außerhalb der beiden Kernorte als mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Wärmeversorgung durch ein Wärme- oder Biomethan-/Wasserstoffnetz eignen.

Städtebauliche Sanierungsmaßnahmen sind in keinem Teilgebiet vorgesehen, ein hoher Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme liegt nicht vor.

Aus diesem Grund wird für alle 16 Teilgebiete eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt.

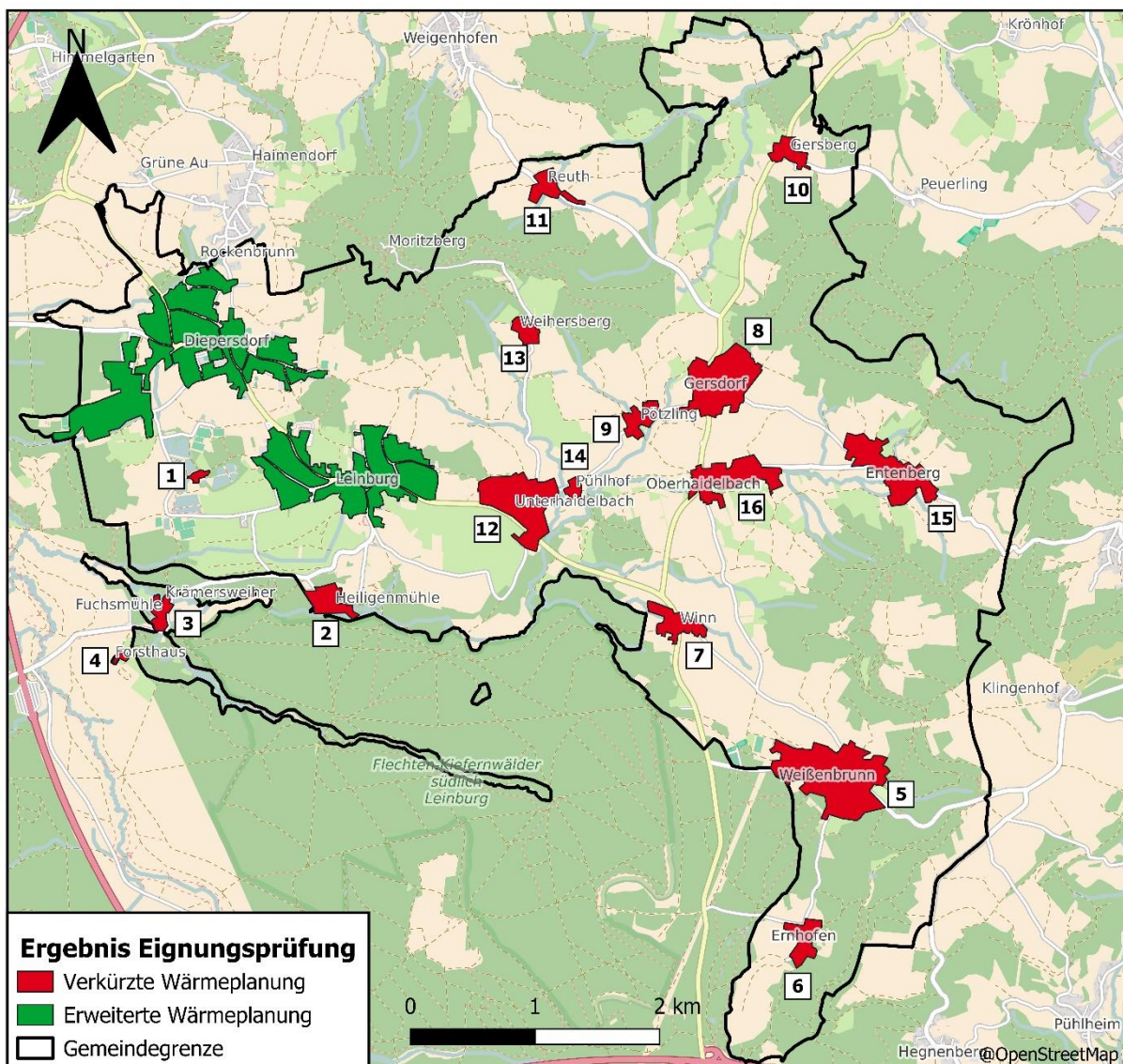


Abbildung 1: Ergebnis der Eignungsprüfung für Leinburg

## 2.3. Weiteres Vorgehen

### 2.3.1. Erweiterte Wärmeplanung

Für eine erweiterte kommunale Wärmeplanung ist eine detaillierte Bestands- und Potenzialanalyse vorgesehen. Ein gebäudescharfes Wärmekataster wird erstellt und potenzielle Quellen von Wärme aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme ermittelt. Die Gemeinde wird in Wärmeversorgungsgebiete mit zentraler oder dezentraler Wärmeversorgung eingeteilt. Dadurch werden der Kommune Empfehlungen gegeben, in bestimmten Gebieten eine tiefgreifendere Analyse zu einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung durchzuführen. Unter Berücksichtigung des Zieljahres 2040 wird schrittweise ein Fahrplan aufgezeigt, wie die Gemeinde Leinburg klimaneutral werden kann. Weiterhin werden erste Umsetzungsmaßnahmen skizziert und zwei Fokusgebiete genauer untersucht und damit die nächsten Schritte für die Kommune nach Beendigung der Wärmeplanung aufgezeigt.

### 2.3.2. Verkürzte Wärmeplanung

Eine verkürzte Wärmeplanung beinhaltet keine detaillierte Bestands- und Potenzialanalyse. Das Teilgebiet wird als voraussichtliches Gebiet für eine dezentrale Wärmeversorgung eingeordnet. Lediglich sind Potenziale zu ermitteln, die für eine dezentrale Wärmeversorgung in Betracht kommen. Bei der nächsten Fortschreibung des Wärmeplans wird erneut jedes Teilgebiet auf eine zentrale Wärmeversorgung untersucht. Gegebenenfalls haben sich ein oder mehrere Kriterien geändert, was dann auf ein anderes Ergebnis schließen lässt. Für Bürgerinnen und Bürger ist jedoch derweil davon auszugehen, dass sich in Teilgebieten einer verkürzten Wärmeplanung eigenständig um die Einhaltung der 65-Prozent-Regelung nach dem Gebäudeenergiegesetz gekümmert werden muss. Im nachfolgenden Kapitel werden die Möglichkeiten der zukünftigen dezentralen Wärmeversorgung sowie die Potenziale erneuerbarer Energien auf dem Gemeindegebiet aufgezeigt.

Zu erwähnen ist, dass die Einordnung eines Teilgebietes als Gebiet mit verkürzter Wärmeplanung auf Abschätzungen anhand von groben Wärmebedarfs- und Wärmepotenzialwerten beruht. Das bedeutet, dass die Umsetzung eines Wärmenetzes auch bei verkürzter Wärmeplanung nicht kategorisch auszuschließen ist. Jedoch benötigt es für eine mögliche Umsetzung die Initiative und die Ambitionen der Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer, ein Wärmenetz möglicherweise im Rahmen einer Genossenschaft zu errichten und zu betreiben.

## 2.4. Zukünftige Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung

Jedes Gebäude ist individuell und bedarf daher einer Einzelbetrachtung. Im Folgenden werden Möglichkeiten dezentraler Wärmeversorgung aufgezeigt, es handelt sich jedoch um eine generelle Aufzählung und dient nur der ersten Einschätzung. Für tiefergehende Empfehlungen ist eine Energieberatung notwendig.

### 2.4.1. Energetische Sanierung

Grundsätzlich ist zu empfehlen, vor dem Heizungstausch eine Energieberatung durchführen zu lassen. Diese wird staatlich bezuschusst (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle [4]). Eine Energieberatung für ein Einfamilienhaus wird derzeit (Oktober 2024) mit 50 Prozent (max. 650 €) gefördert (da Änderungen möglich sind, sollten die aktuell geltenden Förderbedingungen vor Beantragung geprüft werden). In den meisten Fällen wird eine (Teil-) Sanierung vor dem Austausch der Heizung vorgeschlagen.

### 2.4.2. Erfüllungsoptionen der 65-Prozent-Regelung nach GEG

Ab dem 01.07.2028 werden in Leinburg die Regelungen der Gebäudeenergiegesetz-Novelle (GEG) vom 01.01.2024 in Kraft treten. Diese beinhaltet u.a. die 65-Prozent-Regelung für neue Heizungen. Dies bedeutet, dass neu eingebaute Heizungen mindestens 65 Prozent ihrer Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme bereitstellen müssen (§71 Absatz 1 GEG). Tabelle 2 listet die Erfüllungsoptionen für dezentrale Heizungen auf. Bei Unklarheiten zwecks der genauen eigenen Versorgungsoptionen sollte eine individuelle Beratung durchgeführt werden. Die Gemeinde Leinburg wird für diesen Zweck zeitnah einen Energieberater einstellen, nähere Informationen sind auf der Homepage zu finden.

Tabelle 2: Erfüllungsoptionen 65-Prozent-Regelung nach GEG für dezentrale Heizungen

| Technologie                       | Anmerkung                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wärmepumpe</b>                 | Bei vollständiger Deckung des Wärmebedarfs. Sole-Wasser, Wasser-Wasser, Luft-Wasser, Luft-Luft.                                                                     |
| <b>Stromdirektheizung</b>         | Sehr hohe Anforderung an baulichen Wärmeschutz.                                                                                                                     |
| <b>Solarthermische Anlage</b>     | Deckungsanteil von 65 Prozent in der Regel nicht möglich. Ergänzung von weiteren erneuerbaren Energien nötig.                                                       |
| <b>Feste Biomasse</b>             | Aufgrund begrenzter Verfügbarkeit nur für bestimmte Anwendungsfälle zu empfehlen (siehe Kapitel 2.4.3).                                                             |
| <b>Wärmepumpen-Hybridheizung</b>  | Wärmepumpe im Vorrangbetrieb. Fossile Spitzenlasterzeuger müssen Brennwärtekessel sein.                                                                             |
| <b>Solarthermie-Hybridheizung</b> | Mindestaperturfläche beachten. Anteil ergänzender Brennstoff mind. 60 Prozent Biomasse oder grüner oder blauer Wasserstoff.                                         |
| <b>Gas- und Ölheizung</b>         | Vor 01.07.2028 Einbau neuer Anlagen weiterhin erlaubt. Ab 2029 steigender Anteil an bereitgestellter Wärme aus Grünen Gasen notwendig. Beratungspflicht vor Einbau. |

Die oben stehenden Technologien erfüllen die Anforderungen der 65-Prozent -Regelung des GEG automatisch (vereinfachtes Verfahren im Bestand). Kommt eine anderweitige Konstellation an Wärmeerzeugern zum Einsatz, ist der voraussichtliche Anteil erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung durch Berechnung zu bestimmen. Hierbei wird softwarebasiert ein Modell des zu betrachtenden Gebäudes erstellt sowie ein Profil des Wärmebedarfs ermittelt. Dies ist von einer Fachkraft durchzuführen. Weitere erste

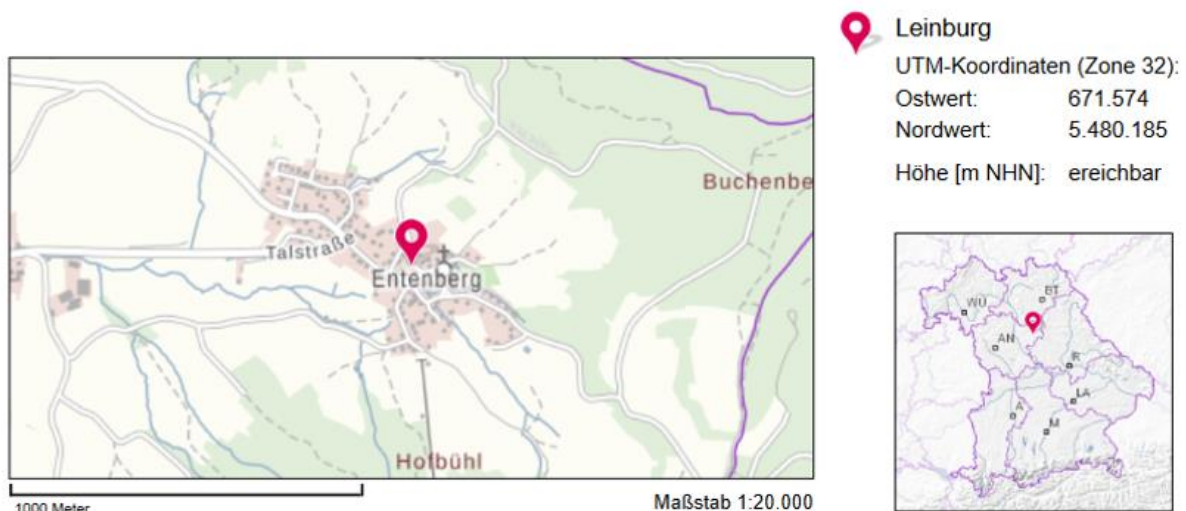
Informationen enthält die Broschüre „Novelle des GEG auf einen Blick“ der Bundesregierung [5].

### 2.4.3. Potenziale für dezentrale Wärmeversorgung

#### Geothermie:

Erdwärme stellt ein großes Potenzial der zukünftigen Wärmeversorgung dar. Mittels einer Wärmepumpe können die niedrigen Bodentemperaturen auf Raumheizungsniveau gebracht werden. Die höheren Temperaturen des Erdreiches gegenüber der Außenluft im Winter reduzieren die nötige Strommenge einer erdwärmebetriebenen Wärmepumpe gegenüber einer Luft-Wärmepumpe. Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kann auf drei verschiedene Arten genutzt werden. Erdwärmekollektoren werden flächendeckend direkt unter der Oberfläche eingebracht. Für Erdwärmesonden werden vertikale Bohrungen durchgeführt (50 – 300 m Tiefe). Bei Grundwasserwärmepumpen wird Grundwasser gefördert und ausgekühlt. Im Umwelt-Atlas des Bayerischen Landesamt für Umwelt [6] können für jedes Grundstück in der Gemeinde Leinburg erste Informationen zur möglichen Nutzung von Geothermie gefunden werden (siehe Abbildung 2).

#### Standortauskunft Erdwärmesonden

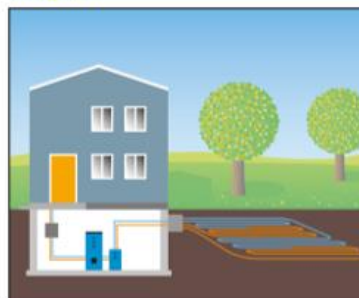


#### Ersteinschätzung für oberflächennahe Entzugssysteme am Standort

Erdwärmesonde:  
**möglich**



Erdwärmekollektor:  
**möglich**



Grundwasserwärmepumpe:  
**möglich (Einzelfallprüfung)**



Abbildung 2: Erste Informationen zur potenziellen Nutzung von Geothermie am Beispiel von Entenberg.[6]

Abbildung 3 zeigt welche Arten von oberflächennaher Geothermie in den jeweiligen Prüfgebieten mit dezentraler Wärmeversorgung möglich sind. In manchen Fällen muss eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Behörde oder einen privaten Fachgutachter durchgeführt werden.

| Prüfgebiete |                 | Nutzungsmöglichkeiten oberflächennahe Geothermie     |                                                                                                 |                                                      |
|-------------|-----------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Nummer      | Bezeichnung     | Erdwärmekollektoren                                  | Erdwärmesonden                                                                                  | Grundwasserwärmepumpen                               |
| 1           | Scherau         | Ja, mit Einzelfallprüfung                            | Nein, nicht möglich<br>(hydrogeologisch und geologisch oder wasserwirtschaftlich kritisch)      | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 2           | Heiligenmühle   | Ja, mit Einzelfallprüfung                            | Nein, nicht möglich<br>(hydrogeologisch und geologisch oder wasserwirtschaftlich kritisch)      | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 3           | Fuchsmühle      | Ja, mit Einzelfallprüfung (teils Wasserschutzgebiet) | Nein, Wasserschutzgebiet bzw. hydrogeologisch und geologisch oder wasserwirtschaftlich kritisch | Ja, mit Einzelfallprüfung (teils Wasserschutzgebiet) |
| 4           | Forsthaus       | Ja                                                   | Nein, nicht möglich<br>(hydrogeologisch und geologisch oder wasserwirtschaftlich kritisch)      | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 5           | Weißbrunn       | Nein, Wasserschutzgebiet                             | Nein, Wasserschutzgebiet                                                                        | Nein, Wasserschutzgebiet                             |
| 6           | Ernhofen        | Nein, Wasserschutzgebiet                             | Nein, Wasserschutzgebiet                                                                        | Nein, Wasserschutzgebiet                             |
| 7           | Winn            | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 8           | Gersdorf        | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 9           | Pötzling        | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 10          | Gersberg        | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 11          | Reuth           | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 12          | Unterhaidelbach | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 13          | Weihersberg     | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 14          | Pühlhof         | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 15          | Entenberg       | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |
| 16          | Oberhaidelbach  | Ja                                                   | Ja                                                                                              | Ja, mit Einzelfallprüfung                            |

Abbildung 3: Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher Geothermie in den einzelnen Prüfgebieten

### Solarenergie:

Photovoltaik und Solarthermie können eine finanziell rentable Ergänzung zur Strom- und Wärmeversorgung sein. Mit Hilfe des Solarpotenzialkatasters des Landkreises Nürnberger Land [7] können erste Abschätzungen zur Wirtschaftlichkeit einer PV- oder Solarthermie-Anlage auf jedem Haus gemacht werden (siehe Abbildung 4).

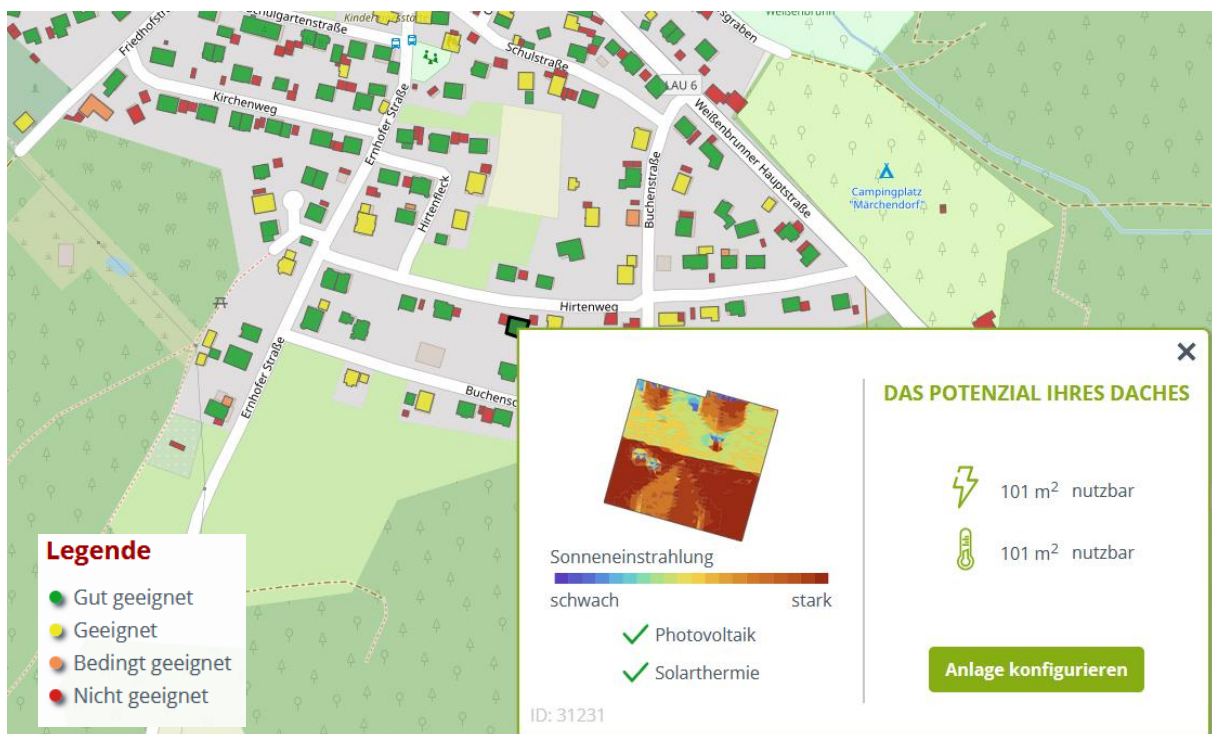


Abbildung 4: Auszug aus dem Solarkataster des Landkreises Nürnberger Land [7] am Beispiel eines Hauses in Weißenbrunn

### Feste Biomasse:

Heizungsanlagen zur Nutzung fester Biomasse erfüllen die 65-Prozent-Regelung des GEG, wenn sie der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen entsprechen. Allerdings ist es bei der Wärmebereitstellung auf Basis der Verbrennung von Biomasse grundsätzlich essenziell, die Ressource ausschließlich in nachwachsendem Ausmaß sowie durch regionalen Bezug zum Einsatz zu bringen. Als zur Verfügung stehendes Potenzial kann dabei der jährliche Aufwuchs innerhalb des Gemeindegebiets betrachtet werden. Für eine nachhaltige energetische Verwertung von Holz können fünf Grundregeln herangezogen werden:

- Vermeidung von Energieverbrauch (Dämmung)
- Verhältnismäßige Ertüchtigung bestehender Wärmeverteilsystemen in Gebäuden (Vergrößerung von Heizkörpern im Bestand, Großflächige Wärmeübertragung im Neubau, Hydraulischer Abgleich)
- Grundsätzlich: Bevorzugung verbrennungsfreier Energieerzeugung
- Vorrang stofflicher Verwertung von Holz (falls möglich)
- Nutzung effizienter und emissionsarmer Anlagen für die Verbrennung von Holz

Werden diese Grundregeln beachtet und besteht aufgrund der Rahmenbedingungen vor Ort keine Möglichkeit auf eine verbrennungsfreie Wärmebereitstellung zurückzugreifen, kann der regionale Bezug von Waldresthölzern und Koppelprodukten des Holzverarbeitenden Gewerbes als nachhaltig betrachtet werden.

Die Technologie der Holzvergasung bietet die Möglichkeit die thermische Verwertung von Holz mit der Kraft-Wärme-Kopplung zu verbinden und so neben Wärme auch Strom bereitzustellen. Einen Nachteil dieser Technologie stellen die miteinhergehenden Anforderungen an den eingesetzten Brennstoff dar. Um einen stabilen parallelen Prozess der Verbrennung und

Vergasung innerhalb des Reaktors sicherzustellen, sind durch den Brennstoff in jedem Fall gewisse Grenzwerte der Stückigkeit, des Feingutanteils, des Fremdanteils und des Wassergehalts einzuhalten. Diesen Anforderungen steht der Vorrang der stofflichen Verwertung qualitativ hochwertiger Hölzer gegenüber, welche so als Ersatz für energieintensive Baustoffe und gleichzeitig als Kohlenstoffsенke dienen. Noch schwerwiegender ist dieser Gegensatz bei der gezielten Holzernte für die Produktion von Holz-Pellets, an deren Ausgangsmaterial ebenfalls entsprechende Anforderungen gestellt werden. Des Weiteren ist beim Einsatz von Holzpellets vor dem Hintergrund zentralisierter Produktionsstätten der Aspekt des regionalen Bezugs in Frage zu stellen.

Abbildung 5 zeigt den absoluten Flächenbedarf von Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen (grünes Rechteck) für das Gemeindegebiet von Leinburg (rote Fläche). Mit Biomasse ist hier ausschließlich Holz gemeint (Waldholz, Industrie(rest)holz, Sägenebenprodukte, Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Flur- und Siedlungsholz). Diese Graphik entstammt dem Energie-Atlas-Bayern [3] und basiert auf statistischen Berechnungen der aktuellen Wärmeversorgung. Das gepunktete grüne Rechteck zeigt die Potenzialfläche der Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen in dem Gemeindegebiet auf. Es ist zu erkennen, dass bereits jetzt die Bedarfsfläche für Biomasse beinahe die Größe der Potenzialfläche erreicht hat. Wenn in Zukunft Gas und Öl in großem Maße von Biomasse als Energieträger zum Heizen ersetzt werden, wird der Bedarf das Potential bald übersteigen. Dadurch wird deutlich, dass die Verbrennung von Biomasse im Gemeindegebiet nur unter Sicherstellung der genannten Kriterien erweitert werden sollte.

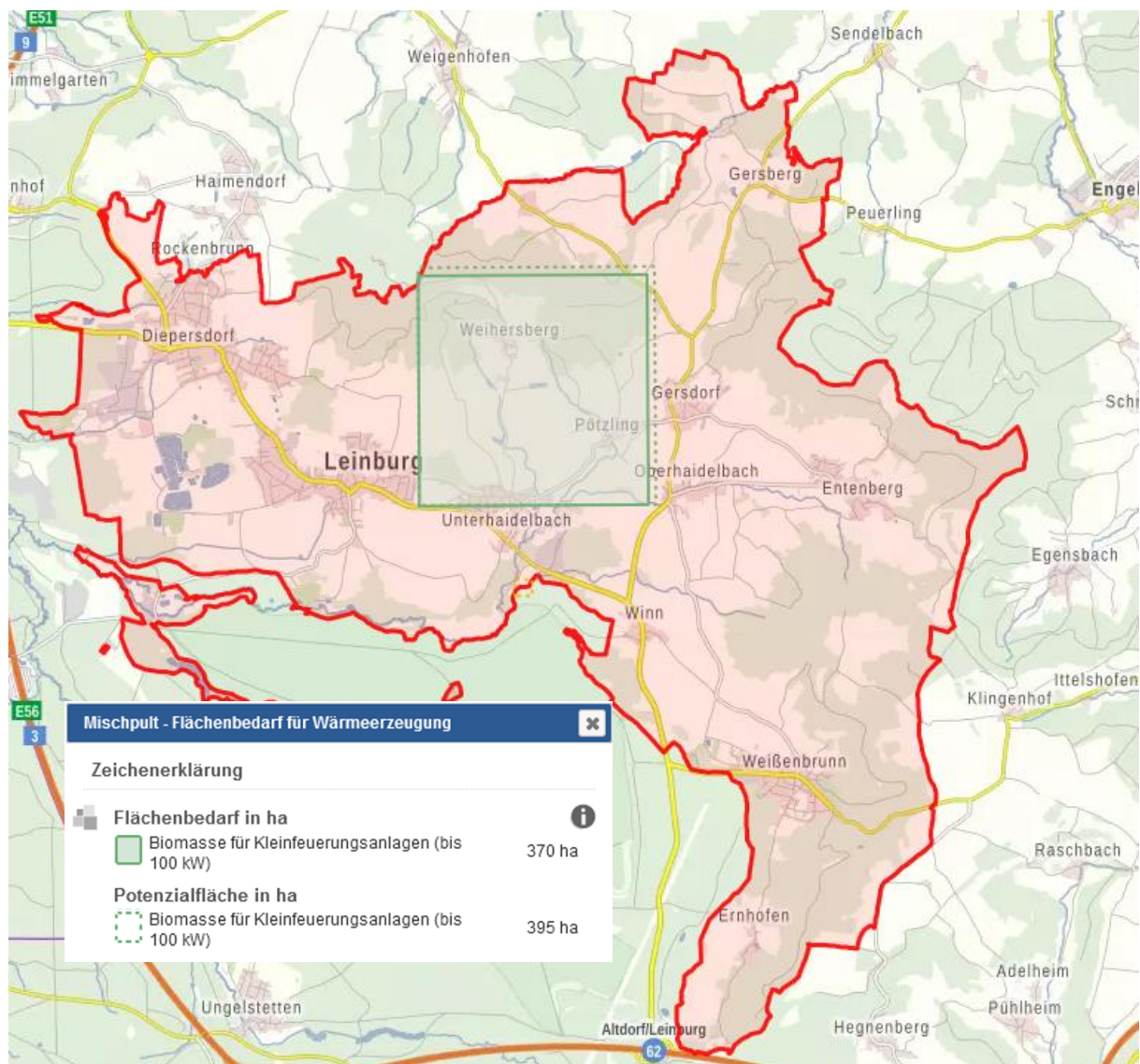


Abbildung 5: Absoluter Flächenbedarf und Potenzialfläche für die Bereitstellung fester Biomasse für Kleinfeuerungsanlagen im Gemeindegebiet Leinburg. [3]

## 3. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden die aktuelle Energieversorgung, die dazugehörige Infrastruktur und die bestehenden Energieerzeugungsanlagen untersucht. Zudem wird eine Treibhausgasbilanz für die Sektoren Wärme und Strom erstellt.

### 3.1. Datengrundlagen und Verbrauchergruppen

In diesem vorgelagerten Kapitel werden die Datengrundlagen der Bestandsanalyse sowie die Einteilung der Verbrauchergruppen dargestellt und genauer erläutert.

#### 3.1.1. Datengrundlagen

Für die Bestandsanalyse der kommunalen Wärmeplanung sind Daten externer Akteure eine Grundvoraussetzung. In Tabelle 3 sind tabellarisch die Quellen der jeweiligen Daten für die verschiedenen Abschnitte der Bestandsanalyse aufgelistet.

*Tabelle 3: Datengrundlagen der Bestandsanalyse*

| Kapitel                                           | Datengrundlage                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gebäude- und Siedlungsstruktur                    | ALKIS, Gemeinde Leinburg                                                                                                                                       |
| Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze     | Energie-Atlas Bayern, Marktstammdatenregister, N-ERGIE AG, N-ERGIE Netz GmbH, lokale Akteure                                                                   |
| Wärmeerzeugung                                    | Kehrbuchdaten Leinburg, N-ERGIE Netz GmbH, Gemeinde Leinburg                                                                                                   |
| Energiebilanz Wärme                               | Energie-Atlas Bayern, Kehrbuchdaten Leinburg, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Gemeinde Leinburg, N-ERGIE Netz GmbH                                         |
| Energiebilanz Strombezug                          | N-ERGIE Netz GmbH, Gemeinde Leinburg                                                                                                                           |
| Treibhausgasbilanz Wärme und Strom                | Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH u.a.                                                                                                    |
| Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene | Wärmekataster des digitalen Energienutzungsplans des Landkreises Nürnberger Land, Fragebogen Industrie & Großgewerbe, Fragebogen an die Bürgerinnen und Bürger |

#### 3.1.2. Verbrauchergruppen

Die Verbraucher auf dem Gemeindegebiet Leinburg werden im Zuge der Bestandsanalyse in drei Verbrauchergruppen eingeteilt:

- Wohnen & Kleinverbraucher
- Industrie & Großgewerbe
- Öffentliche Einrichtungen

Diese Unterteilung geht auf die von den Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Daten zurück. Die tatsächlichen Verbrauchswerte für Strom und Gas werden in Großkunden und Jahreskunden aufgeteilt. Somit sind Industrie & Großgewerbe separat aufgelistet und lassen sich von privaten Haushalten und kleineren Gewerbebetrieben unterscheiden. Die möglichen Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Wärmesektors sind bei Kleingewerbe und privaten Haushalten miteinander vergleichbar, da hier die Wärmeverbräuche in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Die Daten der Verbrauchergruppe Öffentliche Einrichtungen

basieren auf tatsächlichen Verbräuchen und lassen sich somit von den anderen beiden Verbrauchergruppen differenzieren. Die Abgrenzung dieser Verbrauchergruppe ist außerdem sinnvoll, da der Kommune bei eigenen Gebäuden und öffentlichen Verbrauchern andere Handlungsmöglichkeiten als den privaten Verbrauchern zur Verfügung stehen.

Unter Öffentlichen Einrichtungen werden grundsätzlich alle Gebäude und Infrastruktur zusammengefasst, die sich im Eigentum der Kommune, des Landes oder des Bundes befinden. In Leinburg werden nur kommunale Liegenschaften untersucht. Dazu gehören auch im Eigentum der Gemeinde befindliche Wohnhäuser, Ampelanlagen und Abwasser-Infrastruktur.

Die Kategorie Wohnen & Kleinverbraucher umfasst neben privaten Haushalten und Kleingewerbe auch Wohn- und Pflegeheime, private Schulen und kirchliche Einrichtungen.

## 3.2. Flächennutzung und Siedlungsstruktur

Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung wird die Flächennutzung und die Siedlungsstruktur auf dem Gemeindegebiet Leinburg untersucht. Diese Daten sind für die Abschätzung des Wärmebedarfs sowie für die Potenzialanalyse von Bedeutung.

### 3.2.1. Flächennutzung

Durch Auswertung der von der Kommune zur Verfügung gestellten ALKIS-Daten wird ein Überblick über die Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet geschaffen. Abbildung 6 zeigt kartografisch die Flächennutzung im Gemeindegebiet.

Wald und Landwirtschaft nehmen zusammen mehr als 80 Prozent der Fläche ein. Der Rest der Fläche wird überwiegend für Siedlung und Verkehr genutzt. In Tabelle 4 sind die Flächen nach Nutzungsart in Hektar und prozentual zum gesamten Stadtgebiet aufgelistet.

*Tabelle 4: Flächen nach Nutzungsart auf dem Gemeindegebiet der Gemeinde Leinburg [8]*

| Nutzungsart                   | Fläche [ha]  | Fläche [%] |
|-------------------------------|--------------|------------|
| Wald                          | 1.031        | 35,0       |
| Landwirtschaft                | 1.371        | 46,6       |
| Siedlungs- und Verkehrsfläche | 409          | 13,9       |
| Sonstiges Gebiet              | 133          | 4,5        |
| <b>Gesamtes Gebiet</b>        | <b>2.944</b> | <b>100</b> |

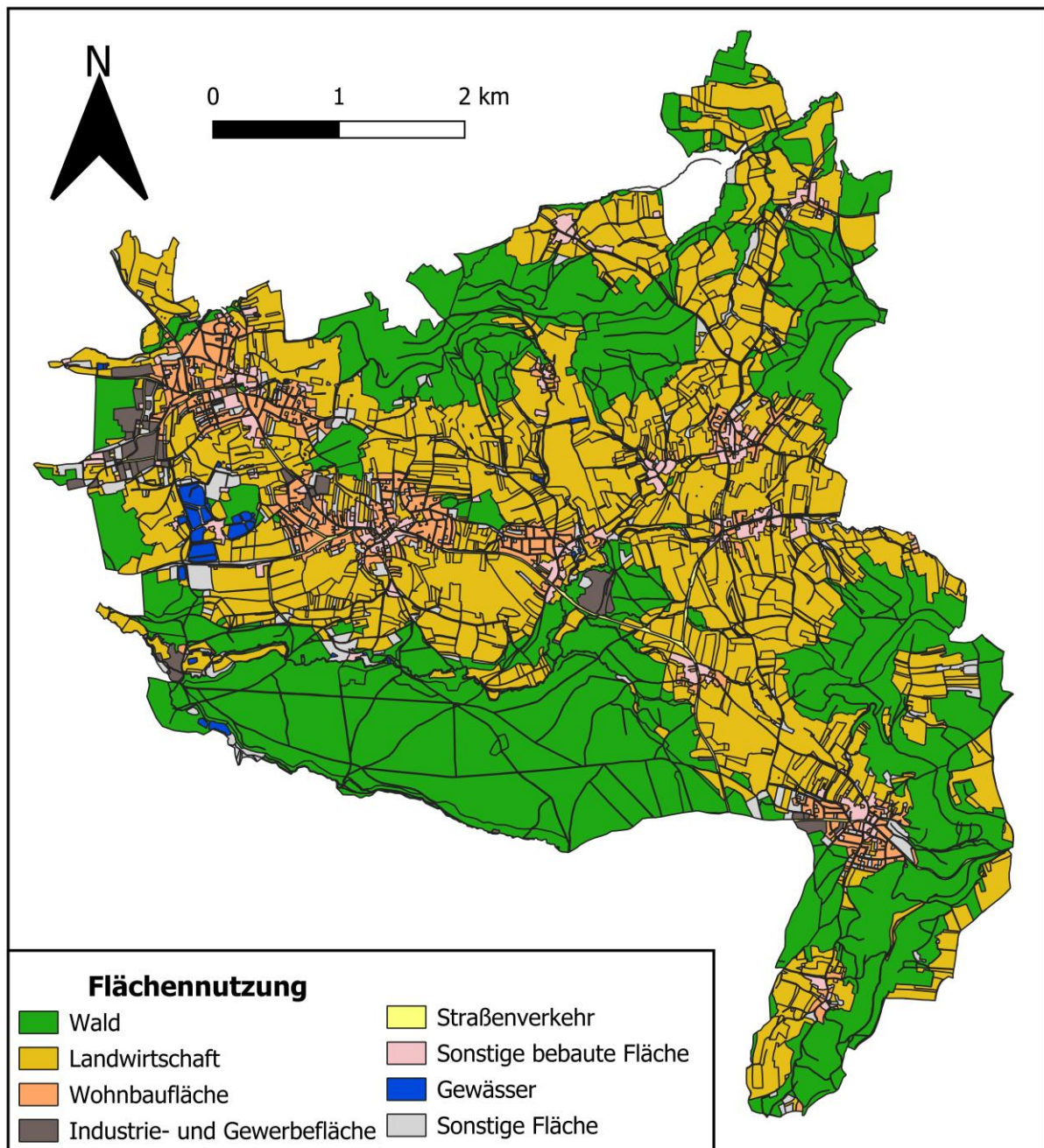


Abbildung 6: Flächennutzung auf dem Gemeindegebiet Leinburg

### 3.2.2. Siedlungsstruktur

In Abbildung 7 ist die Siedlungsentwicklung für die Kernorte Leinburg und Diepersdorf aufgezeigt. Diese wurde anhand des Zeitreise-Tools des BayernAtlas erstellt [9]. Die Ortskerne stammen aus der Zeit vor 1948. Die Mehrheit der Baublöcke sind in den Jahren von 1949 bis 1978 entstanden. Das Gewerbegebiet in Diepersdorf wurde in den 1980er- und 1990er-Jahren gebaut. Es gibt in Diepersdorf ein Neubaugebiet aus den 2000ern.

Zum Zwecke des Datenschutzes und der besseren Veranschaulichung wird das bebaute Gebiet in kleinere Baublöcke eingeteilt. Die Einteilung verläuft größtenteils entlang von Straßen und Schienen oder natürlichen Grenzen, wie zum Beispiel Flüssen und Wasserläufen. Es wird

versucht, möglichst Gebiete mit gleicher Größe zu definieren. Bei Industrie und verwinkelten Bebauungsgebieten kann dies abweichen.

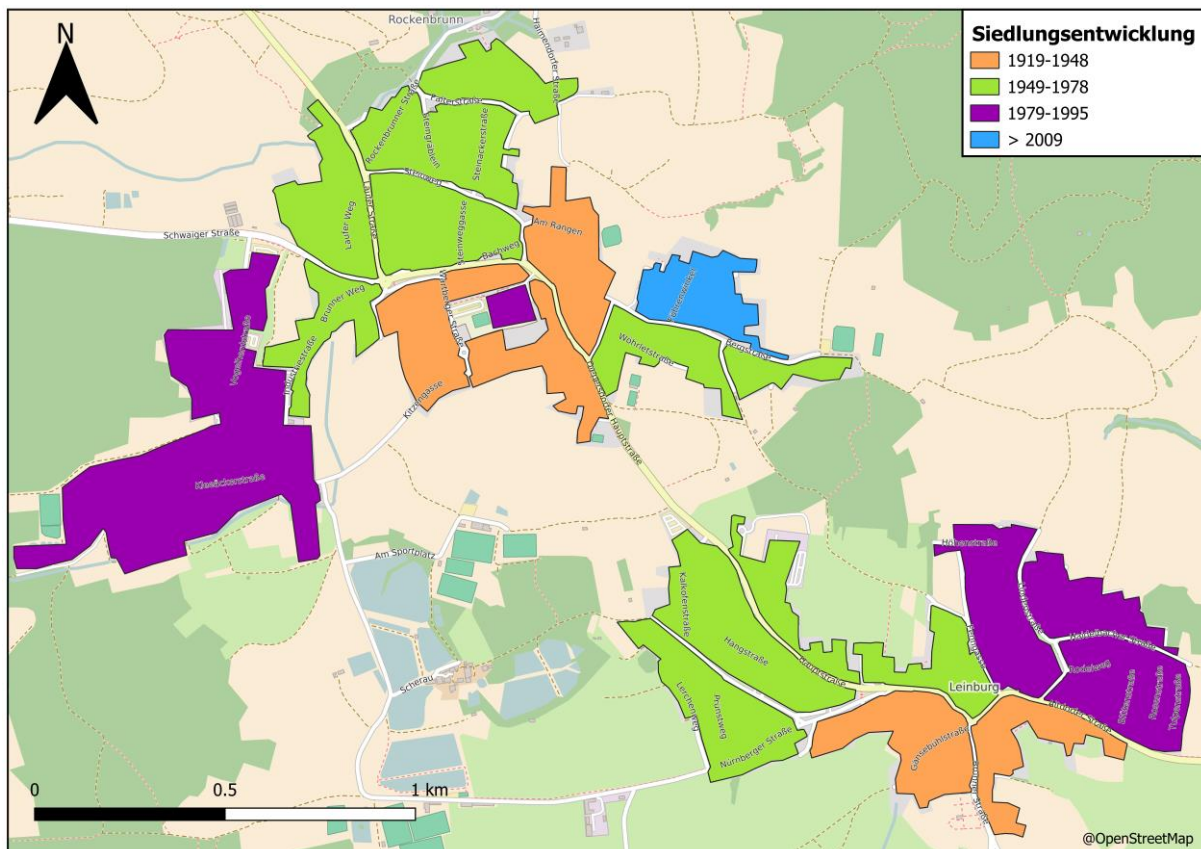


Abbildung 7: Siedlungsentwicklung der Gemeinde Leinburg: Ortsteile Diepersdorf und Leinburg

In Abbildung 8 sind die Nutzungsarten der Gebäude nach den drei Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher, Industrie & Großgewerbe sowie Öffentliche Einrichtungen dargestellt. In einigen Gebieten überlagern sich die Nutzergruppen. Die Industrie konzentriert sich mehrheitlich auf das Gewerbegebiet in Diepersdorf. Ansonsten bestehen die beiden Ortsteile vor allem aus Wohngebieten durchzogen von Gewerbe und Öffentlichen Einrichtungen.

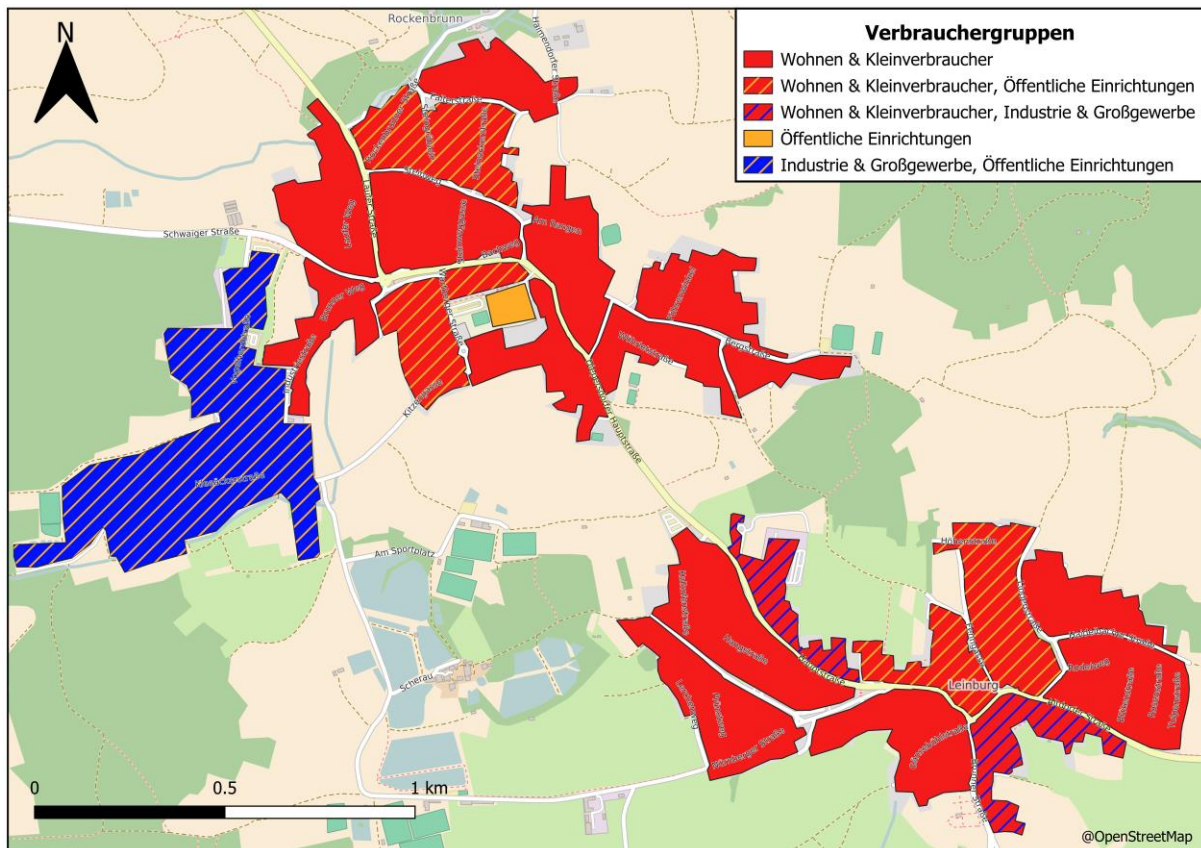


Abbildung 8: Baublöcke unterschieden nach Nutzungsarten

### 3.3. Energieerzeugungsanlagen und Versorgungsnetze

Für die Potenzialanalyse sowie die Planung der zukünftigen Energieversorgung ist die Beschreibung der Ist-Situation der erste Schritt. Daher werden im folgenden Kapitel die auf dem Gemeindegebiet bestehenden Energieerzeugungsanlagen sowie die Energieinfrastruktur untersucht.

#### 3.3.1. Energieerzeugungsanlagen

Die Bestandsanalyse zu Energieerzeugungsanlagen basiert auf den Daten des Marktstammdatenregisters [10] für den Sektor Strom sowie des Energie-Atlas Bayern [3]. Zentrale Wärme-erzeugungsanlagen, welche in ein Wärmenetz einspeisen, gibt es in Leinburg nicht. Die größten Stromerzeugungsanlagen mit einer Leistung von größer als 30 kW sind in Abbildung 9 eingezeichnet.

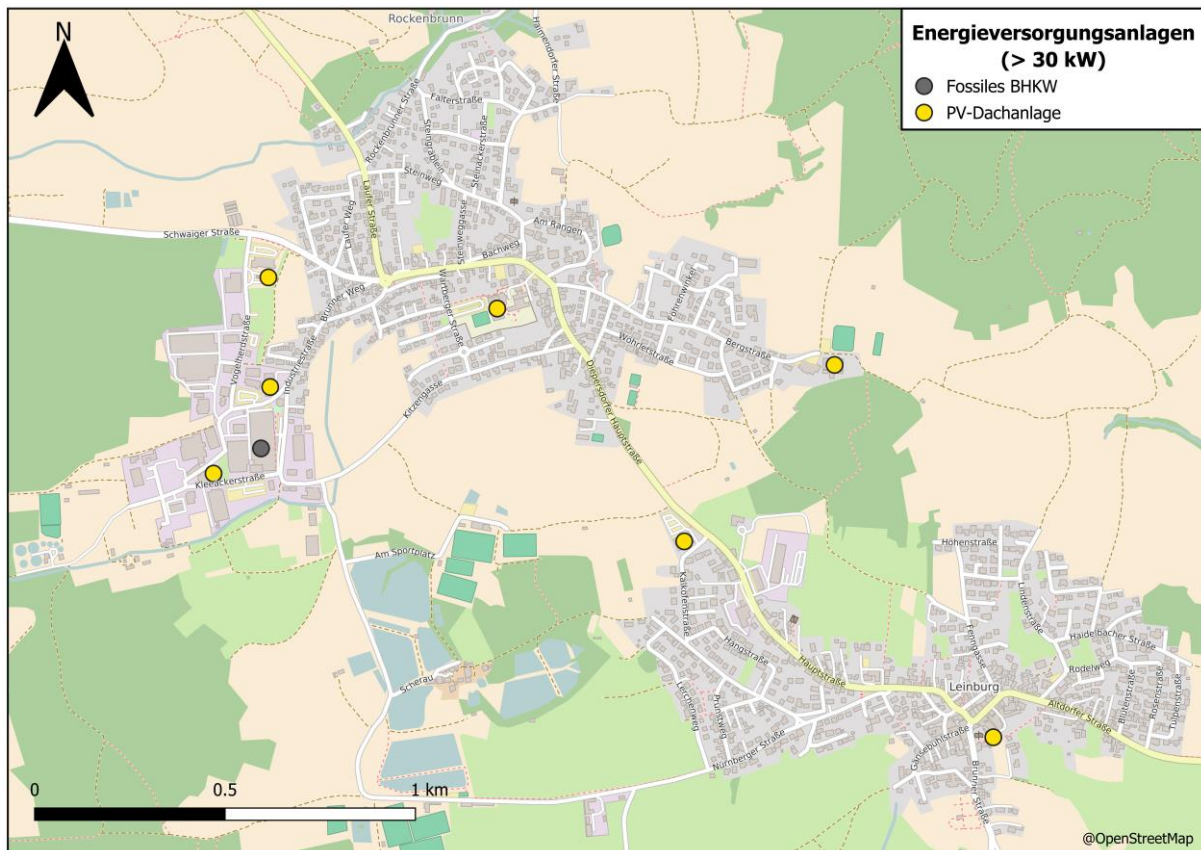


Abbildung 9: Standorte größerer Energieerzeugungsanlagen

Auf dem Gemeindegebiet sind ca. 480 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 4,55 MW installiert. Dabei handelt es sich um Aufdachanlagen auf Wohn- und Industriegebäuden oder Balkonsolaranlagen. Bis auf wenige Ausnahmen beträgt die installierte Leistung pro Anlage weniger als 30 kWp. Freiflächenanlagen sind in Leinburg keine vorhanden, auch Biomasse wird nicht zur Stromerzeugung verwendet. Es gibt eine fossile Stromerzeugungsanlage (Kraft-Wärmekopplung) mit einer gesamten elektrischen Leistung von 0,85 MW und einer thermischen Leistung von 0,95 MW.

Tabelle 5 listet die elektrische Leistung und die jährlich erzeugte Strommenge aller Energieerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister auf. Da sich die KWK-Anlage auf einem Industriegelände befindet, wird von einem Betrieb nicht nur für Heizzwecke, sondern auch zur Erzeugung von Prozesswärme und -strom und damit von einer höheren Volllaststundenzahl von 5400 h/a [11] ausgegangen. Aufgrund dieser hohen Volllaststundenzahl erzeugt das BHKW trotz der vergleichsweise geringen installierten Leistung eine höhere Strommenge als die Photovoltaik.

Tabelle 5: Therm. und elektr. Leistungen bzw. Energiemengen der Wärmenetze und Stromerzeugungsanlagen nach Marktstammdatenregister

| Erzeugungsart         | Thermische Leistung [MW] | Erzeugte Wärme-<br>menge [MWh/a] | Elektrische<br>Leistung [MW] | Erzeugte Strom-<br>menge [MWh/a] |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Photovoltaik          | -                        | -                                | 4,55                         | 4.320                            |
| Biomasse              | -                        | -                                | -                            | -                                |
| Wasserkraft           | -                        | -                                | -                            | -                                |
| Fossile Energieträger | 0,95                     | 5.130                            | 0,85                         | 4.590                            |
| Stromspeicher         | -                        | -                                | 1,01                         | -                                |

Abbildung 10 zeigt graphisch die installierte elektrische Leistung und den anhand von exemplarischen Vollaststunden berechneten elektrischen Ertrag auf dem Gebiet der Gemeinde Leinburg. Photovoltaik und fossile Energieträger machen einen ähnlichen Anteil der erzeugten Strommenge aus.

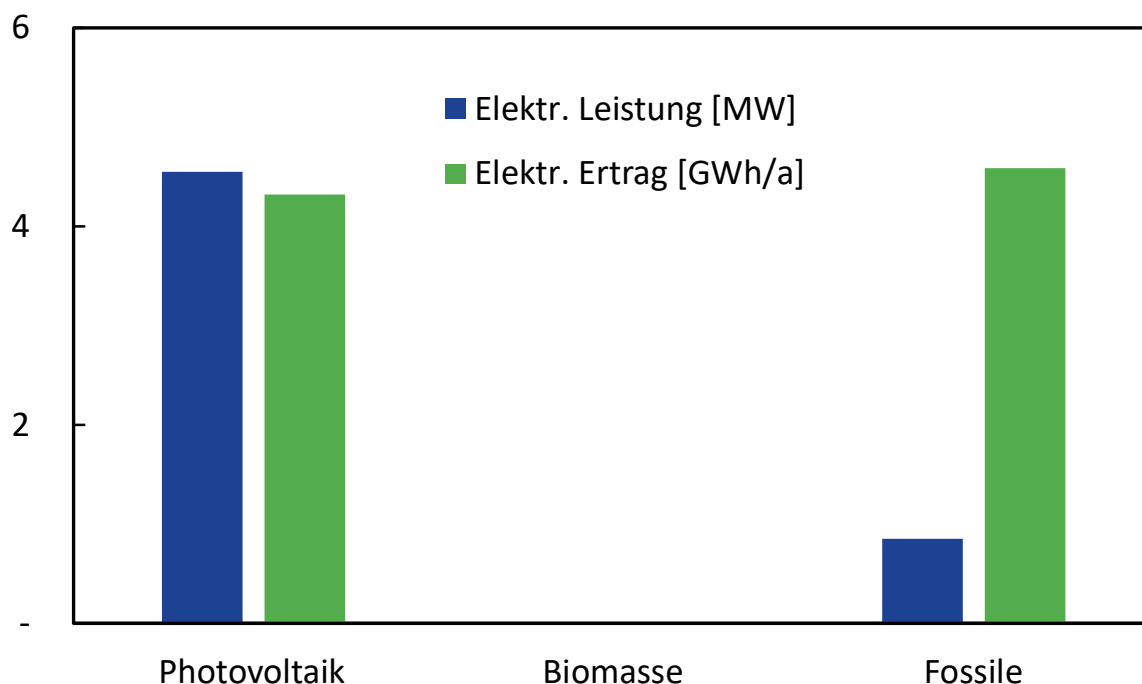


Abbildung 10: Elektrische Leistungen und Erträge nach Marktstammdatenregister

### 3.3.2. Versorgungsnetze der Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung eines Gebäudes kann laut Wärmeplanungsgesetz zentral oder dezentral erfolgen. Eine zentrale Wärmeversorgung liegt vor, wenn ein Gebäude entweder an einem Wärme- oder einem Gasnetz angeschlossen ist. Falls keine leitungsgebundene Energieversorgung vorhanden ist, handelt es sich um eine dezentrale Wärmeversorgung. In Leinburg gibt es keine Wärmenetze und nur ein kleines Gasnetz, an dem nur Industriekunden angeschlossen sind (betrieben von der N-ERGIE Netz GmbH), wie in Abbildung 11 dargestellt. In den anderen Baublöcken liegt keine leitungsgebundene Wärmeversorgung vor.

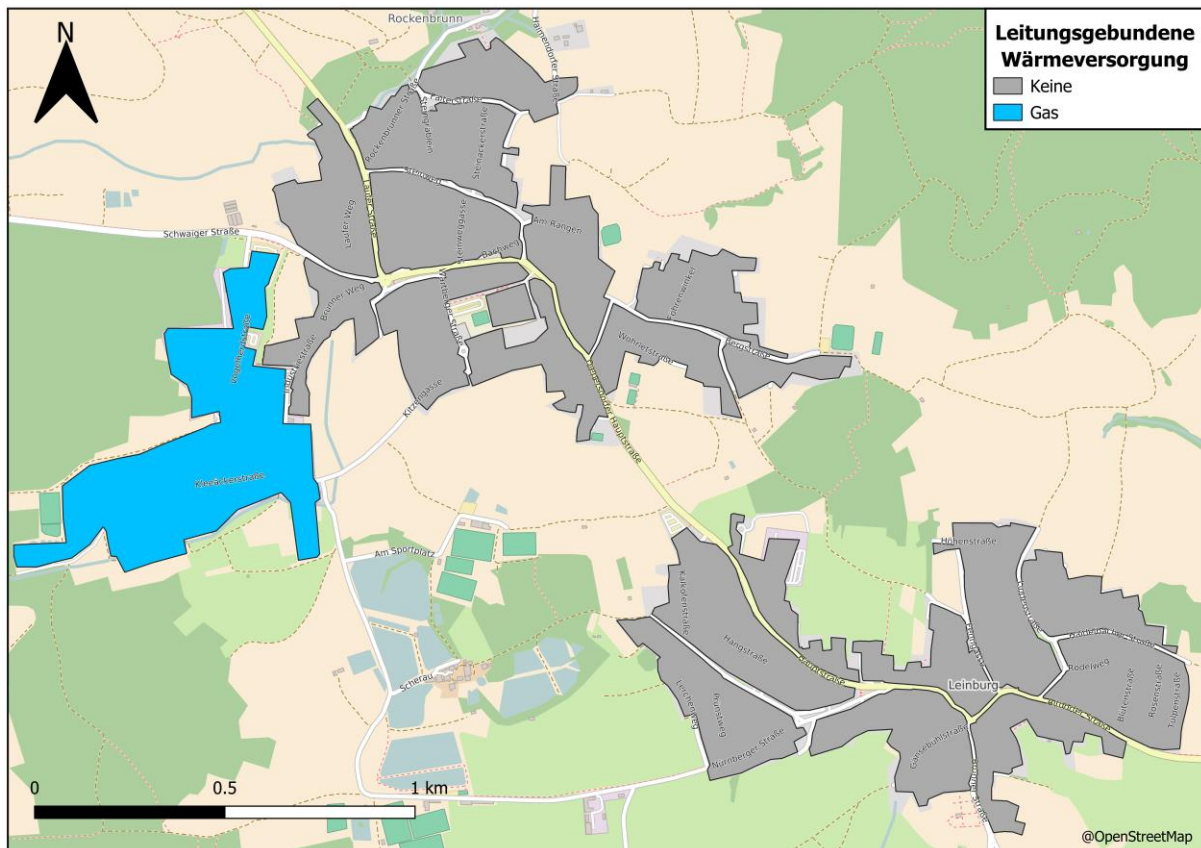


Abbildung 11: Leitungsgebundene Wärmeversorgung in den Baublöcken

### 3.3.3. Stromversorgungsnetze

Es ist wichtig, den Sektor Wärme nicht einzeln zu betrachten. Die Idee der Sektorenkopplung sollte bei jedem Energiekonzept mitbedacht werden. Da voraussichtlich in naher Zukunft die Nutzung von Strom zur Wärmergewinnung stärker in Anspruch genommen wird (primär durch den Einsatz von Wärmepumpen), ist in Abbildung 12 das Stromnetz im Betrachtungsgebiet dargestellt, welches von der N-ERGIE Netz GmbH betrieben wird. Dargestellt sind der Verlauf der Mittelspannungsfreileitungen und -kabel (MS = Mittelspannung) sowie der Hochspannungsfreileitung (HS = Hochspannung).

#### 3.3.1. Abwasserkanalnetz

Abwärme aus Abwasser stellt ein großes Potenzial dar. Allerdings muss dafür ein bestimmter Volumenstrom gegeben sein. Daher wird in Abbildung 13 nur das Kanalnetz mit einem Durchmesser von größer als 800 mm angezeigt. Zudem ist der Standort der Kläranlage zu sehen.

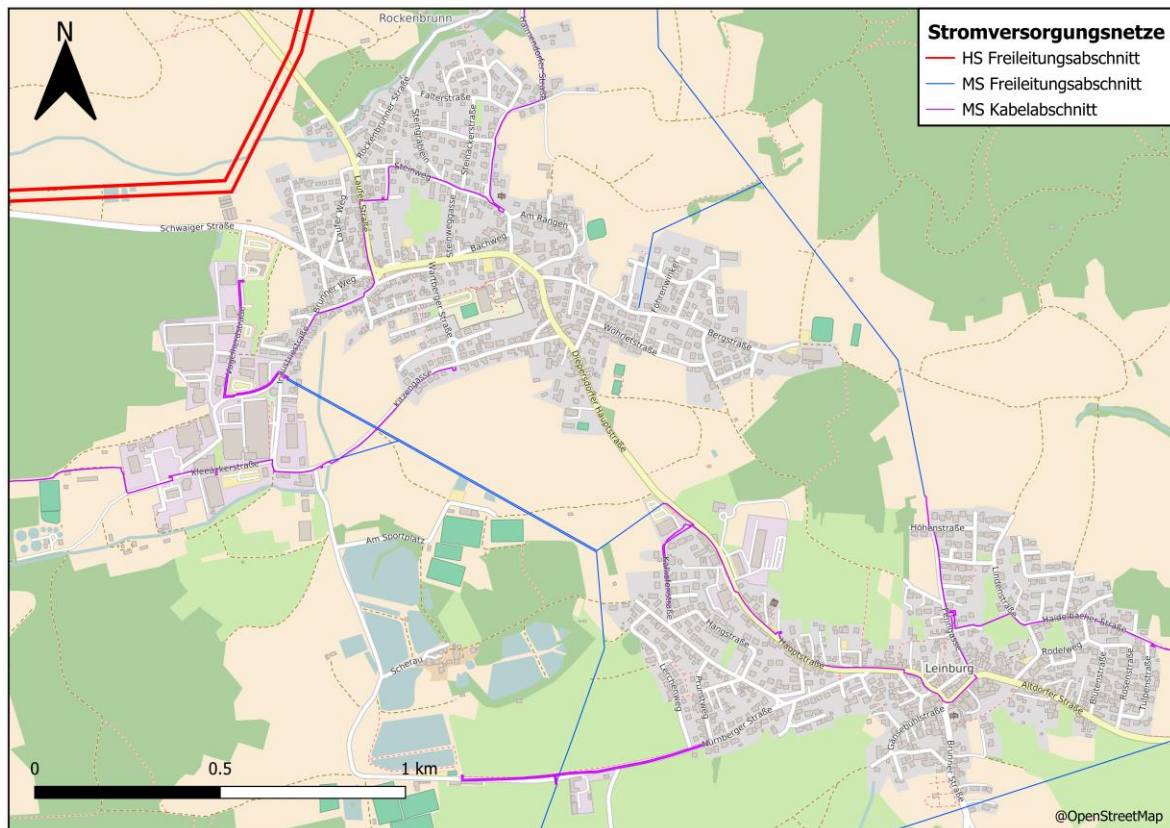


Abbildung 12: Stromversorgungsnetze auf dem Gemeindegebiet

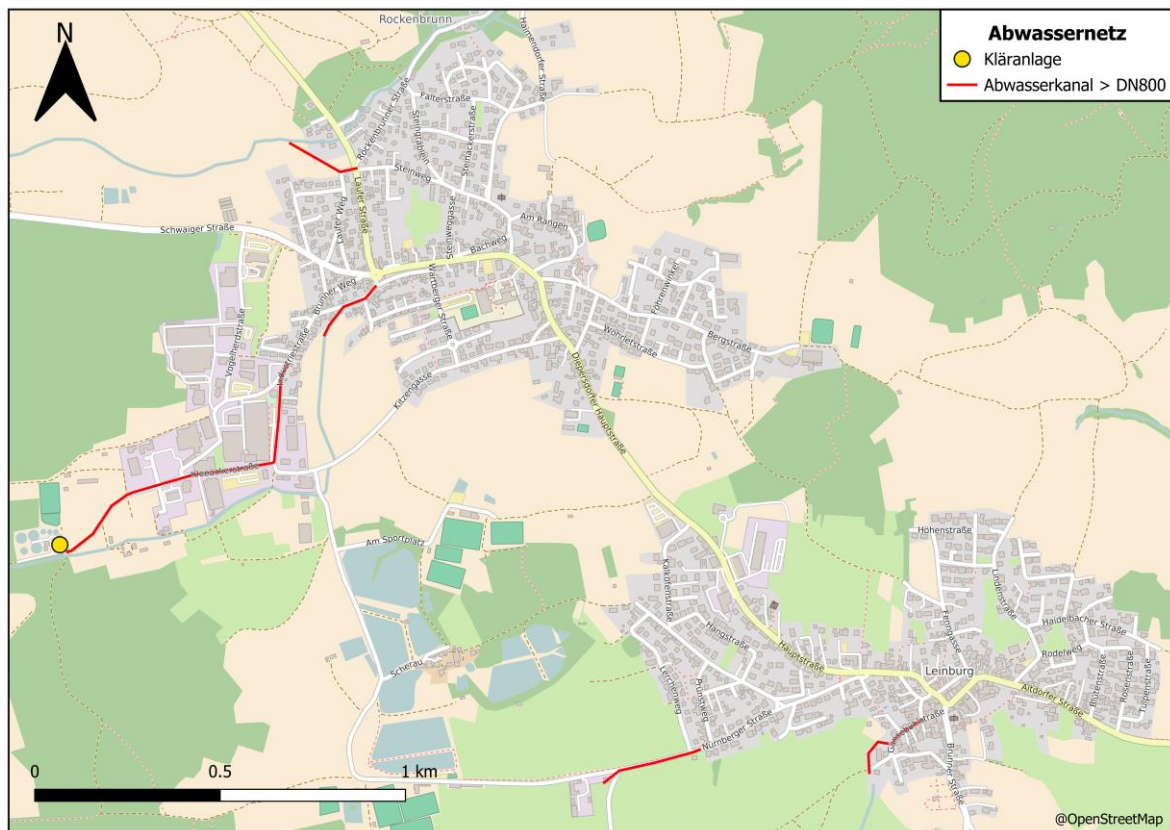


Abbildung 13: Kanalnetz mit Durchmesser größer 800 mm und Kläranlage

### 3.4. Wärmeerzeugung: Methodik zur Ermittlung des IST-Zustands

Für die Analyse der bestehenden Wärmeerzeugungsstruktur und der jährlichen Wärmeverbräuche werden sowohl die Daten der Kaminkehrer, übermittelt durch das Landesamt für Statistik, sowie die durch den Netzbetreiber N-ERGIE Netz GmbH übergebenen Erdgasverbräuche (aufgeteilt in Industrie- und Jahreskunden) ausgewertet.

Da es sich bei den Jahren 2022 und 2023 um energetische Krisenjahre mit abweichendem Verbrauchsverhalten handelt und 2023 darüber hinaus ein überdurchschnittlich warmes Jahr war [12], wird bei allen Verbrauchsdaten auf die Mittelwerte der Jahre 2019 bis 2021 zurückgegriffen.

Bei den Kkehrbuchdaten werden für jede Straße folgende Angaben aufgeführt:

- Gesamtanzahl der Heizungen
- Durchschnittsalter der Heizungen
- Mittlere Nennwärmeleistung aller Anlagen
- Anteil fossiler Energieträger
- Anzahl der Zentral- und Einzelraumheizungen (Etagenheizungen zählen zu Zentralheizungen)
- Anzahl der Anlagen in den folgenden Energieträgern:
  - Gase
  - Heizöl
  - Feste Biomasse
  - Sonstige Fossile (u.a. Flüssiggas)

Ebenfalls aufgeführt, aber nicht mitbetrachtet, sind die Anlagen in folgenden beiden Energieträgerkategorien: Sonstige Erneuerbare Energien, für die eine Gesamtanzahl von 0 angegeben ist, und „Sonstige (Keine Zuordnung nach 1. BImSchV, Keine Angaben etc.)“, für die in Leinburg ebenfalls eine Anzahl von 0 verzeichnet ist.

Aus Datenschutzgründen werden Straßen, in denen nur eine oder zwei Anlagen eines Energieträgers vorkommen, teilweise verschlüsselt. Das bedeutet, dass neben dem betroffenen Energieträger auch andere Werte der Straße wie z.B. die Gesamtanzahl der Heizungen und die Anzahl der Zentralheizungen verschlüsselt werden, so dass nicht auf den zu schützenden Wert zurückgeschlossen werden kann. Um die Daten dennoch auswerten zu können, müssen Annahmen für das verschlüsselte Energieträgerfeld getroffen werden und damit dann die anderen Felder berechnet werden, was zwangsläufig zu Ungenauigkeiten führt.

Aus den Kkehrbuchdaten geht nicht hervor, wie sich die Anlagen pro Energieträger jeweils auf Zentral- und Einzelraumheizungen aufteilen. Unter anderem nicht angegeben sind die jeweilige mittlere Leistung jedes Energieträgers, da es lediglich einen Gesamtwert pro Straße für alle Energieträger zusammen gibt. Daher wurden folgende Annahmen für die mittlere Leistung der Energieträger über alle Straßen gemittelt getroffen:

Tabelle 6: Angenommene Leistung der einzelnen Energieträger

| Haushalte und Kleingewerbe | Energieträger       | Leistung |
|----------------------------|---------------------|----------|
| <b>Zentralheizung</b>      | Feste Biomasse [13] | 25,3     |
|                            | Öl                  | 25       |
|                            | Sonstige fossile    | 30       |
| <b>Einzelraumheizung</b>   | Feste Biomasse      | 8        |
|                            | Öl                  | 10       |
|                            | Sonstige fossile    | 15       |

Hierbei wurde für zentrale Biomasseanlagen auf den im Biomasseatlas angegebenen Mittelwert der seit 2001 durch das Marktanzreizprogramm geförderter Biomasseheizungen in der Kommune zurückgegriffen [13]. Die Werte für Öl, Sonstige Fossile und Einzelraumheizung Biomasse basieren auf Erfahrungswerten.

Gasheizungen kommen in Leinburg nur in der Verbrauchergruppe Industrie & Großgewerbe vor, für die der Gesamtgasverbrauch durch den Netzbetreiber übermittelt wurden. Damit ist eine Annahme einer Leistung für Gasheizungen nicht notwendig.

Da in den Kaminkehrer-Daten sämtliche dezentralen Wärmeerzeuger im Gemeindegebiet aufgelistet sind, müssen diese zunächst aufbereitet werden, um sie in die verschiedenen Verbrauchergruppen differenziert auswerten zu können. Dafür werden die Straßen nacheinander einzeln betrachtet und bestimmt, welche Verbrauchergruppen jeweils vorliegen. Für die Öffentlichen Einrichtungen liegt dafür eine Liste der Gemeinde einschließlich Adressen vor. Industrielle Großverbraucher wurden bereits im Rahmen der Akteursbeteiligung ermittelt und um Teilnahme an einer Umfrage für Industrieunternehmen gebeten, in der unter anderem der Wärme- und Stromverbrauch abgefragt wird. Darüber hinaus kann auch eine hohe durchschnittliche Leistung der Heizungsanlagen in einer Straße auf industrielle Verbraucher hinweisen. Häufig liegt eine Mischnutzung der Straßen vor.

Zunächst werden die Straßen mit industriellen Verbrauchern untersucht. Dafür wird im Falle von Mischnutzung abgeschätzt, wie viele Gebäude und damit Heizungsanlagen den jeweiligen Verbrauchergruppen zugeordnet werden können. Bezüglich der Aufteilung der eingesetzten Energieträger müssen ebenfalls Annahmen getroffen werden. So werden zum Beispiel Zentral- und Einzelfeuerungsanlagen Biomasse in der Regel dem Bereich Wohnen & Kleinverbraucher zugeordnet (z.B. Pelletheizungen und Kamine), während der Energieträger Sonstige Fossile überwiegend der Industrie zugewiesen wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Prozesswärme mehrheitlich mit Erdgas erzeugt wird.

Die installierte Leistung von Biomasse, Heizöl und Sonstige Fossile aufgeteilt in Zentral- und Einzelraumheizung werden errechnet, indem die jeweilige Anlagenzahl mit der entsprechenden Leistung aus Tabelle 6 multipliziert wird.

Im Bereich Wohnen & Kleingewerbe wird nach derselben Vorgehensweise verfahren. Anlagen der Industrie und öffentlicher Einrichtungen müssen abgezogen werden.

Aus der errechneten Leistung wird der Verbrauch dann anhand eines angenommenen Kesselwirkungsgrades von 90 Prozent (Erfahrungsmittelwert Wirkungsgrad Verbrennungsheizung zur Berücksichtigung der auftretenden Bereitstellungsverluste) und einer Vollaststundenzahl

von 1200 h/a bestimmt. Da industrielle Prozesse sehr heterogen sind und der Einsatz von Energieträgern von Prozess zu Prozess stark schwanken kann, ist eine pauschale Annahme von Volllaststunden für die Industrie schwierig. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die Prozesswärme überwiegend mit Erdgas erzeugt wird. Also wird angenommen, dass die restlichen Energieträger (sofern im Fragebogen durch die Unternehmen nicht anders angegeben) mehrheitlich zur Erzeugung von Raumwärme eingesetzt werden und damit eine einheitliche Volllaststundenzahl mit den anderen Verbrauchergruppen von 1200 h/a angesetzt werden kann. Die einzige Ausnahme stellen die Einzelraumheizungen Biomasse dar, die mit einer niedrigeren Volllaststundenzahl betrieben werden, es wird der Wert von 570 h/a verwendet [14]. Die Volllaststundenzahl wurde so angenommen, dass multivalente Systeme wie z.B. eine Zentralheizung in Verbindung mit Kaminen, Solarthermie, Brauchwasserwärmepumpe etc. berücksichtigt sind.

Für die öffentlichen Einrichtungen lagen über die Gemeinde die tatsächlichen Verbrauchsdaten vor, so dass nicht auf andere Datenquellen zurückgegriffen werden musste.

Die Wärmeverbräuche aus dem Energieträger Gas werden jeweils anhand der von der N-ERGIE Netz GmbH übermittelten Gasverbräuche berechnet, worin der Wert für die Industrie hier bereits separat ausgewiesen ist. Jahreskunden gibt es in der Gemeinde Leinburg keine.

Zur Berechnung der durch Wärmepumpen bereitgestellte Energie wird der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen mit einer exemplarischen Jahresarbeitszahl von 3,1 multipliziert. Da aus den Daten nicht hervorgeht, wie hoch der Anteil der Nachtspeicherheizungen an den mit Strom betriebenen Heizungen ist, wird vereinfachend davon ausgegangen, dass es sich bei allen Anlagen um Wärmepumpen handelt. Es wird eine Volllaststundenzahl von 1500 Stunden angenommen.

Die jährlich durch Solarthermie erzeugte Wärmemenge wird errechnet mittels einer im Solaratlas [15] angegebenen Kollektorfläche multipliziert mit einem im Energie-Atlas Bayern [3] verzeichneten repräsentativen Wert für die jährliche Wärmeerzeugung pro Fläche.

Somit liegen die Wärmeverbräuche aufgeteilt nach Energieträgern und Verbrauchergruppen für das ganze Gemeindegebiet vor. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln aufgelistet.

### 3.5. Energiebilanz Wärme

Im Folgenden werden die errechneten Wärmeverbräuche für die verschiedenen Verbrauchergruppen analysiert.

#### 3.5.1. Wohnen & Kleinverbraucher

Tabelle 7 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher auf. In Abbildung 14 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 7: Thermischer Endenergieverbrauch des Bereichs Wohnen & Kleinverbraucher. Aufgeteilt auf Energieträger

| Energieträger                | Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a] |
|------------------------------|-----------------------------------------|
| Erdgas                       | 0                                       |
| Heizöl                       | 48.300                                  |
| Sonstige Fossile             | 3.300                                   |
| Biomasse                     | 18.900                                  |
| Solarthermie                 | 900                                     |
| Wärmepumpen und Stromheizung | 3.400                                   |
| <b>Gesamt</b>                | <b>74.800</b>                           |

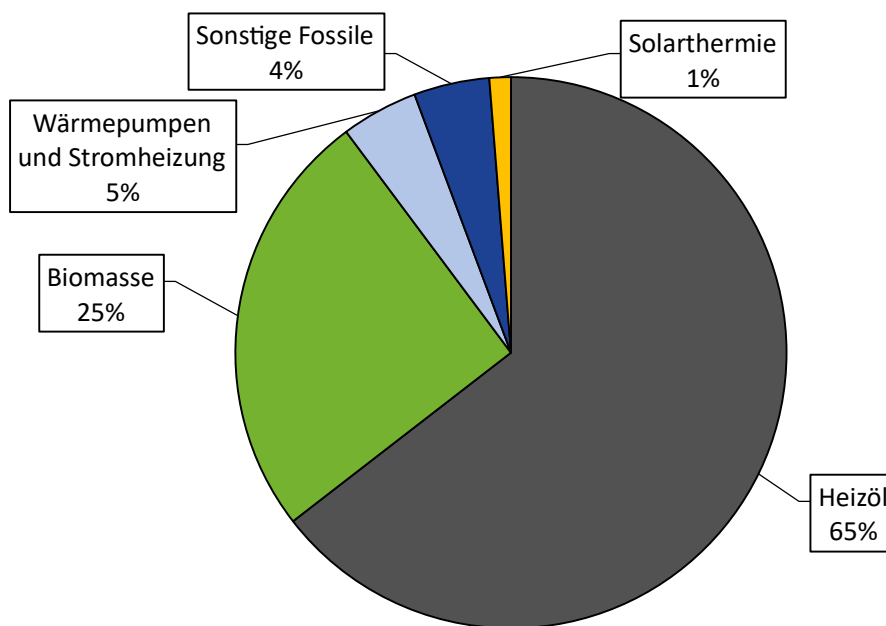


Abbildung 14: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Wohnen & Kleinverbraucher

Zu erkennen ist, dass Heizöl fast zwei Drittel der bereitgestellten Energie für Raumwärme und Warmwasser in dieser Verbrauchergruppe darstellt. Biomasse hat einen Anteil von 25 Prozent am Energieverbrauch, Wärmepumpen und Speicherheizungen 5 Prozent. Solarthermie und Sonstige Fossile stellen zusammen ebenfalls 5 Prozent des Verbrauchs dar.

### 3.5.2. Industrie & Großgewerbe

Tabelle 8 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern von Industrie & Großgewerbe auf. In Abbildung 15 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 8: Thermischer Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe. Aufgeteilt auf Energieträger

| Energieträger    | Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a] |
|------------------|-----------------------------------------|
| Erdgas           | 35.100                                  |
| Heizöl           | 1.600                                   |
| Sonstige Fossile | 300                                     |
| Biomasse         | 300                                     |
| <b>Gesamt</b>    | <b>37.300</b>                           |

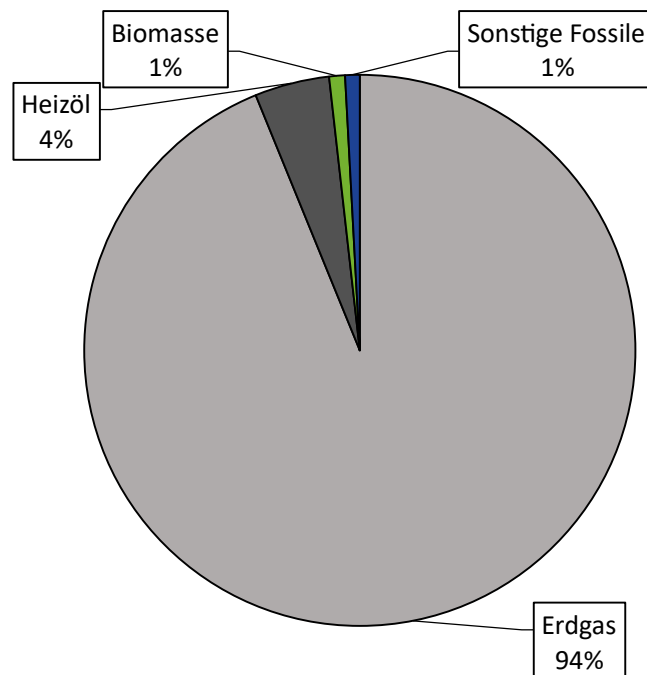


Abbildung 15: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch Industrie & Großgewerbe.

Mit 94 Prozent stellt Erdgas den mit Abstand größten Anteil am Endenergieverbrauch von Industrie & Großgewerbe dar. Dies liegt daran, dass in der Industrie ein hoher Anteil der Wärmeerzeugung auf Prozesswärme zurückzuführen ist. Weitere 4 Prozent der Wärme werden mit Heizöl bereitgestellt. Der Rest setzt sich aus Biomasse und Sonstigen Fossilen zusammen.

### 3.5.3. Öffentliche Einrichtungen

Tabelle 9 listet den thermischen Endenergieverbrauch aufgeteilt nach Energieträgern der Öffentlichen Einrichtungen auf. In Abbildung 16 ist die prozentuale Verteilung dargestellt.

Tabelle 9: Thermischer Endenergieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen. Aufgeteilt auf Energieträger

| Energieträger | Thermischer Endenergieverbrauch [MWh/a] |
|---------------|-----------------------------------------|
| Heizöl        | 1.700                                   |
| Biomasse      | 100                                     |
| <b>Gesamt</b> | <b>1.800</b>                            |

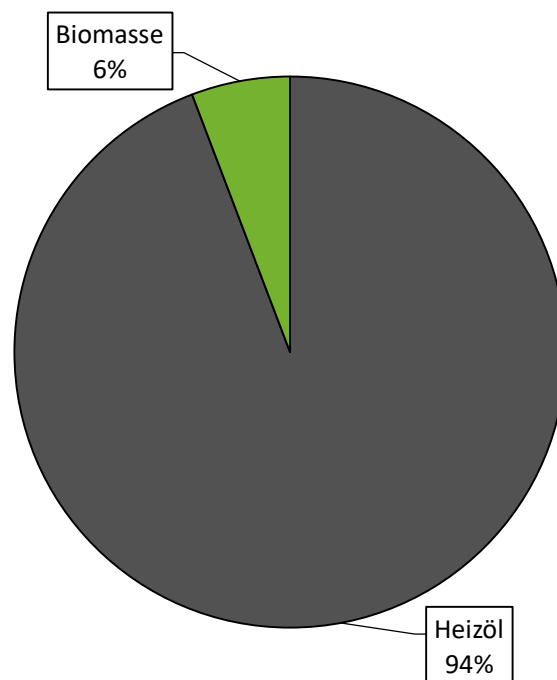


Abbildung 16: Verteilung thermischer Endenergieverbrauch der Öffentlichen Einrichtungen

Heizöl stellt mit 94 Prozent den größten Anteil am Verbrauch der öffentlichen Einrichtungen dar, Biomasse liegt bei 6 Prozent. Weitere Energieträger werden nach derzeitigem Wissensstand nicht eingesetzt.

#### 3.5.4. Zusammenfassung Energiebilanz Wärme

In Abbildung 17 ist die prozentuale Verteilung des Energiebedarfs von Raumwärme, Warmwasserbereitstellung und Prozesswärme aufgeteilt auf die drei Verbrauchergruppen zu sehen. Wohnen & Kleinverbraucher ist mit 66 Prozent des Gesamtwärmebedarfs die größte Verbrauchsgruppe. Es folgt Industrie & Großgewerbe mit 33 Prozent, öffentliche Einrichtungen liegen bei 1 Prozent.

Abbildung 18 zeigt die bereitgestellten Energiemengen je Energieträger für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen auf. Mit zusammen 76 Prozent stellen Erdgas und Heizöl den Großteil des Verbrauches dar. Biomasse hat einen Anteil von 17 Prozent, die anderen Energieträger machen zusammen 7 Prozent aus.

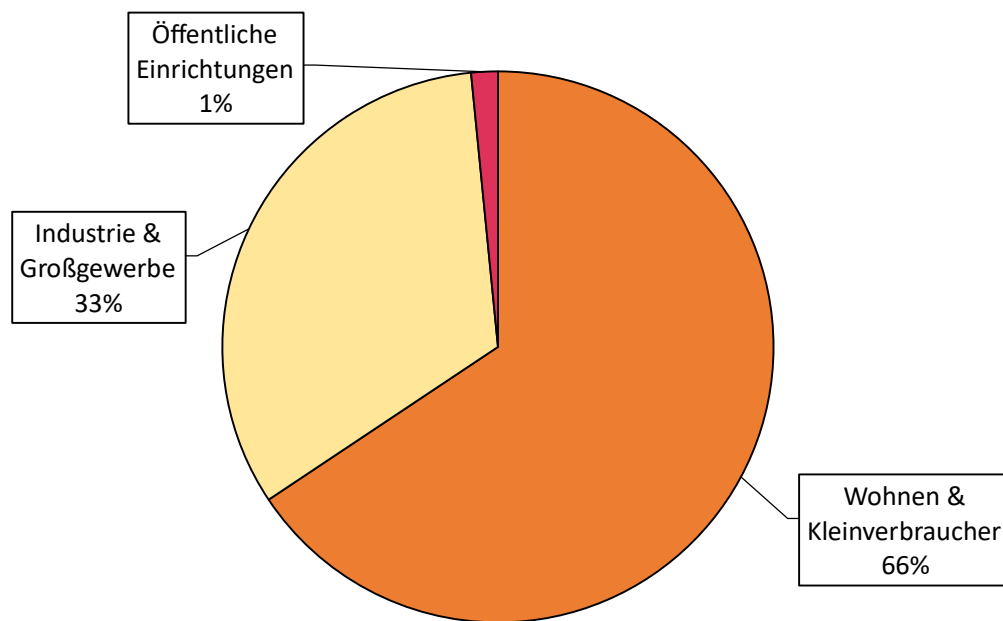


Abbildung 17: Prozentualer Energieverbrauch für Heiz- und Prozesswärme aufgeteilt auf Verbrauchergruppen

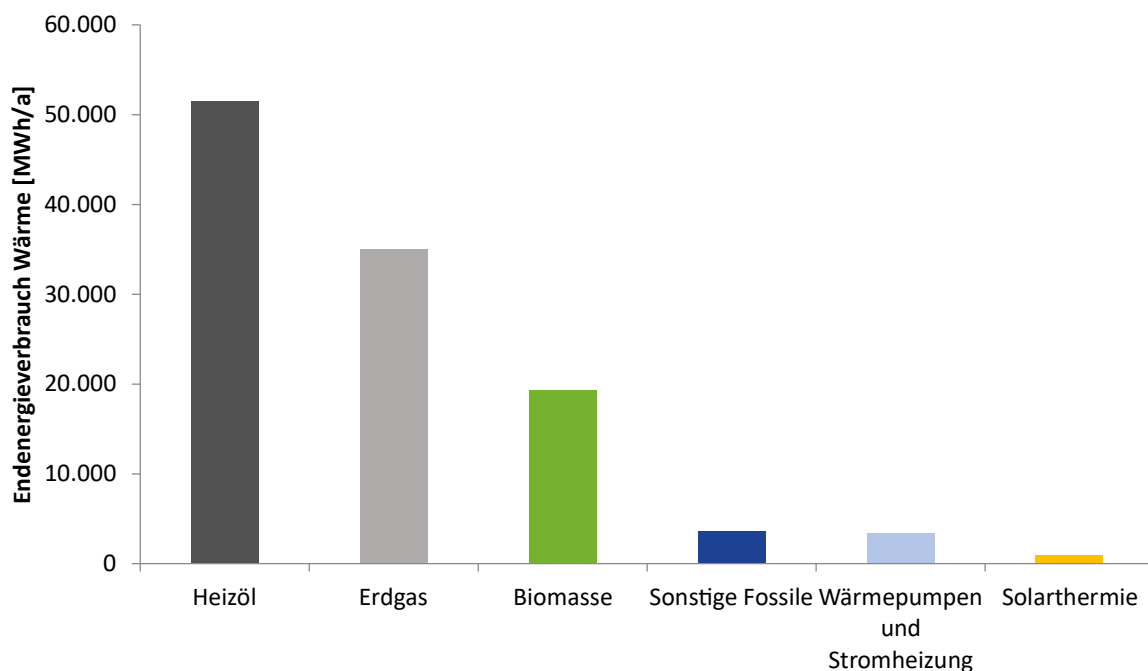


Abbildung 18: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen

Tabelle 10 listet die Kennwerte der Energiebilanz Wärme auf. Wie auch die Energiebilanz des Strombezugs und die Treibhausgasbilanz sollen diese einheitlichen Kennwerte einen Vergleichswert für die nächste Fortschreibung der Wärmeplanung darstellen. Somit kann die Ist-Situation und der Fortschritt in der Wärmewende auf dem Gemeindegebiet überprüft und beurteilt werden. Außerdem können Trends bei der Nutzung von KWK-Anlagen und dem Ausbau von Wärmenetzen festgestellt werden. [16]

Tabelle 10: Kennwerte der Energiebilanz Wärme

| Kennzahl                                                                            | Wert      | Einheit                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------|
| Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner                   | 10.810    | kWh/(a*Einwohner)                 |
| Endenergieverbrauch Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner                   | 260       | kWh/(a*Einwohner)                 |
| Endenergieverbrauch Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro m <sup>2</sup> Wohnfläche   | 220       | kWh/(a*Einwohner*m <sup>2</sup> ) |
| Endenergieverbrauch Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner                     | 5.400     | kWh/(a*Einwohner)                 |
| Einsatz erneuerbarer Energien (im Bereich Wärme) Wohnen & Kleinverbraucher pro Kopf | 3.360     | kWh/(a*Einwohner)                 |
| Anteil erneuerbarer Energien Wohnen & Kleinverbraucher an lokaler Wärmeherzeugung   | 31        | %                                 |
| Installierte thermische KWK-Leistung pro Kopf                                       | 0,14      | kW/Einwohner                      |
| Anzahl Hausanschlüsse Wärmenetz                                                     | -         | -                                 |
| Anzahl Hausanschlüsse Gasnetz                                                       | k.A.      | -                                 |
| Länge Wärmenetzleitung                                                              | -         | m                                 |
| Länge Gasnetzleitung                                                                | ca. 3.600 | m                                 |

Die Kennzahl für den flächenbezogenen Endenergieverbrauch Wärme wird anhand der Einwohnerzahl der Gemeinde und der durchschnittlichen Wohnfläche in Bayern pro Person von 48,8 m<sup>2</sup> berechnet [17]. Da hier auch der Energieverbrauch der Kleinverbraucher miteinbezogen ist, ist der Wert höher als bei einer ausschließlichen Betrachtung der Wohngebäude. Werte für die Anzahl der Hausanschlüsse im Gasnetz liegen nicht vor. Aus den Kkehrbuchdaten geht jedoch hervor, dass ca. 7 Anlagen zur Wärmeherzeugung mit Gas in Leinburg betrieben werden.

### 3.6. Raumwärme- und Warmwasserbedarf auf Baublockebene

Da aus den Wärmeherzeugerleistungen der Kaminkehrer-Daten, welche straßenzugsweise vorliegen, nicht auf den Wärmebedarf eines einzelnen Gebäudes geschlossen werden kann, wird auf das gebäudescharfe Wärmekataster, das im Rahmen des Energienutzungsplans erstellt wurde, zurückgegriffen. Die vorhandenen tatsächlichen Verbrauchsdaten aus der Befragung von Bürgerinnen und Bürgern, der Industrie und der Öffentlichen Einrichtungen werden zusätzlich eingepflegt.

Wie bereits erwähnt wird die Gemeinde aus Datenschutzgründen und zur besseren Veranschaulichung in Baublöcke aufgeteilt. Die Bedarfe der einzelnen Gebäude in einem Baublock werden aufsummiert. Für Großabnehmer in öffentlicher Hand wie z.B. Schulen und Freibäder wird mit den tatsächlichen Verbräuchen gerechnet. Industriegebiete werden mit tatsächlichen Verbräuchen aus den Fragebögen hinterlegt. Allerdings werden die Baublöcke in den nachfolgenden Grafiken ausgegraut, wenn sich zu wenige Abnehmer in dem Gebiet befinden, so dass auf einzelne Firmen zurückgeschlossen werden könnte. Größere Industriegebiete/ Gewerbe werden zudem in separate Blöcke eingeteilt, damit diese die Werte der Haushalte nicht verfälschen.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz hat den Zweck die aktuelle Ist-Situation darzustellen. Dafür ist der tatsächliche Verbrauch ein geeigneter Parameter. Die folgenden Karten dienen dazu, die Gemeinde in Gebiete für eine zukünftige Wärmeversorgung einzuteilen. Dafür ist der Wärmebedarf eine geeignete Größe, da er unabhängig von der eingesetzten Technologie und dem verwendeten Energieträger ist.

### 3.6.1. Absoluter Heizwärme- und Warmwasserbedarf

Abbildung 19 zeigt in Baublöcken aufgeteilt den absoluten jährlichen Heizwärme- und Warmwasserbedarf auf.

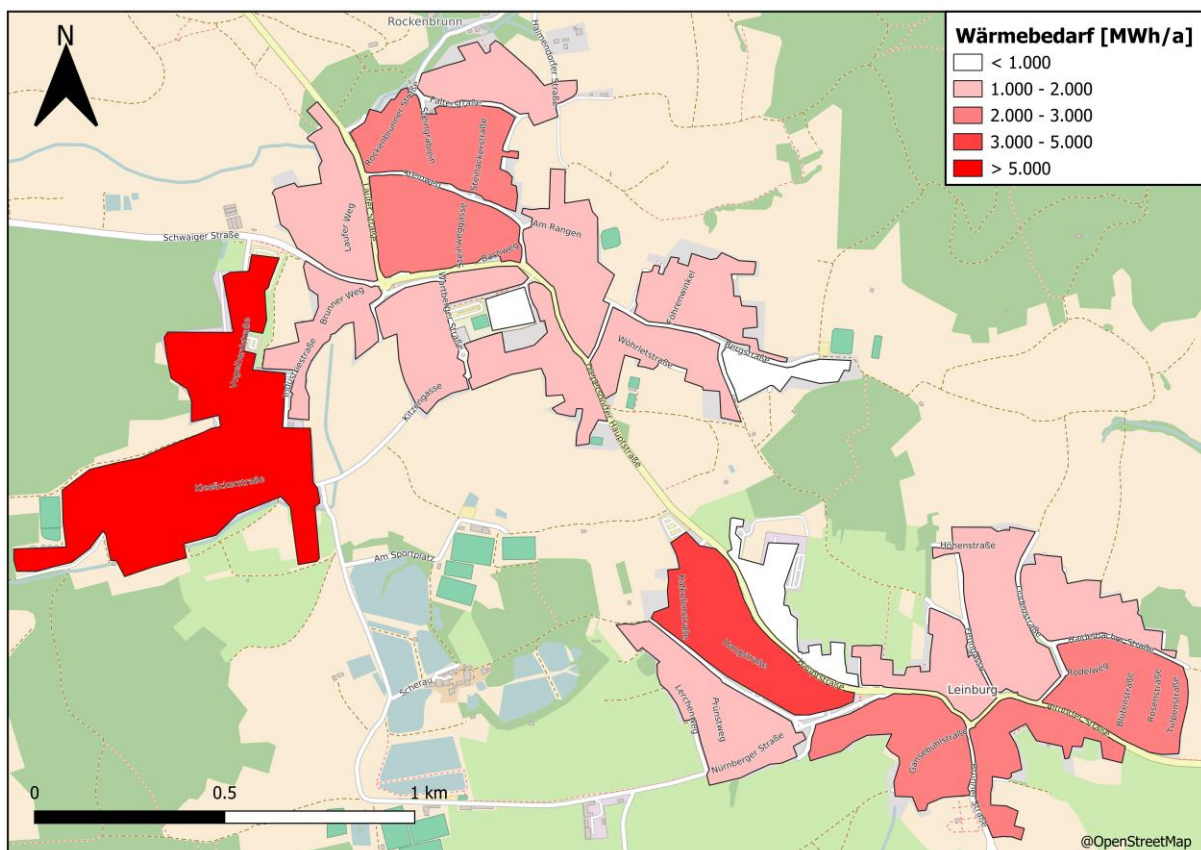


Abbildung 19: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock

Je dunkler das Rot der Fläche, desto größer ist der absolute Wärmebedarf. Es ist zu erkennen, dass vor allem im Gewerbegebiet Diepersdorf sowie in einigen Gebieten entlang der Hauptstraße in Leinburg die absoluten Wärmebedarfe sehr hoch sind. Da dieser Wert nicht relativiert ist, hängt die Größe des Wärmebedarf jedoch auch stark von der Größe des Baublockes ab. Dennoch ist es möglich mit dieser Karte schnell und einfach Gebiete mit einem hohen Wärmebedarf zu identifizieren.

### 3.6.2. Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche

In Abbildung 20 ist der jährliche Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche zu sehen.

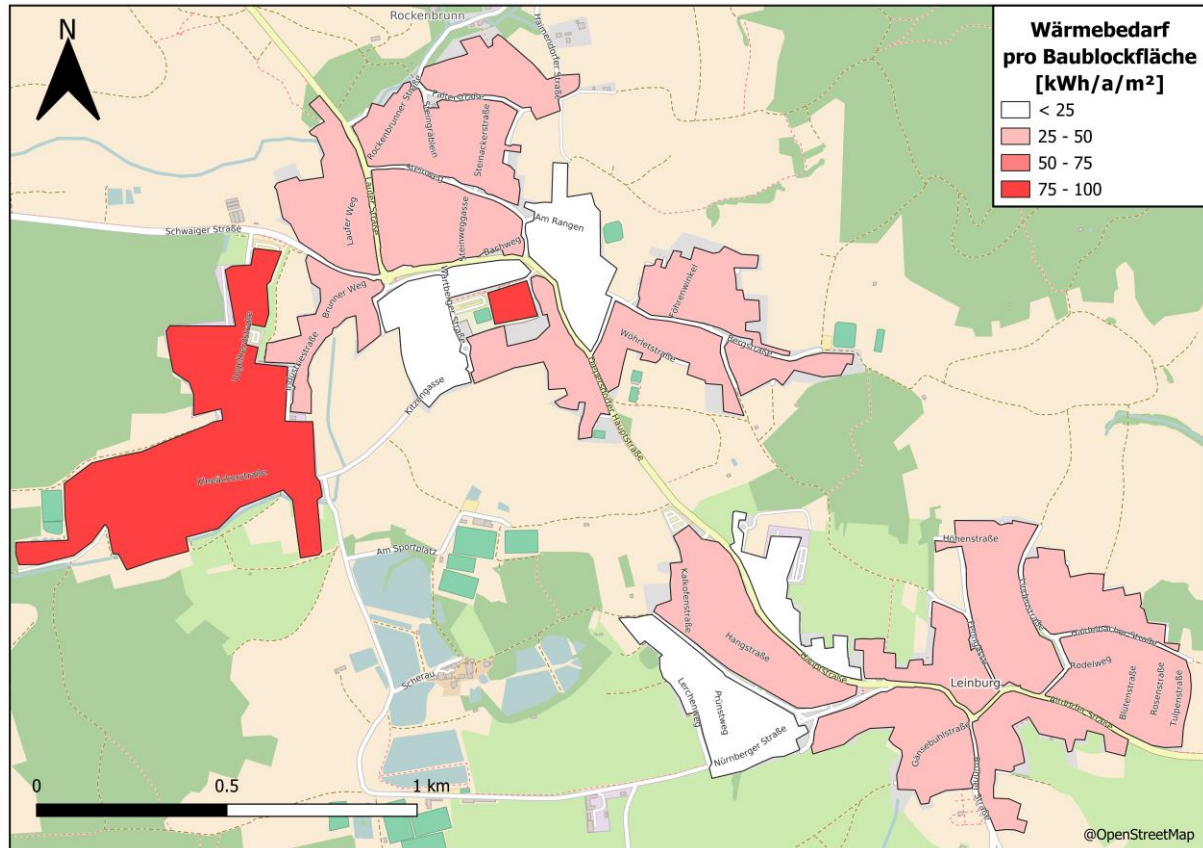


Abbildung 20: Jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublockfläche

Hier wird der Wärmebedarf auf die Fläche des Baublockes bezogen, wodurch sich je Baublock ein Wert in kWh pro Jahr und  $m^2$  ergibt. Bei den Intervallen wurde sich an die Richtwerte für Wärmenetze angelehnt [16] [18]. Es ist erkennen, dass die meisten Baublocke einen ähnlichen spezifische Wärmebedarf aufweisen. Eine Ausnahme bildet das Gewerbegebiet Diepersdorf und der Baublock, der die Grundschule Diepersdorf enthält, bei beiden liegt ein relativ großer Bedarf auf einer kleinen Fläche vor.

### 3.6.3. Wärmeliniendichte

Ein wichtiges Kriterium hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch ein konventionelles Wärmenetz stellt die Wärmeliniendichte mit der Einheit kWh pro Jahr und Meter dar. Hiermit lassen sich grob die Wärmemengen für einen Straßenabschnitt abschätzen, welche durch ein Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden müssten. Je höher dieser Wert ist, umso geringer sind die anteiligen Wärmeverluste während des laufenden Betriebs eines Wärmenetzes. Abbildung 21 zeigt exemplarisch den Ortskern von Leinburg.

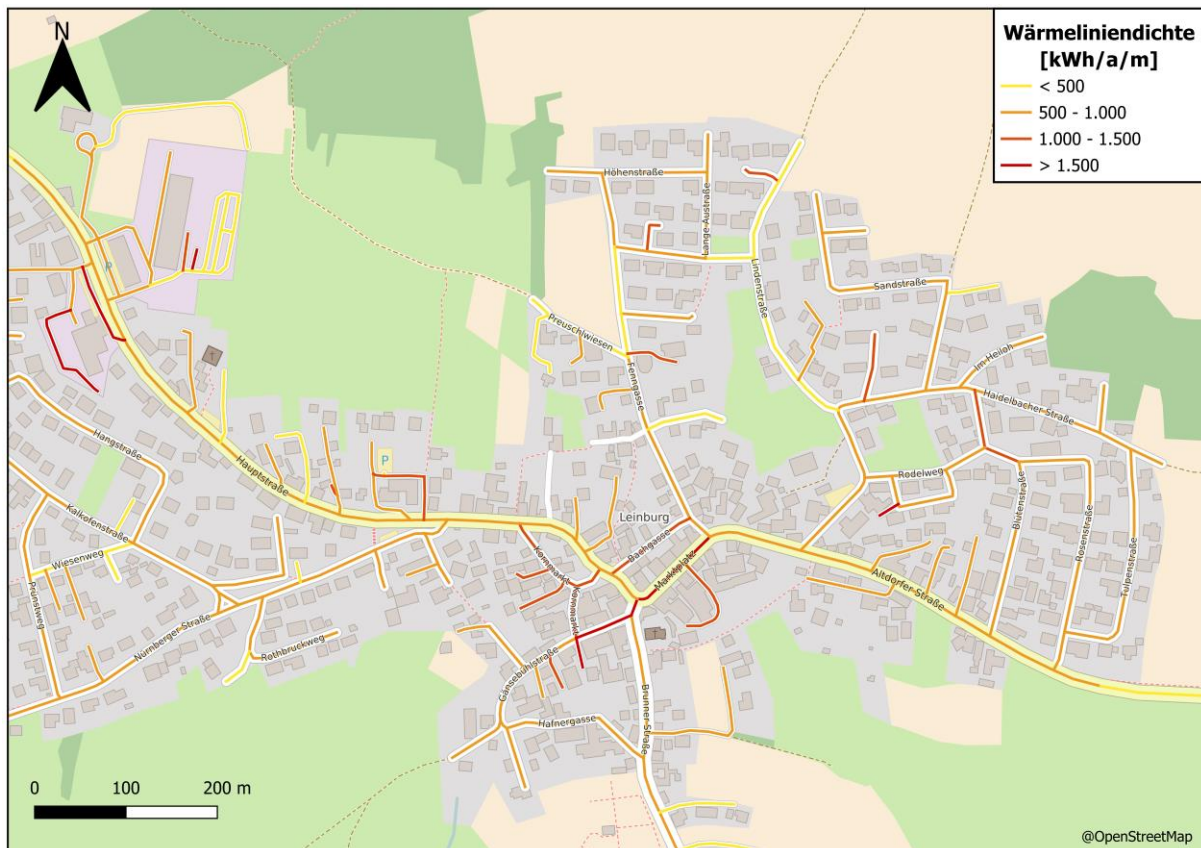


Abbildung 21: Wärmelinien-dichten am Beispiel des Ortskerns von Leinburg

Straßenabschnitte mit kleineren Häusern und geringer Dichte weisen einen geringeren Wert der Wärmelinien-dichte auf. In Straßenzügen mit Großverbrauchern und dichter Mehrfamilienhausbebauung ist ein höherer Wert vorhanden.

### 3.7. Energiebilanz Strombezug

Ziel der Sektorenkopplung ist es unter anderem, die Verknüpfung von Wärme und Strom weiter voranzureiben und so die Auslastung elektrischer, regenerativer Erzeugungskapazitäten zu optimieren. Daher wird für die Wärmeplanung auch eine Energiebilanz des Strombezuges aufgestellt.

#### 3.7.1. Methodik

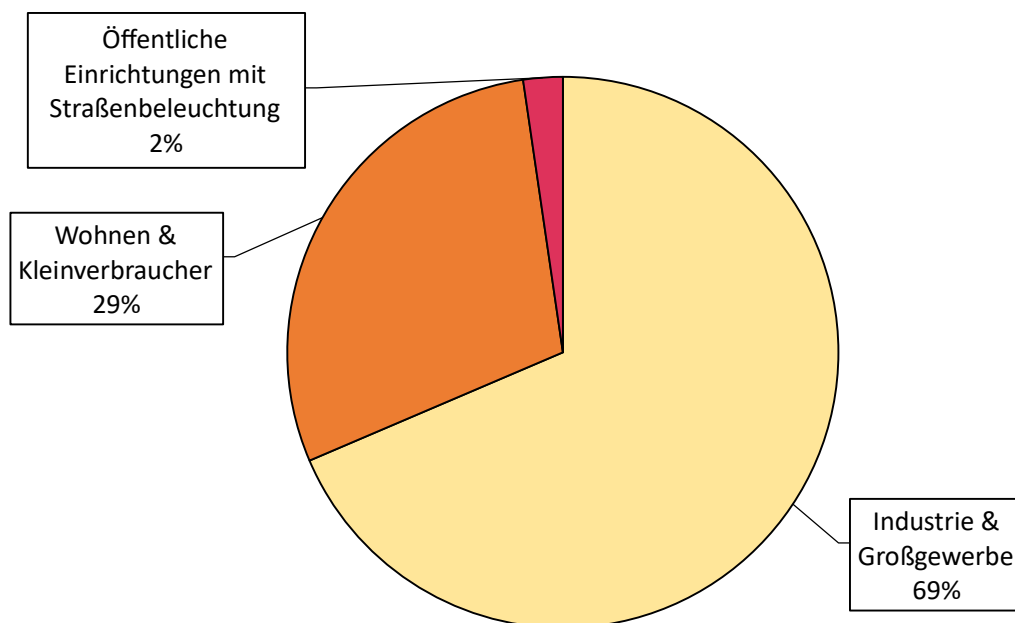
Wie auch bei den Gaswerten weichen die Jahre 2022 und 2023 ab und werden daher nicht berücksichtigt. Die Strombezugswerte für die Jahre 2019-2021 werden gemittelt. Stromerzeugung mit Eigenverbrauch, z.B. durch PV-Aufdachanlagen oder PPA-Freiflächen, sind in der Energiebilanz nicht enthalten. Die tatsächlichen Strombezugswerte werden auf die Verbrauchergruppen aufgeteilt. Zu den Öffentlichen Einrichtungen, für die die tatsächlichen Verbräuche vorliegen, wird der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung addiert. Der Stromverbrauch für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen wird nicht mitberücksichtigt, da dieser schon in der Energiebilanz verrechnet ist.

### 3.7.2. Zusammenfassung Energiebilanz Strombezug

In Tabelle 11 sind die Strombezugsdaten des Energieversorgers für die ganze Gemeinde Leinburg aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen aufgelistet. Abbildung 22 zeigt den prozentualen Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen.

*Tabelle 11: Strombezug aufgeteilt auf Verbrauchergruppen*

| Verbrauchergruppe         | Strombezug [MWh/a] |
|---------------------------|--------------------|
| Industrie & Großgewerbe   | 26.400             |
| Wohnen & Kleinverbraucher | 11.200             |
| Öffentliche Einrichtungen | 900                |
| <b>Gesamt</b>             | <b>38.500</b>      |



*Abbildung 22: Prozentualer Strombezug aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen*

Industrie & Großgewerbe macht mehr als zwei Drittel des Stromverbrauchs in Leinburg aus, Wohnen & Kleinverbraucher 29 Prozent und die Öffentlichen Einrichtungen inklusive Straßenbeleuchtung nur 2 Prozent.

In Tabelle 12 sind die Kennwerte der Energiebilanz des Strombezugs aufgelistet. Der bilanzielle Anteil erneuerbarer Energien an der lokalen Stromerzeugung liegt bei circa 53 Prozent. Etwas mehr als die Hälfte des Stroms aus Photovoltaik (siehe Abbildung 10) erzeugt, der Rest aus fossiler KWK.

Tabelle 12: Kennwerte der Energiebilanz Strombezug

| Kennwert                                                          | Wert  | Einheit           |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| Endenergieverbrauch Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner | 1.620 | kWh/(a*Einwohner) |
| Endenergieverbrauch Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner | 130   | kWh/(a*Einwohner) |
| Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Stromerzeugung            | 0,53  | -                 |
| Installierte elektrische KWK-Leistung pro Kopf                    | 0,12  | kW/Einwohner      |

### 3.8. Treibhausgasbilanz Wärme und Strom

Für die Treibhausgasbilanz werden die aktuellen Verbräuche für Wärme und Strom mit spezifischen Kennzahlen der CO<sub>2</sub>-Äquivalente versehen. Für einen besseren Vergleich zukünftiger Treibhausgasemissionen sind in Tabelle 13 die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äquivalente aufgelistet.

Tabelle 13: CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Energieträger

| Energieträger                               | CO <sub>2</sub> -Äquivalente [g/kWh <sub>Endenergie</sub> ] | Literatur      |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------|
| Heizöl                                      | 311                                                         | [19]           |
| Erdgas                                      | 233                                                         | ebd.           |
| Flüssiggas                                  | 313                                                         | [20]           |
| Kohle                                       | 452                                                         | [19]           |
| Biomasse (vgl. Naturbel. stückiges Holz)    | 24                                                          | [21]           |
| Solarthermie                                | 13                                                          | [19]           |
| Strom-Mix                                   | 381                                                         | [22]           |
| Strom-Mix Wärmepumpe (Berücksichtigung COP) | 131                                                         | [21]           |
| Sonstige Fossile                            | 400                                                         | Eigene Annahme |

Da in den Kkehrbuchdaten nicht zwischen verschiedenen Biomasse-Energieträgern wie Pellets, Stückholz, Hackschnitzel etc. unterschieden wird, wird für die Biomasse ein einheitlicher Wert angenommen. Dieser entspricht dem von naturbelassenen stückigem Holz. Die in den Kaminkehrerdaten aufgeführte Kategorie Sonstige Fossile umfasst verschiedene fossile Energieträger, wie z.B. Kohle und Flüssiggas. Es wurde ein einheitlicher Wert von 400 g/kWh angenommen, der sich zwischen Kohle und Heizöl bewegt.

In Abbildung 23 sind die Endenergieverbräuche pro Verbrauchergruppe von Wärme und Strom aufsummiert dargestellt. Ausgehend von den Verbräuchen werden die CO<sub>2</sub>-Äquivalente berechnet.

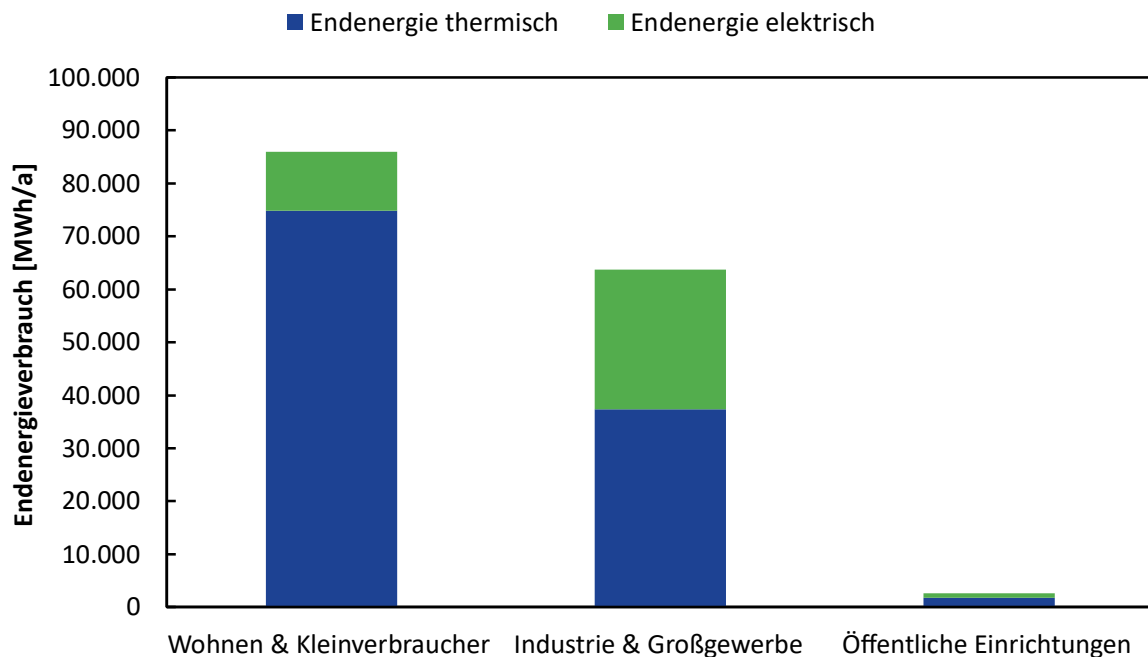


Abbildung 23: Endenergieverbrauch thermisch und elektrisch des ganzen Gemeindegebiets aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Abbildung 24 zeigt die Treibhausgasbilanz für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf Verbrauchergruppen für den Wärme- und Stromverbrauch. Aufgrund des höchsten Wärmebedarfs der Verbrauchergruppen hat der Bereich Wohnen & Kleinverbraucher auch den höchsten Treibhausgaswert. Durch die Emissionen durch die Bereitstellung von elektrischer Energie liegt der Bereich Industrie & Großgewerbe jedoch insgesamt nicht viel niedriger. Insgesamt werden auf dem Gemeindegebiet jährlich 40.900 t CO<sub>2</sub>-äq. in den Sektoren Wärme und Strom emittiert.

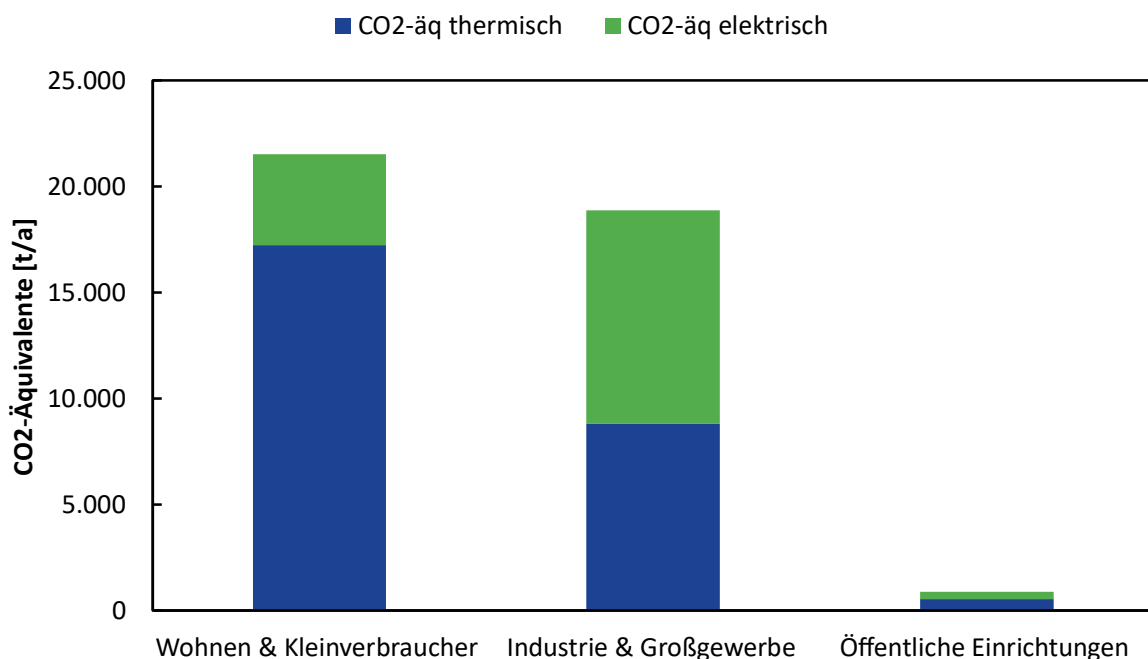


Abbildung 24: CO<sub>2</sub>-Äquivalente resultierend aus dem Endenergieverbrauch. Für das ganze Gemeindegebiet aufgeteilt auf die Verbrauchergruppen

Tabelle 14 listet die Kennwerte der Treibhausgasbilanz auf. Somit können Fortschreibungen des Wärmeplans mit der aktuellen Situation verglichen werden.

*Tabelle 14: Kennwerte der Treibhausgasbilanz*

| Kennwert                                                     | Wert | Einheit                                   |
|--------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------|
| THG-Emissionen Wärme Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner | 2,49 | $t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$ |
| THG-Emissionen Wärme Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner | 0,08 | $t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$ |
| THG-Emissionen Wärme Industrie & Großgewerbe pro Einwohner   | 1,27 | $t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$ |
| THG-Emissionen Strom Wohnen & Kleinverbraucher pro Einwohner | 0,62 | $t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$ |
| THG-Emissionen Strom Öffentliche Einrichtungen pro Einwohner | 0,05 | $t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$ |
| THG-Emissionen Strom Industrie & Großgewerbe pro Einwohner   | 1,45 | $t_{CO_2-äq.}/(a \cdot \text{Einwohner})$ |

## 4. Potenzialanalyse

Das Ziel der Gemeinde Leinburg, 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.

### 4.1. Datengrundlage

In *Tabelle 15* sind die Datengrundlagen der einzelnen Abschnitte für die Potenzialanalyse aufgelistet.

*Tabelle 15: Datengrundlagen der Potenzialanalyse*

| Kapitel                                  | Datengrundlage                                                                      |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Schutzgebiete und Denkmalschutz          | Bayerisches Landesamt für Umwelt, Gemeinde Leinburg, 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                                                   |

### 4.2. 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.

#### 4.2.1. Schutzgebiete

Abbildung 25 zeigt die Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet Leinburg. Die Daten stammen aus dem Geodatendienst des Bayerischen Landesamt für Umwelt [23]. Unterteilt werden die Schutzgebiete in Trinkwasserschutz, Fauna-Flora-Habitat, Naturschutz, Landschaftsschutz, Vogelschutz, Biotope und Naturpark.

Über weite Teile des Gemeindegebiets um die Ortsteile herum erstreckt sich ein Landschaftsschutzgebiet, an der südwestlichen Grenze befindet sich ein Vogelschutzgebiet. Auch einige Biotope 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 [24]. Für Landschaftsschutzgebiete stellt die Genehmigung der Nutzung von Geothermie eine Herausforderung dar.

Die Ortsteile Weißenbrunn und Ernhofen liegen in einem Trinkwasserschutzgebiet, das hauptsächlich die Schutzklasse II aufweist. In dieser Schutzklasse ist die Genehmigung von

geothermischen Anlagen schwierig. Mehrere kleinere Wasserschutzgebiete der Klasse II befinden sich um die Ortsteile Entenberg, Fuchsmühle und Diepersdorf herum.

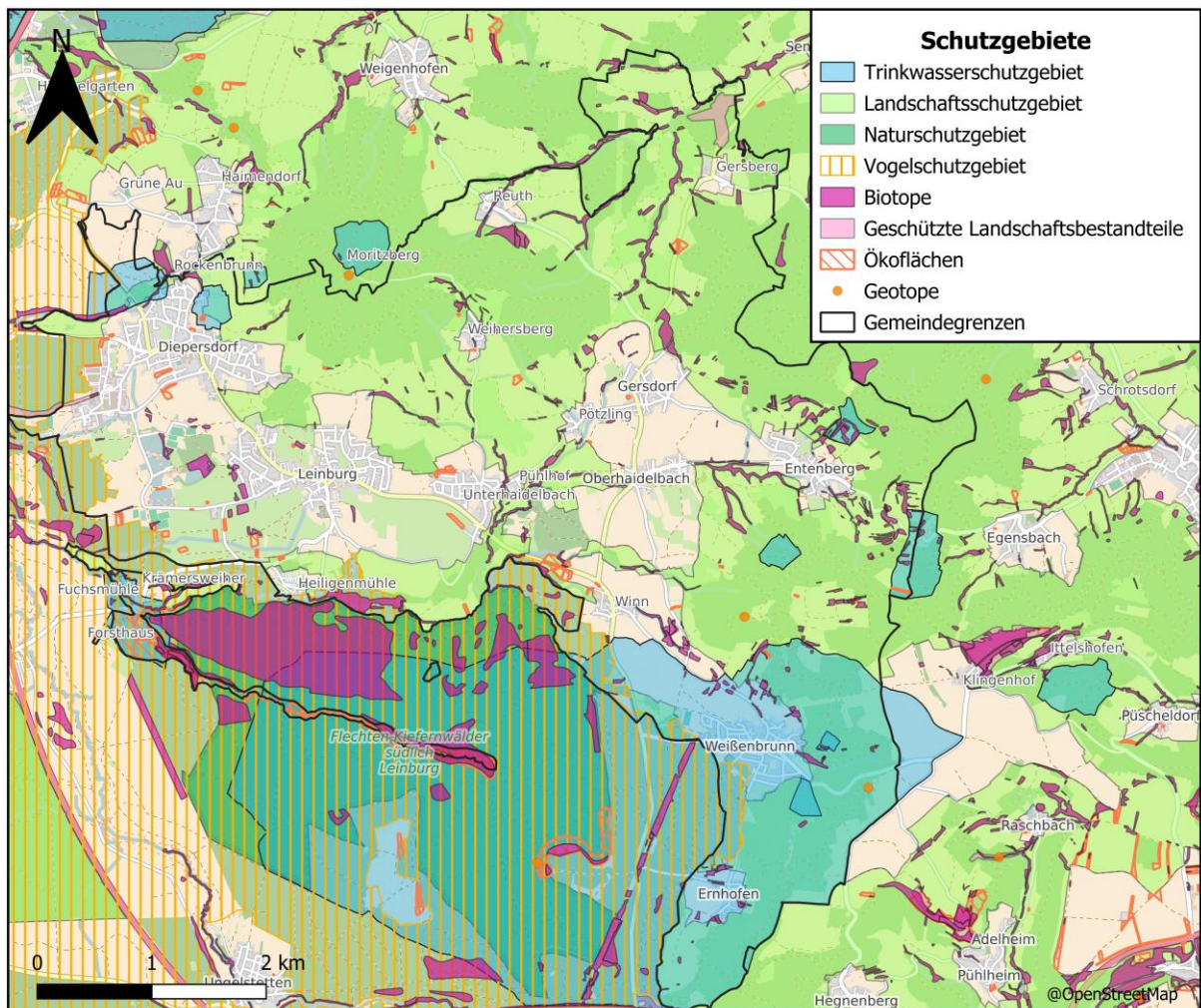


Abbildung 25: Schutzgebiete auf dem Gemeindegebiet

#### 4.2.2. Denkmalschutz

Bei denkmalgeschützten Bauwerken kann es zu Einschränkungen in Bezug auf Sanierungen und Aufbau von Solar- oder Photovoltaikanlagen kommen. In Abbildung 26 sind die denkmalgeschützten Gebäude im Gemeindegebiet zu sehen.

Auf dem Gemeindegebiet gibt es insgesamt 43 Bau- und 48 Bodendenkmäler, wobei sich die Baudenkmäler auf nahezu alle Ortsteile verteilen.

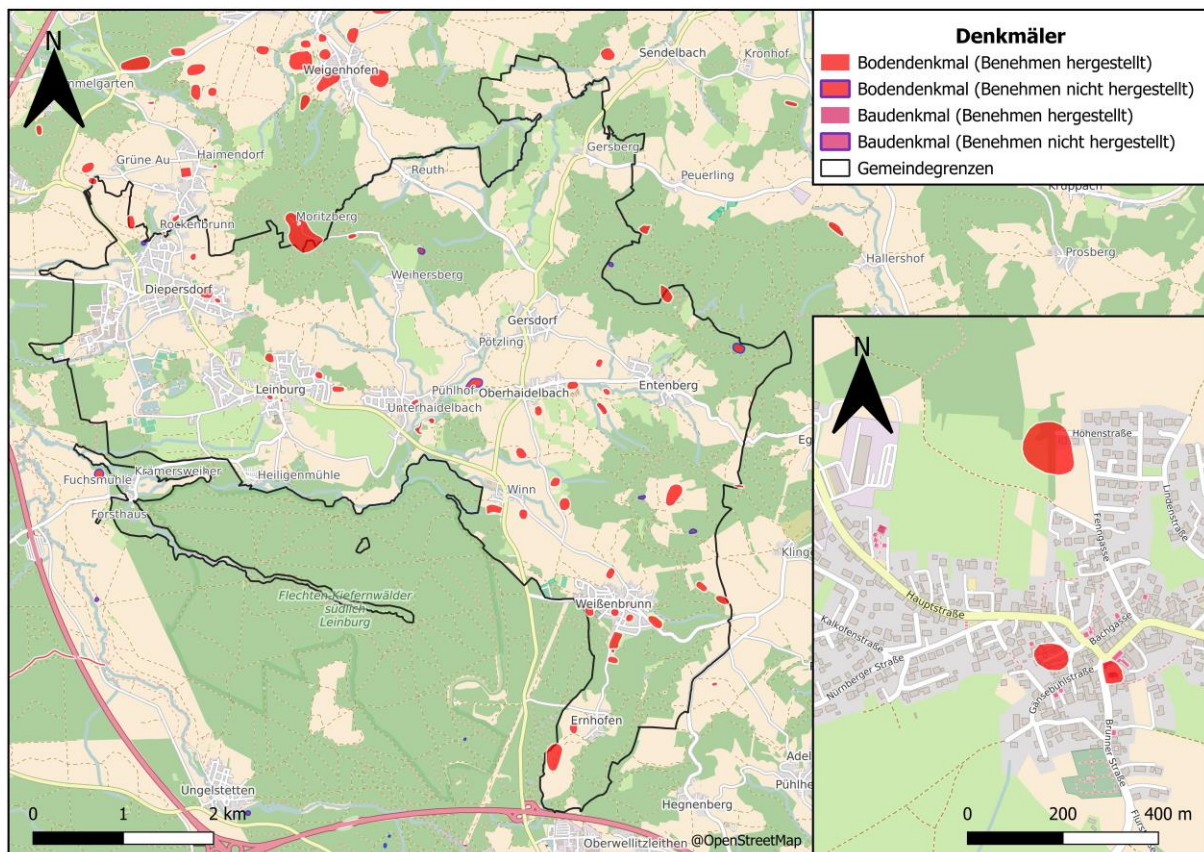


Abbildung 26: Boden- und Baudenkmäler in Leinburg

### 4.3. 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) [19] berechnet werden, indem anhand der Siedlungsentwicklung [9] 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 vollsanziert wird. In Abhängigkeit des Baujahres werden Einsparpotenziale zwischen 0 und 65 Prozent angenommen. Das höchste Potenzial haben Gebäude aus der Nachkriegszeit (1950 – 1975). Neuere Gebäude haben nahezu kein Einsparpotenzial. Dementsprechend fallen die Einsparpotenziale geringer aus. Abbildung 27 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Es ist zu erkennen, dass bei der Mehrheit der Baublöcke ein hohes Energieeinsparpotenzial von über 50 Prozent vorliegt. Das geringste Potenzial besteht in den Gebieten, die vor 1948 oder in den 2000ern gebaut 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.

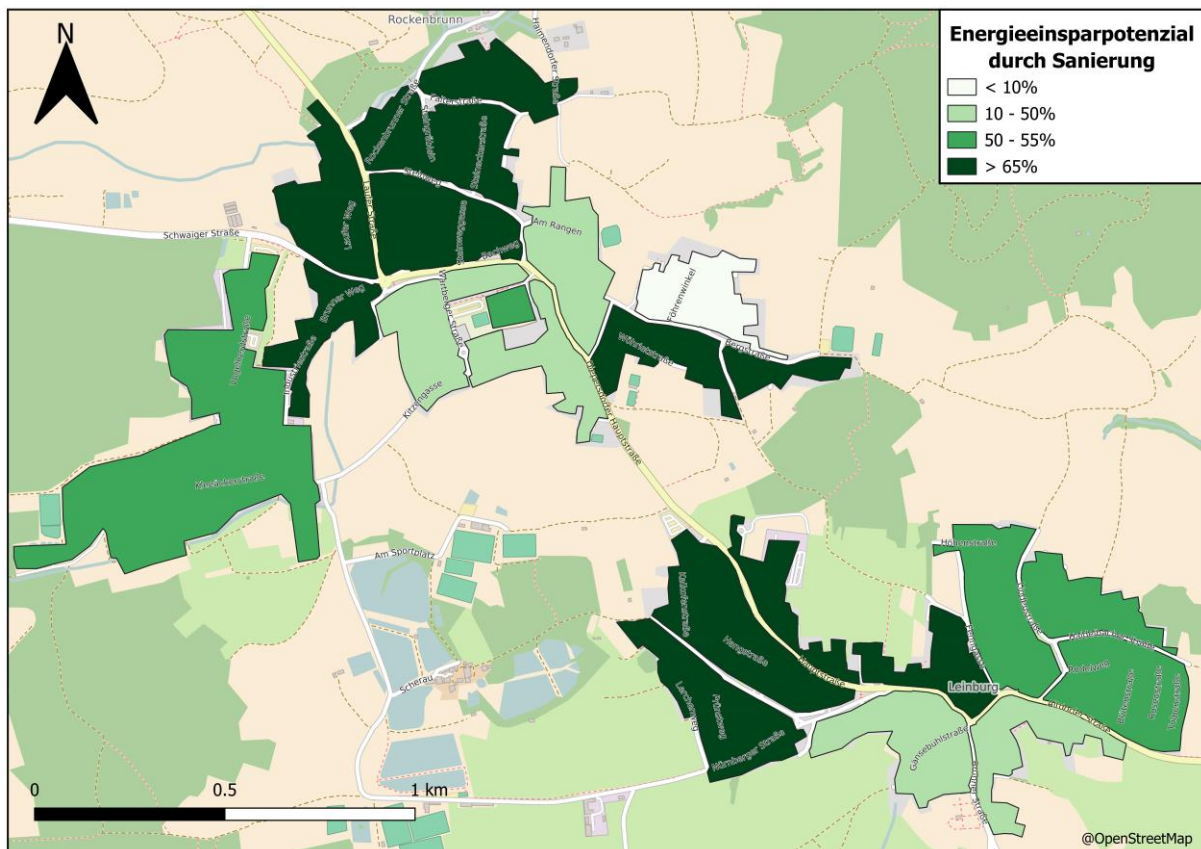


Abbildung 27: Energieeinsparpotenzial durch Sanierung berechnet mittels Technikkatalog der KEA Baden-Württemberg [19]

#### 4.4. 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.

##### 4.4.1. 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 mitzuberechnen. 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 Leinburg 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.

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 [6]. Darauf aufbauend kann mittels der VDI-Norm 4640 die spezifische Entzugsenergie bestimmt werden [25]. 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 Sondenanzahl mit einem aus Umweltatlas und VDI 4640 ermittelten spezifischen Entzugsleistung von 44,3 W/m, 1500 Vollbenutzungsstunden und einer durchschnittlichen Bohrtiefe von 69,6 m (Mittelwert der auf dem Gemeindegebiet vorhandenen Bohrungen [3]) ergeben die potenzielle Energiemenge. Auch hier wird eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 4 angenommen.

Abbildung 28 und Tabelle 16 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 16: Potenzial Wärme oberflächennaher Geothermie*

| System            | Potenzial Wohnen & Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen [MWh/a] | Potenzial Industrie & Großgewerbe [MWh/a] |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Erdwärmekollektor | 15.900                                                                | 1.700                                     |
| Erdwärmesonden    | 74.800                                                                | 5.300                                     |

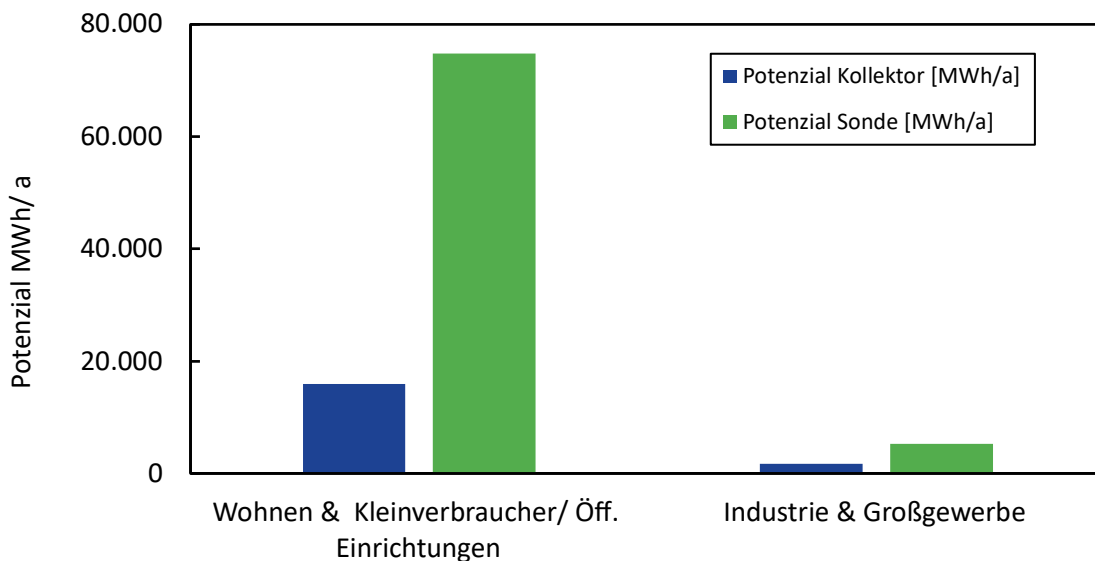


Abbildung 28: Potenzial Wärme aus oberflächennaher Geothermie auf bebautem Gebiet

#### 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 und mit einem spezifischen Ertrag von 28 kWh pro m<sup>2</sup> verrechnet. In Abbildung 29 sind alle betrachteten potenziellen Freiflächen zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie dargestellt. Dabei wurde darauf geachtet, nur Flächen in der Nähe von bebautem Gebiet zu verwenden, das hinsichtlich des Baus von Wärmenetzen untersucht wird, so dass bei Wärmenetzen keine zu langen Leitungswege entstehen. Damit werden Ortsteile mit verkürzter Wärmeplanung nicht betrachtet. Außerdem wurde das Potenzial auf den Wärmebedarf der umliegenden Gebiete begrenzt. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von circa 36.000 MWh/a für oberflächennahe Geothermie in Form von Kollektoren oder Sonden auf Freiflächen. Hierbei ist die Realisierung der Nutzung der Geothermie von vielen regulatorischen und anderen Faktoren abhängig. Daher sind detailliertere Prüfungen bei weiteren Untersuchungen erforderlich.

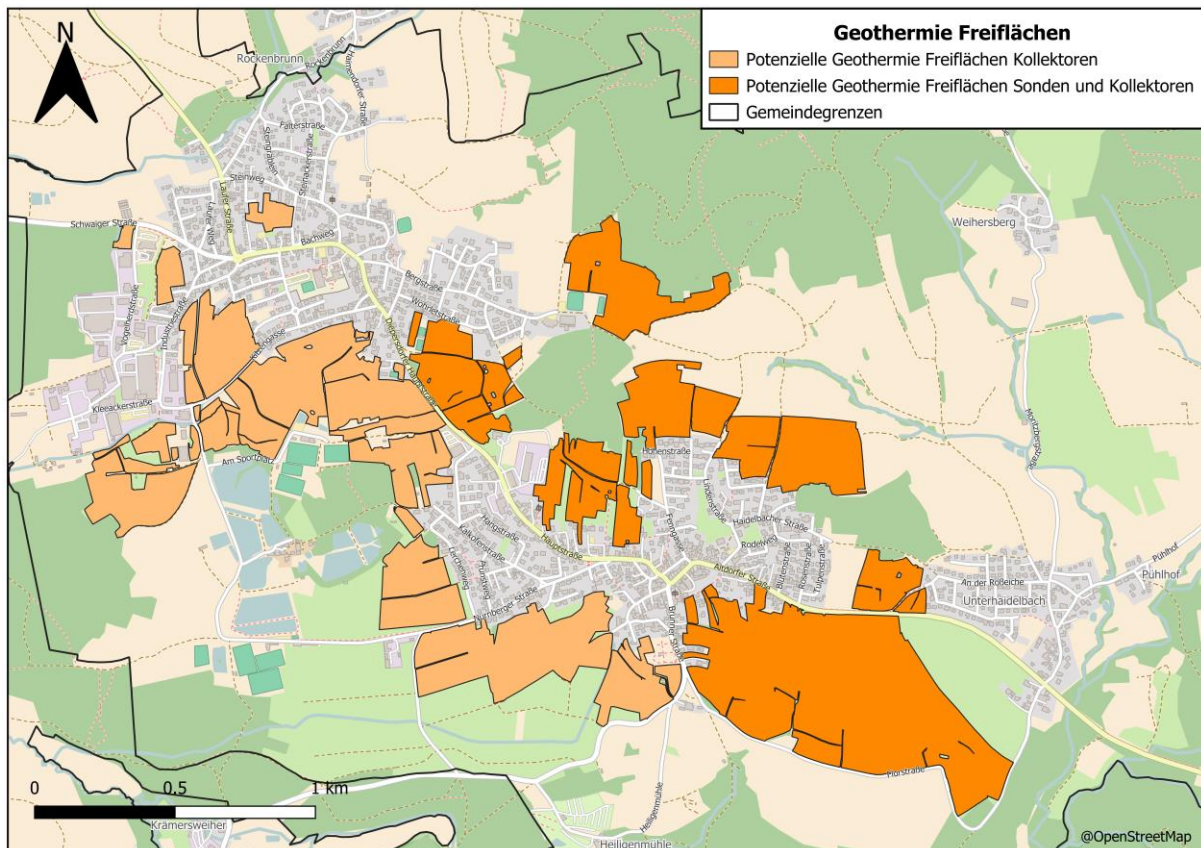


Abbildung 29: Potenzielle Geothermie Freiflächen

#### 4.4.2. 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:

In Abbildung 30 sind potenzielle Freiflächen für Solarthermie im Gemeindegebiet dargestellt. Diese wurden anhand der als PV-Freiflächen geeignet eingestuft Flächen aus dem Energie-Atlas Bayern [3] ermittelt. Da hier, im Gegensatz zur Photovoltaik, die Leitungsverluste die Wirtschaftlichkeit eines Projektes stark beeinflussen, werden nur mögliche Flächen betrachtet, die weniger als 500 m von potenziellen Abnehmern entfernt sind. Zudem muss sich die Fläche in der Nähe eines potenziellen Wärmenetzgebiets befinden. Ortsteile mit verkürzter Wärmeplanung werden also nicht betrachtet. Zur Berechnung des Ertrages der Solarthermie-Freiflächen werden vier existierende Anlagen in Dänemark als Vergleich hergenommen. Da es in Deutschland wenige Solarthermie-Freiflächen gibt und die Kennwerte der Anlagen in Dänemark bereits vorhanden sind, werden diese als Referenz verwendet [26]. Ein Mittelwert von 220 kWh pro Jahr und Quadratmeter Grundfläche konnte festgestellt werden. Das Potenzial wird mit dem Wärmebedarf der umliegenden Gebiete verglichen und gegebenenfalls auf den Anteil der solaren Deckungsrate von Solarthermie zur Heizungsunterstützung begrenzt. Hierfür wird ein Wert von 27,5 Prozent angesetzt [27].

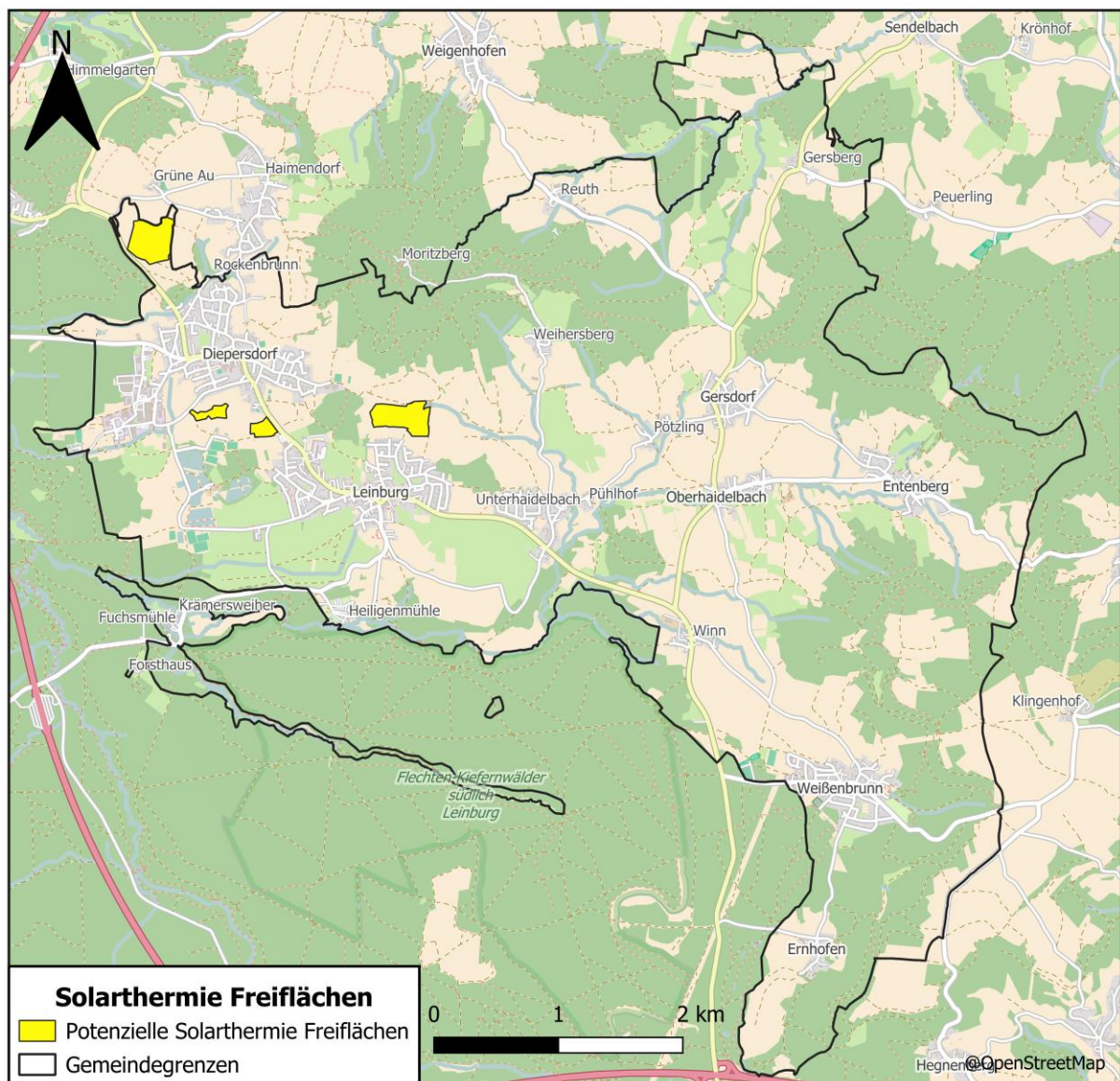


Abbildung 30: Potenzielle Solarthermie-Freiflächen in näherer Umgebung von bebauten Gebieten

### Solarthermie-Dachflächen:

Das Potenzial der Solarthermie-Dachflächen wird mit Hilfe des Energie-Atlas Bayern berechnet [3], 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 940 MWh/a kann die Solarthermie auf Dachflächen noch weitere 4.900 MWh/a Wärme liefern, was zusammen ca. 8 Prozent der von den Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher sowie Öffentliche Einrichtungen benötigten Wärmemenge ausmacht.

Tabelle 17 listet die realistischen Potenziale für Solarthermie auf. In Abbildung 31 sind diese graphisch dargestellt.

Tabelle 17: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

| System                   | Potenzial [MWh/a] |
|--------------------------|-------------------|
| Freiflächen-Solarthermie | 9.900             |
| Dachflächen-Solarthermie | 4.900             |
| <b>Gesamt</b>            | <b>14.800</b>     |

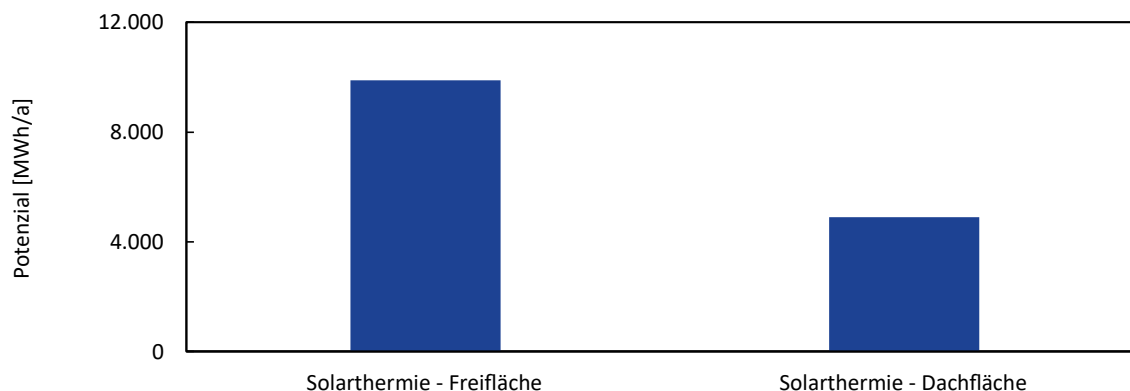


Abbildung 31: Potenzial Solarthermie Freiflächen und Dachflächen

#### 4.4.3. 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 [28]. Mit Hilfe der Brenn- und Heizwerte für Altholz [29] und Bioabfall [30] 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 [31]. 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 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Ackerfläche nachwachsende Rohstoffe angebaut werden [32]. Der Flächenbedarf für bestehende Biogasanlagen auf dem Gemeindegebiet muss grundsätzlich vom möglichen Potenzial abgezogen, was jedoch auf Leinburg nicht zutrifft.

##### Biomasse aus Waldbestand:

Das energetische Potenzial der Waldfläche wird anhand der Kennzahlen aus dem Energie-Atlas Bayern abgeschätzt [3]. 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 herangenommen.

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 Leinburg stammt. Trotzdem werden diese mitbetrachtet, indem davon ausgegangen wurde, dass die Sägenebenprodukte, die bei der Verarbeitung des im Gemeindegebiet gewonnenen Holzes anfallen, zu Pellets verarbeitet werden. Die betreffende Waldfläche auf dem Gemeindegebiet Leinburg 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 [3].

Tabelle 18 listet das gesamte Potenzial der Biomasse auf dem Gemeindegebiet auf. Abbildung 32 zeigt das Ergebnis in graphischer Form.

Tabelle 18: Potenzial Biomasse

| System                      | Potenzial [MWh/a] |
|-----------------------------|-------------------|
| Biomasse aus Abfällen       | 1.600             |
| Biomasse aus Landwirtschaft | 8.200             |
| Biomasse aus Waldbestand    | -5.400            |
| <b>Gesamt</b>               | <b>4.500</b>      |

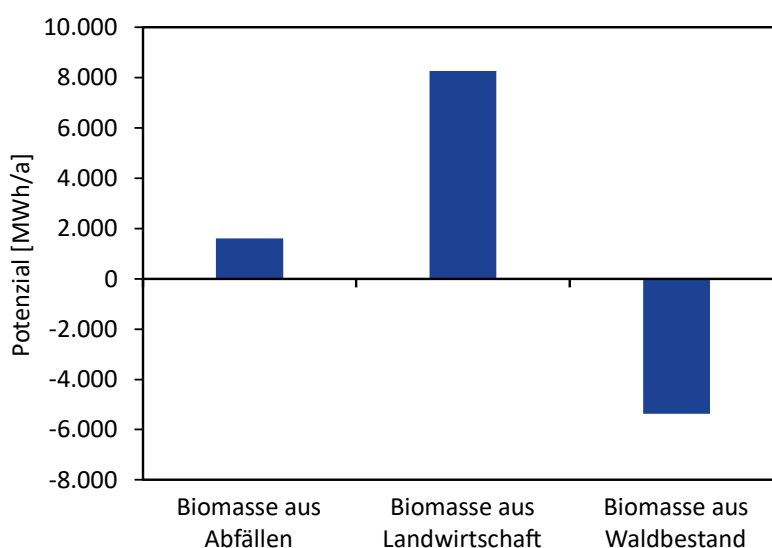


Abbildung 32: Potenzial aus Biomasse. Aufgeteilt in Biomasse aus Abfällen, Landwirtschaft, Waldbestand

Da bisher die Bilanzgrenzen um das Gemeindegebiet der Gemeinde Leinburg gezogen wurden, aber es möglich ist Holz aus benachbarten Gebieten zu importieren, werden zusätzlich die Potenzialflächen für Energieholz für die umliegenden Gemeinden aufgezeigt. Abbildung 33 zeigt das übrige Flächenpotenzial für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Leinburg [3]. 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 Kleinf Feuerungsanlagen dargestellt.

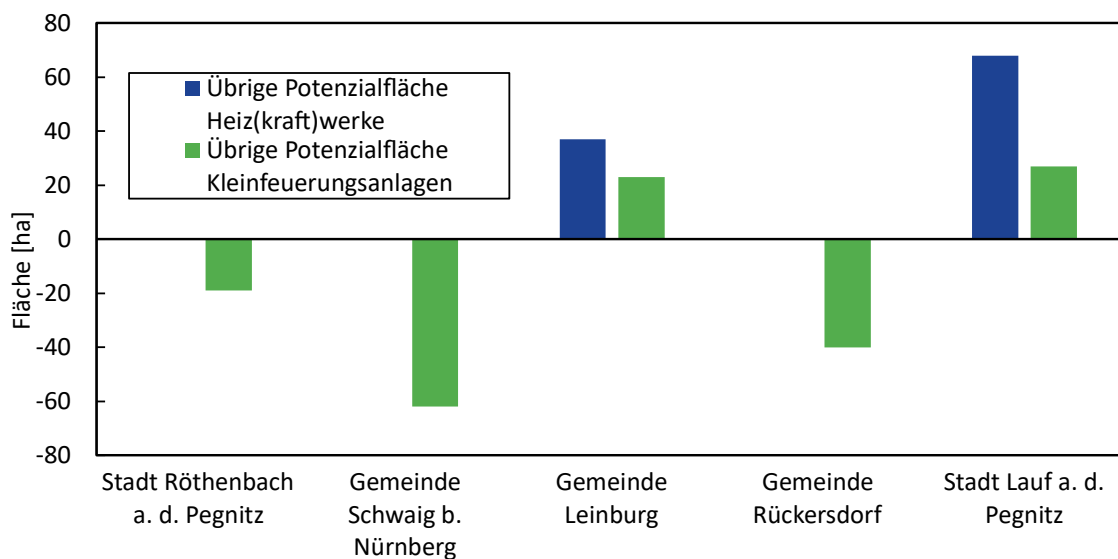


Abbildung 33: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der Städte und Gemeinden im Umkreis von Leinburg

Die Datengrundlage stammt ebenfalls aus dem Energie-Atlas Bayern [3]. Anders als oben berechnet, ist hier noch ein gewisses positives Potenzial abgebildet, was bedeutet, dass noch nicht alle jährlich anfallende Biomasse verbrannt wird. Die unterschiedlichen Ergebnisse trotz gleicher Datenbasis in Bezug auf Flächen und Energiekennwerten ist auf die unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der Wärmeerzeugung aus Biomasse (unterschiedliche Volllaststundenzahl, installierte Leistung, Wärmebedarf, Brennstoffanteil, Berücksichtigung der Pellet-Produktion aus regionalem Holz) zurückzuführen. Auch wenn das Potenzial bei dieser Grafik positiv ist, geht jedoch deutlich hervor, dass die Wärmeerzeugung aus regionaler Biomasse nicht mehr stark ausgebaut werden kann. Abgesehen von der Stadt Lauf a. d. Pegnitz weisen die umliegenden Gemeinden ein negatives Potenzial auf, was bedeutet, dass mehr Energieholz verwendet wird, als nachhaltig auf dem Gemeindegebiet nachwachsen kann.

Abbildung 34 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  $0,045 - 0,053 \text{ ha/MWh}_{\text{th}}$  ausgegangen. Das Energiepotenzial aus Waldholz wurde durch die bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft errechnet [3].

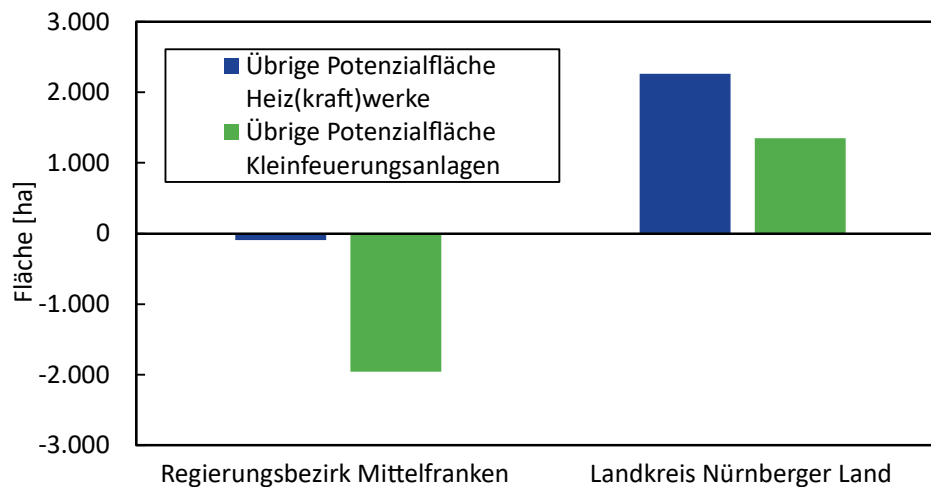


Abbildung 34: Übrige Potenzialfläche für Energieholz der im Landkreis Nürnberger Land und im Regierungsbezirk Mittelfranken

Das Biomassepotenzial auf dem Gemeindegebiet ist also, unabhängig von der Betrachtungsweise bereits stark beansprucht, was auf die starke Nutzung von Energieholz zurückzuführen ist. Entsprechend sollte eine Nutzung in neu errichteten Anlagen nur sehr gezielt vorgenommen werden, zum Beispiel für die Spitzenlasterzeugung in Wärmenetzen. Auch wenn es in manchen umliegenden Gemeinden und im Landkreis noch ungenutzte Potenziale gibt, ist das Potenzial im Regierungsbezirk betrachtet stark negativ.

#### 4.4.4. 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 zwei Firmen in Leinburg an der Befragung für Industrieunternehmen teil. Allerdings möchten beide Unternehmen die Abwärme intern nutzen und nicht in ein potenzielles Wärmenetz einspeisen. Aus diesem Grund wird das Potenzial als nicht vorhanden eingestuft.

##### Kraft-Wärme-Kopplung:

Es gibt auf dem Gemeindegebiet nur ein BHKW, das sich auf dem Firmengelände einer der beiden befragten Firmen befindet, die ihre Abwärme selbst nutzen wollen. Daher ist im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung kein Abwärmepotenzial vorhanden.

##### Abwasser:

Am Rand von Diepersdorf gibt es eine Kläranlage, deren Potenzial genutzt werden kann. Vor allem im Winter stellt Abwärme aus Abwasser aufgrund der hohen Temperaturen eine gute Quelle für z.B. eine Großwärmepumpe dar. Mit Hilfe des Mindesttrockenabflusses, einem exemplarischen Abflussverlauf über den Tag und einer potenziellen Abkühlung des Wassers

bis auf 4 °C kann das Potenzial der Abwärme aus Abwasser berechnet werden. Es wird angenommen, dass das Wasser nach der Kläranlage zentral entnommen wird.

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, Abwärme direkt aus den Kanälen zu gewinnen, für eine Quantifizierung des Potenzials liegen jedoch nicht genügend Daten vor.

Tabelle 19 und Abbildung 35 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse zur Gewinnung von Wärme aus unvermeidbarer Abwärme und Abwasser.

Tabelle 19: Potenzialanalyse Abwärme

| System              | Potenzial [MWh/a] |
|---------------------|-------------------|
| Industrie           | 0                 |
| KWK-Anlagen         | 0                 |
| Abwasser Kläranlage | 6.700             |
| <b>Gesamt</b>       | <b>6.700</b>      |



Abbildung 35: Potenzialanalyse Abwärme

#### 4.4.5. 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 Leinburg 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 stark beansprucht und sollte nur sehr gezielt in neuen Anlagen (z.B. Spitzenlast in Wärmenetzen) eingesetzt werden. Da seitens des Gasverteilnetzbetreiber 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 [1]. 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. Dass es in der Gemeinde Leinburg noch keine Gas-Verteilnetzinfrastruktur gibt, die über das Gewerbegebiet Diepersdorf hinausgeht, macht den Einsatz von Wasserstoff für private Haushalte noch unwahrscheinlicher.

#### 4.4.6. Zusammenfassung Potenzial erneuerbare Wärme

In Abbildung 36 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. 142.000 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 Vorlauftemperaturen generieren zu können, sollte so im Schwerpunkt zur Deckung der Spitzenlast bei sehr niedrigen Außentemperaturen eingesetzt werden.

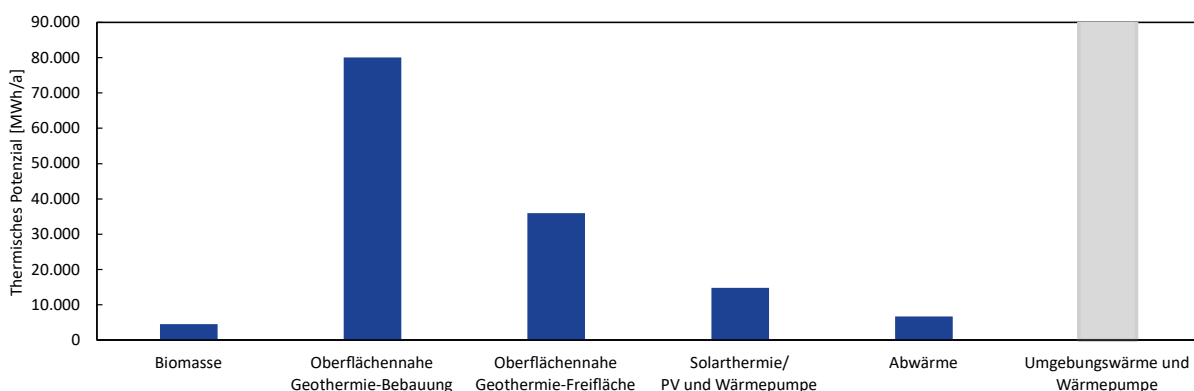


Abbildung 36: Zusammenfassung Potenziale erneuerbarer Wärme

## 4.5. Potenziale erneuerbarer Strom

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

### 4.5.1. Photovoltaik

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

#### Photovoltaik-Freiflächen:

Für die Ermittlung der potenziellen PV-Freiflächen wurden die als geeignet eingestuften Flächen aus dem Energie-Atlas Bayern [3] herangezogen. Mit einem festgelegten Abstand zu Wohnhäusern und Wald (Schattenwurf) sowie der Aussparung von Bodendenkmälern und der Berücksichtigung von Flurstücksgrenzen wurden mögliche Gebiete ermittelt. Um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten, wurden nur Flächen von einer Größe ab ca. 2,5 ha berücksichtigt. Mit einem durchschnittlichen Erfahrungswert von 0,1 kWp pro Quadratmeter und einem durchschnittlichen Ertragswert von 1050 kWh pro kWp und Jahr kann das Potenzial an Leistung und Energiemenge abgeschätzt werden. Abbildung 37 zeigt die im Gemeindegebiet für Freiflächen-PV voraussichtlich geeigneten Fläche basierend auf dem Kriterienkatalog auf.

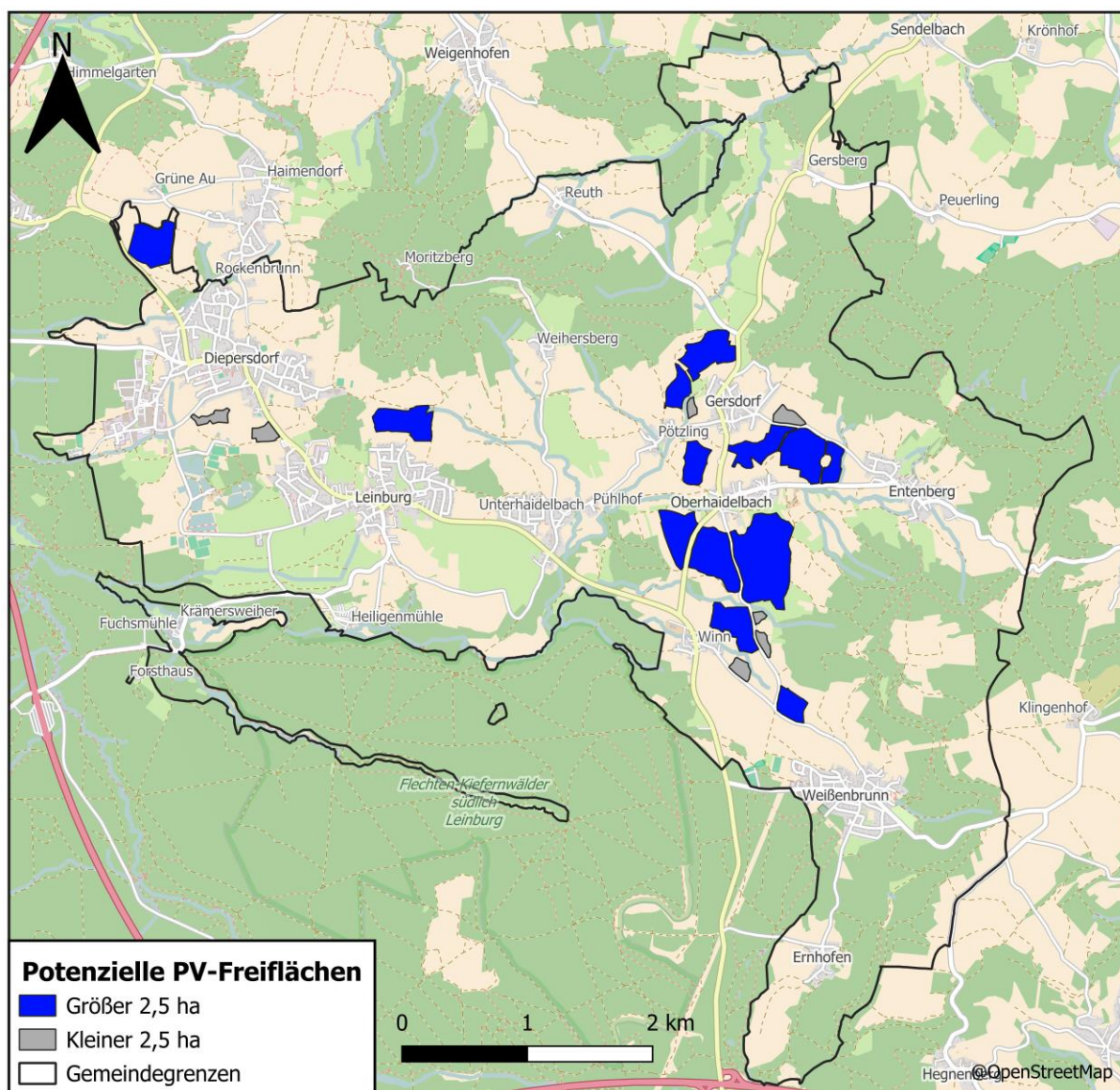


Abbildung 37: PV-Potenzialflächen auf dem Gemeindegebiet

### Photovoltaik-Dachflächen:

Das Dachflächenpotenzial für Photovoltaik wird aus dem Energie-Atlas Bayern entnommen [3]. Bereits für PV genutzte Dachfläche wird gegengerechnet.

Tabelle 20 und Abbildung 38 zeigen die Ergebnisse der Potenzialanalyse für Photovoltaik auf dem Gemeindegebiet Leinburg. Angegeben wird hier das noch nicht genutzte Potenzial.

Tabelle 20: Potenzial elektrischer Ertrag Photovoltaik

| System                   | Potenzial [ $\text{MWh}_{\text{el}}/\text{a}$ ] |
|--------------------------|-------------------------------------------------|
| Freiflächen-Photovoltaik | 102.600                                         |
| Dachflächen-Photovoltaik | 28.300                                          |
| <b>Gesamt</b>            | <b>130.900</b>                                  |

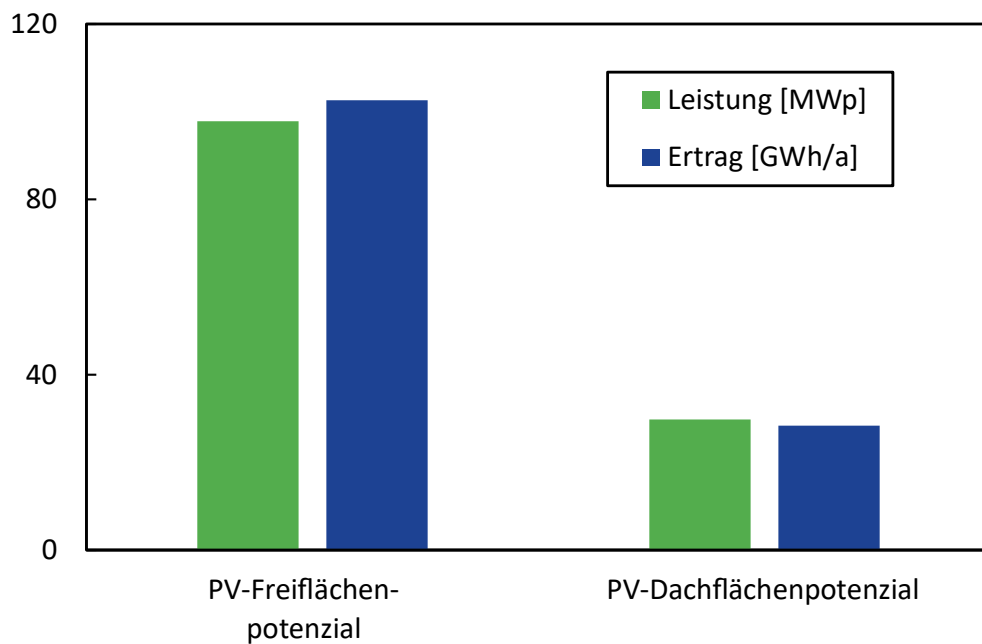


Abbildung 38: Potenzial Leistung und Ertrag Photovoltaik

Verglichen mit den Daten aus dem Marktstammdatenregister werden aktuell 3 Prozent des Potenzials an Photovoltaik im Gemeindegebiet genutzt.

#### 4.5.2. Windenergie

Im Gemeindegebiet Leinburg gibt es keine Windvorranggebiete. Es wurden die im Energie-Atlas Bayern [3] als „bedingt geeignete Flächen“ untersucht, die mindestens 1000 Meter Entfernung zu Wohnbebauung aufweisen. Einzelne Windenergieanlagen müssen darüber hinaus einen Mindestabstand von vier Rotordurchmessern zueinander einhalten. In Tabelle 21 ist das Potenzial von Windenergie aufgeführt. In Abbildung 39 sind die möglichen Standorte der beiden Anlagen eingezeichnet

Tabelle 21: Elektrisches Potenzial Windenergieanlagen

| Betrachtung        | Potenzial [MWh <sub>el</sub> /a] |
|--------------------|----------------------------------|
| Windenergieanlagen | 25.000                           |

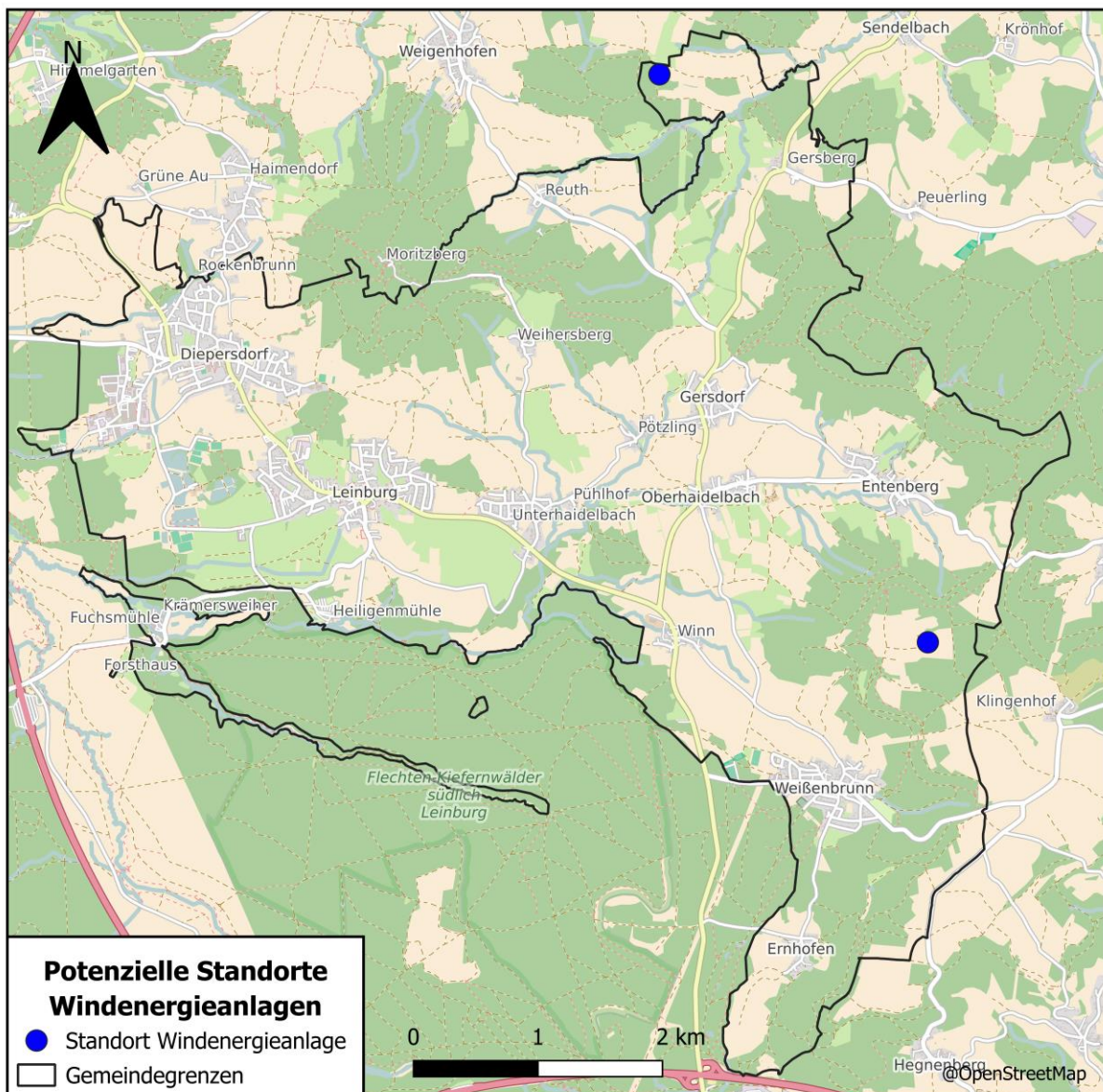


Abbildung 39: Potenzielle Standorte von Windenergieanlagen

#### 4.5.3. Sonstige

Da durch das Gemeindegebiet von Leinburg verlaufen keine großen Flüsse. Darüber hinaus ist in Bayern der Neubau von Wasserkraftanlagen vor allem an bereits vorhandenen und noch nicht energetisch genutzten Querbauwerken vorgesehen [3]. Darüber hinaus sind hierbei Anforderungen hinsichtlich Mindestwasserführung, Durchgängigkeit und Fischschutz zu erfüllen [33]. Aus diesem Grund wird das Potenzial von Wasserkraftwerken zur Stromerzeugung als nicht vorhanden eingestuft. Wie bereits erläutert, ist das Biomassepotenzial bereits stark ausgeschöpft. 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.

#### 4.5.4. Zusammenfassung Potenzial Strom

Das Potenzial zur Erzeugung von elektrischer Energie besteht auf dem Gemeindegebiet von Leinburg aus Photovoltaik und Windenergie mit einer möglichen jährlichen Strommenge von circa 155.900 MWh<sub>el</sub> pro Jahr. Dieses Potenzial wird in Abbildung 40 dargestellt.

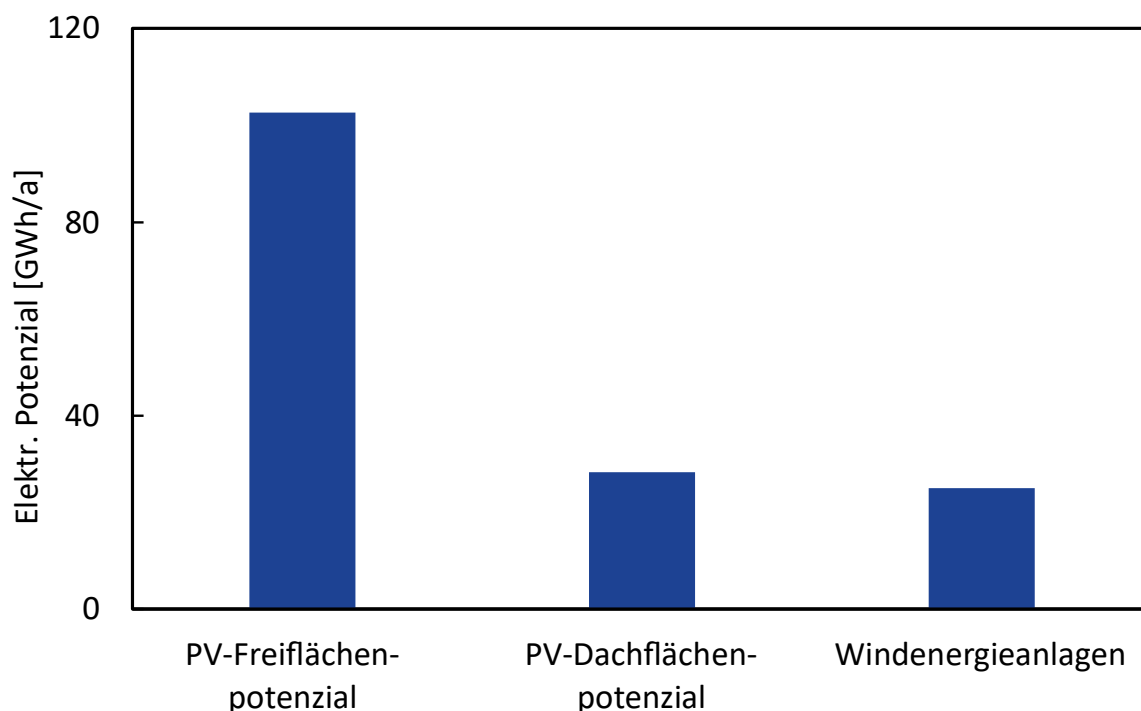


Abbildung 40: Zusammenfassung Potenzialanalyse Strom

#### 4.6. 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 58 Rückläufer. Bei 2056 Adressen ergibt das eine Antwortquote von circa 2,8 Prozent. 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 22 listet die Antworten der Bürgerinnen und Bürger auf die Frage, ob ein Interesse am Anschluss Ihres Hauses an ein Wärmenetz besteht, auf. Abbildung 41 stellt das Ergebnis graphisch prozentual dar.

Tabelle 22: 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                                      | 31             |
| Nein                                    | 27             |
| Keine Angabe                            | 0              |
| <b>Gesamt</b>                           | <b>58</b>      |

Bei circa 53 Prozent der Antworten besteht Interesse am Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz der Bürgerinnen und Bürger. Da weniger als 3 Prozent 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 grundsätzlich auf ein gewisses Interesse der Bürgerinnen und Bürger stößt. Außerdem können Gebiete mit besonders vielen Interessenten identifiziert werden. Abbildung 42 zeigt kartografisch das Interesse von Gebäuden am Anschluss an ein Wärmenetz auf.

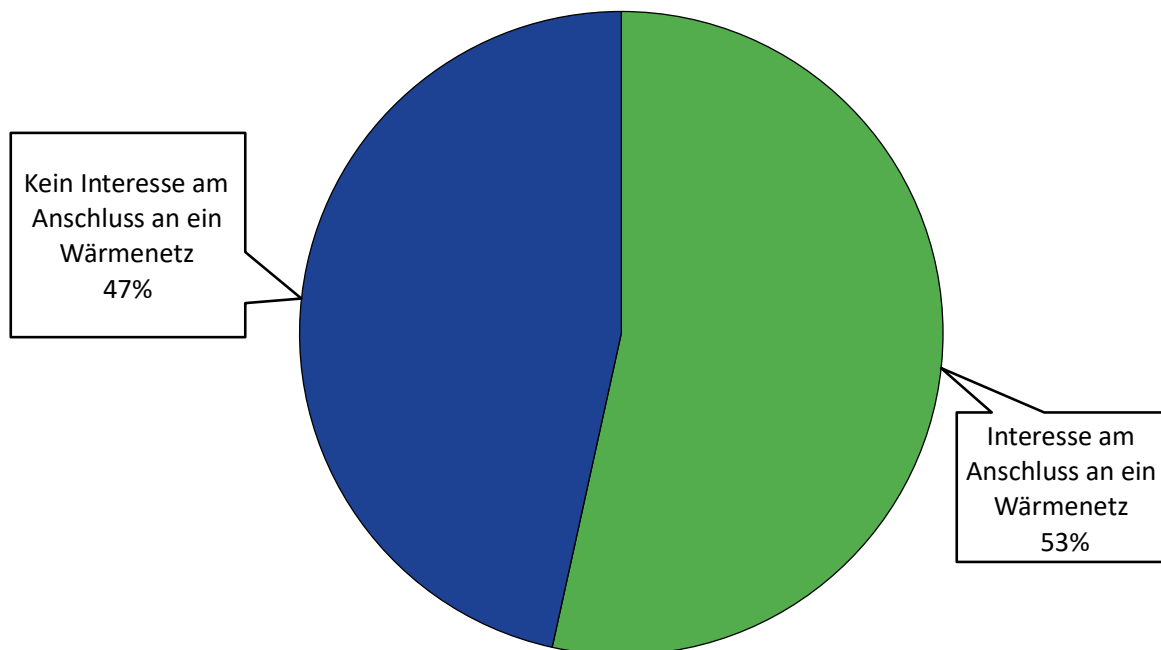
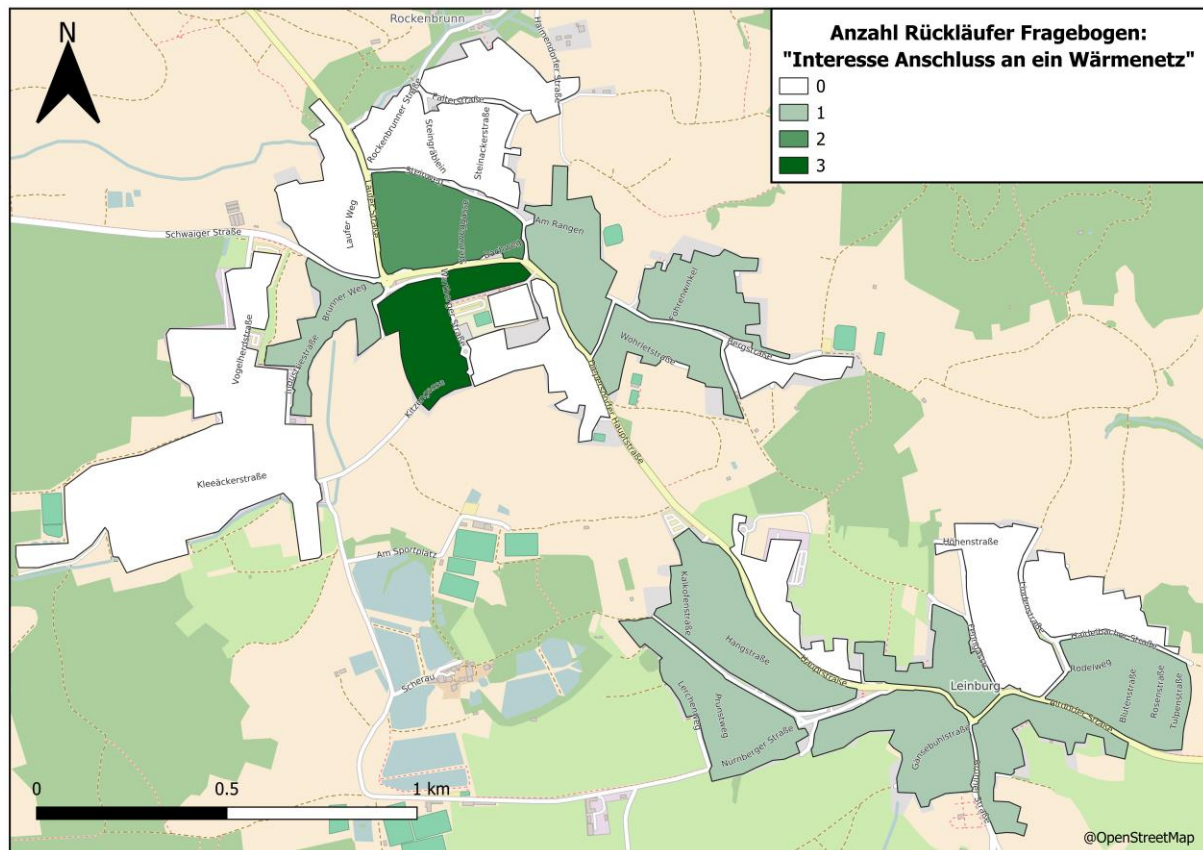


Abbildung 41: Prozentuales Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz. Auswertung der Rückläufer der Fragebögen an die Bürgerinnen und Bürger



## 5. Gegenüberstellung von Bestands- und Potenzialanalyse

In Abbildung 43 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 übertrifft. Dies betrifft sowohl den Strom als auch den Wärmebereich, wobei das genaue Potenzial für die Wärmeerzeugung aufgrund der theoretisch unbegrenzt zur Verfügung stehenden Umgebungswärme schwer quantifizierbar ist. Im Strombereich ist das Potenzial etwa um das 4,5-fache höher als der Verbrauch.

Hierbei ist zu beachten, dass sowohl das Temperaturniveau (für die Wärmeerzeugung) 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).

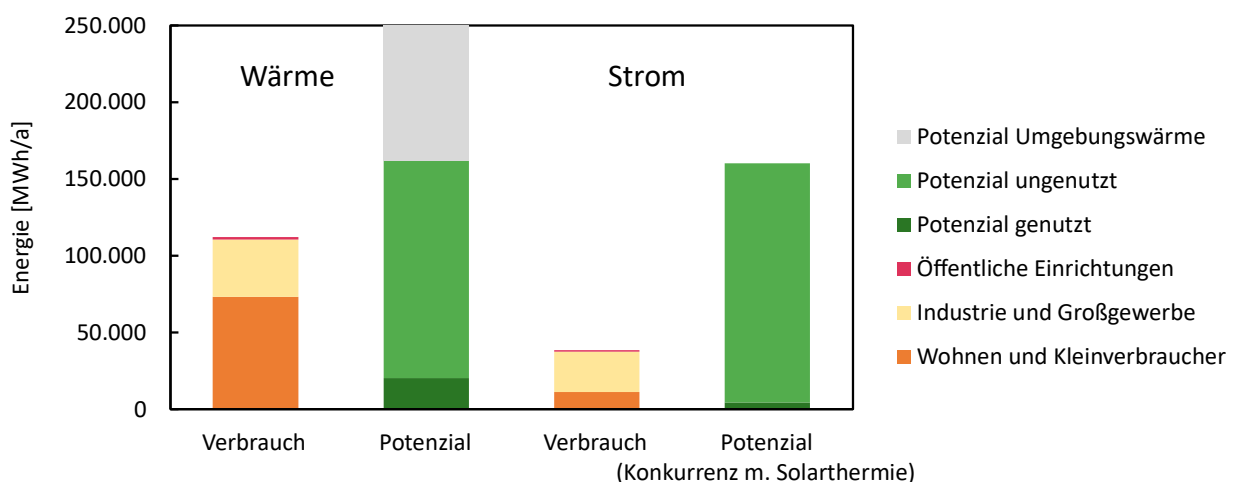


Abbildung 43: Gegenüberstellung Verbrauch und Potenzial von Wärme und Strom

## 6. Wärmeversorgungsgebiete

Auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse wird die Gemeinde auf Baublockebene auf das Potenzial einer zentralen Wärmeversorgung mittels Wärmenetz untersucht. In allen als Wärmenetzeignungsgebiet deklarierten Bereichen ist eine weitere Untersuchung zur möglichen Realisierung eines Wärmenetzes sinnvoll. Diese Einordnung ist eine Empfehlung an die Kommune, entsprechende Gebiete eingehender zu betrachten und weitere Studien durchzuführen. In einem Gebiet, welchem eine Wärmenetzeignung zugesprochen wurde, ist der Bau eines Netzes jedoch nicht garantiert. Dafür sind zuerst weitere Studien und Bemühungen notwendig. In allen anderen Gebieten wird eine dezentrale Wärmeversorgung empfohlen.

### 6.1. Einteilungskriterien

Im Zuge der Einteilung der Stadt in Wärmeversorgungsgebiete wird jeder Baublock nach dessen Wärmenetzeignung anhand des vorhandenen Wärmebedarfs als auch des Potenzials erneuerbarer Wärmequellen vor Ort betrachtet. Diese Parameter werden auf Basis der folgenden Kriterien bewertet:

- **Wärmebedarf:**
  - o Wärmebedarfsdichte (bezogen auf die Baublockfläche)
  - o Wärmeliniendichte
  - o Sanierungspotenzial auf Basis der Bausubstanz (nur halbe Gewichtung)
- **Vorhandenes Potenzial:** Bewertung der vorhandenen Wärmequellen nach ihrer Eignung für die Einspeisung in ein Wärmenetz (Gewichtung der Quellen zwischen 0,5 und 3 Punkten)
- **Andere Faktoren:**
  - o Vorhandenes oder in unmittelbarer Umgebung befindliches Wärmenetz
  - o Vorhandene Ankerkunden/ Großabnehmer (Gemeinde oder Firma/ Wohnungsgesellschaft mit bekanntem Anschlussinteresse)
  - o Hohes Anschlussinteresse (auf Basis der Befragung der Bürgerinnen und Bürger)

Zudem werden die Anmerkungen und Vorhaben der relevanten Akteure (v.a. Energieversorger) in die Einteilung miteinbezogen. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe der Bewertungsmatrix dargestellt in Abbildung 44.

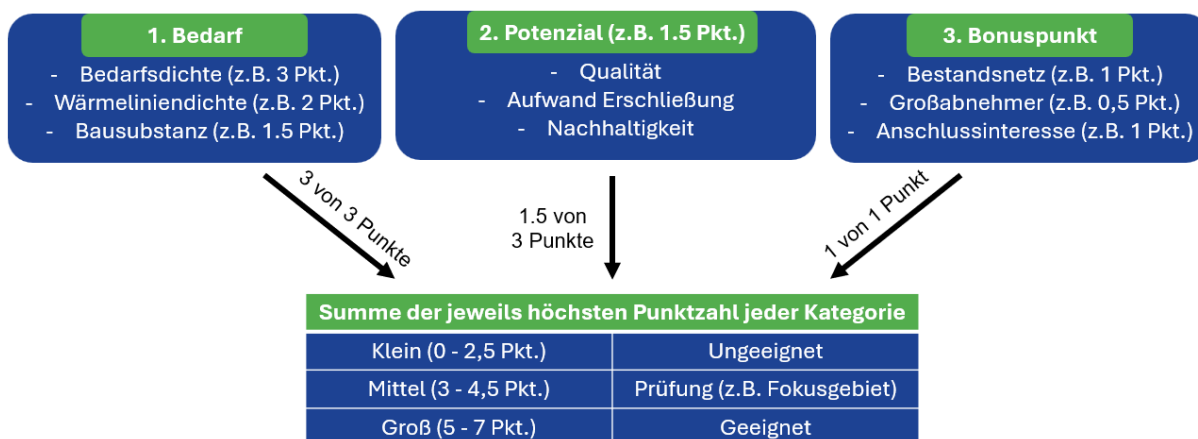


Abbildung 44: Bewertungsmatrix zur Bestimmung von Wärmenetzeignungsgebieten.

In den Bereichen Bedarf und Potenzial jeweils maximal 3 Punkte erreicht werden. Die anderen Faktoren machen zusammen maximal einen Punkt aus. Ausschlaggebend für die Wertung ist jeweils die Teilkategorie, die die meisten Punkte erreicht. Erhält ein Baublock zum Beispiel in der Wärmebedarfsdichte 3, in der Wärmelinien-dichte 2 und beim Sanierungspotenzial 1,5 Punkte, wird der Bereich Wärmebedarf insgesamt mit 3 Punkten gewertet. Dasselbe Vorgehen wird beim vorhandenen Potenzial und den vorhandenen Wärmequellen verfolgt. So kann jeder Baublock maximal 7 Punkte erreichen. Die Abstufung der erreichten Punktzahlen innerhalb der einzelnen Einteilungskriterien wird anhand von Erfahrungswerten und Richtwerten aus der Literatur bestimmt [16, 34, 35, 36].

*Tabelle 23: Kategorien Einstufung Wärmenetzeignung*

| Erreichte Punkte aus Bewertung | Einstufung Wärmenetzeignung    |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Bis einschließlich 1,5 Punkte  | Sehr wahrscheinlich ungeeignet |
| Bis einschließlich 3 Punkte    | Wahrscheinlich ungeeignet      |
| Bis einschließlich 4,5 Punkte  | Wahrscheinlich geeignet        |
| Alle über 4,5 Punkte           | Sehr wahrscheinlich geeignet   |

## 6.2. Wärmenetzeignung

Abbildung 45 zeigt die Baublöcke der beiden Ortsteile mit der jeweils ermittelten Eignung für ein Wärmenetz. In Dunkelrot und Hellrot eingefärbt sind Gebiete, in welchen sowohl ein heißes als auch ein kaltes Nahwärmenetz als (sehr) wahrscheinlich geeignet erachtet wird. Die in Dunkelblau und Hellblau eingefärbten Gebieten sind für ein Wärmenetz (sehr) wahrscheinlich ungeeignet eingestuft, was bedeutet, dass in diesen Baublöcken eine dezentrale Wärmeversorgung wahrscheinlich geeigneter ist. Aber auch hier können unter bestimmten Gegebenheiten Inselnetze (z.B. fünf Häuser mit gemeinsamer Wärmeversorgung) oder kalte Nahwärmenetze realisiert werden. Eine netzgebundene Wärmeversorgung sollte also nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Prüfgebiete, in Lila eingefärbt, weisen darauf hin, dass eine besondere Situation vorliegt.

Die meisten Baublöcke in der Gemeinde Leinburg sind als wahrscheinlich für ein Wärmenetz eingestuft. Dies ist im Wesentlichen auf die eher niedrigen Wärmebedarfe und Wärmelinien-dichten zurückzuführen. Ein Gebiet in Diepersdorf wurde als sehr wahrscheinlich geeignet eingestuft. Es handelt sich dabei um den Baublock „Grundschule“, der einen sehr hohen Wärmebedarf aufweist und der aus kommunalen Gebäuden besteht. Als Prüfgebiet eingestuft ist der Baublock „Reichswaldstraße“. Aufgrund der sehr hohen Wärmebedarfe im Industriegebiet sowie dem Abwärmepotenzial aus der Kläranlage liegt grundsätzlich eine hohe Eignung für ein Wärmenetz vor. Allerdings gibt es der Umfrage für die Industrie zufolge kein Unternehmen mit Anschlussinteresse an ein Netz. Daher soll dieses Gebiet noch einmal genauer untersucht werden.

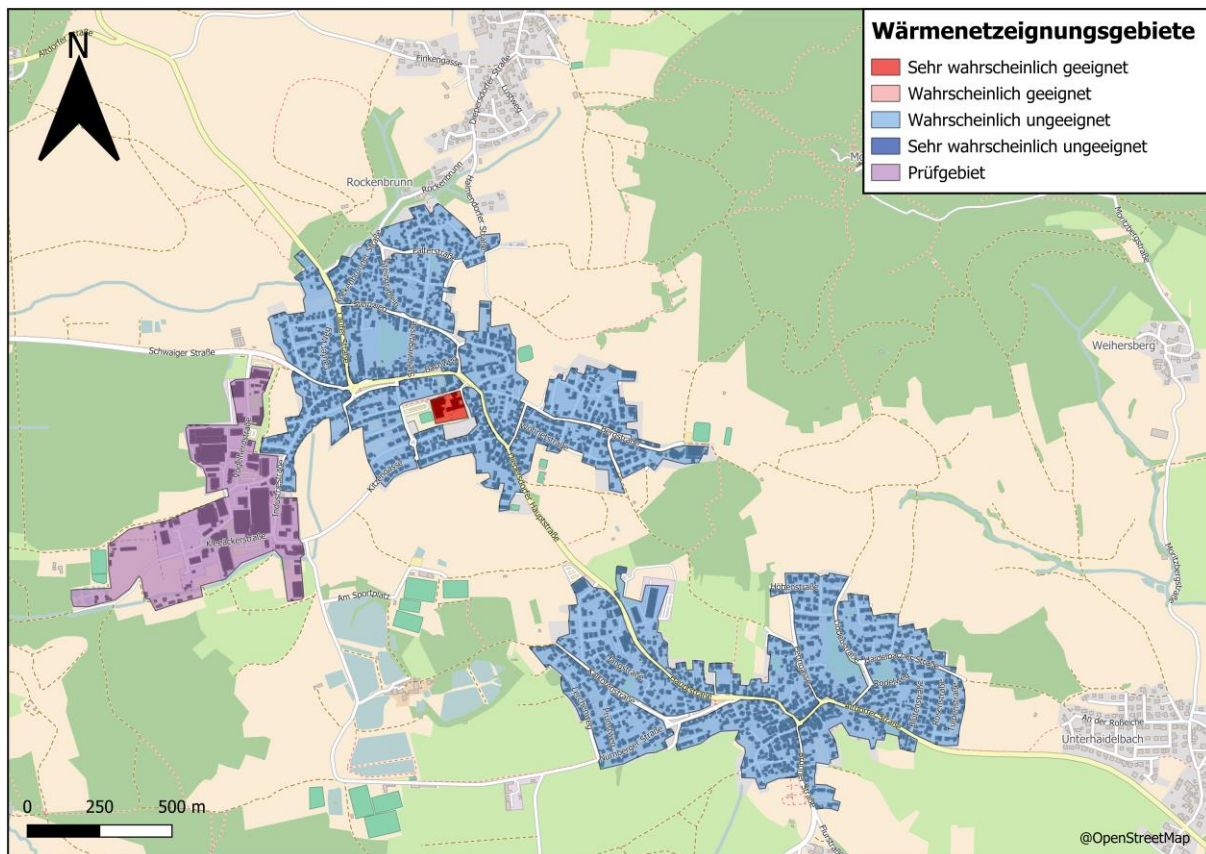


Abbildung 45: Einteilung der Gemeinde Leinburg in Wärmenetzeignungsgebiete.

## 7. Fokusgebiet Grundschule Diepersdorf

Im Rahmen der Kommunalrichtlinie sind zwei Fokusgebiete im Zuge der kommunalen Wärmeplanung zu erstellen. Fokusgebiete sind Projekte, welche aufgrund ihrer signifikanten Auswirkung auf dem Weg zur Klimaneutralität mit Priorität zu behandeln sind. Hierbei sind zusätzlich konkretere und räumlich verortete Umsetzungspläne zu erarbeiten. Für die Gemeinde Leinburg wird ein potenzielles Wärmenetz untersucht sowie ein Zukunftsszenario für ein dezentrales Gebiet ausgearbeitet.

Als erstes Fokusgebiet wird das Areal um die Grundschule Diepersdorf untersucht.

### 7.1. Ausgangssituation

Die Grundschule besteht aus zwei Gebäuden, dem Schulgebäude und der Sporthalle. Um die Schulgebäude herum befinden sich Ein- und Zweifamilienhäuser, die Freiwillige Feuerwehr sowie ein Gasthof mit Hotel. Der betrachtete Bereich nördliche der Schule gehört zum alten Ortskern aus dem frühen 20. Jahrhundert. Die Schule selbst stammt aus den 1990er Jahren.

Ein Hort auf dem Gelände der Grundschule ist geplant, allerdings steht die endgültige Größe noch nicht fest. Um die Einrichtung dennoch in das Wärmenetz einplanen zu können, müssen zur Größe und dem Wärmebedarf Annahmen getroffen werden. Im aktuellen Schuljahr besuchen 270 Kinder die Grundschule [37]. Laut einer Studie von Prognos nutzen derzeit 61 Prozent aller Grundschulkinder ein Betreuungsangebot wie einen Hort, eine Mittagsbetreuung, eine Ganztagschule o.ä. [38]. Übertragen auf die Grundschule Diepersdorf müsste der Hort also für ca. 165 Kinder ausgelegt werden. Die tatsächliche Anzahl ist vermutlich etwas niedriger, wenn andere Betreuungseinrichtungen genutzt werden, allerdings gibt die Zahl einen ersten Näherungswert und deckt somit auch eine mögliche Zunahme an Schülerinnen und Schülern in der Grundschule mit ab. Die benötigte Größe des Horts wird abgeleitet aus den „Summenraumprogrammen für Kindergärten, Horten und Kinderkrippen“ in der Anlage der „Richtlinie über Zuweisung des Freistaates Bayern zu kommunalen Baumaßnahmen im kommunalen Finanzausgleich“ [39]. Hierin wird für einen Hort mit 151 bis 175 Plätzen eine Gesamtgröße von 951 m<sup>2</sup> vorgesehen. Der entsprechende Wärmebedarf wurde über das verwendete Simulationstool nPro [40] ermittelt.

In Abbildung 46 ist das Netz mit allen angeschlossenen Gebäuden und einer Heizzentrale auf dem Gelände der Grundschule dargestellt. Die Rohrleitungen sind eingefärbt nach der maximal in den einzelnen Abschnitten übertragbaren Leistung. Wohngebäude sind in Grau, Nicht-Wohngebäude in Rot dargestellt, die Netzzentrale ist rot umrandet.

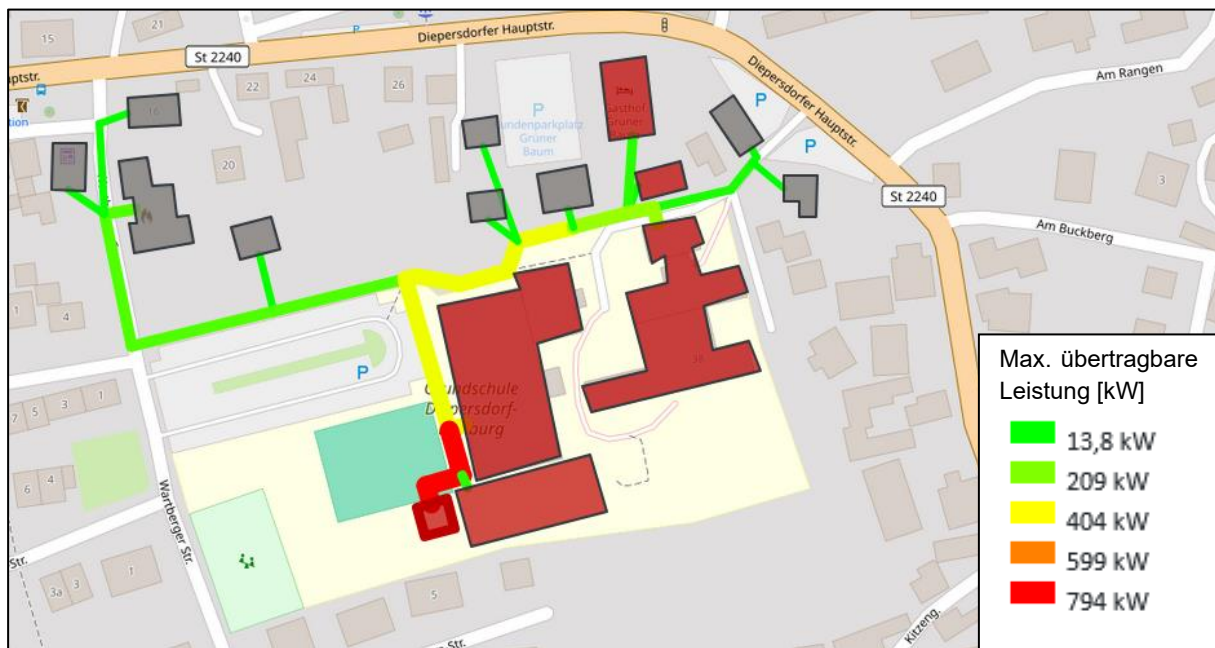


Abbildung 46: Mögliches Wärmenetz Grundschule Diepersdorf. Wohngebäude in Grau, Nicht-Wohngebäude in Rot.

Tabelle 24 listet die Wärmebedarfe und Anzahl der potenziellen Hausanschlüsse im Netzgebiet auf. Die Länge der Verteilungen des Netzes beträgt ungefähr 0,4 Kilometer, hinzu kommen die Hausanschlussleitungen mit ca. 0,2 Kilometer Länge. Der Gesamtwärmebedarf summiert sich auf ungefähr 1.200 MWh/a. Insgesamt sind circa 15 Häuser im Netzgebiet vorhanden. Die Wärmebedarfe basieren so weit möglich auf in den Fragebögen angegebenen realen Verbrauchswerten, darüber hinaus wird auf das Wärmekataster des Simulationstools nPro zurückgegriffen.

Tabelle 24: Wärmebedarf und Anzahl Gebäude

| Abnehmergröße | Wärmebedarf [MWh/a] | Anzahl Gebäude |
|---------------|---------------------|----------------|
| < 25 MWh/a    | 100                 | 4              |
| 25 – 60 MWh/a | 200                 | 6              |
| > 60 MWh/a    | 900                 | 5              |
| <b>Gesamt</b> | <b>1.200</b>        | <b>15</b>      |

Es wird von einer Anschlussquote von 100 Prozent ausgegangen. In der Realität wird die tatsächliche Anschlussquote vermutlich geringer sein, was die spezifischen Wärmegestehungskosten erhöhen wird. Abbildung 47 zeigt die benötigte Wärmeleistung des Quartiers (hier einschließlich der Verluste in den Leitungen), ermittelt anhand von Standardprofilen. Wärme wird vor allem in den Wintermonaten zur Raumheizung benötigt. Die Spitzen stellen besonders kalte Tage dar. Dennoch ist auch in den Sommermonaten Wärme für Warmwasser erforderlich. Die Jahresdauerlinie gibt an, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Leistung bereitgestellt werden muss.

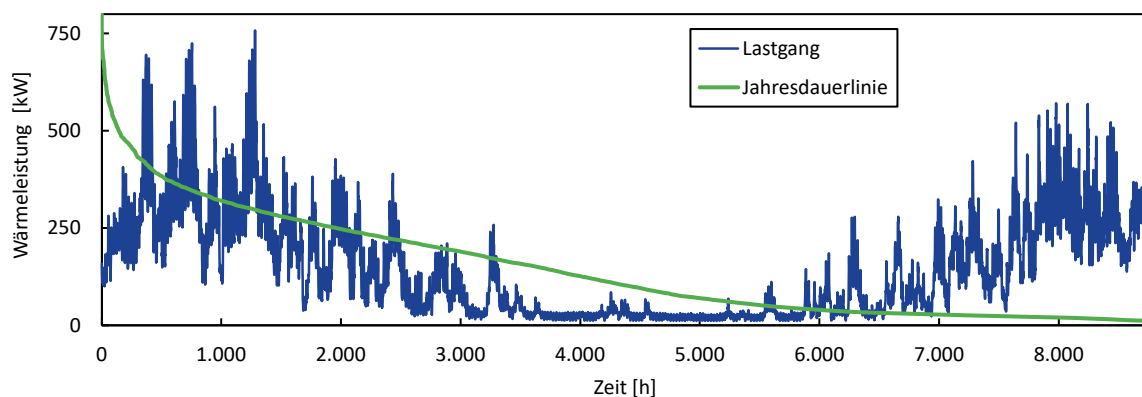


Abbildung 47: Benötigte Wärmeleistung (einschl. Verluste) des Quartiers in kW mit Jahresdauerlinie

### 7.1. Einstufung als Gebäudenetz

Die Zuordnung der Bezeichnung Wärmenetz oder Gebäudenetz hat Einfluss auf die mögliche Förderung der Maßnahme.

In der Bundesförderung für effiziente Gebäude wird ein Gebäudenetz als ein Wärmeversorgungsnetz mit 2 bis 16 Gebäuden und bis zu 100 Wohneinheiten definiert. Netze mit mehr als 16 Gebäuden werden also nicht mehr von der Förderung abgedeckt [41]. Ab einer Anzahl von 17 Gebäuden oder 101 Wohneinheiten kann die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) beantragt werden [42].

Bei kleinen Netzen wie das des Fokusgebiets Grundschule Diepersdorf ist die Definition des Gebäudes entscheidend. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle legt folgende Kriterien fest:

*„Als ein Gebäude im Rahmen der BEW gilt grundsätzlich jede vollständig abgeschlossene Gebäudehülle (Gründung, Wände, Türen, Fenster, Dach), welche einen Wärmebedarf hat und durch das Wärmenetz mit Wärme versorgt werden soll.“*

*Bei Doppelhaushälften und Reihenhäusern zählt jedes Teilhaus - sofern jedes Teilhaus mit einer separaten Heizungsanlage versorgt wird, bzw. einen separaten Hausanschluss oder Hausübergabestation hat - als separates Gebäude.“* [43]

Nach aktuellem Planungsstand sind 14 Gebäude (Netzzentrale ausgenommen) ans Netz angeschlossen. Damit fällt das Netz unter die Kategorie Gebäudenetz. Für Gebäudenetze kann Förderung nach der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) beantragt werden [44].

### 7.2. Auslegung Gebäudenetz

Zur Konzeptionierung der Wärmeversorgung des Fokusgebietes Grundschule Diepersdorf über ein Gebäudenetz wird das Simulationsprogramm nPro verwendet. Dieses Tool wurde speziell für die Planung und Simulation von Energieversorgungskonzepten entwickelt und bietet auf Grundlage vielfältiger Last- und Erzeugungsprofile eine ausführliche Systemsimulation mit verschiedenen Arten von Energieverbrauchern sowie -quellen. Betrachtet wurde eine Kombination folgender Wärmequellen:

- Luftwärme
- Hackschnitzel zur Spitzenlastdeckung

Die optimale Kombination dieser Potenziale wird im Folgenden untersucht.

Da wie in der Potentialanalyse dargelegt das Biomassepotential auf dem Gemeindegebiet bereits weitestgehend ausgereizt ist, soll Luftwärme die Hauptquelle des Netzes darstellen. Hackschnitzel als Verbrennungsprozess wird jeweils zur Spitzenlastdeckung und als Redundanz benötigt. Biomethan ist in diesem Fokusgebiet keine Alternative, da das Gebiet um die Grundschule nicht über ein Gasnetz verfügt.

In Abbildung 48 ist schematisch der Versorgungsfall dargestellt. Gleichzeitig zeigen die Linien bereits mit der jeweiligen Breite die Energiemengen im Jahresverlauf an, ähnlich wie in einem Sankey-Diagramm. In den folgenden Auslegungen wird ausschließlich Strom (für die Energiezentrale), Umweltwärme in Form von Luftwärme sowie Hackschnitzel zur Wärmebereitstellung betrachtet.

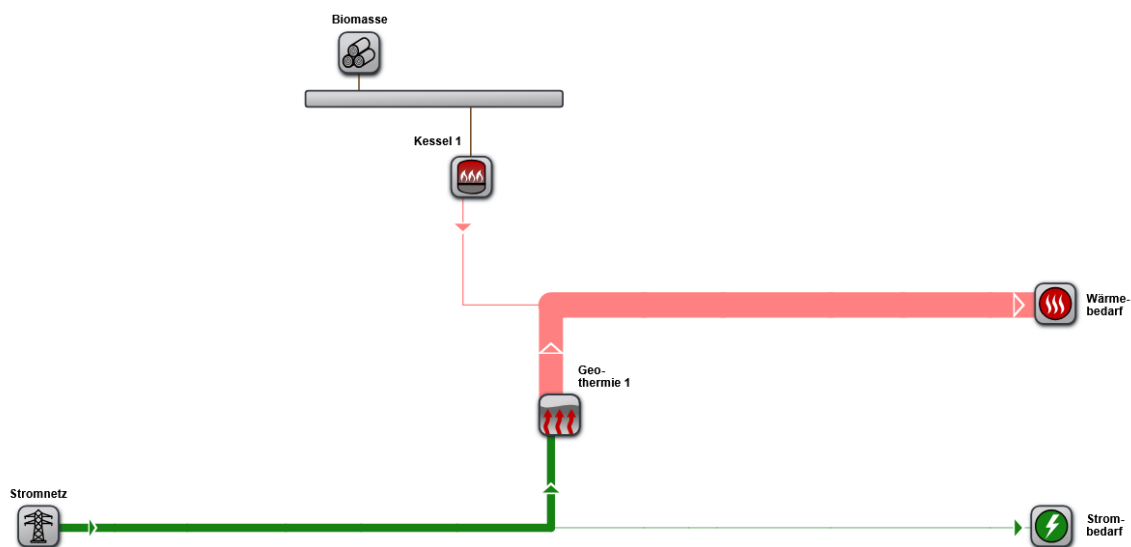


Abbildung 48: Schematische Darstellung der Energieflüsse mit dem Simulationstool nPro [40]

### 7.3. Annahmen Berechnung

In diesem Unterkapitel sind alle Annahmen zur Wärmenetzauslegung und Kostenrechnung aufgelistet. Alle folgenden Preisangaben sind netto-Werte. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der verschiedenen Varianten wird in Anlehnung an das Kurzverfahren nach VDI 2067 [45] durchgeführt. Tabelle 25 zeigt die Annahmen und Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wärmekonzepte. Diese basieren auf aktuellen Marktpreisen und Entwicklungen der letzten Jahre sowie eigenen Annahmen. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird angenommen, dass die BEG-Förderung mit einer Förderquote von 30 Prozent zum Tragen kommt [44].

Tabelle 25: Zentrale Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung

| Parameter                         | Wert                                                   |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Betrachtungshorizont              | 20 Jahre                                               |
| Kalkulatorischer Zinssatz         | 3 %                                                    |
| Förderung auf Investitionen (BEG) | 30 %                                                   |
| Lebensdauer Komponenten           | 20 – 50 Jahre (je nach Technologie)                    |
| Wartungskosten                    | 0 – 2,5 % der Investitionskosten (je nach Technologie) |

Für die Kostenermittlung sollte das gesamte Gebäudenetz inklusive Wärmeerzeuger, Leitungen und Übergabestationen betrachtet werden. Tabelle 26 listet die spezifischen Kosten einzelner Komponenten zur Wärmeerzeugung und zum Netzbau auf. Für Planungskosten, Regeltechnik und unvorhergesehene Kosten werden Pauschalen angesetzt. Die Kosten der Wärmeerzeuger entstammen zum Großteil dem Technikkatalog des Bundes [46] und den in nPro hinterlegten Angaben [40]. Die Installationskosten sind bereits in den spezifischen Kosten enthalten. Die Preise der Energieträger beziehen sich auf aktuelle Marktpreise [47] [48] oder sind dem KEA Technikkatalog entnommen [49]. Es wird davon ausgegangen, dass bei den eingesetzten Strommengen Industriestrompreise in Anspruch genommen werden können.

Tabelle 26: Preiskomponenten für Kostenschätzung

| Preiskomponente                         | Angesetzte Kosten                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Hackschnitzel-Kessel                    | 692 €/kW <sub>th</sub>              |
| Wärmepumpe (Geothermie)                 | 1.000 €/kW <sub>th</sub>            |
| Geothermie-Sonden                       | 1000 €/ kW <sub>th</sub>            |
| Wärmenetz (Rohrleitung + Verlegekosten) | 350 - 520 €/m (durchmesserabhängig) |
| Hausanschlüsse                          | 10.000 € je Gebäude                 |
| Pauschale Planung                       | 10 % der Gesamtkosten               |
| Pauschale Mess- und Regelungstechnik    | 15 % der Gesamtkosten               |
| Pauschale unvorhergesehene Kosten       | 5 % der Gesamtkosten                |
| Strompreis                              | 16,99 ct/kWh (keine Preisänderung)  |
| Hackschnitzel-Preis                     | 3,9 ct/kWh (keine Preisänderung)    |
| CO <sub>2</sub> -Bepreisung             | 55 €/t                              |

Die CO<sub>2</sub>-Bepreisung wird hier als Fixwert (Stand 2025) angenommen, da die Prognosen für den zukünftigen Verlauf sehr hohe Unsicherheiten aufweisen. Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung sind in Tabelle 27 aufgelistet. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Energieträger stimmen mit den Werten aus der Potenzialanalyse überein. Die Verlustwerte entstammen dem Technikkatalog des Bundes [46].

Tabelle 27: Sonstige Parameter zur Wärmenetzauslegung

| Parameter                                 | Wert                              |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| CO <sub>2</sub> -Emissionen Strombezug    | 381 g/kWh                         |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen Hackschnitzel | 23 g/kWh [21]                     |
| Wärmeverluste                             | 15,8 % der bereitgestellten Wärme |

Ergebnis der Betrachtungen sind die Investitionskosten für das Gebäudenetz. Diese stellen die Kosten für die Errichtung des gesamten beschriebenen Energiesystems dar. Neben der

Anschaffung der Komponenten wird auch der Aufwand für Planung, Genehmigungen, Installation und Inbetriebnahme berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden Kosten für Komponenten, die unabhängig vom jeweiligen Energiesystem ohnehin erforderlich wären, darunter etwaige Anpassungen und Sanierung in den Gebäuden. Die Gesamt-Investitionskosten werden per Annuitätenmethode auf Basis des zugrunde gelegten Kapitalzinses auf die Nutzungsdauer umgelegt, um die jährlichen kapitalgebundenen Kosten zu erhalten. Ein weiteres Ergebnis und wichtiger wirtschaftlicher Faktor sind die Wärmegestehungskosten. Unter diesen Kosten ist der Preis zu verstehen, der unter Berücksichtigung von Errichtung, Wartung, Betrieb und Verbrauch (Strom sowie Brennstoffe) für die Bereitstellung von einer Kilowattstunde Nutzwärme entsteht. Angegeben werden die Wärmegestehungskosten als Preis pro Wärmemenge.

#### 7.4. Ergebnisse Simulation Gebäudenetz

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Simulation des Netzes einschließlich der wichtigsten wirtschaftlichen Kennzahlen sowie der emittierten CO<sub>2</sub>-Äquivalente dargestellt.

Tabelle 28 zeigt die wichtigsten Parameter des Netzes. Aus der Strommenge, welche zum Betreiben der Wärmepumpe benötigt wird, sowie dem Hackschnitzelverbrauch lassen sich die Anteile der Wärmebereitstellung der einzelnen Energieträger errechnen. Ebenfalls dargestellt werden die beim Betrieb anfallenden Treibhausgasemissionen sowie die wirtschaftlichen Kennzahlen, allen voran der Endpreis für den Kunden. Der Verbraucherpreis wird anhand der Wärmegestehungskosten plus einer Pauschale für betriebswirtschaftliche Kosten des Betreibers (1 Prozent der Investitionskosten) sowie einer Gewinnmarge (25 Prozent) errechnet. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Kosten lediglich eine Orientierung geben sollen und nach der tatsächlichen Realisierung dieses Netzes die Verbraucherpreise abweichen können.

*Tabelle 28: Ergebnisse Simulation Gebäudenetz Grundschule Leinburg*

| Gebäudenetz Leinburg Grundschule                         |             |
|----------------------------------------------------------|-------------|
| Wärmeerzeugung in Energiezentrale [MWh/a]                | 1.300       |
| Wärmebedarf der Abnehmer [MWh/a]                         | 1.200       |
| Spitzenlast [kW]                                         | 760         |
| Stromverbrauch (Wärme) [MWh/a]                           | 400         |
| Hackschnitzelverbrauch [MWh/a]                           | 50          |
| Leistung Wärmepumpe (Geothermie) [kW <sub>th</sub> ]     | 360         |
| Leistung Hackschnitzelkessel [kW <sub>th</sub> ]         | 760         |
| Anteil Wärmebereitstellung Geothermie [%]                | 94,9        |
| Anteil Wärmebereitstellung Hackschnitzel [%]             | 5,1         |
| CO <sub>2</sub> - Äq. Emissionen spezifisch 2025 [g/kWh] | 136         |
| CO <sub>2</sub> - Äq. Emissionen absolut 2025 [t/a]      | 161         |
| Investitionskosten [Mio. €] (mit Förderung)              | 1,04        |
| Wärmegestehungskosten (mit Förderung) [ct/kWh]           | 16,0        |
| <b>Verbraucherpreis (mit Förderung) [ct/kWh]</b>         | <b>21,6</b> |

Der Anteil der bereitgestellten Wärme durch Luftwärme liegt ungefähr bei 95 Prozent und durch Hackschnitzel bei 5 Prozent. Abbildung 49 zeigt den monatlichen Einsatz bereitgestellter Wärme aufgeteilt nach Energieträgern. Von März bis Oktober wird die Wärme fast ausschließlich durch die Solewärmepumpe gedeckt. Hackschnitzel kommen weitestgehend nur in den

Monaten November bis Februar zum Einsatz. Der Verbraucherpreis ist mit netto 21,6 bzw. brutto 25,7 ct pro kWh in einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Rahmen.

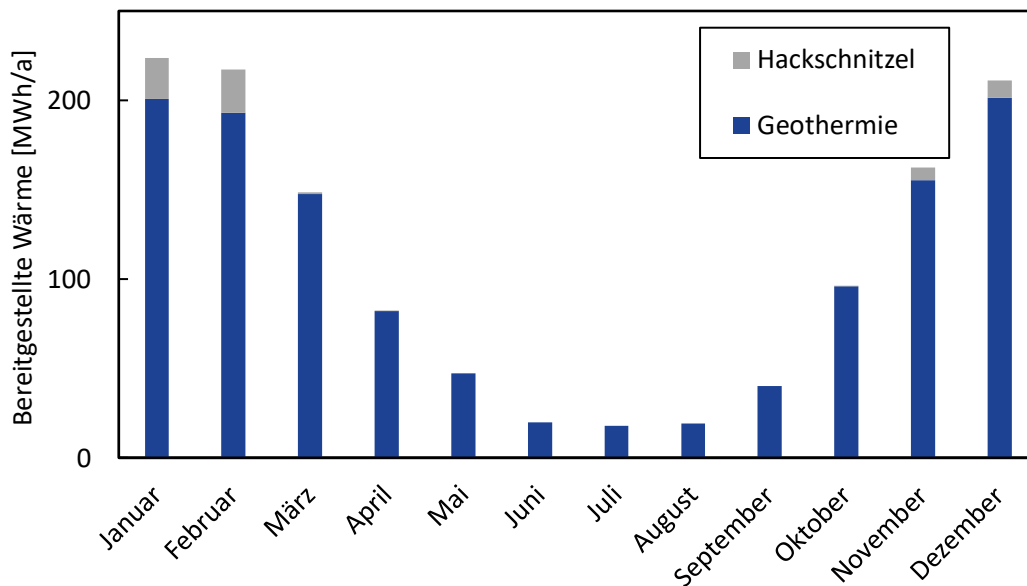


Abbildung 49: Bereitgestellte Wärme nach Energieträger

Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äquivalente liegen bei ca. 136 g/ kWh. Im Vergleich zur aktuellen Wärmeversorgung des Gebiets um die Grundschule, größtenteils gedeckt durch Öl, mit spezifischen Emissionen von 231 g/kWh (mittlere Emissionen der Verbrauchergruppe Wohnen und Kleingewerbe nach Treibhausgasbilanz) sind die spezifischen Emissionen des betrachteten Wärmenetzes geringer. Abbildung 50 zeigt den Verlauf der Treibhausgas-Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung im Vergleich mit dem simulierten Gebäudenetz. Zudem ist der gesamte Wärmebedarf der Gebäude dargestellt. Dieser reduziert sich um circa 15 Prozent aufgrund von Sanierungen (Annahme einer Sanierungsquote von 1 Prozent) und steigenden Temperaturen im Winter bedingt durch den Klimawandel um durchschnittlich 0,52 Prozent pro Jahr [50]. Dementsprechend nehmen die absoluten Emissionen der aktuellen Wärmeversorgung ab. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente des Wärmenetzes nimmt hingegen deutlich mehr ab. Dies liegt an den sinkenden Emissionswerten des Energieträgers Strom. Der aktuelle Wert von 381 g/kWh [22] soll sich bis 2040 auf 32 g/kWh verringern [49]. Dahingegen bleiben die spezifischen Emissionen der Energieträger Öl, Gas und Hackschnitzel konstant [49]. Aufgrund der grauen Emissionen, die auch bei Biomasse und unter Annahme eines regenerativen Strommixes 2040 noch anfallen, bleiben noch Restemissionen im Netz. Insgesamt könnten mit einem Gebäudenetz bis 2040 im Vergleich zu aktuellen Wärmeversorgung 3.000 t eingespart werden.

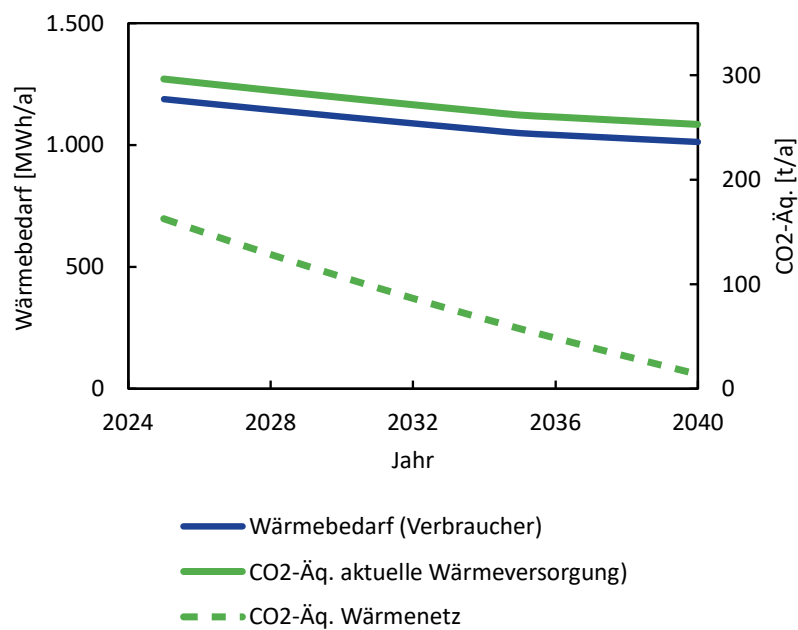


Abbildung 50: Wärmebedarf und CO<sub>2</sub>-Äq. Emissionen für das Netzeignungsgebiet bis zum Zieljahr 2040.

## 7.5. Alternative Wärmeversorgung

Neben der netzgebundenen Versorgung kann das Gebiet um die Grundschule auch dezentral versorgt werden. Gerade bei den nicht sanierten Wohnblöcken sollte jedoch das Heizsystem für eine Versorgung mittels Luftwärmepumpe optimiert werden (hydraulischer Abgleich, Heizkörpertausch).

## 8. Dezentrales Fokusgebiet Lerchenweg

In diesem Kapitel wird exemplarisch die zukünftige Wärmeversorgung im Gemeindegebiet um den Lerchenweg genauer untersucht. Für dieses dezentrale Gebiet wird aufgezeigt, wie der Wechsel zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2040 ablaufen kann und wie hoch die Kosten dafür wären. Dabei werden jeweils die Wärmegestehungskosten verschiedener Versorgungsvarianten ermittelt.

### 8.1. Versorgung des dezentralen Gebiets Lerchenweg

Neben der Versorgung durch ein Wärmenetz stellt die dezentrale Wärmeversorgung eines Gebietes eine weitere exemplarische Versorgungsart in der Stadt bzw. Gemeinde dar. Um auch dieses Szenario abzubilden, wird ein Gemeindegebiet, hier das Gebiet um den Lerchenweg, genauer untersucht. Dafür wird die Bestandssituation genauer analysiert, ein Pfad zur Klimaneutralität bis 2040 aufgezeigt sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen verschiedener dezentraler Versorgungsvarianten durchgeführt.

#### 8.1.1. Beschreibung der Bestandssituation

Beim betrachteten Gebiet handelt es sich um mehrere hauptsächlich für den Wohnbau und in geringem Umfang für Gewerbe genutzte Straßenzüge im Westen von Leinburg. Nord-östlich begrenzt wird es von der Kalkofenstraße, im Süden liegt die Nürnberger Straße. Insgesamt gibt es 86 Häuser im Areal, die mehrheitlich im Zeitraum der 1950er bis 1980er Jahren entstanden sind. Bei den Gebäuden handelt es sich in der Mehrheit um Ein- bzw. Zweifamilienhäuser. Das Gebiet ist in Abbildung 51 dargestellt.



Abbildung 51: Das dezentrale Gebiet Lerchenweg

Die Wärmeerzeugung durch Zentralheizungen erfolgt zu fast 60 Prozent noch überwiegend mit fossilen Brennstoffen. Da es in Leinburg kein Gasnetz gibt handelt es sich hauptsächlich um Heizöl. Abbildung 52 zeigt die Anzahl der im Gebiet verbauten Heizsystemen. Diese Angaben wurden aus den Daten der Kaminkehrer ermittelt. Da dort Wärmepumpen nicht explizit aufgeführt sind, wird die darin verzeichnete Anzahl an Häusern mit denen des Gebäudekatalogs verglichen und angenommen, dass in den Differenzgebäuden Wärmepumpen verbaut sind. Dabei wird von einer durchschnittlichen installierten Leistung von je 12 kW ausgegangen. Es wird weiterhin angenommen, dass es sich um neu gebaute oder sanierte Einfamilienhäuser mit niedrigem Energieverbrauch handelt. Die durchschnittliche Anlagengröße bzgl. Zentralheizungen beträgt bei den Ölheizungen 25 kW und bei Biomasse-Heizungen 25,3 kW.

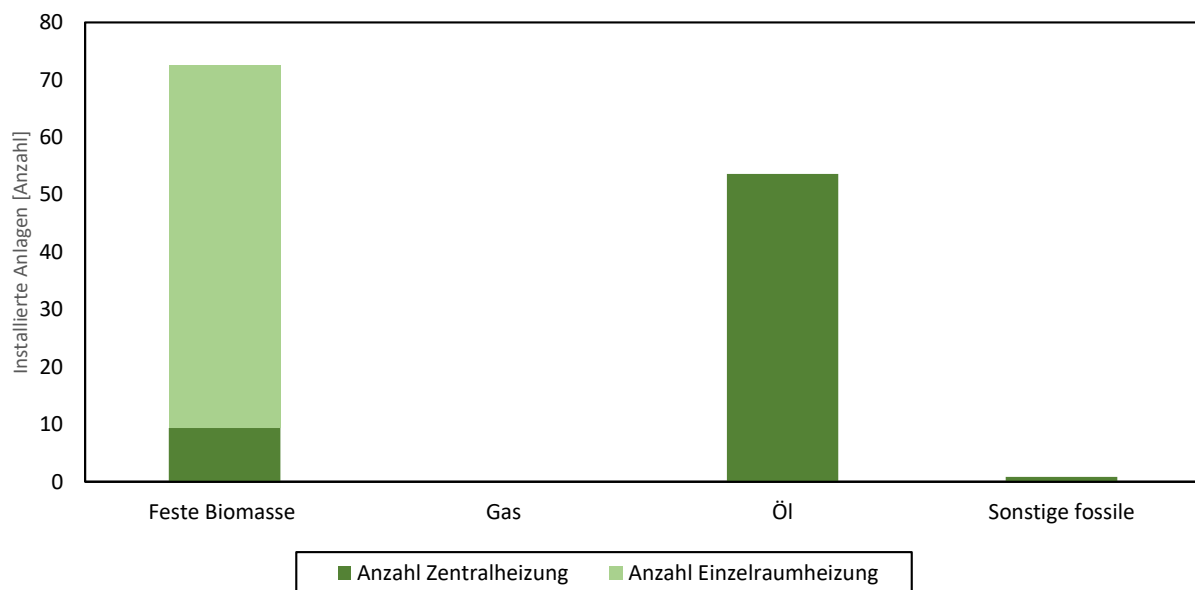


Abbildung 52: Anzahl der Wärmeerzeuger im Gebiet Lerchenweg

### 8.1.2. Entwicklung zur Treibhausgasneutralität bis 2040

Zur Prognostizierung des Heizungsaustausch bis 2040 spielen ebenso die Vorgaben des GEG eine wichtige Rolle. Der Austausch von bestehenden Heizungen soll vorzüglich durch Versorgungsvarianten auf Grundlage von erneuerbaren Energien erfolgen.

Es wird angenommen, dass biomassebefeuerte Anlagen durch Neuere ersetzt (hier wird zur Vereinfachung der nachfolgenden Kostenrechnung einheitlich von Pellet-Heizungen mit zusätzlicher Investition ins Lager und in einen 1500-Liter-Pufferspeicher ausgegangen) und für Ölheizungen Wärmepumpen verbaut werden. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass es sich hierbei bei 7 Prozent um Sole-Wärmepumpen in Kombination mit einem Erdwärmekollektor oder -sonde handelt. [51]

In Abbildung 53 wird die sich ändernde Zusammensetzung des Erzeugungsmixes nach Heizungsanzahl dargestellt. Dabei sind unter Biomasse sowohl Pellet-Heizungen als auch Holzöfen zusammengefasst.

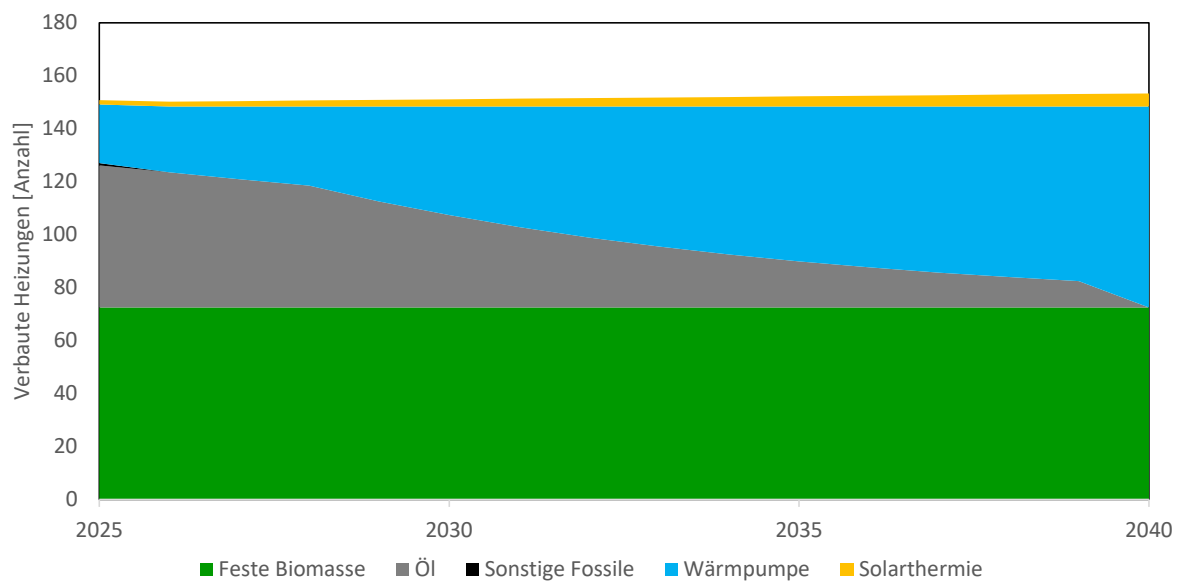
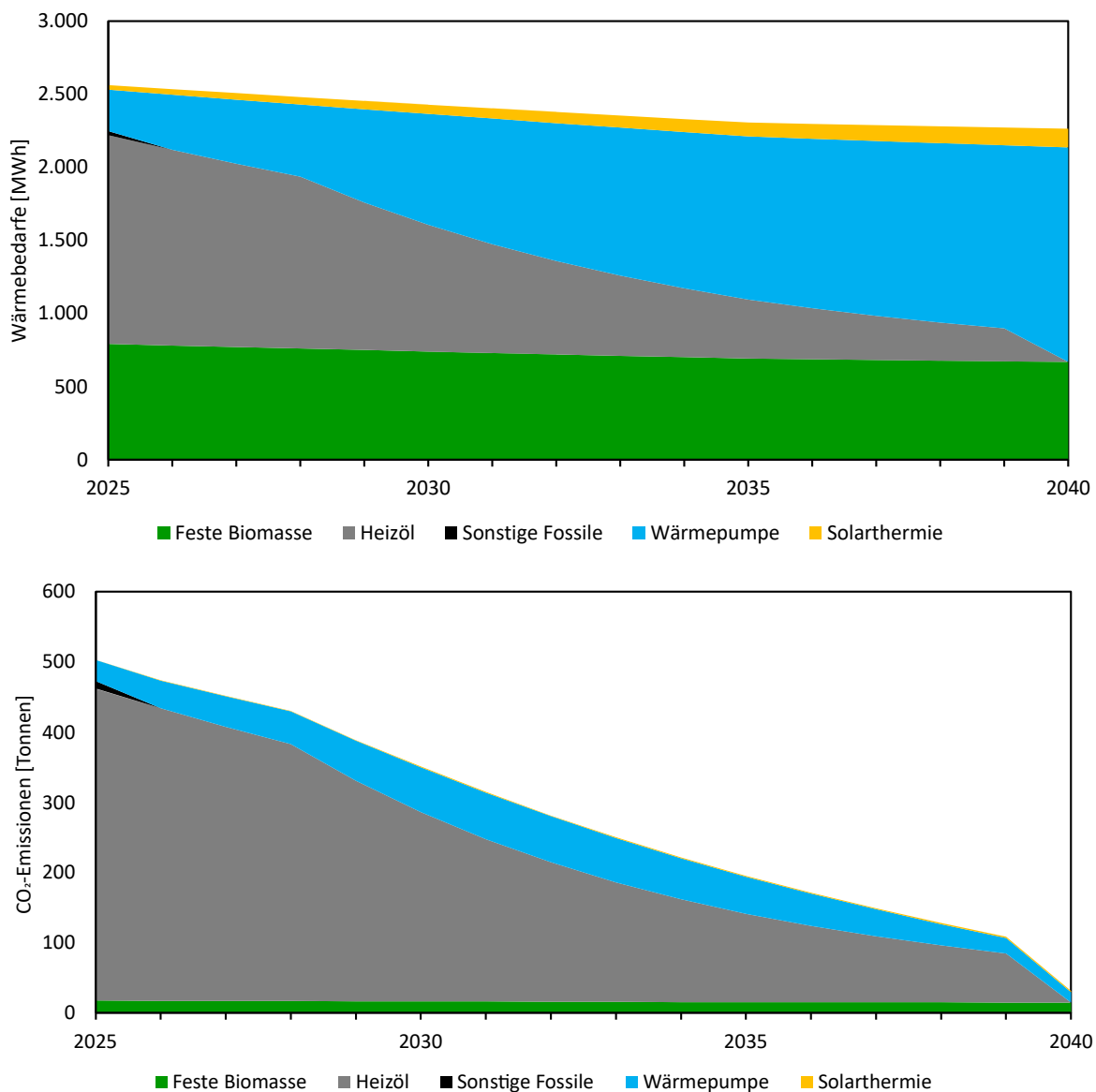


Abbildung 53: Anteil installierter Wärmeerzeuger bis 2040 nach Anzahl

In Abbildungen 54 wird die erzeugte Wärmemenge nach Energieträgern und die damit verbundenen emittierten CO<sub>2</sub>-Äquivalente bis 2040 betrachtet. Dabei muss zuerst berücksichtigt werden, wie stark sich der Wärmebedarf durch Sanierung und die Folgen des Klimawandels verringert. In der Bestandsanalyse wurde bereits das Sanierungspotential der einzelnen Baublöcke ermittelt. Beim betreffenden Gebiet besteht ein mittleres Potential von 65 Prozent. Geht man von einer Sanierungsquote von einem Prozent pro Jahr aus, ergibt sich daraus ein Bedarfsrückgang von 0,65 Prozent pro Jahr. Dieser Wert wurde ausgehend von der aktuellen Sanierungsquote von 0,83 Prozent [52] gewählt, da angenommen wird, dass aufgrund des Fachkräftemangels keine allzu hohe Steigerung in den nächsten Jahren zu erwarten ist. Darüber hinaus wird aus einer Studie der TU-Graz [50] abgeleitet, dass für die Jahre 2025 bis 2035 eine Bedarfsreduktion aufgrund des Klimawandels von jährlich 0,69 Prozent und für die Jahre 2036 bis 2040 von 0,15 Prozent gegeben ist. Insgesamt ergibt dies einen Bedarfsrückgang bis 2040 von 16 Prozent. Darauf aufbauend können die Veränderung der Emissionen anhand der CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Energieträger und unter Annahme der veränderten Zusammensetzung des Strommixes aus dem KEA-Technikkatalog [49] in Abbildungen 54 dargestellt werden.



Abbildungen 54: Wärmeerzeugung (oben) und Emissionen CO<sub>2</sub>-Äq. (unten) bis 2040 nach Energieträgern

Für eine überschlägige Betrachtung der Gesamtkosten des Gebiets Lerchenweg wurden auf Basis des Technikkatalogs des Bundes [46] und aktuellen Herstellerpreisen [53] die Kosten für die neuen Erzeugungsanlagen in der jeweils nächstgrößeren auf dem Markt vorhandenen Leistungsgröße des zu ersetzenden Systems ermittelt. Anschließend wurden für jedes Jahr die Anzahl der auszutauschenden Öl- und Biomasseheizungen mit dem Preis der entsprechenden Neuanlagen multipliziert. Die verwendeten Preise und Leistungsgrößen sind in Tabelle 29 hinterlegt. Bei den Preisen für Wärmepumpen, welche die Öl- und Gasheizungen ersetzen, handelt es sich um Mischpreise, die sich zusammensetzen aus 7 Prozent Sole-Wasserwärmepumpen mit Erdwärmekollektor oder -sonde und 93 Prozent Luftwärmepumpen.

Tabelle 29: Durchschnittliche Leistung und Gesamtkosten netto von neuen Heizungsanlagen nach dem Austausch

| Auszutauschender Energieträger | Leistung Durchschnitt Bestand [kW] | Gesamtkosten [€] |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Biomasse                       | 25,3                               | 400.000          |
| Heizöl & Sonst. Fossile        | 25 (30)                            | 2.800.000        |
| Gas                            | -                                  | -                |

Auf die Berücksichtigung von Preisänderungen aufgrund von Inflation oder sinkender Technologiekosten wird in diesem Betrachtungsschritt verzichtet. Die kumulierten Kosten für den Heizungstausch betragen insgesamt ca. 3,2 Millionen Euro. In diesem Schritt wurde noch keine Förderung berücksichtigt. Aufgrund der komplexen Förderbedingungen, der Länge des betrachteten Zeitraums und der verschiedenen Eigentums- und Wohnverhältnisse im Gebiet, lässt sich nur schwer eine pauschale Aussage treffen. Auf die Möglichkeiten der Förderung nach Gebäudeenergiegesetz wird im anschließenden Kapitel eingegangen.

### 8.1.3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines konkreten Versorgungsfalles

Für die Berechnung wird eine Laufzeit von 20 Jahren und ein Kapitalzinssatz von 3 Prozent hinterlegt. Die Betriebskosten stammen aus dem Technikkatalog des Bundes, für die Kosten für Strom und Pellets werden aktuelle Marktpreise (Neukunden) angesetzt [54] [55]. Für den Energieträger Strom wird wie bei den Investitionskosten ein konstanter Preis angenommen. Aufgrund des zukünftig erhöhten Angebots erneuerbarer Energien mit verringerten Gesteungskosten, soll hier nicht von zunehmenden Kosten ausgegangen werden. Bei den Pellets ist aufgrund der steigenden Nachfrage bei gleichbleibendem Potenzial eine Preissteigerung von 1 Prozent angesetzt. Für die Steigerung der Betriebskosten wird der Wert der Inflationsrate aus dem KEA-Technikkatalog von einem Prozent angesetzt. Der jährliche Wärmeverbrauch wird aus dem Produkt der installierten Leistung und den jährlichen Vollbenutzungsstunden von 1.200 berechnet. Bei der Pelletheizung muss der Wert noch durch den Wirkungsgrad des Kessels dividiert werden, was zu einer größeren Wärmemenge führt als bei den anderen beiden Varianten. Der Strombedarf der Wärmepumpen wird mittels der im Technikkatalog des Bundes angegebenen oder aus Erfahrungswerten abgeleiteten Jahresarbeitszahl ermittelt. Hierbei wird auf den Wert von 2030 zurückgegriffen, da der Großteil der Heizungstausche zwischen 2030 und 2040 stattfinden werden. Es wird stets der Mittelwert der angegebenen Wertspanne verwendet („Altbau saniert“). Damit ergibt sich für die Luft-Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3,12 und für die Sole-Wärmepumpe Werte von 3,96 (Kollektor) und 4,5 (Sonde). Ebenfalls berücksichtigt werden muss die unterschiedliche Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten (ebenfalls aus dem Technikkatalog des Bundes entnommen), die im Falle der Luft-Wärmepumpe 18 Jahre, der Sole-Wärmepumpe sowie des Pelletkessels 20 Jahre und des Kollektors 50 Jahre beträgt. Für das Pellet-Lager werden ebenfalls 20 Jahre angenommen.

Für den Austausch von Heizungsanlagen kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude in Anspruch genommen werden [56]. Der Grundfördersatz für den Einbau neuer Heizungen in Bestandsgebäuden auf Basis erneuerbarer Energien beträgt derzeit 30 Prozent. Für die Erdwärmepumpenvariante kann zusätzlich der Effizienzbonus von 5 Prozent in Anspruch genommen werden, der für Wärmepumpen gilt, die ihre Wärme aus dem Erdreich oder (Ab-)Wasser beziehen. Bei Biomasseheizungen kann unter Einhaltung eines Emissionsgrenzwerts für

Staub ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag von 2.500 Euro erfolgen. Nicht alle auf dem Markt befindlichen Heizungen erfüllen diese Bedingung, daher wird dieser Zuschuss im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Auch der Klimageschwindigkeitsbonus, der bis zu weitere 20 Prozent Förderung gewährleisten kann, wird nicht weiter betrachtet, da der Bonus nach 2028 jährlich abnimmt und hier kein konkretes Jahr für den Austausch festgelegt werden soll. Außerdem ist dieser Bonus nur für selbstnutzende Eigentümer anwendbar. Ebenso nicht eingerechnet wird der Einkommensbonus von 30 Prozent, der ebenfalls nur für selbstnutzende Eigentümer gilt und bei dem das zu versteuernde Haushaltseinkommen unter 40.000 Euro pro Jahr liegen muss. Die vorliegenden Fälle sollen eine möglichst breite Allgemeingültigkeit aufweisen, daher wird nur die Förderung betrachtet, die pauschal auf alle Häuser angewandt werden kann, unabhängig der konkreten Wohn- und Eigentumsverhältnisse. Es soll aber darauf hingewiesen werden, dass unter gegebenen Bedingungen erheblich höhere Fördersätze möglich sind. Insgesamt ist der Fördersatz auf 70 Prozent bei max. förderfähigen Ausgaben von 30.000 Euro pro Einfamilienhaus oder die erste Einheit in einem Mehrfamilienhaus begrenzt. Bei Mehrfamilienhäusern erhöhen sich die maximal förderfähigen Kosten mit jeder weiteren Wohneinheit, erst um je 15.000 Euro und ab der 7. Einheit um je 8.000 Euro. Bei den förderfähigen Kosten handelt es sich um Bruttokosten.

Die Förderung wird in der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067 berücksichtigt. Da das Referenzgebäude über zwei Wohneinheiten verfügt, beträgt die maximal förderfähige Summe 45.000 Euro brutto. Bei der Erdwärmepumpe beträgt der Fördersatz maximal 35 Prozent, bei der Luftwärmepumpe und beim Pelletkessel 30 Prozent. Abschließend kann aus den jährlichen Gesamtkosten und dem jährlichen Wärmeverbrauch ein spezifischer Netto-Wärmepreis ermittelt werden, der in Abbildung 55 dargestellt ist.

Die Luftwärmepumpe hat mit 15,9 ct/kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten, gefolgt vom Pelletkessel mit 18,4 ct/kWh, was auf die betreffenden Brennstoffkosten zurückzuführen ist. Da das Biomassepotential in der betrachteten Region jedoch bereits weitestgehend genutzt wird, ist im Sinne der Nachhaltigkeit ebenfalls eine Wärmepumpenlösung vorzuziehen. Sole-Wärmepumpen mit Kollektor bzw. Sonde verzeichnen Wärmegestehungskosten von 20,2 bzw. 21,7 ct/kWh.

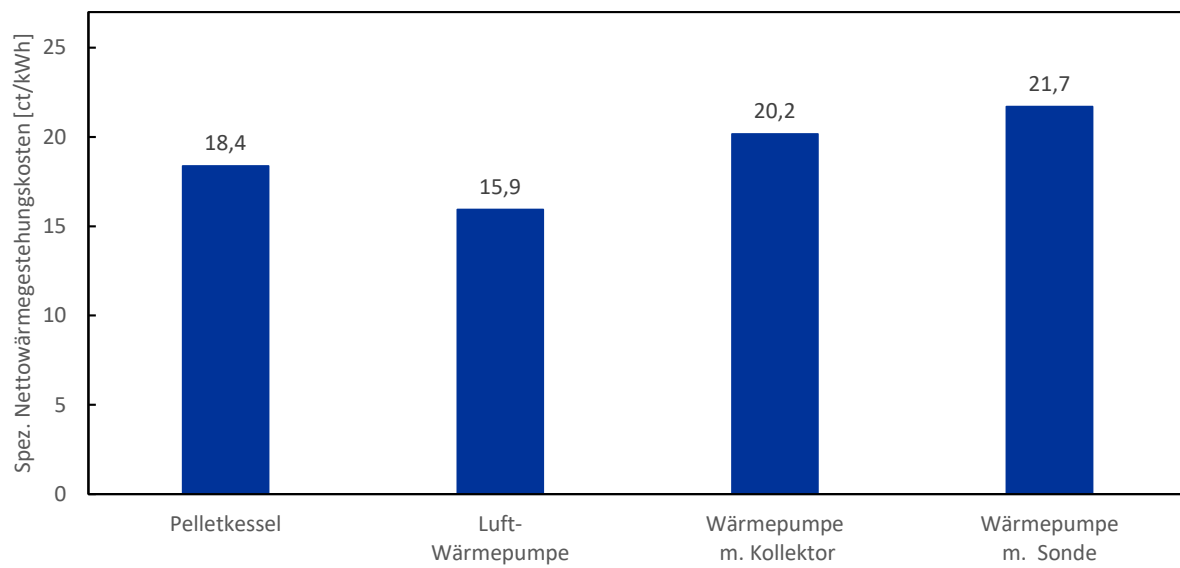


Abbildung 55: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der verschiedenen Heizungsvarianten

## 9. Zielszenario

Im Zielszenario wird die Entwicklung verschiedener Aspekte der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr 2040 betrachtet. Ausgehend von der Bestands- und Potenzialanalyse sowie der Einteilung der Gemeinde in Wärmeversorgungsgebiete werden Szenarien aufgezeigt. Der Rückgang des Wärmebedarfs durch Sanierung und steigende Temperaturen aufgrund des Klimawandels wird abgeschätzt. Die Entwicklung der Wärmeerzeugung aufgeteilt auf Verbrauchergruppen und Energieträger wird aufgezeigt sowie eine Treibhausgasbilanz der einzelnen Jahre bis 2040 durchgeführt. Zudem wird ein Szenario der Entwicklung der Nahwärme beschrieben. Auch die Entwicklungen des Erdgasnetzes sowie des Sektors Strom werden diskutiert.

### 9.1. Entwicklung des Wärmeverbrauchs

Für die Erarbeitung des Zielszenarios muss zunächst der zukünftige Wärmeverbrauch ermittelt werden. Dabei spielen zwei Faktoren eine wichtige Rolle: die Einflüsse steigender Temperaturen aufgrund des Klimawandels und der Bedarfsrückgang in Folge von Sanierung.

Angelehnt an die Studie der TU Graz [50] wird in den Jahren 2025 bis 2035 ein Bedarfsrückgang von 0,69 Prozent und in den Jahren 2036 bis 2040 ein Bedarfsrückgang von 0,15 Prozent für Raumwärme und Warmwasser angenommen. Für den Einfluss der Sanierung müssen die Baublöcke einzeln betrachtet werden, um auf die individuellen Gegebenheiten vor Ort eingehen zu können. In der Potenzialanalyse wurde für jeden Baublock das Sanierungspotential ermittelt. Bei der wie bereits in den vorigen Kapiteln bereits angenommen Sanierungsquote von einem Prozent pro Jahr für die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher kann damit die jährliche Energieeinsparung pro Baublock ausgerechnet werden. Zusammen betrachtet kann aus den beiden Einflussfaktoren der abnehmende jährliche Energiebedarf ermittelt werden.

Diese Betrachtung wird für die Verbrauchergruppen Wohnen & Kleinverbraucher, Öffentliche Einrichtungen sowie Industrie & Großgewerbe einzeln durchgeführt. Anders als bei den beiden zuerst genannten Verbrauchergruppen, muss bei der Industrie jedoch der große Anteil an Prozesswärme am Gesamtwärmebedarf berücksichtigt werden, der von den oben betrachteten Faktoren unabhängig ist. Das Optimierungs- und Einsparpotential muss in jedem Unternehmen grundsätzlich individuell betrachtet werden. Für diese Betrachtung wird eine gesamte jährliche Reduktion (Raum- und Prozesswärme) von 1,5 Prozent pro Jahr gemäß Energieeffizienzrichtlinie [57] angenommen. Bei den Öffentlichen Einrichtungen wird eine Einsparung von 2 Prozent angesetzt (gemäß Energieeffizienzgesetz [58]).

Die Veränderung des Wärmeverbrauchs der einzelnen Verbrauchergruppen ist in Abbildung 56 dargestellt. Im Bereich Wohnen & Kleinverbraucher, die Verbrauchergruppe mit dem höchsten Gesamtwärmebedarf ist auch der absolute Rückgang am größten. Der prozentuale Rückgang aller Verbrauchergruppen liegt insgesamt bei ca. 20 Prozent.

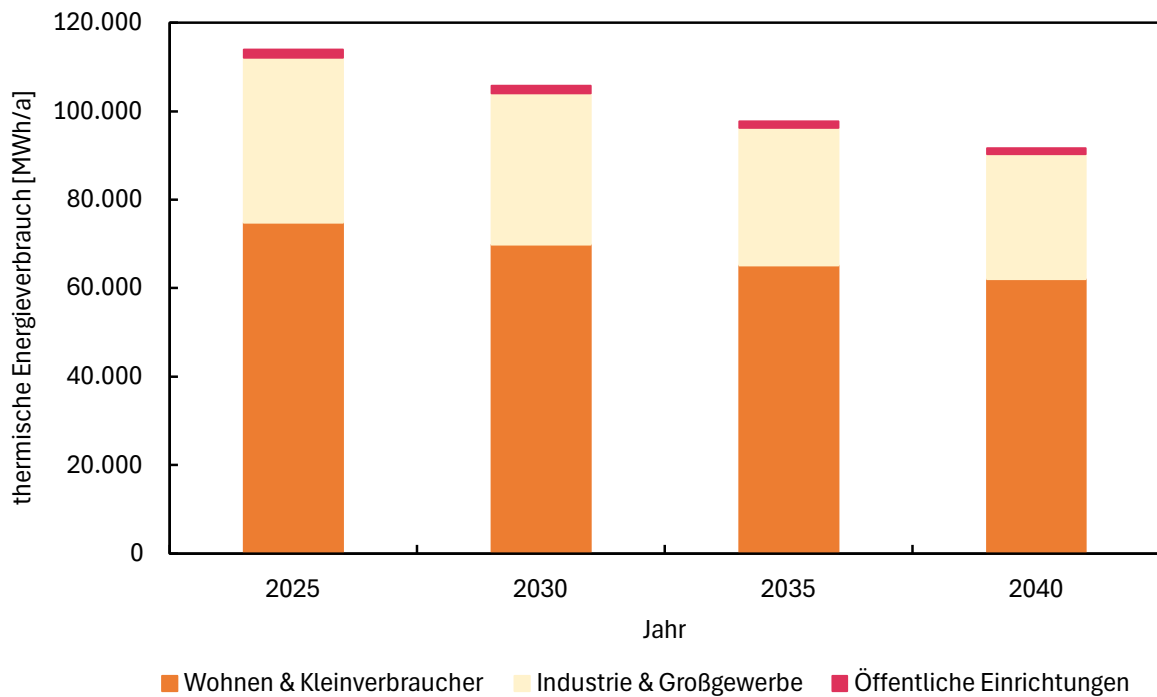


Abbildung 56: Thermischer Endenergieverbrauch der Verbraucherguppen bis 2040

In Abbildung 57 und Abbildung 58 sind die Wärmebedarfe der Baublöcke in den Jahren 2030 und 2040 dargestellt.

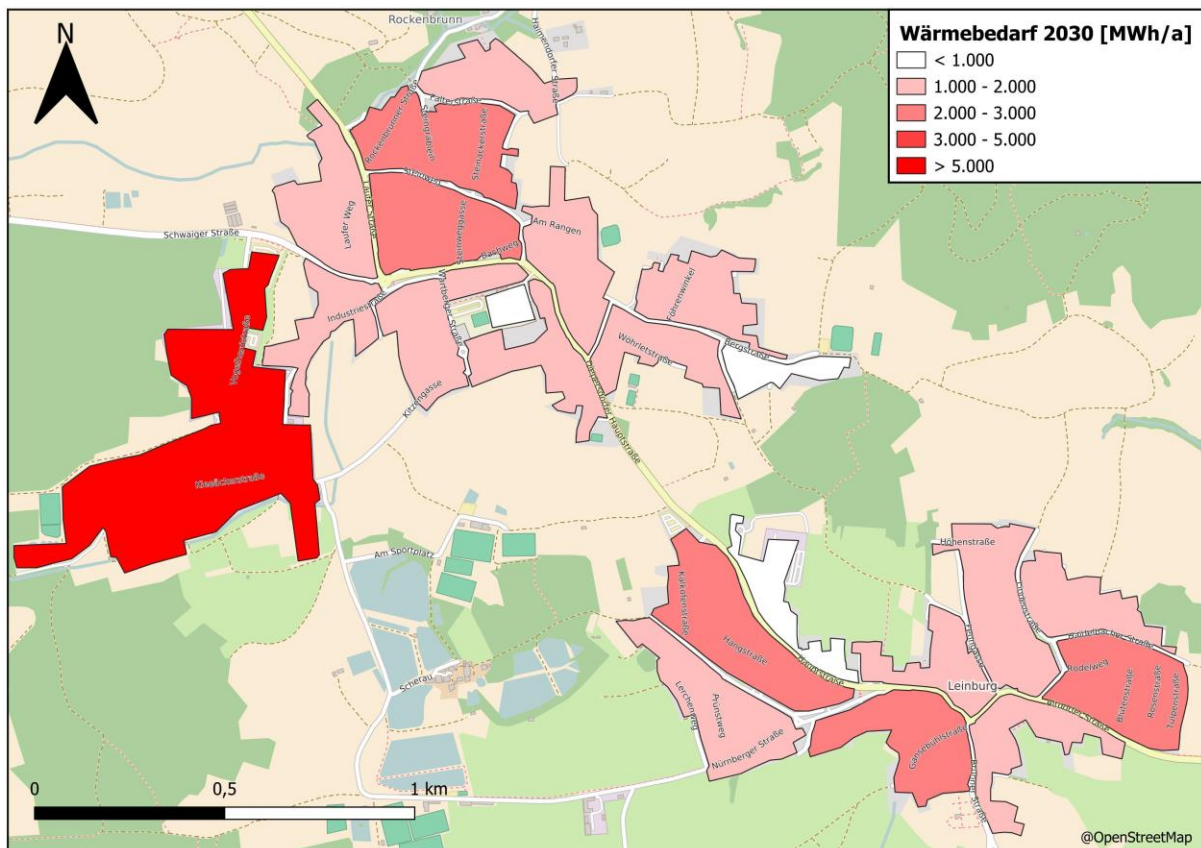


Abbildung 57: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock 2030

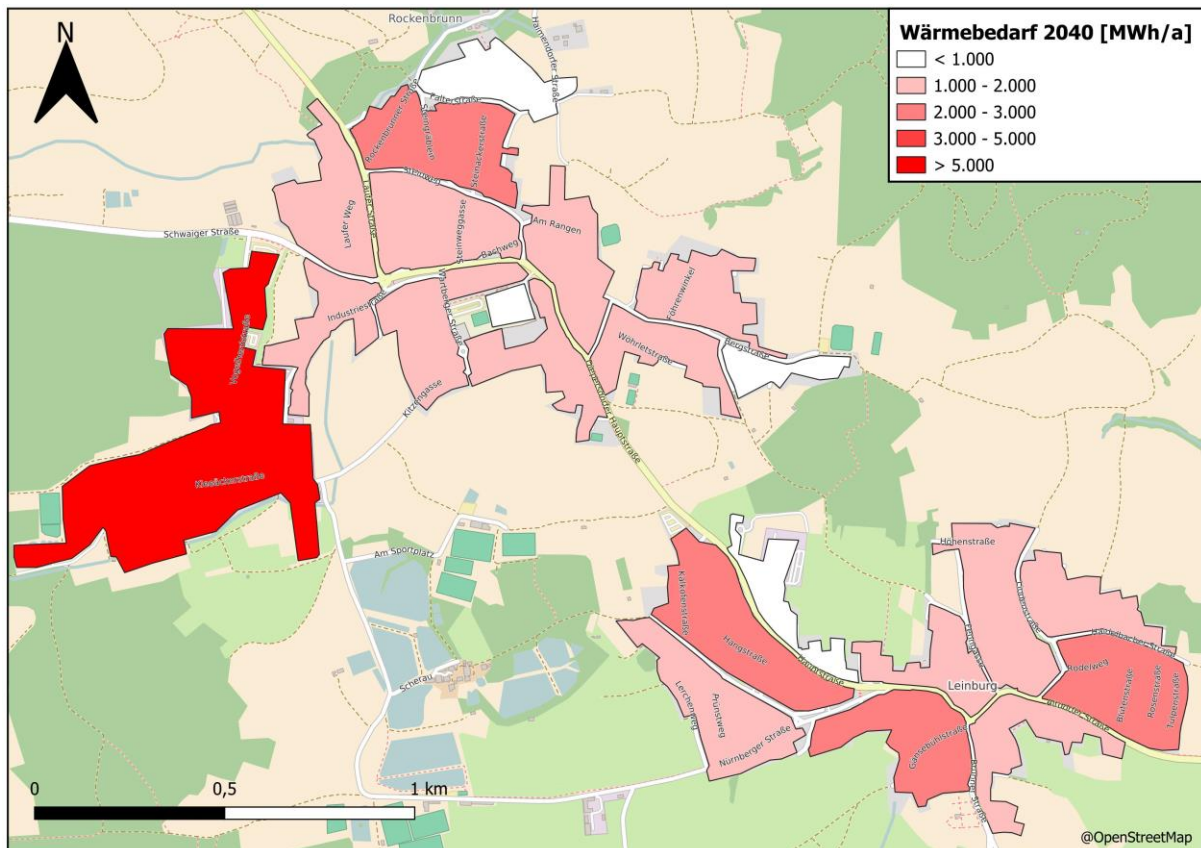


Abbildung 58: Absoluter jährlicher Heizwärme- und Warmwasserbedarf pro Baublock 2040

## 9.2. Entwicklung der Wärmeerzeugung

Im Folgenden wird eine mögliche Entwicklung der Wärmeerzeuger der einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Hierbei handelt es sich um Prognosen. Da die Entwicklung der Wärmeerzeugung von unterschiedlichen Parametern (Kosten, politische Vorgaben, private und wirtschaftliche Interessen) abhängt, kann eine abweichende Entwicklung eintreten. Im Zuge der Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung ist dies zu überprüfen.

### 9.2.1. Methodik

Für die Entwicklung der Wärmeerzeugung werden die Daten aus der Bestandsanalyse als Ausgangspunkt verwendet und anhand der Ergebnisse der Potenzialanalyse weiterentwickelt. Es werden zudem die Stellungnahmen der in der Gemeinde aktiven Energieversorger berücksichtigt. Die Annahmen für den Fernwärmenetzausbau beruht auf den zukünftigen Wärmeverbrauchen der Wärmenetzzeichnungsgebiete (in Leinburg ist das nur das Fokusgebiet Grundschule, für das hier eine Inbetriebnahme 2030 angenommen wird). Dabei teilt sich die Versorgung auf Haushalte & Kleinverbraucher und Öffentliche Einrichtungen auf.

Unter dem Überbegriff Grüne Gase sind Biomethan, grüner Wasserstoff und daraus erzeugtes synthetisches Methan zusammengefasst. Aufgrund der Preise und Verfügbarkeiten kommt es im Bereich der Raumwärme nur in geringem Maß zum Einsatz und wird vorwiegend für die Erzeugung von Prozesswärme verwendet. Wie bereits erwähnt gibt es laut Potenzial noch ein ungenutztes Potenzial für Biogas aus Landwirtschaft, Grüngut und Abfällen aus der Biotonne von circa 9,3 GWh in Leinburg, was neben dem Einsatz in der Nahwärme auch ins Gasnetz eingespeist werden kann. Bei der Entwicklung des Energieträgers Gas werden die

Anmerkungen des Gasverteilnetzbetreibers N-ERGIE Netz GmbH berücksichtigt. Da das Gasnetz in Leinburg jedoch auf das Industriegebiet Diepersdorf begrenzt ist, kommen Grüne Gase nur in der Verbrauchergruppe Industrie & Großverbraucher zum Einsatz

Da das Potenzial der festen Biomasse im Gemeindegebiet bereits vollständig genutzt wird, wird ein Zubau von Pellets oder Scheitholzkesseln nur in Ausnahmefällen angenommen. Durch die durch Sanierung und den Klimawandel sinkenden Wärmebedarfe kann insgesamt von einem Rückgang der erzeugten Wärmemengen ausgegangen werden. Es wird hier davon ausgegangen, dass die Verbrauchsabnahme durch den Einsatz effektiverer Heizungen, teilweise in Kombination mit einer Brauchwasserwärmepumpe, die vereinzelt Neuinstallationen kompensiert. Im Zielszenario wird das Biomassepotenzial durch die Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher aufgebraucht.

Da die Kosten der Energieträger eine entscheidende Rolle bei deren Einsatz spielen, muss der CO<sub>2</sub>-Preis bei der Entwicklung der Wärmeerzeugung berücksichtigt werden. Für den CO<sub>2</sub>-Preis wird der in Abbildung 59 dargestellte Verlauf (Non-ETS) zugrunde gelegt. Der europäische Emissionshandel (engl.: emission trading system; ets) richtet sich an Unternehmen, welche Emissionswerte einhalten müssen. Dies gilt nicht für den Gebäudesektor und daher werden hierfür die Prognosen des Non-ETS-CO<sub>2</sub>-Preises betrachtet. Es kann also angenommen werden, dass die steigende Bepreisung zunehmend einen Einfluss nehmen wird auf die Entscheidung, welches Heizungssystem genutzt wird.

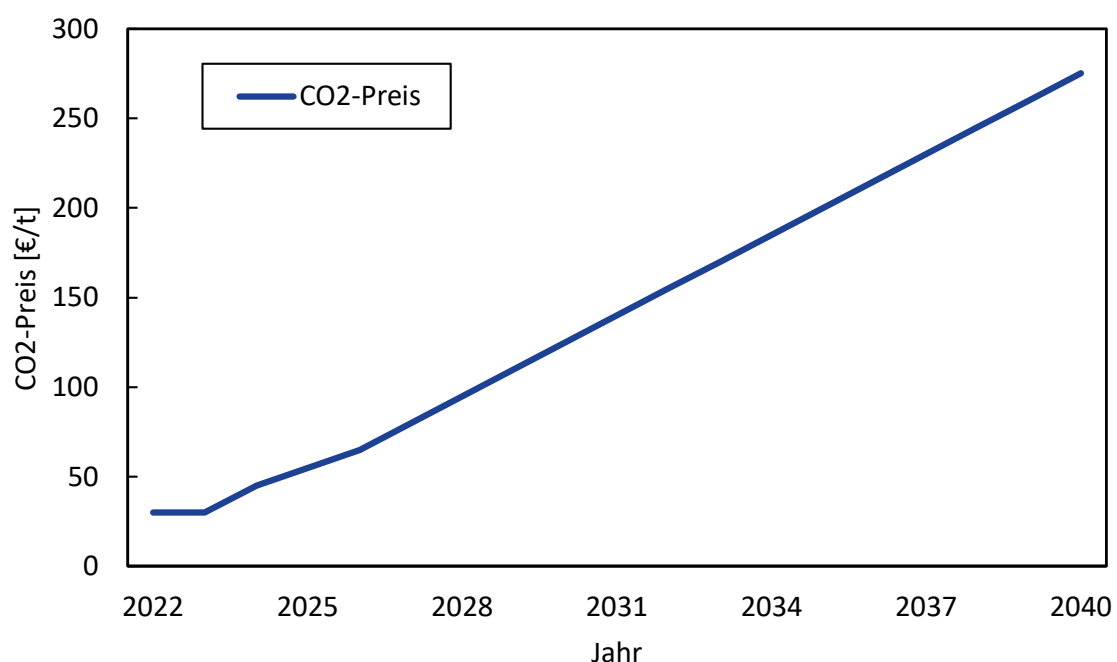


Abbildung 59: Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises (Non-ETS) [49]

Im Sektor Industrie & Großgewerbe muss grundsätzlich bei der Wärmeerzeugung zwischen Raumwärme und Prozesswärme unterschieden werden. Für die Prozesswärme konnten nur die im Rahmen der ausgefüllten Fragebögen vorliegenden Daten als Untersuchungsgrundlage genutzt werden und darüber hinaus über die Aufteilung und benötigten Temperaturen Annahmen getroffen werden.

## 9.2.2. Wohnen & Kleinverbraucher

In Abbildung 60 ist die Entwicklung der Wärmeerzeugung des Sektors Wohnen & Kleinverbraucher zu sehen. Die sinkenden Energieverbräuche sind anhand der Größe der Kreise verdeutlicht.

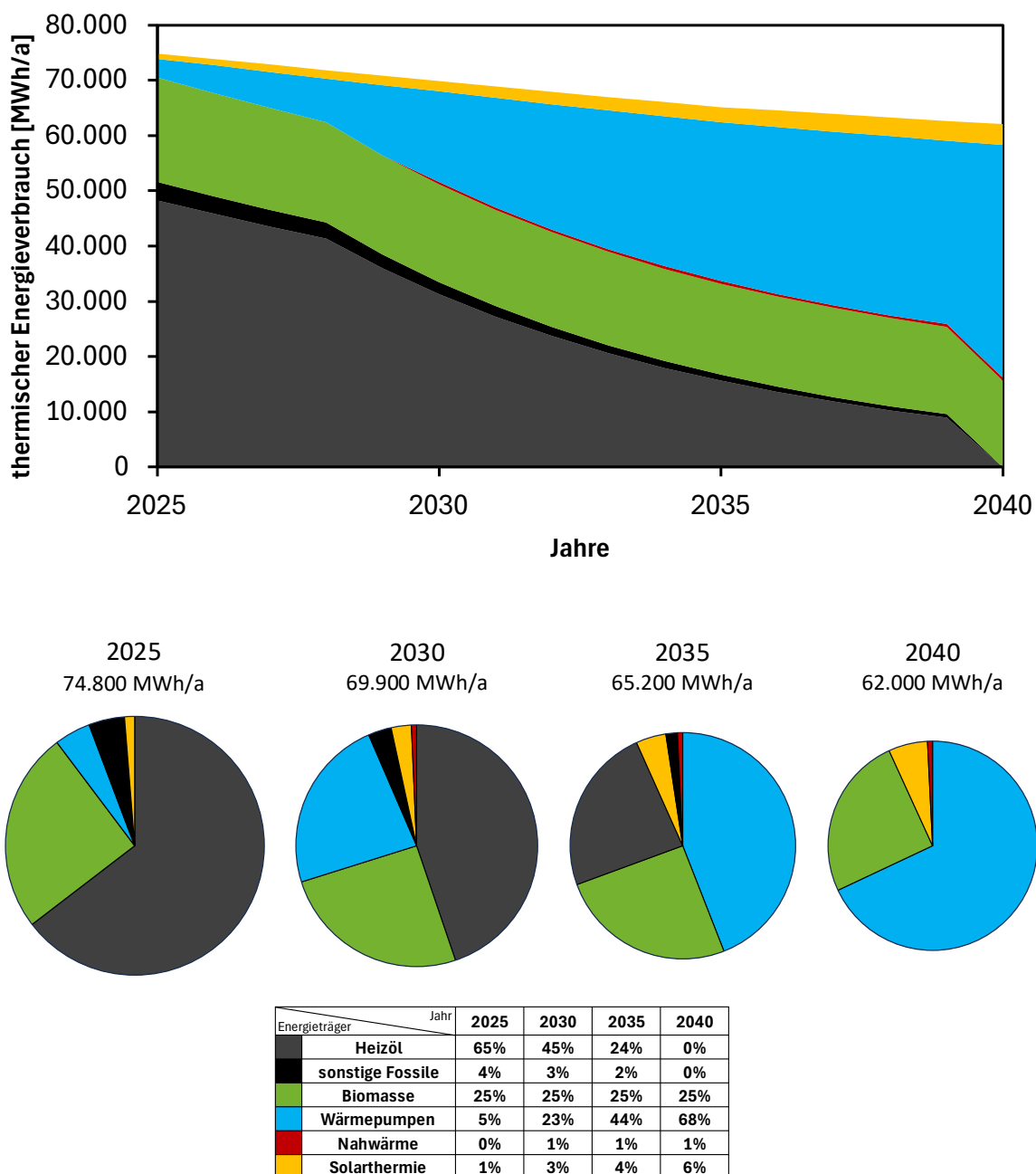


Abbildung 60: Zielszenario der Energieträgerverteilung Wohnen & Kleinverbraucher

Im Jahr 2030 ist Heizöl immer noch der meistgenutzte Energieträger, allerdings sind die fossilen Technologien auf unter die Hälfte der Gesamtwärmeerzeugung gesunken und es ist bereits ein starker Ausbau anderer Erzeugungstechnologien wie Wärmepumpen und Solarthermie zu erkennen. In diesem Jahr wird auch das Fernwärmenetz an der Gundsche in Betrieb

genommen, was jedoch in der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher nur einen geringen Anteil ausmacht. In den Jahren darauf beschleunigt sich die Entwicklung aufgrund des Inkrafttretens der 65-Prozent-Regel des Gebäudeenergiegesetzes und der sukzessive steigenden CO<sub>2</sub>-Preise. Die Nahwärme macht im Jahr 2040 1 Prozent der erzeugten Wärme aus. Die größte Erzeugungstechnologie bilden die Wärmepumpen mit 68 Prozent, wobei es sich hier um Luft- und Sole-Wärmepumpen handeln kann. Solarthermie liegt bei 6 Prozent. Bei fester Biomasse wird wie bereits beschrieben davon ausgegangen, dass aufgrund des bereits ausgeschöpften Potenzials kaum neue Anlagen mehr gebaut werden und sich die Gesamtmenge durch den sinkenden Verbrauch und ggf. der Nutzung von effektiveren Anlagen sowie hybriden Systemen um ca. 17 Prozent reduziert. Bei der Solarthermie wird auf das in der Potenzialanalyse ermittelte Potenzial zurückgegriffen, die maximale Wärmemenge aber auf maximal 6 Prozent des Gesamtverbrauchs der Verbrauchergruppe beschränkt. Andere Energieträger wie Erdgas, Heizöl, Kohle und Flüssiggas verschwinden aus dem Energiemix.

### 9.2.3. Öffentliche Einrichtungen

Im Bereich der Öffentlichen Einrichtungen stellen aktuell noch Ölheizungen die dominante Erzeugungstechnologie dar. Mit der Realisierung des Wärmenetzes an der Grundschule kommt ein signifikanter Anteil von Fernwärme hinzu. Die restliche Wärme wird durch Wärmepumpen bereitgestellt. Die Entwicklung wird in Abbildung 61 dargestellt.

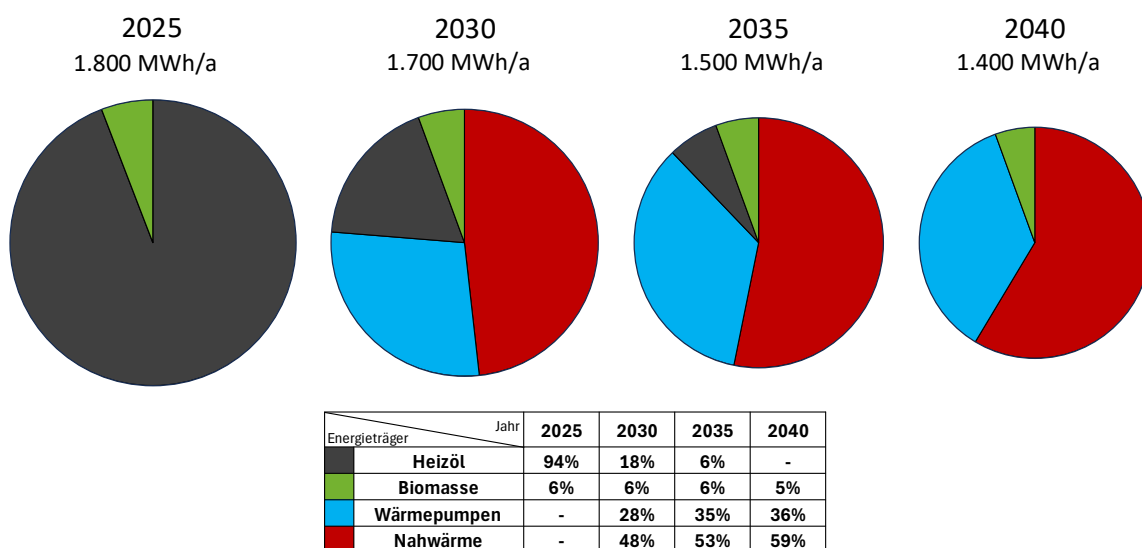
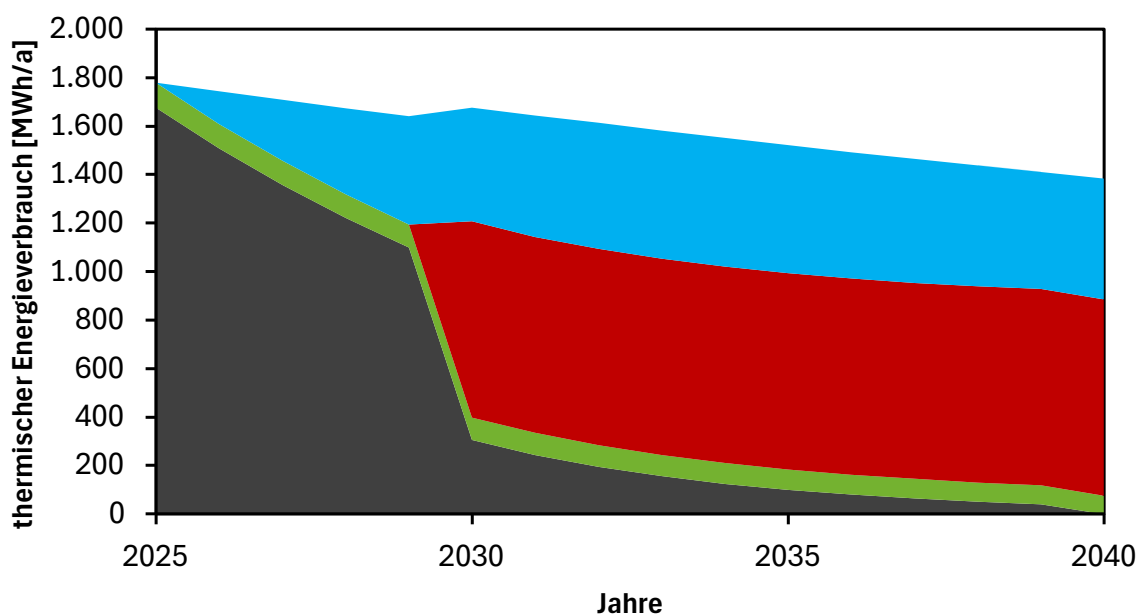


Abbildung 61: Zielszenario der Energieträgerverteilung Öffentliche Einrichtungen

#### 9.2.4. Industrie & Großgewerbe

Bei Industrie & Großgewerbe muss aufgrund des Temperaturniveaus bei der Wahl der Energieträger zwischen Raum- und Prozesswärme unterschieden werden. Neben den Angaben aus dem Fragebogen müssen Annahmen auf Basis öffentlich verfügbarer Informationen getroffen werden.

In Abbildung 62 ist die Entwicklung der Raum- und Prozesswärme bis 2040 abgebildet.

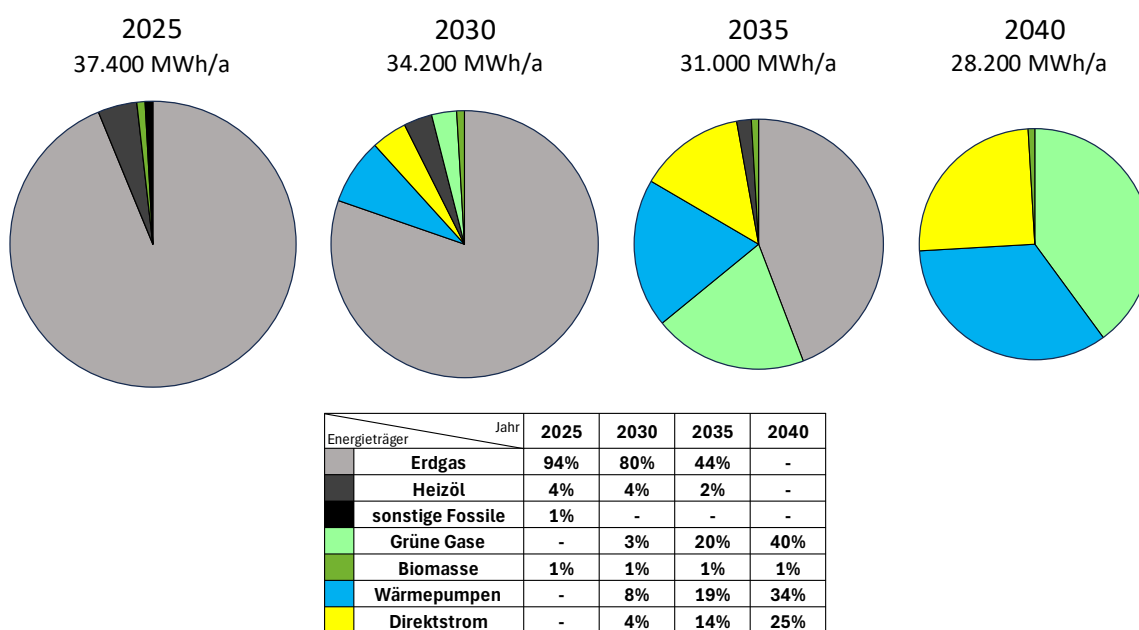
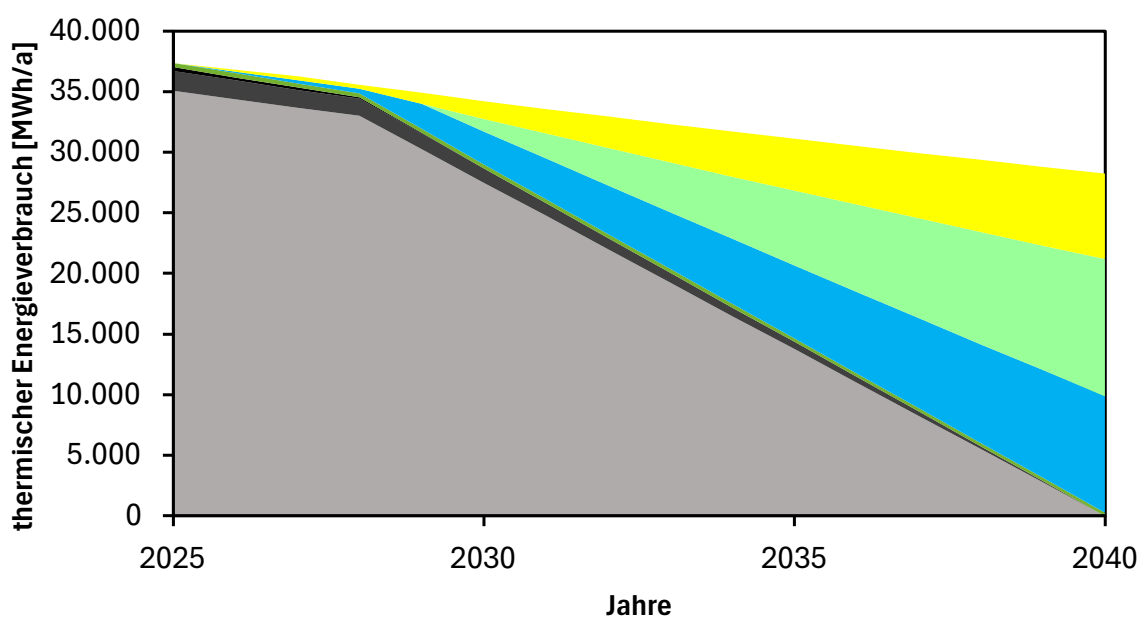


Abbildung 62: Zielszenario der Energieträgerverteilung für Raumwärme und Warmwasser Industrie & Großgewerbe

Im Moment dominiert Erdgas die gesamte industrielle Wärmeerzeugung, es wird davon ausgegangen, dass Prozesswärme mindestens die Hälfte der Wärmeerzeugung ausmacht. Raumwärme wird in Zukunft hauptsächlich mittels Wärmepumpen und in Einzelfällen mittels Direktstrom (z.B. Infraroth Heizung, Heizstrahler) erzeugt. Biomasse wird hierfür nicht betrachtet, da das Potenzial im Gemeindegebiet der Verbrauchergruppe Wohnen & Kleinverbraucher zugeschrieben wird. Es wird davon ausgegangen, dass im Industriebereich die Dachflächen für PV-Anlagen verwendet werden, weshalb Solarthermie nicht zum Einsatz kommt. Unter der Annahme, dass die Verfügbarkeit grüner Gase erst nach 2030 sukzessive in größeren Umfang in Leinburg möglich ist, und die Elektrifizierung von Prozessen einer aufwendigeren Planung bedürfen, erfolgt auch 2030 die Wärmeerzeugung noch überwiegend fossil. Nur ein kleiner

Anteil der Wärme wird mittels Wärmepumpen, Grünen Gasen und Direktstrom bereitgestellt. Im Jahr 2040 machen grüne Gase etwa 40 Prozent der Energieträger aus, da davon ausgegangen wird, dass bestimmte Prozesse in Bestandsanlagen, die hohe Temperaturniveaus benötigen nicht elektrifiziert werden können. Die übrige Wärme wird mittels Direktstrom (25 Prozent) und Wärmepumpen (34 Prozent) erzeugt. Inwieweit zukünftig interne Abwärmenutzung zur Raumheizung durchgeführt werden kann, erfordert einer individuellen Betrachtung in jedem Unternehmen. Aus diesem Grund wird dieser Aspekt in den Szenarien nicht berücksichtigt.

### 9.3. Energie- und Treibhausgasbilanz 2040

Für die Treibhausgasbilanz werden je Verbrauchergruppe die erzeugten Wärmemengen jedes Energieträgers mit den entsprechenden CO<sub>2</sub>-Äquivalenten multipliziert und aufaddiert. Dabei ist zu beachten, dass sich der Fußabdruck des Stroms und der Nahwärme über den Betrachtungszeitraum verändert. Durch die Dekarbonisierung der Stromerzeugung sinken die vom Strommix verursachten Emissionen bis 2040 auf weniger als ein Zehntel des heutigen Wertes. Dies beeinflusst auch die Nahwärmeerzeugung durch den für die Wärmepumpen benötigten Strom. Synthetisches Methan und Wasserstoff, enthalten in der Kategorie Grüne Gase, haben, auch wenn sie mittels Stroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden, höhere Treibhausgasemissionen als der Strommix, da ein entsprechender Energieeinsatz für die Gewinnung erforderlich ist und Umwandlungsverluste eintreten. Es ist zu beachten, dass jeder betrachtete Energieträger aufgrund grauer Emissionen auch 2040 noch nicht vollständig treibhausgasneutral ist.

In Abbildung 63 ist die Entwicklung der Treibhausgasbilanz aus dem beschriebenen Zielszenario dargestellt. Dabei wird deutlich, dass zum heutigen Zeitpunkt der Bereich Wohnen & Kleinverbraucher aufgrund der vergleichsweise hohen erzeugten Wärmemengen die meisten Emissionen verursacht. Entsprechend bringt diese Verbrauchergruppe die größte absolute Reduktion an Emissionen mit sich.

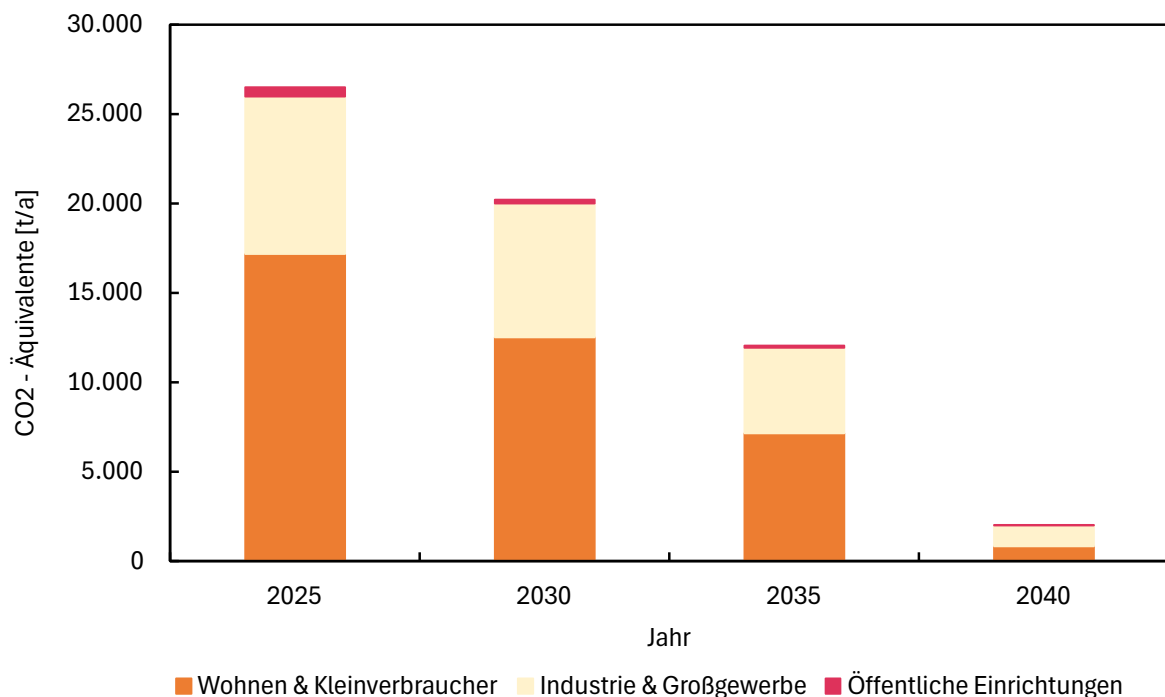


Abbildung 63: Treibhausgasbilanz der Sektoren bis zum Jahr 2040

Abbildung 64 zeigt die Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040 auf. Für dezentrale Gebiete werden Wärmepumpen in Zukunft die größte Rolle im Sektor Wärme darstellen. Dies stimmt mit dem Ziel der Sektorenkopplung überein. Aber auch in Wärmenetzen oder der Industrie sind Wärmepumpen eine Möglichkeit der Wärmebereitstellung. Zur Erzeugung von Prozesswärme werden weiterhin Grüne Gase sowie Direktstrom eingesetzt. Ein Nahwärmenetz wird aufgebaut, nimmt aber nur einen kleinen Teil der gesamten Wärmeerzeugung ein. Die restliche Wärmemenge wird durch Solarthermie und fester Biomasse bereitgestellt. Dieses Szenario stimmt mit dem Ziel der Wärmewende überein. Alle Energiequellen können regenerativ betrieben werden. Insgesamt fallen in diesem Szenario 2040 noch ca. 2.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente an Emissionen an. Das sind 92 Prozent weniger im Vergleich zur aktuellen Situation. Für den Betrieb der dezentralen Wärmepumpen werden bei einer Jahresarbeitszahl von 3 circa 17.400 MWh pro Jahr an elektrischer Energie benötigt. Dies sind lediglich rund 62 Prozent des theoretischen PV-Potenzials in der Stadt. Bereits gebaute Anlagen sowie potenzielle Freiflächen sind in dieses Potenzial nicht eingerechnet und erhöhen die mögliche Gesamtstrommenge.

Es muss jedoch betont werden, dass die Energieträger Biomasse und Biomethan hier als nachhaltig erzeugt angenommen wurden. Ist diese Nachhaltigkeit nicht mehr gegeben, zum Beispiel wenn mehr Holz den Wäldern entnommen wird als wieder nachwachsen kann, muss ein erheblich höheres Treibhausgasäquivalent angenommen werden. Dieser Wert liegt bei Holz um ein 15-faches höher als bei der nachhaltigen Variante (364 g/kWh versus 24 g/kWh). Biomasse kann also bei übermäßiger Nutzung höhere Emissionen erzeugen als Erdgas oder Heizöl. [59] [49]. Aus diesem Grund ist die weitestmögliche Nutzung lokaler Ressourcen von entscheidender Bedeutung für eine nachhaltige Wärmeversorgung.

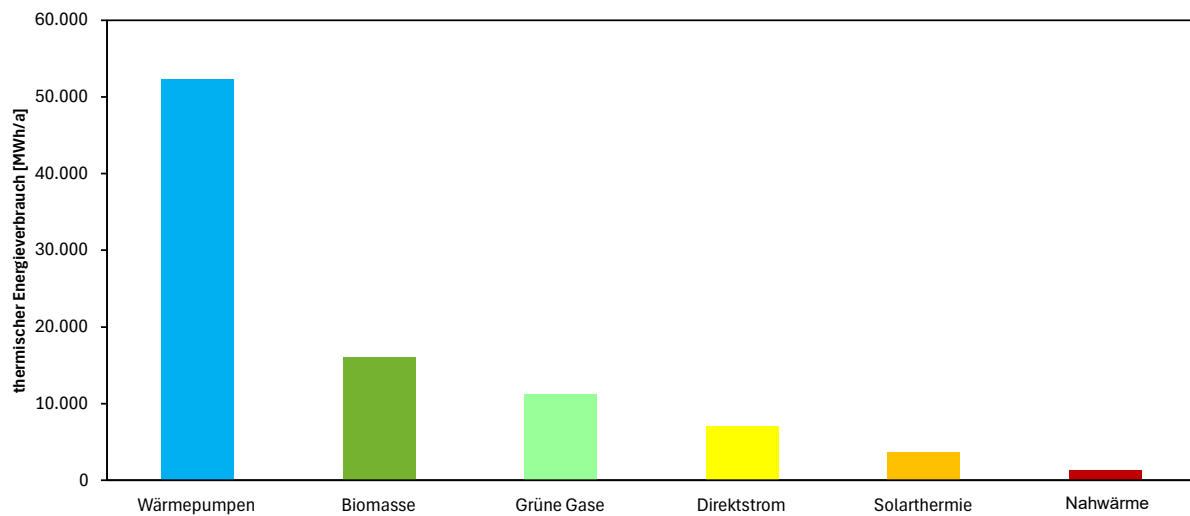


Abbildung 64: Energieträgerverteilung für Heiz- und Prozesswärme aller Verbrauchergruppen für das Jahr 2040

#### 9.4. Entwicklung Nahwärme

Die Nahwärme wird von aktuell 0 GWh/a auf 1,3 GWh/a ausgebaut. Dieser Ausbau beruht auf der Annahme der Umsetzung des Netzes an der Grundschule bis 2030. In Abbildung 65 ist die Entwicklung der Nahwärme dargestellt. Die Größe der Kreise stellen die bereitgestellten Wärmemengen dar. Da es in Leinburg nach 2030 keinen weiteren Zubau der Fernwärme gibt, bleibt die erzeugte Wärmemenge konstant. Durch Sanierung und Auswirkung des Klimawandels nehmen die Wärmebedarfe der einzelnen Abnehmer bis 2040 ab. Es wird davon ausgegangen, dass freiwerdende Abnahmekapazitäten im Netz durch den Anschluss neuer Gebäude kompensiert werden und die erzeugte Wärmemenge somit konstant bleibt.

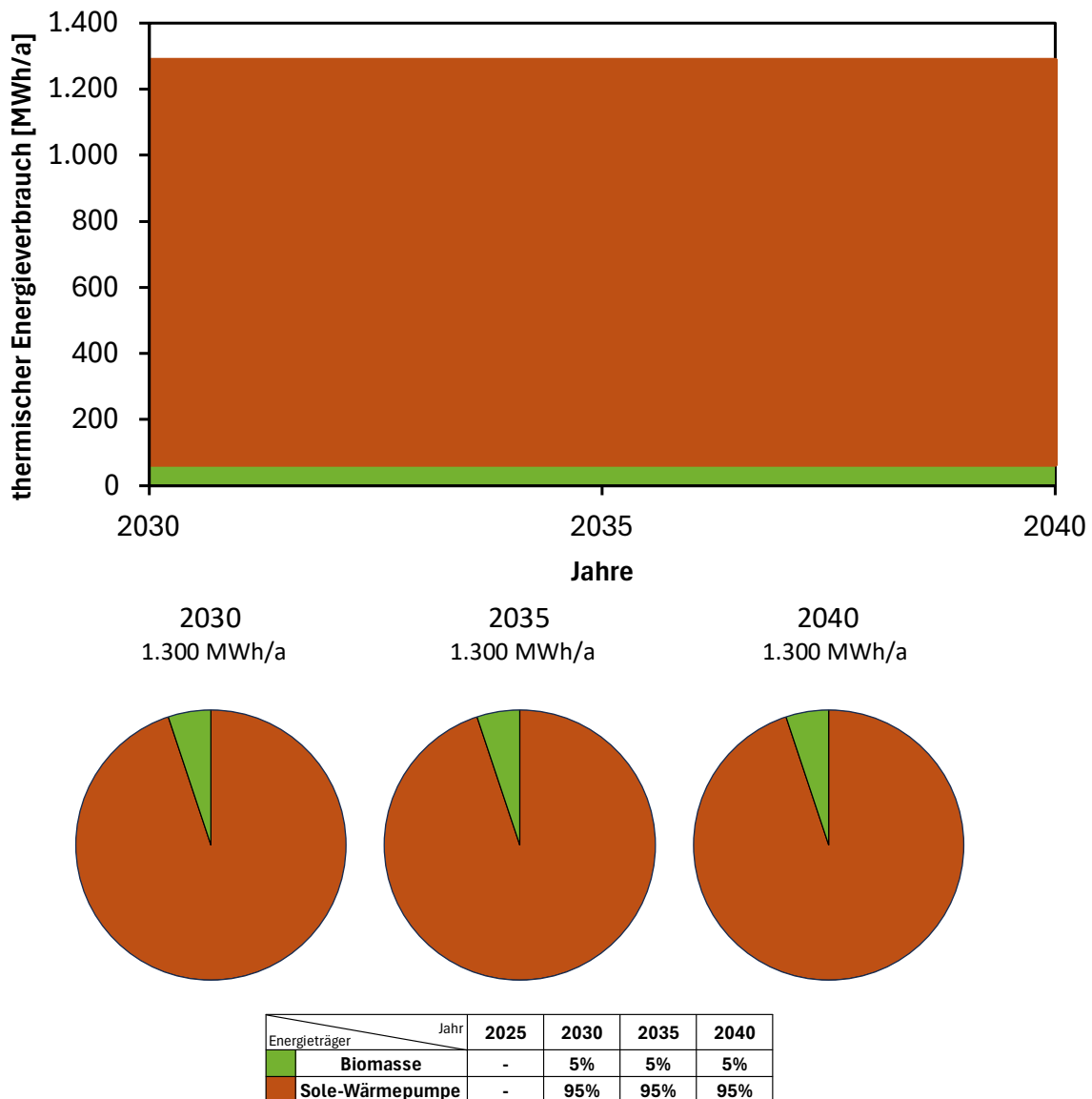


Abbildung 65: Entwicklung Nahwärme

Im Netz an der Grundschule wird 95 Prozent der Wärme mittels Sonden und Solewärmepumpe und 5 Prozent mit Hackschnitzeln zur Spitzenlastdeckung erzeugt.

## 9.5. Zukünftige Versorgungsstruktur

In Abbildung 66 ist die Entwicklung der Versorgungsstruktur für die Jahre 2030 und 2040 zu sehen. Nahwärme als Versorgungsoption kommt nur im Netz an der Grundschule Diepersdorf vor, das 2030 in Betrieb geht, und deckt insgesamt 1,5 Prozent des Gesamtwärmeverbrauchs. Im Jahr 2040 ändert sich also nichts mehr an der Versorgungsstruktur.

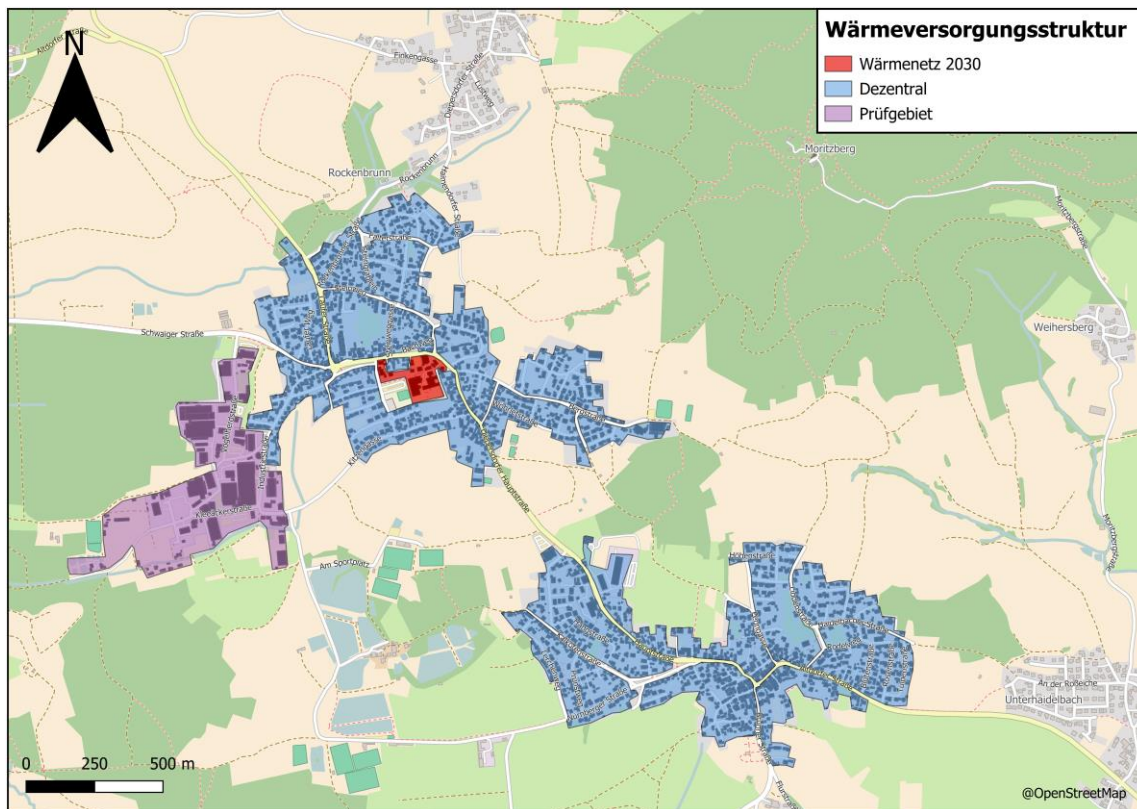


Abbildung 66: Versorgungsstruktur in Leinburg in den Jahren 2030 und 2040

## 9.6. Entwicklung Erdgasnetz

Erdgas nimmt als Energieträger in Leinburg eine eher untergeordnete Rolle ein. Laut dem Gasverteilnetzbetreiber in Leinburg, der N-ERGIE Netz GmbH, kann die Entwicklung des Gasnetzes nur auf das Endziel der Klimaneutralität 2040 hin definiert werden, wo das Netz entweder auf klimaneutrale Brennstoffe umgestellt oder stillgelegt werden muss. Eine Kündigung von Gaskunden durch den Netzbetreiber ist nach aktueller Gesetzeslage noch nicht vorgesehen. Dies bedeutet, dass der Netzbetreiber selbst nicht über die Stilllegung von Netzabschnitten verfügen kann, an dem noch Kunden angeschlossen sind. Auch im Falle eines neu errichteten Wärmenetzes kann nur in Neubau- und Sanierungsgebieten ein Anschluss- und Benutzungszwang von der Kommune beschlossen werden. In allen anderen Fällen besteht im Moment keine Handhabe. Grundsätzlich müssen bei der Stilllegung von Gasnetzen technische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Nachgelagerte Netzabschnitte müssen vor den vorgelegerten Abschnitten außer Betrieb genommen werden („Zwiebelschalenprinzip“). Auch der Zustand der Infrastruktur und deren potenzielle Eignung für eine Umstellung auf klimaneutrale Energieträger spielt eine Rolle. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass auch auf längere Sicht ein Rumpfnetz in Leinburg erhalten bleiben wird, um zukünftig gasbasierte klimafreundliche Versorgungsmöglichkeiten gewährleisten zu können.

Zwecks möglicher Umstellung auf Wasserstoff gibt es für die Netzbetreiber noch keine Regelung. Eine Leitung des geplanten Wasserstoffkernnetzes soll nördlich und östlich am N-ERGIE Netzgebiet vorbeilaufen. Dabei wird die Versorgung von Kraftwerken und der energieintensiven Industrie Priorität eingeräumt werden. Im Rahmen des Gasnetztransformationsplans der N-ERGIE Netz GmbH werden derzeit Ankerkunden bezüglich des Interesses an Wasserstoff befragt. Ob auch Endkunden wie private Haushalte mit Wasserstoff versorgt werden können,

ist zum jetzigen Stand aus Sicht des Netzbetreibers nicht abzusehen. Daher sollte in der ersten Phase des Markthochlaufs zunächst nicht mit einer Wasserstoffversorgung für Haushaltskunden gerechnet werden.

Biomethan kann als klimaneutraler Brennstoff bereits zum jetzigen Zeitpunkt bilanziell aus dem Erdgasnetz bezogen werden und erfüllt die Voraussetzung zur Deckung des im Gebäudeenergiegesetz festgelegten Mindestanteile an Erneuerbaren Energien ab dem Jahr 2026 bzw. 2028. In welchem Umfang und zu welchem Preis Biomethan in Zukunft verfügbar sein wird, ist jedoch nicht abzusehen.

Generell ist aus Sicht der Infrastrukturbetreiber ein Parallelbetrieb von Gas- und Wärmenetz in einem Gebiet nicht vorteilhaft. Eine Transformation von einer Gas- zu einer Fernwärmeversorgung sollte daher in einem möglichst kurzen Zeitraum stattfinden. Da im Gebiet der Grundschule kein Gasnetz verlegt ist, wird diese Situation in Leinburg erst einmal nicht eintreten.

## 9.7. Ausblick Strom

Laut dem Stromnetzbetreiber N-ERGIE Netz GmbH wird derzeit eine Verstärkung der Stromnetzinfrastruktur vorangetrieben, so dass auch in Zukunft zusätzliche elektrische Verbraucher wie Wärmepumpen aufgenommen werden können. Allerdings bestehen auf Einspeiseseite mittlerweile deutliche Einschränkungen aufgrund von Kapazitätsengpässen, so dass bei der Integration neuer Erneuerbare-Energien-Anlagen eine frühzeitige Prüfung über den Netzan-schlussmonitor empfohlen wird. Der entsprechende Netzausbau, um diesen Problemen zu begegnen, wird trotz hoher Investitionssummen seitens der N-ERGIE etliche Jahre dauern.

Eine kontinuierliche Abstimmung zwischen Kommune und Netzbetreibern ist also bei geplanten Projekten sehr wichtig.

## 9.8. Vergleich der Kosten verschiedener Versorgungsfälle

In Leinburg können zwei verschiedene Versorgungsoptionen in Betracht gezogen werden:

- Dezentrale Versorgung (Verschiede Heizungskonfigurationen möglich)
- Versorgung durch ein neu zu errichtendes Wärmenetz

### 9.8.1. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dezentrale Versorgung

Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde bereits im Rahmen des Dezentralen Fokusgebiets Lerchenweg vorgenommen, bei dem ein Zweifamilienhaus genauer untersucht wurde. Als Vergleich wird hier noch in Abbildung 67 ein Einfamilienhaus mit Radiator-Heizkörpern und einer Leistung von 15 kW betrachtet.

Die Luftwärmepumpe hat mit 15,9 ct/ kWh die niedrigsten Wärmegestehungskosten, darauf folgt der Pelletkessel mit 19,9 ct/ kWh. Die beiden Sole-Wärmepumpenvarianten mit Kollektor und Sonde liegen bei 20,1 und 21,3 ct/ kWh. Bei den Wärmepumpen könnten die Kosten durch den Einsatz einer PV-Anlage noch gesenkt werden. Da das Biomassepotential in Leinburg bereits weitestgehend genutzt wird, ist auch im Sinne der Nachhaltigkeit eine Wärmepumpenlösung vorzuziehen.

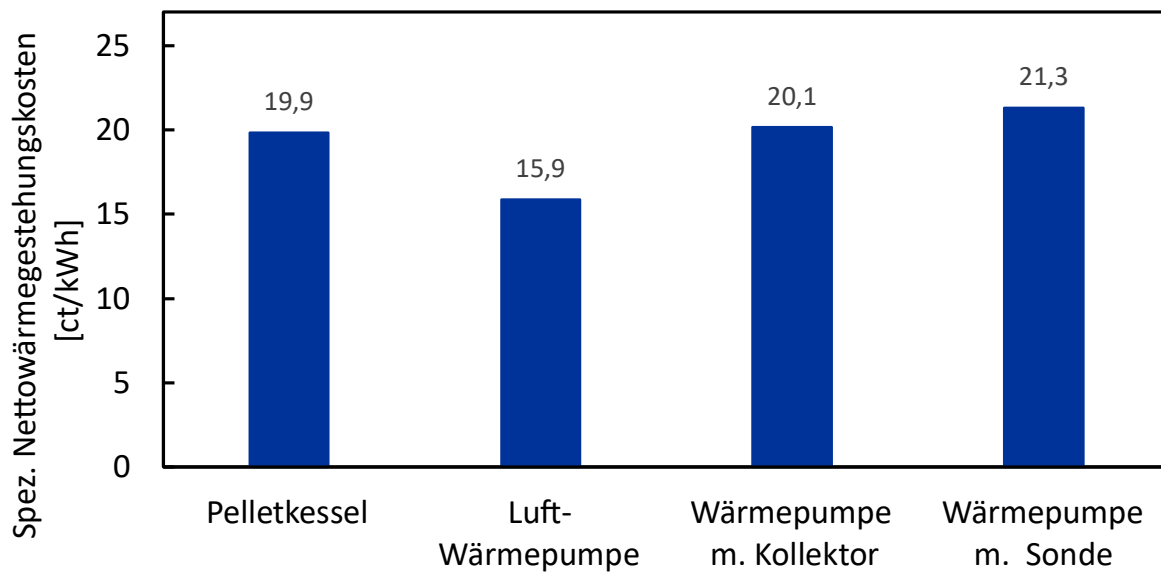


Abbildung 67: Spez. Nettowärmegestehungskosten (einschl. Förderung) der verschiedenen Heizungsvarianten

### 9.8.2. Bau von neuen Nahwärmenetzen

Derzeit findet über das Fokusgebiet an der Grundschule im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung hinaus keine weiteren Studien über den Bau neuer Wärmenetze statt. Weitere Gebiete mit Wärmenetzeignung wurden nicht ermittelt. Die Wärmegestehungskosten des Fokusgebiets unterliegen zu diesem frühen Stadium großen Unsicherheiten. Sie können jedoch eine erste Orientierung bieten. Der Netto-Verbraucherpreis beträgt dort 21,6 ct/ kWh.

## 10. Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

Um die beschriebenen Zielszenarien möglichst effizient und kostengünstig zu erreichen, müssen Maßnahmen in verschiedenen Bereichen ergriffen werden. Grundlage der Umsetzungsstrategie sind gemäß dem Leitfaden des Bundes [36] unter anderem folgende Kriterien:

### Einordnung der Maßnahmen in thematische Strategiefelder:

1. Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien (P)
2. Wärmenetzausbau und -transformation (W)
3. Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung in Industrie und Gebäuden (M)
4. Heizungsumstellung und Transformation der Wärmeversorgung in Gebäuden und Quartieren (H)
5. Strom-/ Wasserstoffnetzausbau (N)
6. Verbrauchsverhalten und Suffizienz (V)

### Kommunale Einflussmöglichkeiten benennen (folgende Rollen sind möglich):

1. **Verbraucherin** (weitere Akteure meist nicht nötig)
2. **Versorgerin** (Aufbau geeigneter Wärmeversorgungsarten, (künftige) Wärmenetzbetreiber sind mit einzubeziehen)
3. **Reguliererin** (setzt Rahmenbedingungen; ermöglicht und verpflichtet durch Vorgaben)
4. **Motiviererin** (informiert und fördert andere Akteure)

Im Weiteren sind konkrete Maßnahmen ausgearbeitet, die zeitnah von der Kommune und den betroffenen Akteuren umgesetzt werden können und sollen. Für jede Maßnahme wird ein Projektsteckbrief erstellt.

Die Steckbriefe enthalten neben einer Kurzbeschreibung und dem Ziel der Maßnahme auch die betroffene Ziel- und Verbrauchergruppe. Die Maßnahmen werden außerdem nach ihrem Potential Energie und/ oder CO<sub>2</sub> einzusparen, nach ihrer Außenwirkung und ihrem finanziellen, zeitlichen und ressourcenmäßigen Aufwand bewertet. Ebenso wurde ein Zeitplan, Kriterien zur Erfolgskontrolle und nächste Schritte festgelegt. In Tabelle 30 sind die geplanten Maßnahmen aufgelistet.

Tabelle 30: Umsetzungsmaßnahmen Gemeinde Leinburg

| Kürzel  | Maßnahme                                                                                                                     | Zeithorizont  |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| V1      | Einrichtung einer gemeinsamen Energie- und Klimaschutzhomepage für die vier Kommunen                                         | No regret     |
| V2      | Suffizienzstrategie für die Wärmewende im Wohnsektor                                                                         | No regret     |
| V3      | Interessensabfrage im Fokusgebiet Schulareal Diepersdorf zu Wärmenetzanschluss                                               | No regret     |
| V4      | Information der Bürgerinnen und Bürger über Energiegenossenschaften                                                          | No regret     |
| V5      | Kommunale Förderprogramme für den Heizungstausch und Gebäudedämmung                                                          | Mittelfristig |
| W1      | Konzeptstudie Gebäudenetz Schulareal Diepersdorf                                                                             | Kurzfristig   |
| W2      | Interessensabfrage Wärmenetzanschluss und Ermittlung Abwärmepotenzial Kläranlage für Prüfgebiet Industriegebiet Diepersdorf  | Mittelfristig |
| P1      | Potenzialanalyse Abwasserkanäle                                                                                              | Kurzfristig   |
| M1      | Beratung zu energetischer Gebäudesanierung für Wohngebäude                                                                   | Kurzfristig   |
| M/(H) 2 | Auftakt-Informationsveranstaltung zur energetischen Gebäudesanierung und zum Heizungstausch im dezentralen Gebiet Lerchenweg | Kurzfristig   |
| H1      | Wärmepumpenspaziergang                                                                                                       | No regret     |
| H2      | Prüfung eines Programmes zur Heizungsvermietung                                                                              | Mittelfristig |
| H3      | Schaffung neuer Kapazitäten zur fortlaufenden Betreuung der KWP                                                              | Mittelfristig |
| H4      | Einführung kommunales Energiemanagement nach ISO 50001                                                                       | Mittelfristig |

Um die Bewertung zu systematisieren, wird in Tabelle 31 eine Legende erarbeitet, in der für jede Kategorie jeweils drei Abstufungen getroffen werden.

Dabei wird die Bedeutung des CO<sub>2</sub>-Minderungspotentials und der Energieeinsparung auf die vollständige Durchführung des mit der Maßnahme verknüpften Projekts bezogen, auch wenn der erste in den Steckbriefen dargestellte Umsetzungsschritt selbst noch keinen oder nur wenig Effekt hat (z.B. Durchführung einer Machbarkeitsstudie). Energieeinsparung bezieht sich hier auf die tatsächliche Reduktion des Energieverbrauchs, eine Substitution des Brennstoffs wirkt sich also in dieser Darstellung nur in Form des CO<sub>2</sub>-Minderungspotentials aus.

Beim finanziellen Aufwand, Dauer und Ressourcenaufwand wird nur der in der Maßnahme beschriebene konkrete Projektschritt und der Aufwand, der seitens der Kommune erfolgt, betrachtet. Dabei bezieht sich finanzieller Aufwand auf Ausgaben für externe Dienstleister, Material etc. Kosten, die durch internen Personaleinsatz entstehen, sind der Kategorie Ressourcenaufwand zugeordnet.

Zeitlich werden die Maßnahmen nach Vorbild des Leitfadens Wärmeplanung des Bundes in vier Zeitschritte eingeteilt: no regret, kurzfristig, mittelfristig, langfristig. Dabei sind no regret Maßnahmen bestenfalls sofort anzustoßen, kurzfristig innerhalb des nächsten Jahres und mittelfristig innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre.

Maßnahmen, die den Faktor „Öffentlichkeitsarbeit“ beinhalten, tragen zur Information der Öffentlichkeit zum Thema Energie- und Klimaschutz bei. Maßnahmen, die in die Kategorie „Beratung“ fallen, klären die Bürgerinnen und Bürger gezielt zu Themen der Energieeinsparung, alternative Erzeugungstechnologien etc. auf.

Tabelle 31: Legende für Maßnahmenkatalog in Anlehnung an [60] [36]

| Symbol | Bedeutung       | Quantitativ                                                 |
|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------|
| ↑      | Wirkung: gering | < 100 t CO <sub>2</sub> / a                                 |
| ↑↑     | Wirkung: mittel | < 500 t CO <sub>2</sub> / a und > 100 t CO <sub>2</sub> / a |
| ↑↑↑    | Wirkung: hoch   | > 500 t CO <sub>2</sub> / a                                 |

| Symbol | Bedeutung | Quantitativ                    |
|--------|-----------|--------------------------------|
| ↑      | gering    | < 50 MWh/ a                    |
| ↑↑     | mittel    | < 1.000 MWh/ a und > 50 MWh/ a |
| ↑↑↑    | hoch      | > 1.000 MWh/ a                 |

| Symbol | Bedeutung | Quantitativ                |
|--------|-----------|----------------------------|
| €      | niedrig   | < 50.000 €                 |
| €€     | mittel    | > 50.000 € und < 200.000 € |
| €€€    | hoch      | > 200.000 €                |

| Symbol | Bedeutung | Quantitativ            |
|--------|-----------|------------------------|
| 🕒      | kurz      | < 1 Jahr               |
| 🕒🕒     | mittel    | > 1 Jahr und < 3 Jahre |
| 🕒🕒🕒    | Lang      | > 3 Jahre              |

| Symbol | Bedeutung | Quantitativ                             |
|--------|-----------|-----------------------------------------|
| 📄      | gering    | < 10 Personentage                       |
| 📄📄     | mittel    | > 10 Personentage und < 50 Personentage |
| 📄📄📄    | hoch      | > 50 Personentage                       |

Im Folgenden ist exemplarisch der Maßnahmensteckbrief V1 abgebildet.

| V1 Einrichtung einer gemeinsamen Energie- und Klimaschutzhomepage für die vier Kommunen |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projektdefinition                                                                       | Kurzbeschreibung                      | Um die Thematik Wärme, Energie und Klimaschutz auch nach Abschluss der Kommunalen Wärmeplanung im Bewusstsein der Bürgerinnen und Bürger zu halten und eine bessere Übersicht über die einzelne Kommune hinaus zu gewährleisten, soll die bisherige KWP-Homepage zu einer gemeinsamen Energie- und Klimaschutzhomepage umgewandelt werden. Hier können aktuelle Veranstaltungen und Projekte, andere Neuigkeiten und eine aktuelle Übersicht über Fördermittel von Bund und Land gegeben werden. |
|                                                                                         | Ziel der Maßnahme                     | Informationsmöglichkeit über die Themen Wärme, Energie und Klimaschutz auf zentraler Energie- und Klimaschutzhomepage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                         | Verantwortung und Kostenträger        | Kommune                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                         | Ziel-/ Verbrauchergruppe              | Gruppenübergreifend                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                         | Kommunale Einflussmöglichkeiten       | Motiviererin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                         | Getroffene Vereinbarungen             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Potenzial                                                                               | CO <sub>2</sub> -Minderungspotenzial  | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                         | Energieeinsparung/Effizienzsteigerung | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Außenwirkung                                                                            | Öffentlichkeitsarbeit                 | ✓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                         | Beratung                              | ✓                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Bewertung                                                                               | Finanziell                            | €                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                         | Dauer der Umsetzung                   | 🕒                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                         | Ressourcen (Verwaltung)               | 📄                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                         | Förderprogramme                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|           |                             |                                                                                                |
|-----------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Umsetzung | Zeitplan                    | No regret                                                                                      |
|           | Maßnahme abgeschlossen bis  | Mai 2026                                                                                       |
|           | Monitoring/Erfolgskontrolle | Aktualität der Webseite und Aufrufe                                                            |
|           | Nächste Schritte            | Entwicklung eines Konzeptes für die gemeinsame Energie- und Klimaschutzhomepage der 4 Kommunen |

## 11. Literaturverzeichnis

- [1] FNB Gas e.V., „Wasserstoff Kernnetz,“ 2024. [Online]. Available: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>. [Zugriff am 10 September 2024].
- [2] Rechtsanwälte Günther, „Umweltinstitut München e.V. - Rechtsgutachten Wasserstoffnetzgebiete,“ 2024. [Online]. Available: [https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten\\_Wasserstoffnetzgebiete.pdf](https://umweltinstitut.org/wp-content/uploads/2024/06/Rechtsgutachten_Wasserstoffnetzgebiete.pdf). [Zugriff am 10 September 2024].
- [3] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, „Energie-Atlas Bayern,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.bayern.de/>. [Zugriff am 01 2024].
- [4] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude,“ 2024. [Online]. Available: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung\\_Wohngebäude/energieberatung\\_wohngebäude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebäude/energieberatung_wohngebäude_node.html). [Zugriff am 05 September 2024].
- [5] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG),“ 07 09 2023. [Online]. Available: [https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf?\\_\\_blob=publication-File&v=3](https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf?__blob=publication-File&v=3). [Zugriff am 05 09 2024].
- [6] Bayrisches Landesamt für Umwelt, „UmweltAtlas,“ <https://www.umweltatlas.bayern.de/>, 2024.
- [7] Landratsamt Nürnberger Land, „Solarpotenzialkataster,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solare-stadt.de/nuernberger-land/Solarpotenzialkataster?lat=49.4508124&lon=11.3078985>. [Zugriff am 10 September 2024].
- [8] Bayrisches Landesamt für Statistik, „Statistik kommunal 2023. Gemeinde Leinburg,“ März 2024. [Online]. Available: [https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik\\_kommunal/2023/09574139.pdf](https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2023/09574139.pdf). [Zugriff am 19 11 2024].
- [9] Bayrisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat, „BayernAtlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas/>. [Zugriff am 19 November 2024].
- [10] Bundesnetzagentur, „Marktsammdatenregister,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.marktsammdatenregister.de/MaStR>. [Zugriff am 5 Juni 2024].

- [11] C. Märtel, „Heizungsfinder,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.heizungsfinder.de/bhkw/wirtschaftlichkeit/jahresdauerlinie>. [Zugriff am 29 11 2024].
- [12] K. Friedrich, D. Niermann, I. F., P. Bissolli, J. Daßler, V. Zins, H. S. und M. Ziese, „Deutscher Wetterdienst. Klimatologischer Rückblick auf 2023: Das bisher Wärmeste Jahr in Deutschland,“ 2024. [Online]. Available: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201\\_klimaruueckblick-2023.pdf;jsessionid=F9E801852A692BA4A87E7AFF236A938F.live11042?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimaruueckblick-2023.pdf;jsessionid=F9E801852A692BA4A87E7AFF236A938F.live11042?__blob=publicationFile&v=6). [Zugriff am 02 12 2024].
- [13] eclareon GmbH, „Biomasseatlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.biomasseatlas.de/>. [Zugriff am Oktober 2024].
- [14] D. Merten und D. Falkenberg, „Wärmegewinnung aus Biomasse,“ Leipzig, 2004.
- [15] BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e.V., „Solaratlas,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.solaratlas.de/index.php?id=1>. [Zugriff am 31 10 2024].
- [16] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden,“ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, 2020.
- [17] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Pressemitteilung,“ 17 06 2021. [Online]. Available: <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2021/pm154/index.html>. [Zugriff am 12 08 2023].
- [18] C.A.R.M.E.N, „C.A.R.M.E.N. Merkblatt. Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen. Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz,“ [Online]. Available: [https://www.energiesystemtechnik.de/images/pdf/Merkblatt\\_Nahwaerme\\_CARMEN.pdf](https://www.energiesystemtechnik.de/images/pdf/Merkblatt_Nahwaerme_CARMEN.pdf). [Zugriff am 03 12 2024].
- [19] 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].
- [20] Umweltbundesamt GmbH (Österreich), „Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger,“ 12 2023. [Online]. Available: <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html>. [Zugriff am 07 02 2024].
- [21] Umweltbundesamt, „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger,“ Dessau-Roßlau, 2022.
- [22] Statista GmbH, „Entwicklung des Emissionsfaktors der Stromerzeugung in Deutschland und Frankreich im Zeitraum 2000 bis 2023,“ 2024. [Online]. Available:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1421117/umfrage/emissionen-strom-deutschland-und-frankreich/> . [Zugriff am 02 03 2024].

- [23] 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].
- [24] 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].
- [25] VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU), „VDI 4640,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2010.
- [26] Aalborg CSP, „Solarthermieranlage, Dänemark,“ 04 2024. [Online]. Available: <https://www.aalborgcsp.de/projekte/fernwaerme/8-mwth-thermische-solaranlage-daenemark>. [Zugriff am 03 2024].
- [27] heizung.de, „Solare Deckungsrate,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.heizung.de/lexikon/solare-deckungsrate.html>. [Zugriff am 03 12 2024].
- [28] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Hausmüll in Bayern,“ Augsburg, 2023.
- [29] Umweltbundesamt, „Altholz,“ 04 2019. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/altholz#sekundarproduktion>. [Zugriff am 02 2024].
- [30] Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., „Biogas - Biogasdaten Deutschland,“ Hürth, 2008.
- [31] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Faustzahlen Biogastechnologie,“ [Online]. Available: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>. [Zugriff am 12 04 2024].
- [32] 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].
- [33] 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].
- [34] C.A.R.M.E.N. e.V., QM Holzheizwerke - Planungshandbuch, Straubing, 2022.
- [35] Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Planungshandbuch Fernwärme, Ittigen, CH, 2021.

- [36] ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., Universität Stuttgart, Becker Büttner Held, Prognos AG, Fraunhofer-Institut für System- und Energieforschung ISI, „Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche,“ im Auftrag: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.
- [37] Grundschule Diepersdorf-Leinburg, „Grundschule Diepersdorf-Leinburg,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.gs-leinburg.de/unsere-schule/>. [Zugriff am 24 März 2025].
- [38] Prognos AG (im Auftrag Bayerisches Staatsministerium für Familie, Arbeit und Soziales), „Ganztagsbedarf von Grundschulkindern in Bayern,“ Basel, 2023.
- [39] Bayrische Staatskanzlei, „Bayern.Recht. Richtlinie über Zuweisung des Freistaates Bayern zu kommunalen Baumaßnahmen im kommunalen Finanzausgleich,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVwV295492>. [Zugriff am 24 März 2025].
- [40] nPro Energy GmbH, „App - nPro Energy,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.npro.energy/main/de/>.
- [41] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Energiewechsel: Antworten auf häufig gestellte Fragen zur BEG (FAQ),“ 20 Dezember 2024. [Online]. Available: [https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Redaktion/DE/FAQ/FAQ-Uebersicht/BEG/Downloads/beg-faq-241210.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Redaktion/DE/FAQ/FAQ-Uebersicht/BEG/Downloads/beg-faq-241210.pdf?__blob=publicationFile&v=6). [Zugriff am 26 März 2025].
- [42] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW). Technische Anforderungen der Module 1 bis 4,“ 2025. [Online]. Available: [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew\\_merkblatt\\_technik.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_technik.pdf?__blob=publicationFile&v=2). [Zugriff am 25 März 2025].
- [43] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW). Häufige Fragen,“ 2025. [Online]. Available: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermenetze/effiziente\\_waermenetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html). [Zugriff am 25 März 2025].
- [44] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Bundesministerium für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Bundesförderung für effiziente Gebäude. Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM),“ 21 Dezember 2023. [Online]. Available: [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg\\_richtline\\_beg\\_em\\_2023\\_1221\\_PDF.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_richtline_beg_em_2023_1221_PDF.pdf?__blob=publicationFile&v=2). [Zugriff am 04 April 2025].

- [45] VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG), „VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2012.
- [46] Prognos AG, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, „Technikkatalog Wärmeplanung,“ im Auftrag: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Heidelberg, Freiburg, Stuttgart, Berlin, 2024.
- [47] Int. Wirtschaftsforum Regenerative Energien , „BDEW-Strompreisanalyse. Industriestrompreise in Deutschland sinken 2024 um 30 Prozent gegenüber Vorjahr,“ 18 Dezember 2024. [Online]. Available: <https://www.iwr.de/ticker/bdew-strompreisanalyse-industrie-strompreise-in-deutschland-sinken-2024-um-30-prozent-gegenueber-vorjahr-artikel7148>. [Zugriff am 25 März 2025].
- [48] Agriportance GmbH, „Biomethan Spotdeals: Aktuelle Preise und Marktqualitäten im Überblick,“ 2025. [Online]. Available: <https://agriportance.com/de/preisentwicklung/biomethan-entwicklung-preise/biomethan-preise-spot/>. [Zugriff am 25 März 2025].
- [49] 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 28 April 2025].
- [50] A. M. U. G. H. K. A. Herrmann, „Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiebedarf von Gebäuden und den Ertrag erneuerbarer Energien,“ in *14. Symposium Energieinnovation*, Graz, 2016.
- [51] Bundesverband Wärmepumpe e.V., „Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen in Deutschland 2017 bis 2023,“ 22 Januar 2024. [Online]. Available: <https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/rekordabsatz-waermepumpenbranche-beweist-leistungsaehigkeit-trotz-unsicherer-aussichten/>. [Zugriff am 28 April 2025].
- [52] Verband der Immobilienverwalter, „Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle: Sanierungsquote deutlich unter 1 Prozent,“ 6 November 2023. [Online]. Available: <https://vdiv.de/news-details/bundesverband-energieeffiziente-gebaeudehuelle-sanierungsquote-deutlich-unter-1-prozent>. [Zugriff am 28 April 2025].
- [53] heizung.de, „Kamin: Kosten für Anschaffung und Betrieb,“ 13 Oktober 2024. [Online]. Available: <https://www.heizung.de/holzheizung/wissen/kamin-kosten-fuer-anschaffung-und-betrieb.html>. [Zugriff am 29 April 2025].
- [54] Wirtschaftswoche, „Strompreis aktuell. Das kostet die Kilowattstunde in Deutschland im Jahr 2025,“ Januar 2025. [Online]. Available:

<https://www.wiwo.de/unternehmen/strompreis-aktuell-das-kostet-die-kilowattstunde-in-deutschland-im-jahr-2025/29558224.html>. [Zugriff am 23 Januar 2025].

- [55] Carmen e.V., „Marktpreise Pellets. Preisentwicklung bei Holzpellets,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-pellets/>. [Zugriff am 30 Januar 2025].
- [56] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch,“ November 2024. [Online]. Available: [https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=25](https://www.energiewechsel.de/KAENEf/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=25). [Zugriff am 10 März 2025].
- [57] „EUR-Lex. Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung),“ 13 September 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>. [Zugriff am 23 April 2025].
- [58] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Bundestag beschließt Energieeffizienzgesetz,“ 21 September 2023. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/09/20230921-bundestag-beschliesst-energieeffizienzgesetz.html>. [Zugriff am 23 April 2025].
- [59] Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, „Ist die Verbrennung von Holz gesundheits- und klimaschädlich?,“ Straubing, 2023.
- [60] Institut für systemische Energieberatung, „Energienutzungsplan Germering. Maßnahmenkatalog,“ Germering, 2022.

## 12. 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